

ICORP ENCYCLOPEDIA

Edition 2016

I Brain

L' incontournable de la préparation
au concours commun d'admission aux

ETUDES MEDICALES

- Faculté de Médecine de Sciences Biomédicales (FMSB de YAOUNDE, ex CUSS)
- Faculté de Médecine de Sciences Pharmaceutique (FMSP de DOUALA)
- Faculty of Health Science of BUEA (FHS of BUEA)
- Faculty of Health Science of BAMENDA (FHS of BAMENDA)
- Université Des Montagnes (BAGANGTE)
- Faculté de Médecine de KUMBO
- Intitut Supérieur des Techniques Médicales (NKOLONDONOM)



Intelligentsia corporation



ASTEX EDITION

Cet ouvrage est la propriété intellectuelle de l'entreprise INTELLIGENTSIA CORPORATION. Il est donc régi par les lois de la propriété intellectuelle. Toute reproduction intégrale ou partielle de cet ouvrage ou d'une partie de cet ouvrage sur quelque support que ce soit est strictement interdite sans l'autorisation expresse de l'entreprise INTELLIGENTSIA CORPORATION. Tout intervenant s'expose à des poursuites judiciaires pouvant donner lieu à des sanctions d'ordre pénale.



Dédicaces

Cet ouvrage est dédié à toutes les personnes qui ont obtenu leur admission dans les grandes écoles scientifiques, d'ingénierie et de médecine du Cameroun avec le concours de près ou de loin de la maison INTELLIGENTSIA CORPORATION. Vous faites notre fierté car vous êtes la preuve que tout le monde peut y arriver...

Note de l'équipe I-CORP

Chers(ères) élèves, Arrêtez de vous fier à ceux qui disent et ou pensent que vous n'êtes pas capables de grand-chose ; le seul fait d'être rentré en possession de cet ouvrage montre, à n'en point douter, combien ambitieux vous pouvez être.

Vous avez porté votre choix sur une Ecole d'ingénierie, cet ouvrage est vôtre ; mais là commence votre « calvaire ». Votre intellect sera en effet soumis à toutes formes de difficultés des plus basiques aux plus affinées.

Notre ultime objectif est de vous faire comprendre que vous partez sur le même pied d'égalité que n'importe quel élève du même niveau académique que vous. La différence résidera en ce que vous aurez su prendre l'ascendant psychologique sur le reste de vos camarades au jour du concours.

La Motivation, le sens du Sacrifice et de l'effort, le Don de soi-même, l'Abnégation a toutes épreuves, l'Endurance devant l'adversité, l'Humilité sont les qualités que vous devrez posséder pour atteindre vos ambitions les plus folles quel que soit le domaine dans lequel vous aurez décidé de vous lancer. Il peut arriver que vous buttiez sur des difficultés apparemment insurmontables, le plus important sera alors de savoir vous rapprocher de la source « idéale » pour avoir de plus amples éclairages.

Dès à présent commencez ou continuez à croire en vous et en votre potentiel sans toutefois cédé aux diverses pressions. « A tes résolutions répondra le succès ; Sur tes sentiers brillera la lumière. »

Votre motivation se doit d'être canalisée par les citations et conseils que regorge cet ouvrage. Prenez donc le temps en introduction de chaque sous-partie d'en analyser la signification.

E-mail : infos@intelligentsiacorporation.com

site Web : www.intelligentsiacorporation.com

Tel : 671 83 97 97

698 22 22 77

L'équipe **INTELLIGENTSIA CORPORATION**

Remerciements

Parce qu'ils ont été présents depuis la conception jusqu'à la version actuelle en passant par les nombreuses mises à jour de cet ouvrage et aussi et surtout par devoir de conscience nous tenons à remercier tous ceux qui y ont activement participé de près ou de loin par leurs conseils ou par leurs actions. Ceux sont entre autres et sans être exhaustifs :

- Les enseignants des facultés médicales qui nous ont soutenus dans l'élaboration des corrigés ;
- Les élèves-médecins des facultés médicales et l'ensemble des enseignants du groupe INTELLIGENTSIA CORPORATION en particulier **KEUGNI Armand Brice** ;
- La direction technique du groupe INTELLIGENTSIA CORPORATION ;
- La direction générale du groupe INTELLIGENTSIA CORPORATION ;
- La direction des affaires académiques du groupe **intelligentsia corporation** sous la coordination de **NOULA Gires**, *élève-ingénieur en cinquième année génie mécanique à l'ENSP* pour la coordination et l'élaboration de ce livre ;
- Le groupe **AsTeX Edition** pour l'édition de qualité de ce document sous la coordination de : (**Fkouossu Fokam, Ngansob Yves, Tchouang Magellan, Kana Abel...**) ;
- Les différents superviseurs de région.

Préface

L'orientation académique et socio-professionnelle est une question de taille pour le jeune camerounais. Dans la situation de " flou " général observée, il est très difficile pour le jeune qui se pose sérieusement la question " que vais-je devenir après le bac ? " De facilement trouver ses repères. Et pour cause :

- Une transition pour la plus part absente du secondaire au supérieur ;
- La faiblesse, voir le manque d'informations relatifs à une orientation solide ;
- L'ignorance générale de ce qu'est un concours et de comment s'y prendre pour le réussir ;
- La nécessité d'obtention de documents solides et complets préparant l'élève dans les aspects les plus importants ;
- En dernier lieu la corruption jusque-là déplorée dans notre pays, qui met en avant comme critère de réussite les capacités financières et relationnelles de la famille du candidat et non ses aptitudes.

Pour ce dernier cas, il est à noter c'est une voie très risquée qui se solde pour beaucoup par un échec lamentable, mais aussi que, pour le bonheur de tous, les meilleurs n'ont jamais besoin de suivre cette voix. Une solution, faire ressortir le meilleur qui sommeille en chaque individu.

C'est le but que c'est donnée l'entreprise **INTELLIGENTSIA CORPORATION**, depuis plus de cinq ans déjà leader de l'orientation professionnelle et de la préparation aux concours d'entrée dans les grandes écoles scientifiques au Cameroun.

Pour une meilleure préparation individuelle des apprenants, elle a mis sur pied la collection **ICORP-ENCYCLOPEDIA** qui est un document indispensable à la préparation aux concours. En effet, elle propose des cours, des explications pratiques, des méthodes prouvées pour booster les résultats, un grand nombre de sujets corrigés des dernières années de presque tous les concours d'entrée dans les grandes écoles au Cameroun.

C'est ainsi que dans cette collection, on distinguera :

- Le « **PI** », guide de référence pour la préparation du concours d'entrer à l'École Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé (ENSP)
- L' « **I-BRAIN** », guide de référence pour la préparation du concours commun d'admission aux études médicales ;
- Le « **SIGMA** », guide de référence pour la préparation du concours d'entrée à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP)
- L' « **EPSILON** », guide de référence pour la préparation du concours d'entrée à l'École de Géologie et d'Exploitation Minière (EGEM)
- Les « **ITORE-MATH, ITORE-PHYS, ITORE-CHIM, ITORE-BIO** » qui sont des guides pour l'entrée aux différentes filières scientifiques de l'École Normale Supérieure (ENS)
- Et pleins d'autres (**ICORE (ENSPT), THE ROAD TO FASA (FASA), THETA (FGI), ...**)

Cette dernière édition de la collection ICORP-ENCYCLOPEDIA n'aura pas fini de surprendre, tant dans la diversité des secrets qu'elle met à la disposition des étudiants que dans la facilité de manipulation. Une nouvelle configuration des ouvrages, une mise en page actualisée et une réédition des équations, figures et citations en début de partie en améliorent convivialité, lisibilité et donc compréhension

Nous avons proposé des éléments de solutions pour ces sujets notamment. Pour éviter que le lecteur ne tombe dans la facilité, nous recommandons aux candidats de se mettre dans les conditions d'examen pour traiter ces sujets sachant que chaque épreuve a une durée limitée.

C'est un nouveau concept qui s'offre au candidat, qui n'a plus devant lui un ramassis d'épreuves disposés souvent de façon hasardeuse où il est très difficile de se retrouver et où on a de la peine à lire les images.

Chaque document de cette collection est un tout en soit, conçu pour faciliter la navigation des candidats et pour rendre les sujets aussi clairs que possible. Chaque épreuve s'inscrit dans une logique comme faisant partie d'un tout, où chaque exercice a une numérotation globale pour sa partie avec juxtaposé à lui le numéro de la page où se trouve la correction. Ainsi, plus besoin de trop se fatiguer, où même de s'inquiéter.

WAMBA William Clerk

-Diplômé de l'ENSP-

-Option Génie civil-

-PDG groupe ICORP-

Sommaire

1 Cours de Biologie	17
Chapitre 1 Structure de la cellule et histologie	19
1 Cytologie	19
2 Histologie	24
Chapitre 2 Ostéologie	27
1 Étude des os	27
2 Le squelette	30
3 Le Cartilage	31
4 Les articulations	32
Chapitre 3 Myologie	33
1 Fonctions et propriétés du muscle	33
2 Structure des muscles	34
3 Ultrastructure de la fibre musculaire strié	35
4 Les mécanismes de la contraction du muscle strié squelettique	36
5 Les voies de régénération de l'énergie par le muscle	37
6 Les phénomènes accompagnant la contraction musculaire	37
7 Métabolisme du muscle	37
8 Activité musculaire	38
Chapitre 4 Système urinaire	41
1 Anatomie de l'appareil urinaire	41
2 Physiologie du rein	43
Chapitre 5 Système endocrinien	45
1 Les glandes endocrines	45
2 Autres tissus endocriniens	50
Chapitre 6 Système reproducteur	51
1 Appareil génital masculin	51

2	Appareil génital de la femme	55
3	Etape de la vie génitale	57
4	Maitrise de la reproduction.....	59
5	La fécondation	59
6	La nidation et développement embryonnaire.....	60
Chapitre 7 Appareil digestif		63
1	Le tube digestif	64
2	Les glandes annexes du tube digestif	67
3	Fonctionnement du système digestif (la digestion)	68
4	Fonctions digestives lors du repas.....	70
5	Digestion et absorption.....	71
6	Digestion et absorption des lipides.....	72
7	Facteurs influençant la digestion.....	73
8	Fonction du colon	74
Chapitre 8 Système cardio-vasculaire		77
1	Le cœur.....	77
2	Les vaisseaux sanguins	78
3	Le fonctionnement du coeur et des vaisseaux	79
Chapitre 9 Système respiratoire		85
1	L'appareil respiratoire.....	85
2	La respiration	87
Chapitre 10 Immunologie		91
1	Les organes lymphoïdes	91
2	Les mécanismes de défense	93
3	Le déroulement de la réponse immunitaire.....	93
4	L'immunocompétence	95
Chapitre 11 Le milieu intérieur		99
1	Les compartiments liquidiens	99
2	Composition des compartiments de l'organisme.....	99
3	Les échanges aqueux et ioniques entre compartiments	100
4	Le sang	100
5	Le plasma.....	101
6	Les éléments figurés	101
7	L'hémoglobine	102
8	Hématopoïèse.....	103

Chapitre 12 Le système nerveux	105
1 Organisation du système nerveux.....	105
2 Fonctionnement du système nerveux.....	113
Chapitre 13 Les organes de sens	117
1 L'œil.....	117
2 Le goût et la langue.....	121
3 L'ouïe et l'oreille.....	122
4 L'odorat et le nez.....	124
5 Le toucher et la peau.....	124
Chapitre 14 Génétique	127
1 Quelques définitions.....	127
2 Hérité et génétique moderne.....	129
3 Hérité humaine.....	130
4 L'origine du polymorphisme génétique.....	131
5 Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée.....	133
Chapitre 15 Les divisions cellulaires	137
1 L'ameuse.....	137
2 La mitose.....	137
Chapitre 16 Les maladies et modes de transmission	141
1 Quelques définitions.....	141
2 Quelques modes de transmission des maladies.....	141
Chapitre 17 Evolution des êtres vivants	143
1 Phylogenèse et ontogénèse.....	143
2 Les mécanismes de l'évolution.....	144
3 La conservation de l'innovation génétique.....	144
4 La spéciation.....	144
5 La lignée humaine.....	145
Chapitre 18 Métabolisme cellulaire	149
1 Structure des molécules organiques.....	149
2 Le métabolisme.....	151
3 Énergétique biologique.....	154
Chapitre 19 L'acide Désoxyribonucléique	155
1 Les Fonctions de l'ADN.....	155
2 Différents types d'enzymes liées à l'ADN.....	156
3 La synthèse des protéines.....	156

Chapitre 20 Ecologie	159
1 L'écologie	159
2 Crises écologiques	162
3 Cycles biogéochimiques	162
2 Cours de Chimie	163
Chapitre 21 Atomes, ions et molécules	165
1 L'atome et le noyau atomique	165
2 L'élément chimique	166
3 Configuration électronique des atomes	166
4 Tableau périodique des éléments	168
Chapitre 22 Mélanges et corps purs	171
1 Les mélanges	171
2 Les corps purs	172
Chapitre 23 Cinétique et équilibre chimique	177
1 Cinétique chimique	177
2 Etat d'équilibre d'un système chimique	179
3 Evolution spontanée vers un état d'équilibre	181
Chapitre 24 Acides et bases	183
1 Généralités	183
2 Force d'un acide et d'une base	184
3 Reaction acide/base- application aux dosages	187
Chapitre 25 Oxydoréduction	193
1 Oxydoreduction	193
2 Application au piles	195
3 Application à l'électrolyse	198
Chapitre 26 Contrôle de l'évolution d'un système chimique	201
1 Estérification en présence d'un anhydride d'acide	201
2 Les réactions d'esterifications et d'hydrolyse	201
Chapitre 27 Niveau d'énergie des atomes	205
1 Les spectres atomiques	205
2 Interprétation, postulat de Bohr	205
3 Application : spectre de l'atome d'hydrogène	206
Chapitre 28 Chimie organique	209
1 Les alcanes	209

2	Les alcenes	209
3	Les alcynes	210
4	Les arenes	210
5	Les alcools	211
6	Aldehydes et cetonas	213
7	Les amines	214
8	Les acides amines	215
9	Isomerie	216
3	Cours de Physiques	217
	Chapitre 29 Électricité	219
1	Champ électrostatique et DDP	219
2	Le courant électrique	220
3	Électrolyse	222
4	Générateur -recepteur- énergie consommée dans une circuit	223
5	Puissance électrique en régime sinusoïdal	231
6	Effet thermoélectronique	232
	Chapitre 30 Optique	235
1	Propagation de la lumière	235
2	Reflexion-réfraction	236
3	Le prisme	238
4	Les lentilles sphériques minces	239
5	L'œil	241
6	Étude de quelques instruments d'optique	241
7	La lumière	242
	Chapitre 31 Magnétisme	247
1	Aimants-Champ magnétique	247
2	Le champ magnétique créé par un courant	248
3	Action d'un champ magnétique sur un élément de circuit parcouru par un courant : loi de Laplace	250
4	Flux magnétique - Travail des forces électromagnétiques	251
5	Induction électromagnétique - Auto-induction	251
	Chapitre 32 Mécanique-Cinématique	253
1	Étude de quelques mouvements	253
2	Chute libre des corps	255
3	Quantité de mouvement-moment cinétique	256
4	Énergie mécanique	257
5	Chaleur et travail	259

6	Dynamique du solide en translation ou en rotation	259
7	La dynamique relativiste	260
8	Application du théorème du centre d'inertie	262
9	Les oscillateurs mécaniques	264
10	Les phénomènes périodiques	266
11	Production et qualités du son	267
Chapitre 33 Les rayonnements		273
1	Radioactivité : décroissance radioactivité	273
2	Masse et Energie - Reactions nucleaires	280
3	Les rayons X	284
4	Cours Culture Générale	287
Chapitre 34 Quelques troubles		291
1	Les DYS	291
2	L'autisme	291
3	L'addiction	291
4	Les troubles mentaux	292
5	Le handicap	292
6	Les troubles visuels	292
Chapitre 35 Quelques maladies		295
1	Le cancer	295
2	Maladie de Parkinson	296
3	Maladie d'Alzheimer	296
4	L'obésité	297
5	Le cholestérol	297
Chapitre 36 Mesure de couverture sanitaire au Cameroun, Maladie car-		
diovasculaire, Drogues		299
1	Mesure de couverture sanitaire au Cameroun	299
2	Les maladies cardiovasculaires : Chiffres clés et prévalence	299
3	Les drogues	300
Chapitre 37 Démographie-Natalité et fécondité-Mortalité et longévité		301
1	Démographie	301
2	Natalité et fécondité	301
3	Mortalité et longévité	302
Chapitre 38 Politique et protection Sociale / Euthanasie-Soins palliatifs ...		303
1	Politique et protection Sociale	303

2 Euthanasie - Soins palliatifs	305
Chapitre 39 Scientifiques contemporains et Monde Végétale.....	307
1 Scientifiques contemporains	307
2 Les Cellules souches.....	307
5 Cours d'Anglais	311
Chapitre 40 Verbs and Tenses	313
1 Verbs	313
2 Tenses	314
3 Perfect continuous tenses.....	316
4 Practice.....	317
Chapitre 41 Reported speech	319
1 Reported speech	319
2 The changes of pronouns and adverbs	320
3 Practice.....	321
Chapitre 42 Prepositions and phrasal verbs	323
1 Prepositions.....	323
2 Phrasal verbs	323
3 Practice.....	324
Chapitre 43 Notion of voice.....	325
1 Active voice.....	325
2 Passive voice.....	325
3 Question tags	327
4 Practice.....	328
Chapitre 44 Homonyms.....	329
1 Corpus.....	329
2 Practice.....	329
3 Homework	330
Chapitre 45 Deceptive cognates.....	331
1 Corpus.....	331
2 Practice.....	331
6 Épreuves Examen national.....	333
3 Épreuve de Biologie-Chimie-Physiques 2013	335
4 Épreuve de Culture Générale 2013	347
5 Épreuve de Biologie-Chimie-Physiques 2014	353

6	Épreuve de Biologie-Physiques-Chimie 2015	366
7	Épreuve de Culture Générale 2015	379
7	Épreuve type	387
8	Épreuve type de Biologie-Chimie-Physiques	389
9	Épreuve type de Culture Générale.....	400
8	Corrigés Examen national	407
10	Corrigé de Biologie-Chimie-Physiques 2013.....	409
11	Corrigé Culture Générale 2013	413
12	Corrigé de Biologie-Chimie-Physiques 2014.....	415
13	Corrigé de Biologie-Physiques-Chimie 2015.....	418
14	Corrigé Culture Générale 2015	421
9	Corrigé Épreuve type	423
15	Corrigé Épreuve de Biologie-Chimie-Physiques	425
16	Corrigé Épreuve type de Culture Générale	427

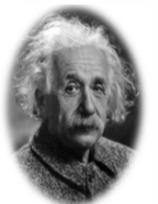
Partie

1

COURS DE BIOLOGIE

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein



STRUCTURE DE LA CELLULE ET HISTOLOGIE

1 Chapitre

Objectifs du chapitre

- Comparer cellule procaryote et eucaryote.
- Décrire et donner les fonctions des organites.
- Décrire les différents types de tissus épitheliaux et donner leur fonction.
- Définir tissus cojonctif et donner sa composition.

1 - Cytologie

1.1 Historique de la cytologie

Définitions

- La cytologie est la science qui étudie la structure et la physiologie de la cellule.
- La cellule est l'unité de base, structurale et fonctionnelle de tous les organismes vivants, elle fut découverte et décrite pour la première fois en 1665 par le botaniste Anglais Robert Hooke.

Cette découverte à permis à Jakob Schleiden et Schwann en 1839, d'énoncer la théorie cellulaire « tous les organismes vivants sont formés de cellules ». La microscopie est le moyen d'observation de la cellule .

1.2 Méthodes d'étude de la cellule

L'étude de la cellule nécessite parfois des techniques telles que la fixation et la coloration. Fixer une cellule c'est la tuer sans la désorganiser. La coloration consiste à utiliser des substances chimiques appelée colorants qui se fixent particulièrement sur certaines parties de la cellule pour bien les rendre visibles, noyau par le rouge dhalia.

1.3 Types de Cellules

Fondamentalement on distingue deux types de cellules, les cellules eucaryotes (animale et végétale) et les procaryotes . Les cellules pro-caryotes n'ont pas de noyau , et ont pour unique organites les ribosome 70s (Figure 1). Elles ne font ni mitose , ni méiose et leur ADN circulaire bicaténaire libre dans le cytoplasme est appelé nucléoïde. Leur mode de division est la bipartition ou division binaire.

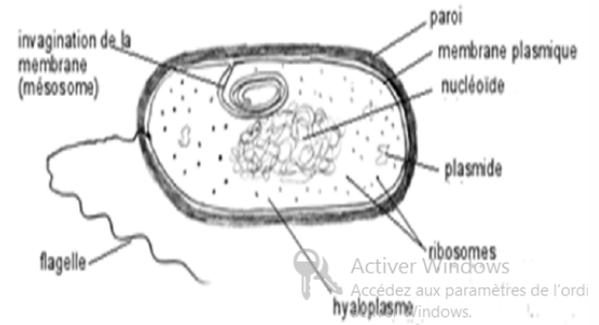


Figure 1 : Structure d'une cellule procaryote

1.4 Ultra structure de la cellule eucaryote

La cellule est constituée de la membrane cellulaire, du cytoplasme, des protoplasme, et des inclusions. (Figures 2a et 2b).

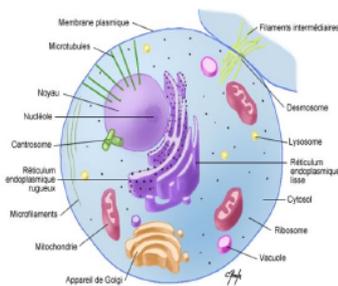


Figure 2a : Cellule animale

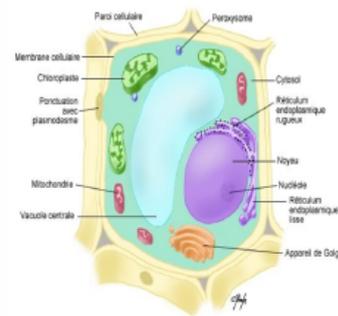


Figure 2b : Cellule végétale

1.4.1 La membrane cellulaire ou plasmalemme

C'est une couche cytoplasmique de très faible épaisseur (75 Å) qui forme une enveloppe continue à la surface de la cellule. En microscopie électronique, elle a une structure tri lamellaire. Sur la face externe de la membrane, on retrouve un revêtement fibreux riche en glucides et en protéines appelé manteau cellulaire ou cell-coat ou glycocalyx. La membrane cellulaire est surtout composée de lipides (40%), protéines, (60%) mais on a aussi une très faible quantité de glucides (1%). Cette composition est presque identique chez tous les êtres vivants , on dit que c'est une membrane unitaire (Figure 3).

Les membranes plasmiques, malgré leur diversité possèdent sauf exceptions une structure identique :

- une bicouche lipidique composée de lipides amphiphiles, qui constitue un filtre de base permettant le passage des substances hydrophobes, freinant les substances hydrophiles ;
- des protéines transmembranaires et périphériques aux rôles divers (transferts, transport, transduction de signaux).

Les fonctions de la membrane plasmique sont : protection, reconnaissance cellulaire, adhésivité cellulaire, échange.

Les principaux processus de passage à travers la membrane plasmique sont :

- **Processus passif** : diffusion simple (perméabilité passive mais sélective), diffusion facilitée ;
- **Processus actif** : nécessite de l'énergie sous forme d'ATP et un système enzymatique spécifique.

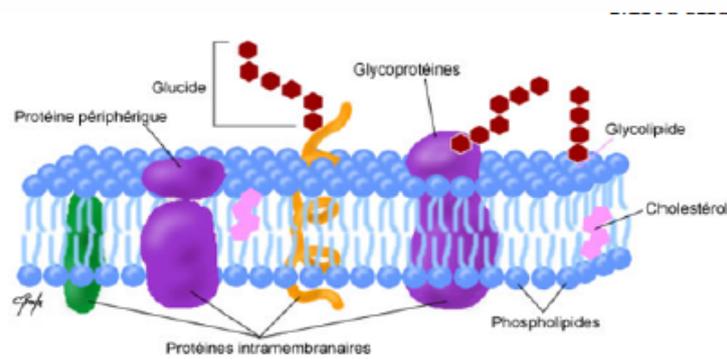


Figure 3 : Membrane cytoplasmique

1.4.2 Le cytoplasme

Contient 75 à 95% d'eau : épais, semi-transparent, contient des tubules et des filaments. Le cytoplasme est lieu de déroulement de la plupart des réactions d'une cellule bien que certaines réactions comme la duplication, ou la transcription ont lieu ailleurs (noyau).

1.4.3 Les organites

Ce sont des structures spécialisées de la cellule qui jouent un rôle particulier dans la croissance, le maintien, la réparation et la régulation.

1 Le noyau

C'est un organe sphérique séparé du cytoplasme par l'enveloppe nucléaire comportant des pores qui lui permettent de communiquer avec le cytoplasme et avec le RE. Le noyau est composé de 3 éléments : du nucléoplasme, du nucléole et de la chromatine (Figure 4a et 4b).

Les fonctions du noyau sont : diriger les activités cellulaires.

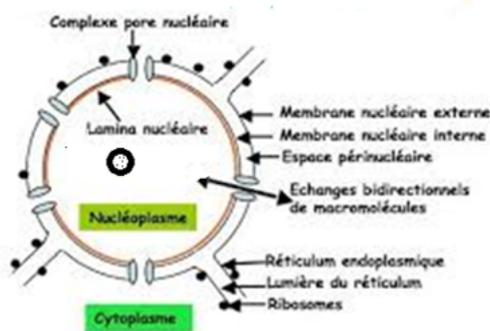


Figure 4a : Structure du noyau

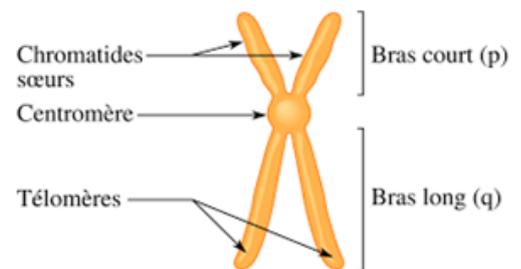


Figure 4b : Structure d'un chromosome

2 Les ribosomes

Ce sont des granulations denses aux électrons, plus ou moins sphériques d'un $\phi = 150$ à 200 \AA , on les trouve dans toutes les cellules. Chaque ribosome comporte 2 sous unités de tailles inégales. Les ribosomes sont constitués de : ARNr, eau (70%) et de molécules protéiques.

Les ribosomes des procaryotes et des eucaryotes diffèrent par leur morphologie, leur coefficient de sédimentation et leur composition chimique. Les ribosomes peuvent être libres dans le cytoplasme ou alignés en chaînes pour former des polyribosomes ou polysomes (Figure 5).

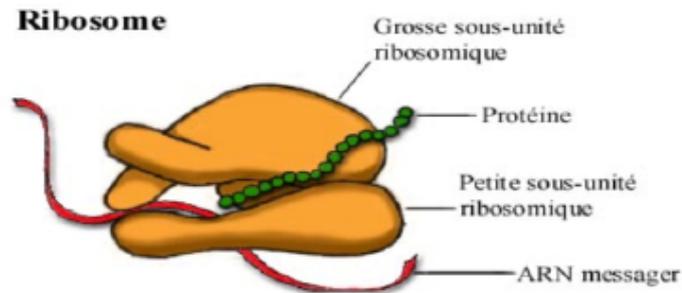


Figure 5 : Ribosome

Les **polysomes** jouent un rôle dans la synthèse des protéines, ils traduisent l'information génétique portée par les ARNm en chaînes polypeptidiques et ceci en 3 phases : initiation, élongation, terminaison.

3 Le réticulum endoplasmique

Ce sont des sacs aplatis formant un réseau tubulaire dans le cytoplasme.

Le REG stocke et distribue les protéines synthétisées tandis que le REL synthétise les lipides, des lipoprotéines et stocke les réserves de calcium.

Rôles :

- polysomes et membranes du RE (transfert des chaînes polypeptidiques) ;
- les membranes du RE (métabolisme des lipides, des glucides, détoxification) ;
- cavités du RE (ségrégation et accumulation, distribution intracellulaire).

4 L'appareil de golgi

Il est formé de sacs membraneux aplatis appelés dictyosomes. Il est très développé dans les cellules glandulaires.

Rôles :

- transport et emballage des produits de sécrétion ;
- production et recyclage de la membrane pour la surface cellulaire.

5 Les mitochondries

Ce sont des structures allongées en forme de bâtonnet aux extrémités arrondies ($L \approx 1 - 4 \mu m$). Elles sont délimitées par deux membranes (Figure 6). Les mitochondries sont présentes uniquement dans les cellules eucaryotes aérobies ; les procaryotes en sont dépourvus. L'ensemble des mitochondries d'une cellule constitue le chondriome.

Rôles :

- oxydations respiratoires ;
- production des précurseurs pour diverses biosynthèses ;
- synthèse des protéines.

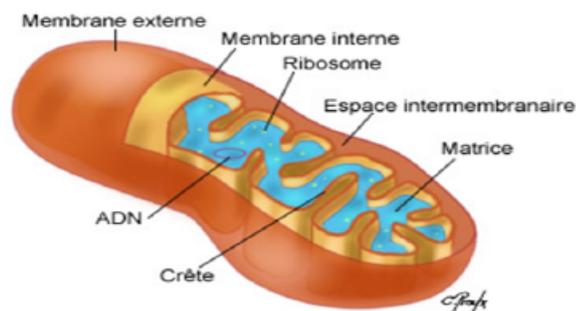


Figure 6 : Mitochondrie

6 Les lysosomes

Ce sont des compartiments cytoplasmiques délimités par une simple membrane lipoprotéique et renfermant des hydrolases acides. On les trouve dans toutes les cellules eucaryotes. On peut classer les lysosomes en deux catégories :

- **lysosomes primaires** qui ne renferment que des enzymes lytiques.
- **lysosomes secondaires** qui contiennent les hydrolases et les substances en cours de digestion.

Rôles :

- digestion intracellulaire de type autophagique ou hétérophagique ;
- stockage temporaire des réserves.

La crinophagie est le processus d'autophagie sélective consistant à détruire des grains de sécrétion excédentaire (hormones) dans les cellules sécrétrices des glandes endocrines par les lysosomes.

7 Les centrioles

Ils sont formés de microtubes. Il existe toujours deux centrioles par cellule, disposées perpendiculairement l'un à l'autre. Les centrioles sont à proximité du noyau car ils dirigent le sens de la division cellulaire.

8 Les vacuoles

Petites cavités du cytoplasme tenant en réserve des substances que la cellule utilisera ultérieurement et permettent l'évacuation des déchets de la cellule.

9 les peroxyosomes

Organites cytoplasmiques sphériques qui renferment les enzymes catalysant la production puis la décomposition de H_2O_2 . Ils sont présents dans les cellules eucaryotes. Leur durée de vie est de quelques jours.

Rôle :

- catabolisme des purines ;
- métabolisme des lipides ;
- de l'acide glycolique.

10 les chloroplastes

Organites cytoplasmiques qu'on trouve chez les végétaux photosynthétiques et qui renferment la chlorophylle.

Rôle : photosynthèse.

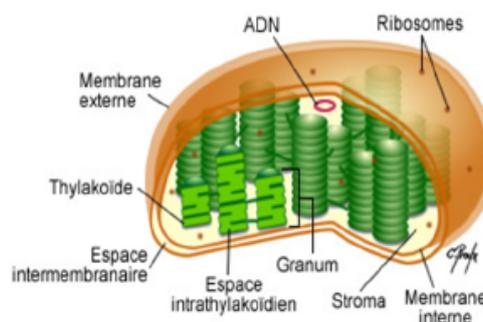


Figure 7 : Chloroplaste

11 Les inclusions

Ce sont des substances chimiques contenues dans le cytoplasme (amidon, glycogène, résines).

Principales différences entre les cellules procaryotes et cellules eucaryotes (Tableau 1).

Tableau 1 : Principales différences entre cellules procaryotes et cellules eucaryotes

.	Procaryotes	Eucaryotes
Critère	batérie archée	champignons, plantes, animaux
Taille	$\sim 1 - 10\mu m$	$\sim 1 - 100\mu m$
Type de noyau	nucléotide; pas de véritable noyau	vrai noyau avec une enveloppe nucléaire
Transcription et traduction	simultanée dans le cytoplasme	synthèse d'ARN dans le noyau, synthèse de protéines dans le cytoplasme
Ribosomes	70S	80S
Structure cytoplasmique	très peu de structures	très structuré par des organes cytoplasmiques et un cytosquelette
Mitochondries	aucune	de une à plusieurs douzaines
Chloroplastes	aucun	les plantes chlorophylliennes (algues)
Division cellulaire	division directe	Mitose / méiose (division indirecte)

2 - Histologie

Définitions

- **Un tissu** : est un ensemble de cellule qui remplisse en commun un certain nombre de fonction.
- **L'histologie** est l'étude des tissus .

Il existe quatre grandes variétés de tissus : les tissus épithéliaux, conjonctifs, musculaires et nerveux. Un ensemble de tissus différents concourant à une même fonction constitue un organe. L'ensemble des organes qui participent à la même fonction constitue un appareil.

2.1 Les tissus épithéliaux

Ce sont des tissus composés de cellules juxtaposées qui limitent les organes vers l'extérieur ou vers une cavité naturelle de l'organisme. On les divise en épithéliums de revêtement et épithéliums glandulaires.

2.1.1 Les épithéliums de revêtement

Ils sont constitués d'une ou plusieurs couches de cellules (assises) reposant sur une membrane basale. Ils ont un rôle de protection vis-à-vis des tissus sous jacents. On les classe en fonction du nombre d'assise et de la forme des cellules de surface.

Exemple

L'épiderme de la peau.

2.1.2 Les épithéliums glandaires

On les distingue suivant la façon dont ils déversent leur produit de sécrétion ou suivant leurs formes.

Suivant la façon dont ils déversent leur produit de sécrétion, on distingue les glandes endocrines (thyroïde), les glandes exocrines (glandes salivares) et les glandes mixtes (pancréas).

Suivant leurs formes : on peut citer les glandes tubuleuses et les glandes acineuses.

Il existe différents modes d'excrétion :

- **mérocine** : la substance est mise en charge dans des vésicules, elle sera excrétée par diffusion ou par exocytose. Il y a maintien de l'intégrité cellulaire.

Exemple

Le pancréas.

- **holocrine** : la cellule entière est le produit de livraison ; elle accumule la substance dans son cytoplasme, puis meurt et se détache de l'épithélium.

Exemple

La glande sébacée.

- **apocrine ou holomérocine** : la cellule a deux pôles bien séparés, le pôle basal regroupe les organites nécessaires à la sécrétion, le pôle apical se forme progressivement au fur et à mesure que la substance est produite, lors de l'excrétion le pôle apical se fragmente. La cellule peut ensuite reprendre un cycle de sécrétion. On trouve ce type de sécrétion dans la glande mammaire.

2.2 Les tissus conjonctif

C'est un tissu de remplissage et d'emballage intercalé entre les organes. Les cellules d'un tissu conjonctif ne sont pas du tout jointives, elles baignent dans la substance fondamentale. Le sang par exemple est un tissu conjonctif liquide et l'os un tissu conjonctif solide.

Les éléments constitutifs du tissu conjonctif sont :

- les cellules conjonctives ou fibrocytes, elles sont de formes étoilées, unies les unes aux autres par de fins prolongements, ces cellules immobiles sont dites cellules fixes ;
- les cellules mobiles : les plasmocytes, les macrophages (pouvoir de phagocytose) ;
- les adipocytes qui accumulent les lipides ;
- une substance interstitielle qui comble tous les espaces libres entre les cellules ;
- des fibres entrecroisées situées dans la substance intercellulaire. Ces fibres sont de 3 sortes : les fibres collagènes de gros diamètre, les fibres élastiques et les fibres réticulines.

2.3 Les tissus musculaires et nerveux

Nous y reviendrons sur ces tissus ultérieurement quand nous étudierons le muscle et le système nerveux.

Objectifs du chapitre

À la fin de ce chapitre, le candidat ou la candidate doit être capable de :

- Schématiser et annoter un os long.
- Donner le nombre d'os, et la forme des os pour chaque partie du corps.
- Donner la composition chimique de l'os.
- Donner les fonctions de l'os.
- Définir articulation ; citer les différents types suivi des exemples sur le corps humain.

Introduction

Définition

L'appareil locomoteur est un dispositif d'organe qui confère aux animaux la faculté de se mouvoir physiquement en faisant usage de leurs muscles. L'A.L est composé.

- Du squelette, fait d'os liés par des articulations.
- Des muscles attachés au squelette par des tendons.

Les ligaments sont des faisceaux fibreux qui lient deux parties osseuses (d'une articulation) ou deux organes.

1 — Étude des os

Définition

Os désigne aussi bien un tissu conjonctif solidifié que l'une de ces structures individuelles, ou les organes, dans lesquels ils sont formés, et que l'on trouve chez de nombreux animaux.

1.1 Types d'os

On distingue trois types d'os, selon leur forme.

1.1.1 Les os longs

Ce sont des os dont une dimension, la longueur emporte sur la largeur et l'épaisseur. Ils présentent une partie moyenne, la diaphyse et deux extrémités renflées ou épiphyses.

Exemple

Le fémur qui est l'os le plus long du corps humain.

1.1.1 Les os plats ou larges

Ce sont des os dont la longueur et la largeur prédominent sur l'épaisseur.

Exemple

L'omoplate (Figure 8).

1.1.1 Les os courts

Ce sont ceux dont les 3 dimensions sont à peu près égales.

Exemple

Les vertèbres, os du carpe.

La surface des os est rendue irrégulière par la présence des saillies, de dépressions et d'orifices.

1.2 Composition chimique des os

① Le tissu osseux est constitué de cellules osseuses logées à l'intérieur de la substance fondamentale osseuse.

(a) Les cellules osseuses :

- ostéoblastes, produisent la matière osseuse ;
- ostéoclastes, responsables de la résorption osseuse d'une part en diminuant le pH au contact de la matrice osseuse, d'autre part en sécrétant des enzymes protéolytiques, responsables de la dégradation de l'os ;
- ostéocytes, constituant de l'os ; cellules matures logées dans les ostéoplastes.

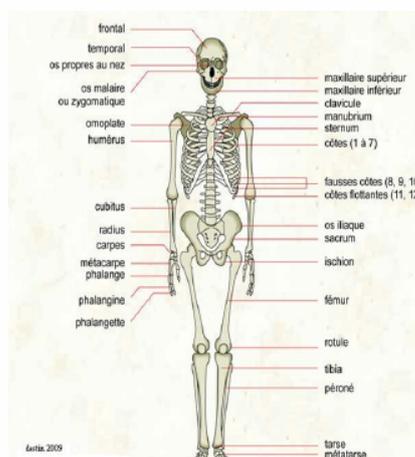


Figure 8 : Squelette (vue antérieure)

(b) La substance fondamentale osseuse comprend :

- l'osséine ou ostéine constitue les 1/3 du poids de l'os et représente la matière organique sur laquelle viendront se déposer les différents éléments minéraux. Il entraîne une résistance, élasticité, flexibilité. L'osséine est une protéine, sous l'influence de l'ébullition, il se transforme en gélatine.
- Les sels minéraux (2/3 du poids de l'os) confèrent aux os leur solidité et leur rigidité. Ces sont essentiellement le phosphate de calcium (80% des sels minéraux), le carbonate de calcium (14%), le fluorure de calcium : 4% et le phosphate de magnésium (2%).

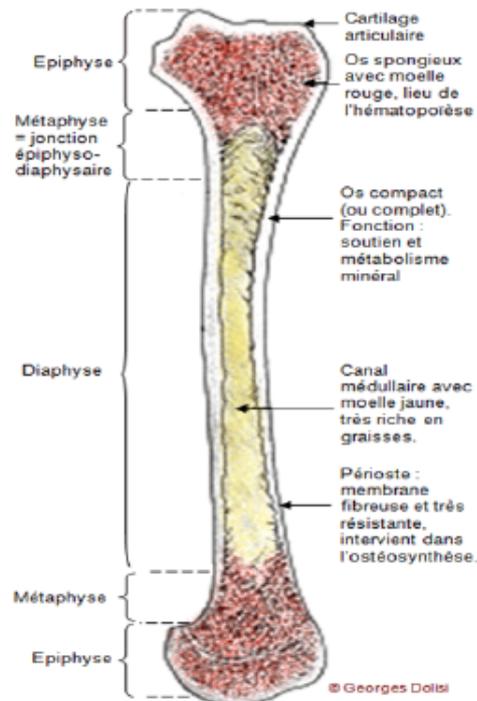


Figure 9 : Os long en coupe sagittale

- 2) Selon la disposition de ses cellules et la densité plus ou moins grande de la substance fondamentale, le tissu osseux peut prendre 2 aspects différents : tissu osseux compact et tissu osseux spongieux.
- 3) Les parties d'un os long sont (voir figure 9) :
 - (a) la diaphyse ou corps de l'os est constituée d'un tissu osseux compact ;
 - (b) les épiphyses ou têtes de l'os sont formées du tissu spongieux dont les mailles sont comblées de moelle osseuse rouge dite érythropoïétique ;
 - (c) la métaphyse est la jonction entre épiphyse et diaphyse. La diaphyse et les épiphyses sont entourées par une membrane fibro-élastique : le périoste. Le périoste contenant de nombreux vaisseaux sanguins fournit à l'os une partie de ses vaisseaux nourriciers.

1.3 Formation et croissance des os

1.3.1 L'ostéogénèse

C'est la formation des os. Les os peuvent se former par deux processus différents : l'ossification fibreuse ou ossification intra-membraneuse (ou endo-conjonctive) et ossification enchondrale.

- **L'ossification intra membraneuse** désigne le processus de formation d'un os à partir d'une membrane fibreuse, l'os ainsi constitué est appelé os membraneux.
- **L'ossification enchondrale** : ossification à partir du cartilage de conjugaison ou d'accroissement, l'os qui en résulte est l'os cartilagineux.

1.3.2 La croissance des os

Elle se fait

- En épaisseur : par opposition grâce au périoste.
 - En longueur : elle se fait grâce aux cartilages de conjugaison.
- Le tissu osseux est actif et dynamique, le remaniement osseux se fait grâce aux ostéoblastes et aux ostéoclastes.

2 - Le squelette

Le squelette du crâne (neurocrane) du thorax (axial) et des membres (appendiculaire) est constitué de nombreux cas (Tableau 2).

Tableau 2 : Numération des os du corps humain

Squelette		Partie du corps	Nombre d'os	Os
Cephalique	Tête	Crâne	08	1 Frontal, 2 pariétaux, 2 temporaux, 1 occipital, 1 sphénoïde, 1 ethmoïde
		Face	14	Maxillaire supérieur, 2 os malaire, 2 os lacrymaux, os propre du nez, os hyoïde, 2 os palatins, les cornets, vomer, maxillaire inférieur
Axial	Thorax	Rachis	33 à 34	7 cervicales, 12 dorsales, 5 lombaires, 5 sacrées, 4 à 5 coccygiennes
		Côtés	12 paires	7 vraies, 3 fausses (reliées par un cartilage unique au sternum), 2 flottantes
		Sternum		le manubrium sternal, le corps du sternum, l'appendice xiphoïde
Appendiculaire	Supérieure		32 × 2	Scapula, clavicule, humérus, radius, cubitus, carpe(8), métacarpe(5), phalange(14)
	Inférieure		31 × 2	Os coxal, fémur, tibia, péroné, rotule, tarse(7) métatarse(5) orteils(14)

2.1 Les os

Le squelette est l'ensemble des os du corps.

Il s'agit d'une charpente animale rigide servant de support pour les muscles et de protection pour les organes permettant la locomotion. Les os stockent des sels minéraux et permettent la fabrication des cellules sanguines. À la naissance, le bébé a environ 350 os, dont une grande partie va se souder au cours de la croissance. À l'âge adulte, le squelette est composé de 207 à 208 os.

Remarques

- Les os du crâne forment la boîte osseuse à l'intérieur de laquelle se trouve l'encéphale. Ils protègent l'oreille interne.
- Les temporaux protègent l'oreille interne et résultent de la soudure de : l'écaille, le tympanal et le rocher.
- La face est formée de 14 os qui se regroupent en 2 massifs osseux : la mâchoire supérieure et la mâchoire inférieure. La mandibule est le seul os mobile de la face.
- Chaque vertèbre est constituée d'un corps vertébral, de deux processus transverses, une épineuse, et d'un foramen vertébral par lequel passe la moelle épinière.

Remarques

- La cage thoracique protège le coeur, les poumons et les gros vaisseaux.
- Le sternum est un os aplatis situé dans la partie antérieure et médiane du thorax. $L \approx 15cm$.
- Les os du carpe très mobiles sont disposés en 2 rangées.
- Les phalanges 3 par doigts sauf pour le pouce ; P1 ou phalanges, P2 ou phalanges, P3 ou phalanges.
- Le fémur est l'os le plus long, le plus gros, le plus solide.

Définitions

- **Ceinture scapulaire**
Clavicule en avant + omoplate et vertèbres cervicales en arrière.
- **Ceinture pelvienne**
Formée par les 2 os coxaux symétriques (ou os iliaques ou os de la hanche) formée de trois parties : l'ilion, l'ischion et le pubis, en arrière le sacrum et le coccyx.

3 – Le Cartilage

C'est un **tissu conjonctif** (tissus dont les cellules sont séparées par de la matrice extracellulaire, contrairement aux épithéliums où les cellules sont jointives) non vascularisé spécialisé formant le squelette de l'embryon. Il est très peu présent chez l'adulte car remplacé par les os. Les différents types de cartilages sont :

3.1 Le cartilage élastique

Riche en fibres élastiques a la tâche de maintenir la forme d'une structure en lui conférant une grande flexibilité. On le retrouve au niveau de l'oreille externe (pavillon).

3.2 Le cartilage fibreux

Ou fibrocartilage riche en fibres de collagène qui le rend très résistant aux tractions. On le retrouve au niveau des disques intervertébraux de la colonne vertébrale les sites d'insertions des ligaments, des tendons et des capsules articulaires.

3.3 Le cartilage hyalin

Est le plus important dans l'organisme. Il en existe deux types :

- Articulaire dans la capsule synoviale des articulations mobiles.
- Non articulaire dans le nez, le cartilage thyroïde, les anneaux des grosses bronches et de la trachée, l'extrémité des côtes ainsi que les deux côtes flottantes.

Remarque

Le cartilage de conjugaison est du cartilage hyalin situé entre la métaphyse et l'épiphyse de l'os assurant la croissance en longueur de celui-ci. Il disparaît en fin de croissance.

4 - Les articulations

Définitions

- **L'arthrologie** est l'étude des articulations.
- Une **articulation** est la jonction entre un ou plusieurs os, elle a pour fonction de relier les os entre eux et confère ainsi une certaine mobilité au squelette (Figure 10a).

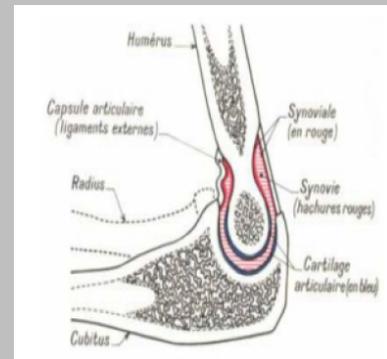


Figure 10a

Il existe 3 types d'articulations :

4.1 Sur le plan fonctionnel

On distingue :

- les articulations immobiles ou synarthroses, c'est le cas des os du crâne ;
- les articulations semi-mobiles ou amphiarthroses : articulation du genou par exemple ;
- les articulations mobiles ou diarthrose : la ceinture scapulaire (Figure 10b).

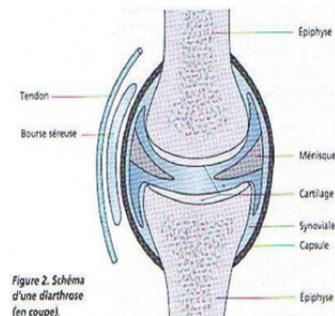


Figure 2. Schéma d'une diarthrose (en coupe).

Figure 10b

4.2 Sur le plan structural

On distingue :

- les articulations fibreuses : cas des os de la tête ;
- les articulations cartilagineuses, c'est le cas de la jonction épiphyse-diaphyse ;
- les articulations synoviales : cas des diarthroses et amphiarthroses.

La **synovie** est un liquide clair, (secrété par la membrane synoviale) filant et huileux qui lubrifie les surfaces cartilagineuses et facilite ainsi le glissement.

Les **bourses séreuses ou coussinets** sont des sacs fibreux qui se trouvent là où les ligaments, les muscles, la peau ou les tendons frottent sur les os ou les articulations.

Les **gaines de tendons** sont des bourses allongées qui entourent le tendon.

☀ Objectifs du chapitre

- Énoncer les propriétés du muscle.
- Comparer muscle strié, muscle cardiaque et muscle lisse.
- Décrire la séquence des événements qui concourent à la contraction musculaire.
- Décrire les voies de régénération de l'énergie par le muscle.

Introduction

Définition

La **myologie** est l'étude des muscles. Les muscles sont une forme contractile des tissus des animaux. Les muscles des membres sont les éléments moteurs de l'appareil locomoteur.

Il existe environ 637 muscles squelettiques chez l'homme, représentant environ 25% des dépenses énergétiques de base et 45% de la masse totale du corps. Ce sont des organes contractiles dotés d'aptitude à transformer l'énergie chimique (sous forme d'ATP) en énergie mécanique.

1 — Fonctions et propriétés du muscle

1.1 Fonctions du muscle

Les muscles ont quatre fonctions importantes :

- maintien de posture ;
- stabilisation des articulations ;
- dégagement de chaleur ou thermogénèse ;
- production de mouvements : la contraction musculaire permet de mouvoir des parties du corps s'il s'agit de muscles squelettiques, ou de mouvoir des substances à l'intérieur du corps s'il s'agit de muscles lisses ou cardiaques.

1.2 Propriétés du muscle

Les muscles possèdent certaines propriétés particulières qui leur permettent de remplir leurs fonctions, ces propriétés sont :

- **l'excitabilité** : faculté de percevoir un stimulus et d'y répondre ;
- **contractilité** : capacité de se contracter avec force en présence de la stimulation appropriée ;
- **élasticité** : possibilité qu'ont les fibres musculaires de reprendre leur longueur de repos lorsqu'on les relâche ;
- **l'extensibilité** : faculté de l'étirement (inverse de l'élasticité). Les fonctions du muscle squelettique sont : déplacement, posture, fonction végétative, thermogénèse.

2 - Structure des muscles

2.1 Aspect morphologique

La forme des muscles est variée :

- **les muscles longs** (biceps, triceps) : ils ont un corps en fuseau et possèdent des tendons ;
- **les muscles plats** (deltoïde) : ils ont un corps charnu sans tendons ;
- **les muscles courts** : ils ont un corps charnu très court, sans tendons ;
- **les muscles annulaires ou circulaires** (muscles orbiculaires).

2.2 Les types de muscles

2.2.1 Les muscles striés squelettiques

Certains muscles du corps humain sont dits squelettiques et striés, car ils s'attachent aux os, et possèdent des bandes ou stries. Ces stries sont de plusieurs types : bande I, bande A, bande H, strie Z, ligne M.

2.2.2 Le muscle strié cardiaque

Le muscle cardiaque est le seul muscle strié non squelettique de l'organisme. Comme tous les muscles striés, sa couleur rouge est due à un pigment de stockage de l'oxygène appelé **myoglobine**. Il contient toutes les stries que les muscles squelettiques, mais on note des stries particulières au cœur. Ces stries en formes d'escalier sont appelées **stries scalariformes**.

2.2.3 Les muscles lisses

Ce sont des muscles à contraction involontaires. Ils sont dépourvus de stries d'où leur aspect lisse. Les muscles lisses se contractent plus rapidement que les muscles squelettiques, mais leur contraction dure plus longtemps. Les muscles lisses sont retrouvés dans les organes tels que les vaisseaux sanguins, l'iris, l'utérus, ou l'intestin.

La comparaison entre muscle squelettique, muscle cardiaque et muscle lisse porte sur plusieurs aspects (Tableau 3).

Muscle	Squelettique	Cardiaque	Lisse
Contraction	Volontaire et involontaire	Involontaire	Involontaire lente et continue
Aspect	Strié : les fibres squelettiques sont longues et portent des bandes transversales bien visibles nommées stries	Strié	Non strié (au niveau de la peau des viscères des vaisseaux)
Nombre de noyaux	Plusieurs noyaux périphériques cellules plurinucléés de formes cylindriques formées des stries longitudinales et transversales	Noyau unique disposé au centre; ramification et interconnexion des fibres	Un noyau unique
Respiration	Aérobie et anaérobie	Aérobie	Surtout anaérobie

Tableau 3 : Comparaison des trois types de muscles

3 - Ultrastructure de la fibre musculaire strié

3.1 La membrane plasmique ou sarcolemme

C'est le lieu du « potentiel de plaque motrice » et de propagation du potentiel d'action musculaire. Le sarcolemme est une structure intimement liée à l'appareil contractile, il est soumis à des tensions mécaniques lors de la contraction.

3.2 La myofibrille

C'est est une structure cylindrique ($\phi = 1 - 2\mu m$), ayant un aspect « strié » : alternance de bandes sombres (A) et de bandes claires (I).

La **myofibrille** est composée d'une chaîne de sarcomères. Le sarcomère est l'unité contractile du muscle; assemblage de myofilaments fins et épais et les protéines de soutien. Il est délimité par deux stries Z et a trois bandes :

- d'une bande H faite de myosine ;
- d'une bande A faite d'actine et de myosine ;
- de deux demi-bandes I faites d'actine (Figure 11).

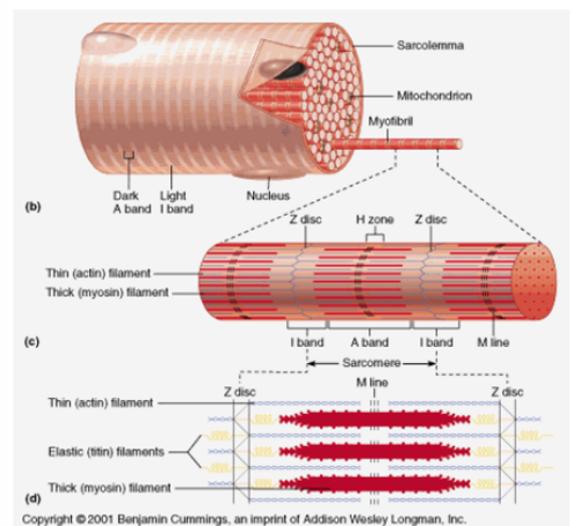


Figure 11 : Organisation d'un sarcomère

4 – Les mécanismes de la contraction du muscle strié squelettique

- ① A partir de la plaque motrice (jonction neuromusculaire), le potentiel d'action produit se propage le long du sarcolemme et dans les tubules T ou tubule transverses.
- ② Le potentiel d'action déclenche la libération de l'ion calcium présent dans citernes terminales du réticulum sarcoplasmique.
- ③ Le calcium libéré à partir des sacs latéraux du réticulum sarcoplasmique, diffuse vers les filaments fins et épais, suivie de la liaison de cet ion calcium sur les filaments fins et activation de l'actine (il y'a alors déplacement de la troponine et la tropomyosine).
- ④ Les **têtes de myosines** s'attachent aux sites de liaison de l'actine, formation de la liaison transversale, glissement des filaments fins sur les filaments épais, tirant les filaments d'actines vers le centre entrainant le raccourcissement .L'énergie nécessaire est fournie par l'**hydrolyse** de l'ATP.

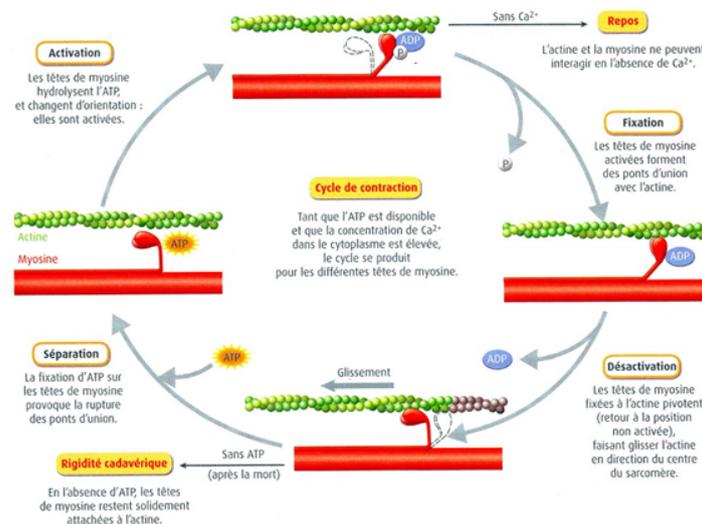


Figure 12 : : Mécanismes de la contraction musculaire : Rôle de l'ATP

A la fin du potentiel d'action le calcium est transporté activement vers le réticulum sarcoplasmique. La tropomyosine masque à nouveau le site de liaison à la myosine, la contraction prend fin et le muscle se détend.

Les mécanismes de production et propagation du potentiel d'action (P.A.) du muscle sont similaires à ceux du nerf. Durée P.A. fibre musculaire ($\approx 5ms$) > P.A. fibre nerveuse ($\approx 1ms$) . L'apparition du P.A à lieu au milieu de la fibre et la propagation est bidirectionnelle. Il y a activation de presque tous les sarcomères simultanément. La réponse mécanique/contractile dépend du nombre et de la fréquence de stimulation.

Remarques

- Les modalités de contraction du muscle :
 - * contraction isométrique : la longueur du muscle reste constante mais la tension développée change ;
 - * contraction isotonique : la longueur varie mais sa tension reste constante.
- Le degré de raccourcissement d'un muscle dépend de la longueur de ses fibres.
- L'énergie d'un muscle dépend du nombre de fibres qui le constituent, (la force d'un muscle est donc proportionnelle à la section physiologique).
- La force d'un muscle dépend de la longueur du muscle au moment de la stimulation. Sources d'énergie de la contraction est l'ATP.

5 - Les voies de régénération de l'énergie par le muscle

Les réserves musculaires en ATP : très faibles (5mmol/kg), utilisées en quelques secondes d'où la nécessité de resynthèse de l'ATP à partir de 3 sources (Tableau 4).

Source	Anaérobie alac-tique	Anaérobie lactique	Aérobie
A partir	Composés phosphorés : créatine phosphate(CP)	Glycogène ou glucose	Glucides ou lipides
Utilisation d'O ₂	Non	Non	Oui
Réaction	$ADP + CP \rightarrow ATP + C$	Glyc ou Gluc \rightarrow ac. lactique	Glucide ou lipide $\rightarrow CO_2 + H_2O$
Production d'ATP	1	3 à 2	36 à 38

Tableau 4 : Les trois voies de régénération de l'ATP musculaire

6 - Les phénomènes accompagnant la contraction musculaire

Ils peuvent être :

- phénomènes thermiques ;
- phénomènes électriques ;
- phénomènes chimiques ;
- phénomènes hormonaux ;
- phénomènes mécaniques.

7 - Métabolisme du muscle

7.1 Les métabolites musculaires

Les cellules musculaires ont principalement besoin pour leur métabolisme de glucose et d'acides gras. D'autre part, le tissu musculaire est capable de stockage :

- des réserves glucidiques sous forme de glycogène ;
- les triglycérides constituent des réserves lipidiques. Leur synthèse se fait à partir de glycérol et d'acides gras, ils redonnent ces composés une fois hydrolysés.

Lors de l'activité musculaire, divers phénomènes se produisent. L'absence d'enzymes permettant la déphosphorylation du glucose-phosphate dans la cellule musculaire empêche le passage de glucose dans le sang. Lorsque l'activité se prolonge, les réserves glycogéniques finissent par être épuisées. Cette déperdition est palliée par le recours aux acides gras qui proviennent soit de l'hydrolyse des triglycérides musculaires, soit de la circulation sanguine. Pendant son activité, la cellule musculaire peut également oxyder du glucose. Celui-ci est alors directement importé du milieu sanguin et dérive des glycolyse et néoglucogénèse hépatiques. Cependant, cette voie est peu utilisée pour deux raisons :

- D'une part, le glucose traverse très lentement les membranes des cellules musculaires.
- D'autre part, une utilisation trop massive de glucose sanguin pourrait faire baisser la glycémie, ce qui est extrêmement dangereux pour le système nerveux (une forte hypoglycémie provoque un coma puis la mort).

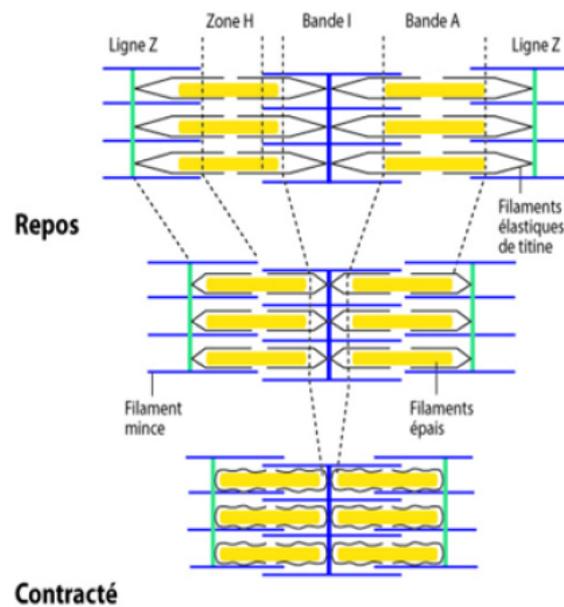


Figure 13 : Racourcissement du sarcomère au cours de la contraction

7.2 Consommation d'oxygène par le muscle au cours de l'effort physique

L'ATP est présent dans les cellules musculaires en très petite quantité, il doit donc être restauré par l'intermédiaire de voies métaboliques particulières qui sont au nombre de trois. L'une de ces voies est aérobie : c'est la respiration. Or chaque individu possède des capacités cardiaques et respiratoires propres, de même que ses fibres musculaires ont des caractéristiques précises. Ces facteurs font que la consommation en O_2 par unité de temps est limitée : on appelle VO_2 max la valeur maximale qui peut être atteinte. Celle-ci correspond, pour une fréquence cardiaque maximale, à 10 à 12 fois la consommation de repos. Il faut donc, lorsque VO_2 max est atteint (exercices courts et intenses), qu'il existe d'autres voies métaboliques qui n'utilisent pas de dioxygène. On qualifie ces voies métaboliques d'anaérobies. Celles-ci sont de deux sortes : fermentation lactique et fermentation alactique.

L'existence de ces trois voies métaboliques a une implication anatomique. Les fibres musculaires ont en effet une double nature :

- les fibres blanches fonctionnent surtout de manière anaérobie. Leur contraction est rapide mais elles sont vite fatigables, ce sont elles qui sont utilisées dans les exercices brefs ;
- les fibres rouges, principalement aérobies sont au contraire lentes mais moins fatigables. On les rencontre dans les muscles développant une activité prolongée.

8 – Activité musculaire

8.1 Activité musculaire et régulation

Les cellules musculaires ont principalement besoin pour leur métabolisme de glucose-phosphate et d'acides gras. D'autre part, le tissu musculaire est capable de stockage :

- des réserves glucidiques sous forme de glycogène ;
- les triglycérides constituent des réserves lipidiques. Leur synthèse se fait à partir de glycérol et d'acides gras, ils redonnent ces composés une fois hydrolysés.

Lors de l'activité musculaire divers phénomènes se produisent. L'absence d'enzymes permettant la déphosphorylation du glucose-phosphate dans la cellule musculaire empêche le passage de glucose dans le sang. Lorsque l'activité se prolonge, les réserves glycogéniques finissent par être épuisées. Cette déperdition est heureusement palliée par le recours aux acides gras qui proviennent soit de l'hydrolyse des triglycérides musculaires, soit de la circulation sanguine. Pendant son activité, la cellule musculaire peut également oxyder du glucose. Celui-ci est alors directement importé du milieu sanguin et dérive des glycogénolyse et néoglucogenèse hépatiques. Cependant, cette voie est peu utilisée pour deux raisons :

- d'une part, le glucose traverse très lentement les membranes des cellules musculaires ;
- d'autre part, une utilisation trop massive de glucose sanguin pourrait faire baisser la glycémie, ce qui est extrêmement dangereux pour le système nerveux (une forte hypoglycémie provoque un coma puis la mort).

8.2 Activité musculaire et processus énergétiques

La double nature des fibres musculaires

L'ATP est présent dans les cellules musculaires en très petites quantités, il doit donc être restauré par l'intermédiaire de voies métaboliques particulières qui sont au nombre de trois. L'une de ces voies est aérobie : c'est la respiration. Or chaque individu possède des capacités cardiaques et respiratoires propres, de même que ses fibres musculaires ont des caractéristiques précises. Ces facteurs font que la consommation en O_2 par unité de temps est limitée : on appelle VO_2 max. la valeur maximale qui peut être atteinte. Celle-ci correspond, pour une fréquence cardiaque maximale, à 10 à 12 fois la consommation de repos. Il faut donc, lorsque VO_2 max. est atteint (exercices courts et intenses), qu'il existe d'autres voies métaboliques qui n'utilisent pas de dioxygène. On qualifie ces voies métaboliques d'anaérobies. Celles-ci sont de deux sortes : fermentation lactique et fermentation alactique. L'existence de ces trois voies métaboliques a une implication anatomique. Les fibres musculaires ont en effet une double nature :

- les fibres blanches fonctionnent surtout de manière anaérobie. Leur contraction est rapide mais elles sont vite fatigables, ce sont elles qui sont utilisées dans les exercices brefs ;
- les fibres rouges, principalement aérobies sont au contraire lentes mais moins fatigables. On les rencontre dans les muscles développant une activité prolongée.

☀ Objectifs du chapitre

- Donner les fonctions de l'appareil urinaire.
- Schématiser et annoter l'appareil urinaire et un rein humain.
- Décrire le mécanisme de la formation de l'urine.
- Décrire le mécanisme de la reabsorption d'eau et du sodium par le rein.
- Décrire l'action du système nerveux sur le néphron.

Introduction

Le **système urinaire** est composé des **deux reins**, de la **vessie**, **deux uretères** et l'**urètre**.

Il a pour fonctions principales :

- filtration du plasma, excrétion dans les urines des déchets et de toxines du métabolisme ;
- fonction endocrine par sécrétion de la rénine et de l'érythropoïétine ;
- transformation de la vitamine D en sa forme active ;
- régulation homéostasique du milieu intérieur ;
- participation à la régulation de la PA (le rein est l'organe exclusif de la régulation lente de la PA). Il effectue la régulation exclusive de la volémie donc des capitaux sodés et hydriques).

1 — Anatomie de l'appareil urinaire

1.1 Le rein

Les **reins** sont deux organes en forme de haricot situés dans la partie postérieure de l'abdomen, de part et d'autre de la colonne vertébrale et surmontés chacun par une glande surrénale. Un rein a : $L = 10,2\text{ cm}$; $l = 6\text{ cm}$; $e \approx 3\text{ cm}$ et $P = 100\text{ g}$. Le rein comporte un bord latéral concave sur lequel s'implante l'artère rénale, la veine rénale, des fibres nerveuses, et l'uretère au niveau d'une dépression appelée le hile. Le rein contient une cavité, le sinus rénal, qui renferme les néphrons (Figure 14).

L'unité fonctionnelle du rein est le néphron ; c'est le lieu de filtration du sang et tous les processus menant à la formation de l'urine. Il existe environ 1 million de néphrons par reins. Chaque rein est constitué d'un corpuscule rénal et d'un tubule rénal (Figure 15).

- Le **corpuscule rénal** est constitué de la capsule glomérulaire ou capsule de Bowman et d'un glomérule.
- Le **tubule rénal** a trois parties : le tube contourné proximal (TCP), l'anse de Henlé, le tube contourné distal (TCD) et le tube collecteur.

Le rein comprend deux zones : le **cortex** (TCP et TCD) et la **médullaire** (pyramides de Malpighi : contient les anses de Henlé et les tubes collecteurs). La majeure partie du néphron se trouve dans le cortex.

Le rein est richement vascularisé, ceci à deux **objectifs** : nutrition des reins, épuration du plasma de ses déchets. Le sang veineux sera collecté au niveau des tubes urinaires et repartira par les veines rénales.

L'appareil justaglomérulaire est une petite structure endocrine situé au pôle vasculaire du corpuscule rénal. C'est une région spécialisée de l'artériole afférente et du tube droit distal, constitué de trois composantes : macula densa (rôle d'osmorécepteur), les cellules extraglomérulaires (rôle contractile) et les cellules juxtaglomérulaires (rôle de mécanorécepteur, elles sécrètent la rénine). L'appareil juxtaglomérulaires aide à régler la pression sanguine et le taux de filtration du sang par les reins.

1.2 Les voies urinaires

C'est l'ensemble des canaux excréteurs que l'urine traverse depuis les reins jusqu'au milieu extérieur. Elles comprennent : les calices, le bassinnet, l'uretère, la vessie et l'urètre.

1.2.1 Les calices

Le sommet de chaque pyramide de Malpighi est coiffé d'un petit calice. Il existe autant de petits calices que de pyramides de Malpighi. Ces petits calices sont des tubes creux recueillant des urines émises par les pyramides. Les petits sacs s'unissent entre eux et forme les grands calices, il existe en général 3 grands calices dans chaque rein : le supérieur, le moyen et l'inférieur.

1.2.2 Le bassinnet

IL résulte de l'union des grands calices. Il collecte l'urine et la déverse dans l'uretère. Il est doué d'un pouvoir contractile qui aide la progression de l'urine dans les voies urinaires.

1.2.3 L'uretère

L'**uretère** est un conduit long s'étendant du bassinnet à la vessie, $L \approx 25\text{cm}$, $\phi \approx 3 - 5\text{mm}$.

1.2.4 La vessie

La **vessie** est un sac musculo-membraneux située dans le bassin qui emmagasine l'urine produite par les reins jusqu'au moment de son expulsion. La vessie reçoit les extrémités des deux uretères et point de départ de l'urètre, ces trois orifices de la vessie dessinent un triangle auquel on donne le nom de trigone. La vessie est constituée par une tunique externe fibreuse, une tunique moyenne musculaire et une tunique interne muqueuse. L'ensemble des fibres musculaires de la vessie constitue le détrusor dont la contraction assure l'évacuation vésicale. La capacité de la vessie est d'environ 500 ml.

La **diurèse moyenne** est d'environ 1,5L/ jour. La miction est l'émission de l'urine hors de l'organisme.

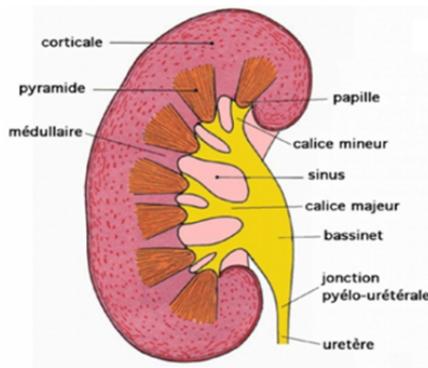


Figure 14 : Coupe transversale du rein (W)

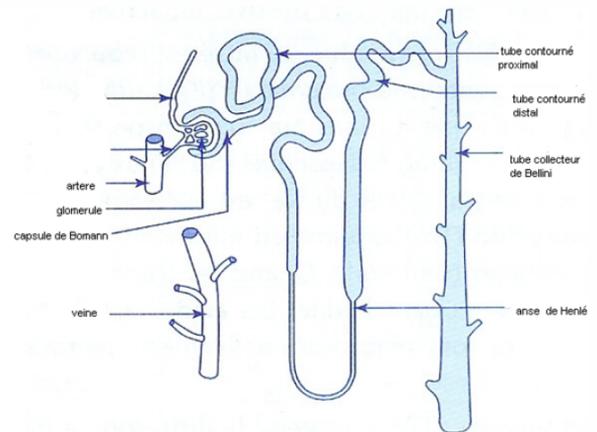


Figure 15 : Structure d'un néphron

1.2.5 L'urètre

Est le canal excréteur de la vessie. Il contrôle l'écoulement de l'urine grâce aux sphincters. Son aspect est différent dans les deux sexes.

- **Urètre de l'homme** : $L = 16\text{cm}$ et $\phi = 7\text{mm}$. Son trajet comporte différentes portions successives : l'urètre prostatique, urètre membraneux (périnéal), urètre spongieux.
- **Urètre de la femme** : $L \leq 16\text{cm}$. Il descend verticalement en avant du vagin, le méat urétral s'ouvre à la partie antérieure du vestibule vulvaire.

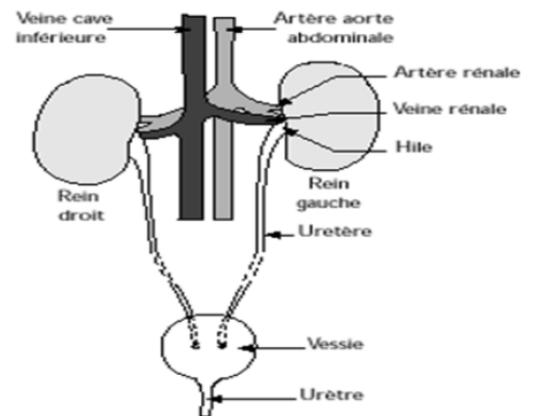


Figure 16 : Appareil urinaire humain

2 - Physiologie du rein

2.1 Formation de l'urine

L'urine est constituée d'eau (95%), de composés organiques, La couleur de l'urine est due une substance appelée l'urochrome.

L'élaboration de l'urine comprend trois étapes successives : filtration glomérulaire, réabsorption et sécrétion tubulaire.

2.1.1 Filtration Glomérulaire

Le sang qui pénètre dans le rein est amené aux glomérules de Malpighi, l'eau et les petites molécules passent passivement la membrane du glomérule et arrivent dans l'espace urinaire. Ainsi se trouve dans cet espace de l'urine primitive appelé ultra-filtrat qui est très abondant. La principale différence entre le plasma et l'ultra-filtrat est l'absence de grosses molécules dans celui-ci. Le débit sanguin rénal est de 120 -125ml/min soit 180L/24h pour les 2 reins. 90% de ce sang passe dans les glomérules.

2.1.2 Réabsorption Tubulaire

Il y a un mouvement de l'eau et des solutés qui retournent dans le sang :

- tubule contourné proximal : partie active où se passe la plupart de la réabsorption (80%) ;
- anse de Henlé : une partie de la réabsorption se fait à ce niveau, c'est le lieu de la formation de l'urine concentrée ou diluée.
- tubule contourné distal et tubule rénal collecteur : la réabsorption de l'eau et du Na^+ se fait seulement sous contrôle hormonal (ADH et aldostérone).
-

La créatinine est une grosse molécule non liposolubles qui n'est pas réabsorbée, ni secrétée, sa concentration plasmatique reste stable ce qui la rend utile pour mesurer le débit de filtration glomérulaire et évaluer la fonction glomérulaire. Les substances non réabsorbées sont : les produits azotés du métabolisme des protéines et des acides nucléiques : urée, acide urique et créatinine (pas de transporteurs protéiques, non liposolubles), molécules trop grosses pour traverser la membrane plasmique des cellules tubulaires.

2.1.3 Sécrétion tubulaire

C'est l'inverse de la réabsorption, elle peut se produire tout le long du tube. Son mécanisme est principalement actif ; cette sécrétion a deux rôles : participer à la régulation du pH, débarrasser le sang des électrolytes en excès. La clairance rénale est le volume de sang débarrassé d'une substance par unité de temps. Elle permet d'évaluer la fonction des reins et dépend de la filtration, de la réabsorption et de la sécrétion.

2.2 Régulation de la fonction rénale

2.2.1 Régulation hormonale

La filtration dépend de la pression artérielle (PA), l'augmentation de la PA provoque augmentation de la vitesse et du taux de filtration. Tout facteur influençant la PA influencera le débit urinaire. L'adrénaline modifie le diamètre des artéioles et donc la vitesse de filtration. Les cellules juxta glomérulaires interviennent si la pression artérielle rénale est trop basse, il y aura sécrétion de la rénine.

2.1.1.1 Hormone Antidiurétique

Provoque un ajustement rapide des reins pour le maintien du volume d'eau dans l'organisme. ADH agit au niveau des tubules rénaux et collecteurs pour une réabsorption accrue de l'eau.

2.1.1.2 Aldostérone

Si $[Na^+]$ diminue, l'aldostérone est libérée par le cortex surrénalien, il agit au niveau des tubules rénaux et collecteurs en provoquant une réabsorption accrue de Na^+ et par conséquent d'eau. La maladie d'ADDISON est due au manque d'aldostérone.

2.1.1.3 Facteur Natriurétique Auriculaire (FNA)

Favorise l'excrétion d'eau et du sodium. La sécrétion du FNA est stimulée par l'étirement du muscle cardiaque.

2.2.2 Régulations nerveuses

les vaisseaux rénaux sont innervés par le système rénal sympathique vasoconstricteur. Au repos : la dilatation est maximale d'où l'influence du système sympathique faible. Si stimulation faible, les artéioles se contractent, le flux sanguin au niveau du glomérule est limité → taux de filtration glomérulaire diminue légèrement Si stimulation forte, il y a vasoconstriction des artéioles afférentes → diminution du taux de filtration et de l'écoulement sanguin.

☀️ Objectifs du chapitre

- Définir hormone.
- Citer les différentes glandes endocrines et les hormones qu'elles produisent.
- Citer les différents axes endocriniens et décrire le mécanisme de régulation.

Introduction

Les **glandes endocrines** sont caractérisées par la richesse de leur vascularisation et par la disposition spéciale de leurs capillaires dits sinusoides, dépourvus de paroi propre, le sang baignant directement les cellules glandulaires.

Définition

Les **hormones** sont des messagers chimiques déversés dans le sang par les glandes endocrines et transportés à distance vers les organes cibles spécifiques.

On distingue 2 grands groupes d'hormones en fonction des substrats de synthèse : les hormones dérivées d'acides aminés qui sont hydrosolubles et les hormones stéroïdes qui sont liposolubles, obtenues à partir du cholestérol.

Il existe **8 glandes endocrines principales** : l'**hypothalamus**, l'**hypophyse**, la **thyroïde**, les **parathyroïdes**, le **pancréas**, les **gonades** (testicules ou ovaires), les **glandes surrénales**, l'**épiphyse** ou glande pinéale. Les différents stimuli influençant la sécrétion des hormones sont nerveux et hormonaux.

1 - Les glandes endocrines

1.1 La glande thyroïde

C'est un organe en forme de papillon, c'est la plus volumineuse des **glandes endocrines**. Elle est constituée par deux lobes latéraux réunis par une portion rétrécie, l'isthme. Sa consistance est ferme, sa coloration rosée, P= 18 à 60g chez l'adulte. Histologiquement, la glande **thyroïde** apparaît formée par la juxtaposition de structures sphériques creuse appelées vésicules ou follicules thyroïdiens. Chaque vésicule thyroïdienne est constituée de :

- ① Au centre, colloïde ambré dépourvu de cellules, composé de molécules de thyroglobuline auxquelles s'attachent les atomes d'iode.

- ② En périphérie, de cellules épithéliales, cuboïdes ou squameuses qui élaborent la thyroglobuline, une glycoprotéine mise en réserve au centre du follicule.

Les follicules sont séparés les uns des autres par un tissu conjonctif contenant les cellules parafolliculaires (élaborant l'hormone appelée calcitonine) et un riche réseau capillaire.

Les hormones thyroïdiennes sont les suivantes :

- La triiodothyronine ou T3, forme la plus active, 10-20% de sécrétion thyroïdienne.
- La Tétrai-iodo-thyronine ou thyroxine ou T4, 80-90% de sécrétion thyroïdienne
- La calcitonine, hormone hypocalcémisante intervenant dans les minéralisation osseuse.

Près de 80% de T4 est convertie en T3 au niveau des organes périphériques telles que : le foie, les reins ou la rate.

Les hormones thyroïdiennes assurent les fonctions suivantes :

- actions métaboliques : la thyroïde fait tourner plus vite la « centrale thermique » humaine, elle agit ainsi : sur le métabolisme des glucides, des lipides, des protéides dont elle accélère l'utilisation par les cellules, et agit également sur le métabolisme de l'iode sur le métabolisme de l'iode.
- action sur la croissance : développement du système nerveux chez le fœtus et le nourrisson : développement et fonctionnement des muscles.
- actions tissulaires ; favorise la mobilité et bonus astro-intestinaux : favorise hydratation de la peau.

La sécrétion de la thyrocalcitonine est indépendante de la commande hypophysaire et ne dépend que de la calcémie.

1.2 Les glandes parathyroïdes

Ce sont de petites **glandes ovalaires** (P= 0,01 - 0,10 g) situées 2 par 2 à la face postérieure des lobes latéraux du corps thyroïde. Elles sont constituées de 2 types de cellules : les cellules principales, qui semblent seules douées de la fonction endocrine de la glande et les cellules oxyphiles. Les cellules oxyphiles dont la fonction n'est pas connue.

Les expériences d'**ablation** totale des **parathyroïdes** et l'administration d'extraits parathyroïdiens ont montré que ces glandes sont indispensables à la vie ; elles tiennent sous leur dépendance le métabolisme du calcium et du phosphore.

L'hormone parathyroïdienne, la **parathormone** (PTH) assure la régulation du métabolisme du calcium et du phosphore. Elle entraîne une hypercalcémie et une hypophosphorémie. La PTH a une action antagoniste de la thyrocalcitonine ou calcitonine pour le maintien de la calcémie. C'est l'hormone de protection du **capital calcique**.

La **sécrétion parathyroïdienne** est réglée uniquement par le taux de calcium dans le sang irriguant les parathyroïdes et en particulier par l'activité du calcium ionisé.

1.3 Les glandes surrénales

1.3.1 Anatomie

Les glandes surrénales sont des organes en forme de pyramide perchés au dessus des reins et enveloppés d'une capsule fibreuse et d'une couche de graisse. Leurs dimensions moyennes sont : $L = 3\text{cm}$, $l = 2\text{cm}$, $e = 1\text{cm}$, $p = 4$ à 6g. Elles sont constituées de 2 portions différentes, différence qui se retrouve dans leur fonction :

- la corticosurrénale externe, constituée des zones glomérulées, fasciculées et réticulées ;
- la médullosurrénale interne appartenant au système nerveux sympathique.

1.3.2 Physiologie de la corticosurrénale

1.3.2.1 Les hormones corticosurrénaliennes

Les hormones de la corticosurrénale sont appelées corticostéroïdes. Elles peuvent en fonction de leur rôle biologique être classées en trois grands groupes : minéralocorticoïdes, glucocorticoïdes et androgènes.

- Les **minéralocorticoïdes** : ce sont les « hormones de l'eau et du sel ». Elles règlent en effet l'équilibre de l'eau et des électrolytes en agissant sur leur élimination par le rein. L'hormone essentielle de ce groupe est l'aldostérone. C'est à son action sur l'équilibre hydro-électrolytique du sang que la glande surrénale doit ses fonctions vitales.
- Les **hormones métaboliques** : hormones métaboliques agissant sur le métabolisme des glucides, des protéides et des lipides. L'hormone essentielle ici est la cortisol ou hydrocortisone et son principal effet métabolique est la néoglucogenèse (formation de glucose à partir des lipides et des protéines). Comme autres glucocorticoïdes, on a : la cortisone et la corticostérone sécrétées en faible quantité par l'organisme humain. Par ailleurs le cortisol intensifie les effets vasocrostricteur du système nerveux sympathique augmentent la PA et l'efficacité areulatoire.
- Les **hormones androgènes** : la plus importante est la DHEA (dihydroépiandrosterone), la DHEA sulfate et l'androsténone (précurseur de la testotérone chez l'homme).

Remarque

La différenciation des 3 zones de la corticosurrénale est histologique et fonctionnelle :

Les minéralocorticoïdes sont élaborés au niveau de la zone glomérulée ; son activité est indépendante de l'activité hypophysaire et notamment de la sécrétion d'A.C.T.H.

Les glucocorticoïdes sont élaborés au niveau de la zone fasciculée ; cette sécrétion est sous la dépendance de l'A.C.T.H. hypophysaire.

Les androgènes sont élaborés au niveau de la zone réticulée.

1.3.2.2 Hormones de la médullosurrénale

La médullosurrénale sécrète l'adrénaline et la noradrénaline appelées catécholamines. L'action des catécholamines est intense et brève. Les hormones de la médullosurrénale ont les actions suivantes :

- action sur l'**appareil cardio-vasculaire** : la noradrénaline provoque une hypertension en élevant les résistances vasculaires périphériques, et l'adrénaline par augmentation du débit cardiaque.
- action **métabolique** : elles agissent sur le métabolisme glucidique (hyperglycémie) et le métabolisme lipidique (mobilisation des graisses de réserve).
- action sur les **muscles lisses** : elles entraînent le relâchement des muscles lisses. L'action des catécholamines est comparable à celle du sympathique. La médullosurrénale possède une sécrétion permanente faible mais réagit rapidement aux situations d'urgence par une sécrétion abondante de catécholamines.

1.3.2.3 Régulation surrénalienne

Les corticosurrénales obéissent à une régulation complexe :

- une commande hypophysaire : l'antéhypophyse sécrète l'A.C. T.H. Il agit exclusivement sur la sécrétion des hormones métaboliques (glucocorticoïdes).
- une commande humorale : ce dernier mécanisme n'intervient que pour la sécrétion d'aldostérone sous la dépendance du système rénine angiotensine, du volume de sang circulant et de la pression artérielle.

1.4 Le pancréas endocrine

La fonction endocrine du pancréas est dévolue aux îlots de Langerhans. Les études au microscope électronique y ont montré la présence de plusieurs types de cellules différentes :

- les **cellules α** (ou alpha) qui sécrètent le glucagon
- les **cellules β** (ou bêta) qui sécrètent l'insuline

- les **cellules Δ** (ou delta) qui sécrètent la somatostatine
- les **cellules sécrétrices** du polypeptide pancréatique humain.

L'insuline a un rôle essentiel dans le métabolisme des glucides, des lipides et des protides.

L'insuline abaisse la glycémie par différents mécanismes : elle favorise la pénétration du glucose à l'intérieur des cellules, en particulier au niveau du muscle et du tissu adipeux, stimule la glycogénèse, inhibe la glycolyse et la néoglycogénèse.

La sécrétion d'insuline est déclenchée par différents facteurs : l'élévation de la glycémie, l'action de certaines hormones (sécrétine, glucagon), les facteurs nerveux (les catécholamines inhibent la sécrétion d'insuline ; le nerf vague la provoque).

Le glucagon a des propriétés antagonistes à celle de l'insuline.

La somatostatine inhibe la sécrétion de la G.H, d'insuline, de glucagon, de gastrine.

1.5 Les gonades

1.6 Les testicules

1.6.1 Les testicules

1.5.1.1 Les hormones testiculaires

L'hormone essentielle est la testostérone produite par les cellules intersticielles ou cellules de Leydig. Les autres hormones (androstérones) semblent être des produits de transformation de la testostérone. Les actions de la testostérone sont multiples : action tissulaire, action métabolique action sur le comportement.

L'inhibine, hormone peptidique sécrétée par les cellules de Sertoli inhibe la production de la FSH au niveau hypophysaire ainsi que la libération de GnRH au niveau hypothalamique.

Le développement et le fonctionnement du testicule sont commandés par les gonadotrophines :

- La F.S.H. (Follicule Stimulating Hormone) stimule la spermatogénèse et la croissance des tubes séminifères,
- la GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) stimule le fonctionnement des cellules de Leydig et la production de la testostérone.

La sécrétion de FSH et LH est elle-même sous la dépendance de l'hypothalamus qui élabore la Gn.R.H.

1.6.2 Les ovaires

1.5.2.1 Les hormones ovariennes

Les ovaires synthétisent plusieurs hormones dont les plus importants sont oestrogènes et la progestérone. Il est à noter la synthèse d'une faible quantité d'androgènes.

- 1 Les oestrogènes sont élaborées par les cellules de la thèque interne ; ce sont l'oestradiol (le plus actif), l'oestrone et l'oestriol. Leurs actions physiologiques sont :
 - actions sur le tractus génital et les caractères sexuels : ils entraînent une hyper contractilité des trompes, une hypertrophie de la glande mammaire, favorisent le développement du myomètre et de la muqueuse utérine.
 - actions métaboliques : ils favorisent la fixation du Ca sur la trame protéique de l'os et la soudure précoce des cartilages de conjugaison. Ils favorisent aussi la rétention hydrique.
- 2 La progestérone : elle est élaborée, en dehors de la grossesse par le corps jaune (cellules de la granulosa) et pendant la grossesse par le placenta. Le rôle physiologique de la progestérone porte essentiellement sur la préparation et le maintien de la grossesse. La progestérone exerce son action sur le tractus génital ; pendant la grossesse elle inhibe la contractilité de l'utérus et empêche l'expulsion de l'ovule, elle provoque aussi l'élévation de la température.

- ③ Les androgènes sont sécrétés par le stroma ovarien et agissent sur la pilosité pubienne et axillaire.

1.7 L'hypophyse

L'hypophyse est une petite glande (P= 0,60 g) pendue au plancher du troisième ventricule par la tige pituitaire et logée dans la selle turcique creusée sur le corps du sphénoïde. Elle est constituée de trois parties, dont les fonctions sont différentes : le lobe antérieur, le lobe intermédiaire et le lobe postérieur.

1.8 L'antéhypophyse

1.8.1 L'antéhypophyse

L'antéhypophyse sécrète de très nombreuses substances : les stimulines

1.6.1.1 L'hormone de croissance ou GH (Growth Hormon) ou hormone somatotrope

L'hormone de croissance ou GH (Growth Hormon) ou hormone somatotrope est responsable de la taille du sujet et a aussi des fonctions métaboliques : sur les protides (anabolisme, synthèse des protides) , sur les glucides (action hyperglycémiant), sur les lipides (mobilise les réserves lipidiques et favorise leur utilisation). La carence entraîne un trouble appelé nanisme, par contre son hyperproduction entraîne le gigantisme chez l'adolescent et la cromégabie chez l'adulte.

1.6.1.2 Les stimulines antéhypophysaires

Ce sont des hormones ayant pour cible une cellule endocrine. Ce sont :

- la cortico-stimuline ou A.C.T.H (Adrenocorticotrop hormone) qui stimule les zones fasciculée et réticulée de la corticosurrénale.
- la thyrostimuline ou T.S.H (Thyroïde-stimuliting hormone) qui stimule les cellules folliculaires de la thyroïde.
- les gonadostimulines : F.S.H et L.H stimulent les glandes.

1.6.1.3 La prolactine

La prolactine (PRL) stimule la production du lait par les glandes mammaires.

1.8.2 Le lobe intermédiaire

Le lobe intermédiaire chez l'homme se constitue de cellules assurant la production de MSH (Melanocyte-stimulatin hormone).

1.8.3 La posthypophyse (ou lobe postérieur)

La posthypophyse ou neurohypophyse n'est pas proprement parlé une glande endocrine. Elle sécrète les neurohormones produites par l'hypothalamus.

La posthypophyse sécrète :

- la vasopressine ou ADH (Anti-diuretic hormone) a deux actions : vasoconstriction et action antidiurétique.
- l'ocytocine provoque la contraction de l'utérus, à ce titre elle joue un rôle fondamental dans l'accouchement. Elle intervient en association avec la prolactine au déclenchement de la lactation.

1.9 L'hypothalamus

Il s'agit du véritable cerveau neuroendocrinien de l'organisme supervisant la fonction endocrine de l'hypophyse et de là, la plupart des grandes fonctions endocrines de l'organisme. Les hormones hypothalamiques agissent souvent par couples antagonistes permettant un rétrocontrôle : RH (Releasing Hormone) qui activent, et les Inhibiting Factors (IF), inhibiteurs. Les plus importantes sont : TRH (Thyroïde Releasing Hormone), G.H.R.H. (Growth Hormone Releasing Hormone), somatostatine, Gn-RH, PRF (Prolactine Releasing factor) et PIF (Prolactine Inhibiting Hormone).

1.10 L'épiphyse

Sécrète la mélatonine hormone du sommeil d'une façon rythmique

2 - Autres tissus endocriniens

- Le thymus secrète les thymosines intervenant dans la maturation des lymphocytes T
- Le rein secrète l'érythropoïétine qui permet la fabrication des globules rouges.
- Le coeur élabore au niveau de l'oreillette droite le Facteur Natriurétique Atrial(FNA) qui intervient dans le maintien de la volémie, l'équilibre de la balance sodée, la régulation de la pression artérielle.
- Les organes digestifs secrètent de nombreuses hormones, parmi laquelle le VIP (Vaso Intestinal Peptid) ; la gastrine ; la pancréozymine cholécysto Kurine (CCt).

Introduction

Le système reproducteur masculin diffère de celui de la femme par le fait principal que, l'appareil génital mâle est aussi un appareil urinaire, contrairement à la femme chez qui les deux appareils sont indépendants.

1 – Appareil génital masculin

L'appareil génital masculin est constitué de 2 testicules, des voies spermatiques, des glandes annexes et du pénis. Cet appareil a 2 principales fonctions : exocrine par production des spermatozoïdes et du liquide spermatique et endocrine par synthèse des hormones (testostérone et inhibine).

1.1 Les testicules

Ce sont deux glandes ovoïdes, P = 20g, L = 4 - 5cm ; l = 2,5 - 3cm, et e = 2,5cm. Ils sont situés dans une poche cutanée appelée bourses ou scrotum (voir Figure 17).

Chaque testicule a 2 tuniques qui sont de l'intérieur vers l'extérieur :

- la **tunique** interne ou profonde appelée **albuginée** constituant la capsule fibreuse du testicule ;
- la **tunique superficielle** qui est la vaginale du testicule ou tunique vaginale (séreuse) constituée de 2 feuillets, dérivé d'une invagination du péritoine.

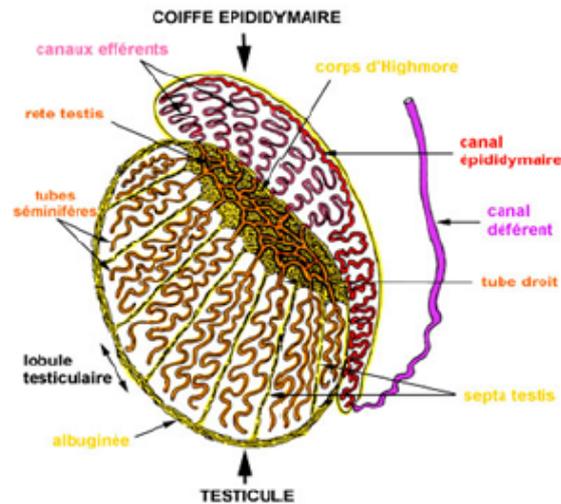


Figure 17 : Structure du testicule

Chez l'**embryon**, les testicules sont dans la région lombaire, au voisinage des reins.

1.2 Les voies spermatiques extra-testiculaires

1.2.1 L'épididyme

L'épididyme est une structure en forme de virgule qui mesure environ 3,8cm de long, il est constitué de trois parties : une tête, un corps et une queue. La majeure partie de l'épididyme consiste en un conduit étroitement enroulé sur lui-même appelé canal épидидymaire qui, déroulé mesure environ 6m de long. Les spermatozoïdes immatures et pratiquement immobiles qui quittent le testicule séjournent un certain temps dans l'épididyme. Au cours de leur transport dans le canal épидидymaire (20 jrs environ), les spermatozoïdes deviennent mobiles et féconds.

1.2.2 Les canaux déférents

Le canal déférent est un conduit ($l \approx 45cm$, $\phi = 2mm$) de consistance très ferme qui s'étend de la queue de l'épididyme au canal éjaculateur. Il se termine à la base de la prostate en se dilatant en ampoule déférentielle s'unissant avec la conduit excréteur de la vésicule séminale qui sert de réservoir aux spermatozoïdes dans l'intervalle des éjaculations. L'ensemble des vaisseaux, des nerfs et du canal déférent qui se rend au testicule constitue le cordon spermatique.

1.2.3 Les canaux éjaculateurs

Ce sont des canaux très courts ($l \approx 2,5cm$) inclus en entier dans l'épaisseur de la prostate, ils se jettent dans l'urètre prostatique au niveau d'une saillie : le **veru montanum** assurant l'impossibilité de la miction durant l'érection .

1.2.4 L'urètre

L'urètre ($L = 16cm$) part des vésicules séminales, traverse le pénis et s'ouvre par le méat urétral. Il véhicule l'urine et le liquide spermatique. A des moments différents, on distingue successivement l'urètre prostatique, l'urètre membraneux et l'urètre spongieux ou pénien.

Les voies spermatiques intra-testiculaires sont formées : des tubucules séminifères contournés, puis droits, du rete testis et des canalicules efférents.

1.3 Les glandes annexes

Elles sécrètent les différents constituants du sperme.

1.3.1 Les vésicules séminales

Ce sont 2 réservoirs musculo-membraneux situés en arrière de la prostate. Elles sécrètent le liquide séminal (60 % du volume du sperme) qui est un liquide alcalin visqueux et jaunâtre renfermant du fructose, de l'acide ascorbique des prostaglandines, des protéines de coagulation (séminogéline) et d'autres substances qui améliorent la mobilité et le pouvoir de fécondité des spermatozoïdes.

1.3.2 La prostate

C'est une glande qui sécrète le liquide blanchâtre responsable de la couleur du sperme et permet de diluer le sperme car légèrement acide. La sécrétion prostatique représente 1/3 du volume du sperme et joue un rôle dans l'activation des spermatozoïdes.

1.3.3 Les glandes de Cowper ou glandes bulbouretrales

Ce sont de petites glandes de la grosseur d'un pois ($\phi = 34mm$) situées sous la prostate. Elles produisent un épais mucus translucide libéré avant l'éjaculation qui neutraliserait l'acidité des traces d'urine encore présentes dans l'urètre.

1.4 La verge et les organes érectiles

L'appareil de l'**érection** est formé par les **organes érectiles** entourés par les enveloppes auxquels sont annexés les muscles, la juxtaposition des organes érectiles constitue la **verge**.

1.4.1 La verge ou pénis

C'est l'organe de copulation mâle destiné à déposer les spermatozoïdes dans les voies génitales de la femme. Il comprend 3 corps érectiles entourés par la tunique fibroélastique qu'est l'**ulbuginée** (Figure 18).

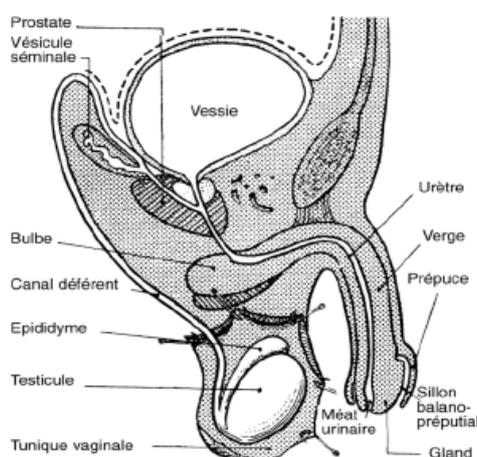


Figure 18 : Le pénis

1.4.2 Les organes érectiles

Ce sont les deux (2) corps caverneux et le corps spongieux. Le sperme est un liquide blanchâtre légèrement visqueux renfermant les spermatozoïdes et les sécrétions des glandes annexes. C'est le milieu de transport des spermatozoïdes contenant les nutriments, les substances protégeant et activant les spermatozoïdes. Le fructose présent dans la sécrétion des vésicules séminales constitue presque leur seul combustible. La quantité de sperme émise lors d'une éjaculation est de 2 à 3ml voire 5ml, chaque ml contient 60 - 100 millions de spermatozoïdes. Le sperme a un pH = 7,2 - 7,6 Pour que le sperme soit normalement fécond, il faut que moins de 20% des spermatozoïdes soient anormaux. Lorsque plus de 50% le sont, on parle de tératospermie.

La stérilité peut être due à une émission insuffisante de sperme, à un nombre insuffisant de spermatozoïdes dans le sperme (oligospermie), à l'absence de spermatozoïdes dans le sperme (azoospermie) ou à des spermatozoïdes insuffisamment mobiles (asthénospermie). Un spermatozoïde normal présente une tête, une pièce intermédiaire et un flagelle. (Figure 19)

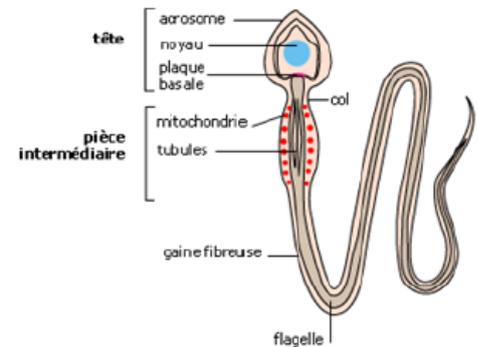


Figure 19 : Structure d'un spermatozoïde humain

1.5 Fonction exocrine du testicule : la spermatogénèse

Définition

La **spermatogénèse** est l'ensemble des étapes successives qui conduisent à la formation de spermatozoïdes matures à partir des cellules germinales. Elle dure 72 ± 2 jrs et est permanente et continue à partir de la puberté.

La spermatogénèse se déroule dans les tubes séminifères en 4 étapes (Figure 20) :

1.5.1 Le stade de multiplication

On trouve appliquées contre les parois du tube séminifère des petites cellules à noyaux sphériques et diploïdes : ce sont des spermatogonies nées des cellules germinales appelées gonies constituant la paroi du tube, elles se multiplient en repoussant les cellules déjà formées vers la lumière du tube. Cette phase commence à la puberté et se poursuit toute la vie.

1.5.2 Le stade d'accroissement

Chaque spermatogonie augmente simplement de taille pour devenir un cyte de 1er ordre appelé spermatocyte I toujours diploïde.

1.5.3 Le stade de maturation

Chaque spermatocyte I est le siège de la méiose qui réduit sa garniture chromosomique de moitié, en effet au cours de ce stade chaque spermatocyte I subit 2 divisions méiotiques à savoir :

- la **mitose réductionnelle** qui affecte le spermatocyte I diploïde pour donner 2 spermatocytes II, haploïdes ;
- la **mitose équationnelle** affecte chaque spermatocyte II pour donner deux spermatides haploïdes.

Au terme de cette phase de maturation, chaque spermatocyte I diploïde engendre 4 spermatides haploïdes

54 1.5.4 Le stade de différenciation

Les spermatides se transforment progressivement en spermatozoïdes de la façon suivante : chaque spermatide prend une forme ovoïde et différencie l'acrosome vers l'avant, tandis que du côté opposé, le centrosome se dédouble et pousse un long flagelle. La majeure partie du cytoplasme s'élimine le long de ce flagelle. Le spermatide est ainsi devenu au terme de cette phase de différenciation une petite cellule haploïde allongée appelé spermatozoïde. L'ensemble des transformations morphologiques et anatomiques que subit le spermatozoïde pour atteindre sa maturation est appelé spermiogénèse.

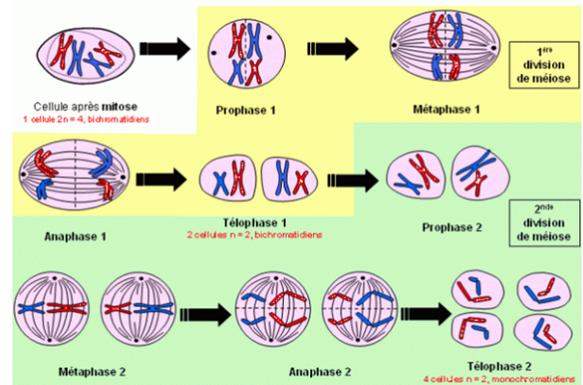


Figure 20 : Les étapes de la méiose

2 - Appareil génital de la femme

Il comprend :

- les ovaires : ce sont les glandes élaborant les gamètes femelles ;
- les trompes utérines : ce sont deux conduits amenant les ovules jusqu'à l'organe de la nidation ;
- l'utérus : c'est l'organe de la gestation et de nidation où se développe l'ovule fécondé ;
- le vagin et la vulve qui sont les organes de copulation ;
- on y attache aussi les glandes mammaires qui sont les organes de lactation (Figure 21).

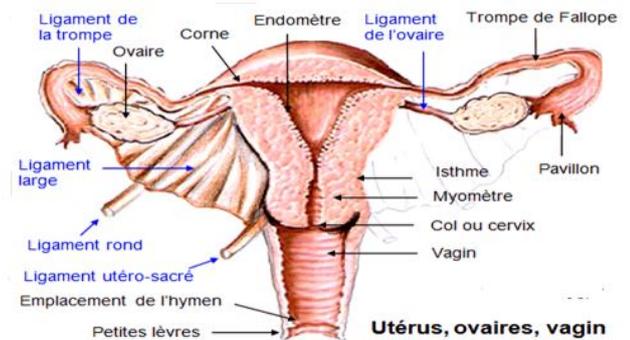


Figure 21 : Appareil génital de la femme

2.1 Les ovaires

Ce sont deux glandes, symétriques, ovoïdes, $L \approx 3cm$, $l \approx 2cm$ et $e \approx 1cm$, situés dans le petit bassin et sont et sont maintenus en place par l'intermédiaire de ligaments (le ligament propre de l'ovaire fixe l'ovaire à l'utérus, le ligament suspenseur de l'ovaire fixe l'ovaire à la paroi du bassin et le mésovarium suspend l'ovaire entre l'utérus et la paroi du bassin).

L'**ovaire** est constitué d'une zone corticale périphérique contenant les follicules ovariens et une zone médullaire centrale contenant les vaisseaux sanguins et les nerfs. L'ensemble de l'ovocyte et des cellules folliculaires constitue un follicule ovarien. On distingue plusieurs types de follicules : les follicules ovariens primordiaux, les follicules ovariens primaires, secondaires, murs ou cavitaires ou follicules de DE GRAAF (Figure 22).

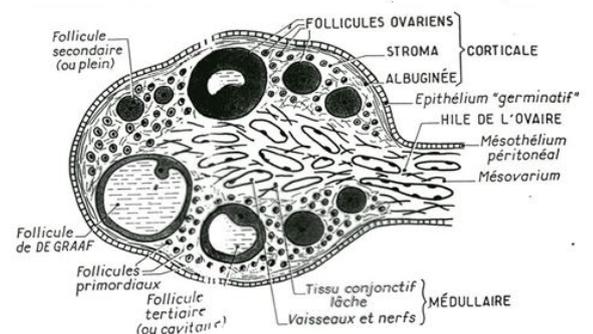


Figure 22 : Coupe de l'ovaire de la femme

L'**ovocyte** est une grosse cellule sphérique, immobile, $\phi = 140\mu$ en fin de phase de croissance, elle est entourée d'une enveloppe translucide formée de protéines : la zone pellucide, à l'extérieur de la zone pellucide, l'ovocyte est inclus dans une masse cellulaire appelée cumulus oophorus, dont la couche en contact avec la zone pellucide est nommée corona radiata. On distingue deux types d'ovocyte :

- l'ovocyte I dont le noyau est bloqué en prophase I (vésicule germinale) et qui n'a pas de globule polaire.

- l'ovocyte II ou ovocyte mature dont le noyau est bloqué en métaphase II.

L'**ovogenèse** (Figure 23), ou formation des ovocytes, se déroule au sein des follicules situés dans l'ovaire et débute lors de la vie embryonnaire. A la naissance, il y a un stock d'environ 2 millions. A la puberté et il reste environ 250 000 ovocytes de premier ordre, chaque mois une vague d'environ 500 ovocytes démarrent leur croissance. Au terme de la croissance, il ne reste qu'un seul ovocyte (les autres ayant dégénérés). Pendant cette phase de croissance, l'ovocyte va acquérir le matériel cellulaire nécessaire aux premières étapes du développement embryonnaire. A cette croissance, fait suite une étape de maturation permettant la formation d'un ovocyte II. La maturation de l'ovocyte est déclenchée par le pic de LH. Elle va permettre à l'ovocyte de devenir fécondable par un spermatozoïde.

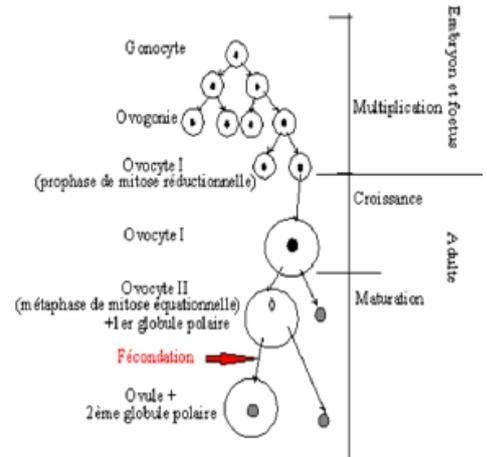


Figure 23 : Les trois étapes de l'ovogenèse

Les follicules sont des formations sphériques situées en périphérie des ovaires contenant les ovocytes. Ils sont formés de 3 couches cellulaires concentriques : la thèque externe, la thèque interne et la granulosa qui délimitent une cavité liquidienne ou antrum. Les follicules subissent une phase de croissance et leur diamètre passe de 40μ à $22mm$, cette croissance est strictement parallèle à la croissance ovocytaire, tant au point de vue de la durée que de la cinétique. En fin de croissance, sous l'effet du pic de LH, le follicule va se rompre à la surface de l'ovaire et va expulser l'ovocyte dans la trompe : c'est l'ovulation (en moyenne au 14ème jour du cycle). Après la rupture du follicule et libération de l'ovule, l'antra se remplit partiellement de liquide coagulé et les cellules folliculaires augmentent considérablement de volume pour donner le corps jaune. Si l'ovule n'est pas fécondé, le corps jaune atteint son plein développement en 12 jours environ et dégénèrent rapidement c'est la lutéolyse. En cas de grossesse il persiste jusqu'à la fin de la gestation.

2.2 Les trompes ($L = 10$ à $14cm$)

Ce sont 2 conduits creux qui s'étendent de la surface de l'ovaire aux angles latéraux de l'utérus. Chaque trompe présente 3 parties : le pavillon ou infundibulum, l'ampoule et l'isthme La trompe est faite d'une tunique fibreuse, une tunique musculaire lisse, et enfin d'une muqueuse. La fécondation a lieu dans les 1/3 externes de la trompe de Fallope.

2.3 L'utérus

L'utérus ($L = 6,5cm$, $l = 4cm$, $e = 2cm$) est situé dans le petit bassin, entre la vessie et le rectum. Il comprend trois parties : Le corps de l'utérus, le fundus ou fond utérin et le col de l'utérus. LE corps et le col sont réunis par une partie légèrement rétrécie appelée l'isthme de l'utérus. Il est maintenu en place par les ligaments ronds, ligaments larges et uterosacrées. L'utérus est constitué essentiellement du perimetrium ou périmètre, myomètre et endomètre, sa position normale est antéversée. La muqueuse du col de l'utérus secrète la glaire cervicale ($20 - 60mL/jour$).

2.4 Le vagin

Le vagin est un conduit qui s'étend du col utérin à la vulve. Il se termine en bas en s'ouvrant dans la cavité vulvaire par un orifice partiellement obstrué chez la fille vierge par un repli muqueux; l'hymen.

2.5 La vulve

La vulve est l'ensemble des organes génitaux externes de la femme (Le mont du pubis, les lèvres, le clitoris et les structures du vestibule). Les grandes lèvres se perdent en avant sur une saillie médiane ; le mont de Venus ou mont du pubis. Les petites lèvres sont reliées à leur extrémité antérieure par le clitoris. Celui-ci est formé par la réunion de corps caverneux. Il existe d'autres organes érectiles, les 2 bulbes vestibulaires ou vulvaires placées au fond du vestibule, de chaque côté de l'orifice vaginal. Deux glandes sont annexées à la vulve : ce sont des glandes de Bartholin ou glandes vestibulaires (homologues des glandes de Cowper) et, les glandes de Skene ou glandes para-urétrales.

2.6 Les glandes mammaires

Les glandes mammaires assurent la production du lait. Elles comprennent 10 à 20 lobes glandulaires. Chaque lobe est divisé par des tissus adipeux et les acini. Les canaux excréteurs des acini et des lobules se résument en un canal unique pour chaque lobe, le canal galactophore qui s'ouvre au niveau du mamelon. Les glandes mammaires présentent une zone pigmentée de 3 à 5 cm de diamètre : l'aréole dont le centre est occupé par le mamelon.

3 - Etape de la vie génitale

3.1 La puberté

La puberté chez la fille est marquée par l'apparition des caractères sexuels secondaires. L'apparition des premières règles débute vers 12-13 ans, souvent les premiers cycles sont irréguliers et anovulatoires.

La puberté chez le garçon est marquée également par l'apparition des caractères sexuels secondaires. La maturation pubère est sous la dépendance de la FSH et LH et sous le contrôle de l'hypothalamus qui sécrète Gn.R.H. Les hormones hypophysaires stimulent la production de testostérone par le testicule. La spermatogenèse n'est complète et aboutit à la formation des spermatozoïdes que 3 ou 4 mois après le début de la puberté. Elle devient alors un phénomène continu qui se produit jusqu'à la sénescence.

3.2 La ménopause

La ménopause se situe entre 47 et 51 ans et est marquée par l'arrêt des règles. Le cycle menstruel est l'ensemble des phénomènes physiologiques et hormonaux se produisant de façon cyclique dans l'appareil reproducteur féminin et se manifestant par les menstrues (règles). De la puberté à la ménopause, la femme est soumise à une suite de cycles d'environ 28 jours qui affectent tout l'appareil génital féminin. Le 1er jour des règles est considéré comme le 1er jour du cycle. Chez la femme, l'appareil reproducteur a une activité cyclique qui se manifeste notamment au niveau des ovaires (cycle ovarien) et des voies génitales. On distingue : la phase folliculaire ou oestrogéniques, et la phase lutéale ou progestative. La femme présente une activité sexuelle cyclique caractérisée par une répétition d'événements physiologiques remarquables : les règles ou menstrues. Dans tous les cas le cycle sexuel (qualifié de menstruel dans l'espèce humaine et de oestrien chez l'animal) est marqué par un événement fondamental : l'ovulation se déroulant entre les deux phases.

3.3 Les cycles sexuels

3.3.1 Le cycle ovarien

Le cycle ovarien comprend deux phases séparées par l'ovulation : la phase pré-ovulatoire ou phase folliculaire, caractérisée par la croissance folliculaire et la phase post-ovulatoire, ou phase lutéale caractérisée par la formation du corps jaune (Figure 24).

1 La phase folliculaire

Un seul follicule arrive à maturation complète pour donner un follicule de De Graaf. L'ovocyte va augmenter de volume, les cellules folliculeuses se multiplient pour former autour de lui une couche unique appelée granulosa, celles-ci se creusent d'une cavité appelée antrum. Le tissu ovarien qui entoure le follicule se différencie en deux enveloppes : la thèque interne et la thèque externe purement protectrice. La thèque interne sécrète les hormones ostrogéniques responsables des modifications du vagin et de l'utérus.

2 L'ovulation

C'est la ponte ovulaire qui se produit au 14ème jour d'un cycle de 28 jours. Ce phénomène est sous la dépendance d'un pic de sécrétion de la L.H.

3 La phase lutéale

Le follicule rompu se rétracte et se comble, ses cellules se chargent de graisses et l'ensemble prend un aspect pigmenté : le corps jaune (sécrétant des oestrogènes et surtout la progestérone).

- Si l'ovule n'est pas fécondé, le corps jaune s'atrophie ne laissant après lui qu'une trace cicatricielle à la surface de l'ovaire.
- Si l'ovule est fécondé, le corps jaune augmente de volume, c'est le corps jaune gestatif. Il fonctionne pendant les 3 premiers mois de la grossesse en sécrétant les oestrogènes et la progestérone.

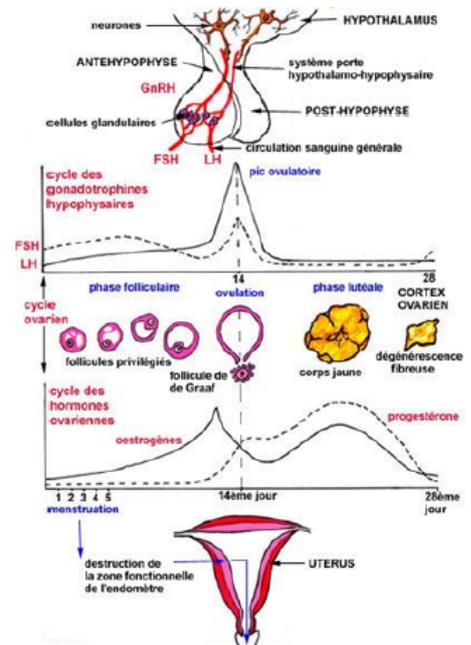


Figure 24 : Cycle menstruel, hormonal, ovarien

3.3. 2 Cycle hormonal

Les cellules de l'antéhypophyse sécrètent de façon pulsative, les deux gonadostimulines LH et FSH au cours du cycle ovarien. Au cours de la phase folliculaire, l'action de la FSH domine. La FSH a pour cible les cellules folliculaires dont elle stimule le développement et la maturation, ainsi elle est impliquée dans l'augmentation de la production d'oestrogènes. Au 14ème jour du cycle, le pic plasmatique de LH est maximal entraînant l'ovulation. Au cours de la phase lutéale, la LH stimule la transformation du follicule en corps jaune. Les hormones hypophysaires sont elles-mêmes régulées par les neurones hypothalamiques par l'intermédiaire de la sécrétion pulsative de GnRH. La rétroaction des hormones ovariennes sur le complexe hypothalamo-hypophysaire :

- au début de la phase folliculaire, une faible augmentation du taux des oestrogènes inhibe la sécrétion de FSH et de LH, c'est la rétroaction négative.
- à la fin de la phase folliculaire, une forte augmentation du taux des oestrogènes déclenche les pics de FSH et LH. Il se produit une rétroaction positive.
- en phase lutéale, les taux élevés de progestérone et oestrogènes inhibent la sécrétion de LH et FSH. Il y a rétroaction négative.

Par ces rétroactions positives et négatives, la sécrétion des gonadostimulines est cyclique.

3.3. 3 Cycle mensuels ou utérins

- ① La muqueuse utérine subit des modifications du cours de 3 phases consécutives avec notamment la survenue des règles (c'est la desquamation hémorragique superficielle de l'endomètre).
 - phase mensuelle ou menstruation : desquamation de la couche fonctionnelle de l'endomètre
 - phase prolifératrice : reconstitution de la couche fonctionnelle de l'endomètre
 - phase sécrétoire : débute immédiatement après l'ovulation, enrichit l'apport sanguin de l'endomètre et la sécrétion de nutriments par les glandes pour préparer l'endomètre à accueillir l'embryon, ici se déroule le processus de formation de la dentelle utérine.

La phase menstruelle et la phase proliférative ont lieu avant l'ovulation et correspondent à la phase folliculaire du cycle ovarien.

La phase sécrétoire se fait pendant la phase lutéale du cycle ovarien.

S'il n'y a pas de fécondation, le corps jaune disparaît. Il y a une chute de la progestérone et des oestrogènes ce qui aboutit à la décoination de la muqueuse utérine, ce sont les règles ou menstrues.

- ② La glaire cervicale (mucus sécrété par le col de l'utérus et obstruant l'orifice du col) subit aussi une évolution cyclique nette : le « maillage » des fibres protéiques constituant la glaire habituellement très serrées devient lâche en période ovulatoire, permettant ainsi le passage des spermatozoïdes du vagin vers la cavité utérine.
- ③ Le cycle vaginal se caractérise par un renouvellement périodique de l'épithélium dont l'épaisseur est maximale au moment de l'ovulation.

4 - Maitrise de la reproduction

La reproduction est un processus biologique assurant la continuité de l'espèce à partir d'individus dits géniteurs d'une nouvelle génération d'êtres semblables à leurs parents.

La contraception est une interruption temporaire et réversible de la fertilité. Les différents moyens de contraception sont : les moyens mécaniques (préservatif, stérilet, diaphragme); les moyens chimiques (spermicide, pilules) et les moyens dits "naturels" (abstinence au moment de l'ovulation, le retrait ou coït interrompu).

Les méthodes qui permettent d'avoir des rapports sexuels sans grossesse doivent être efficaces, inoffensives et réversibles. La contraception est un procédé de contrôle de la fertilité qui s'oppose au développement des produits de la fécondation, ce terme s'applique dès que le spermatozoïde et l'ovule ont fusionné.

5 - La fécondation

La fécondation peut être externe (oursin, grenouille) ou interne (femme). Chez la femme, elle se déroule en plusieurs étapes (Figure 24) :

- L'**ovocyte II** est bloqué en **métaphase II**. Plusieurs spermatozoïdes s'infiltrent entre les cellules folliculaires et viennent au contact de la zone pellucide. Certaines protéines de la zone pellucide fixent sélectivement les protéines complémentaires de la membrane de la tête du spermatozoïde. Cette liaison en déstabilisant la membrane et l'acrosome des spermatozoïdes permet la libération d'enzymes digérant la zone pellucide, facilitant ainsi leur progression vers la membrane du gamète femelle.
- Arrivé au contact de la membrane de l'ovocyte, un spermatozoïde va être phagocyté par l'ovocyte. En même temps, les granules corticaux déchargent par exocytose leur contenu enzymatique, ce qui provoque un durcissement de la zone pellucide et un masquage des protéines de fixation des spermatozoïdes. Cette réorganisation évite la polyspermie. Les cellules folliculaires se sont rétractées, participant ainsi au blocage de la polyspermie. Rétraction du cytoplasme ovocytaire et réveil physiologique de l'ovocyte : reprise des synthèses, respiration, méiose.

- L'espace **péri-ovocytaire** apparaît nettement avec Formation du second globule polaire. Le noyau du spermatozoïde gonfle et devient le pronucléus mâle. Le reste du gamète est digéré par l'ovocyte, sauf le centriole proximal qui formera l'aster.
- Formation du **pronucléus** femelle et migration des deux pronucléi l'un vers l'autre. Fusion des pronucléi en prophase : c'est la caryogamie. Formation de l'oeuf ou zygote à 2n chromosomes.
- **Anaphase** de la première mitose de l'oeuf.

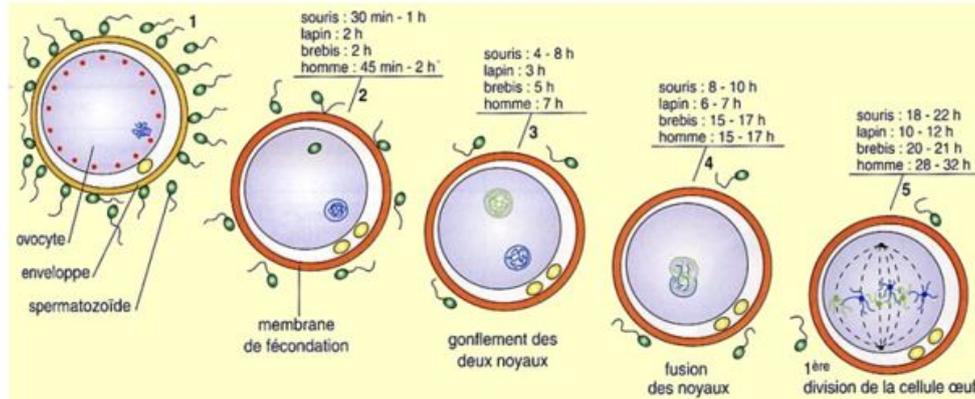


Figure 24' : Les étapes de la fécondation chez quelques mammifères

6 – La nidation et développement embryonnaire

La **fécondation** est terminée quand les membranes plasmiques ont fusionnées et le flagelle s'est détaché du corps du **spermatozoïde**. L'oeuf met environ 6 jours pour atteindre l'utérus, au cours de ce cheminement, l'ovule fécond subit des divisions cellulaires et il aboutit à la formation d'une masse cellulaire sphérique appelé le blastocyste qui est constitué d'un amas cellulaire central appelé bouton embryonnaire et d'une couronne de cellules périphérique : le trophoblaste qui a pour fonction de nourrir l'**embryon**. La **nidation** se déroule en deux temps (Figure 25) :

- une phase d'accolement où les blastocystes érodent la muqueuse utérine pour s'y enfouir au 6e jour de la grossesse Dès la pénétration, les blastocystes dans la muqueuse fabriquent une hormone ($\beta - HCG$) qui prolonge l'activité du corps jaune empêchant ainsi la menstruation.
- une phase d'attachement par la formation de ponts cellulaires.

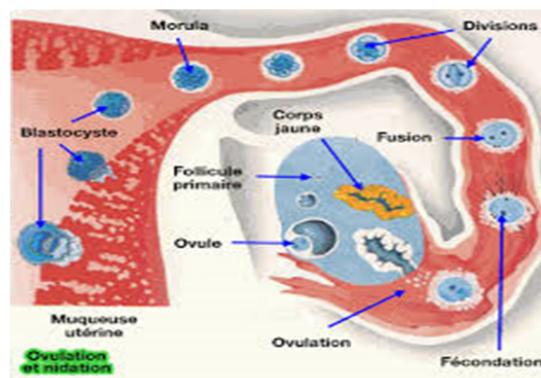


Figure 25 : Etapes de la reproduction de la fécondation à la nidation

L'**ectoblaste** va donner le tissu nerveux et l'épiderme. Le **mésoblaste** va donner le squelette, les muscles, le coeur, les vaisseaux et les reins. L'**endoblaste** va donner le tube digestif et l'appareil respiratoire. Le développement du **placenta** est terminé vers le troisième mois de la grossesse. Il n'y a pas de contact direct entre le sang maternel et le sang foetal. L'embryon est rattaché au placenta par le cordon ombilical qui possède deux artères ombilicales et une veine ombilicale. Le cordon est aussi constitué d'un tissu conjonctif provenant de l'allantoïde et d'une couche externe appelée l'amnios.

Remarque

Rôle du placenta : rôle d'échange, rôle de barrière, de filtre, rôle endocrine. Il sécrète les hormones chorioniques gonadotrophines (HCG) qui entretiennent le corps jaune gravidique.

L'ensemble des événements qui contribue à l'expulsion du fœtus hors de l'utérus constitue la parturition. Le travail est déclenché par l'ocytocine et les prostaglandines.

Au cours de la grossesse, la taille et le poids de l'embryon augmente jusqu'à 9 mois (Tableau 4).

Temps Semaine (s)/ mois	4s	8s	12s	16s	20s	6 mois	7 mois	8 mois	9 mois
Longueur (cm)	1	3	8	18	25 - 35	27 - 35	37	43	50
Poids	-	1	30	225	500	800	900	2250	2500 - 3500

Tableau 5 : Les trois voies de régénération de l'ATP musculaire

Objectifs du chapitre

- Schématiser et annoter l'appareil digestif humain.
- Décrire les étapes de la digestion en insistant sur le rôle de chaque partie de l'appareil digestif.
- Décrire les voies d'absorption des nutriments.
- Citer les facteurs qui influencent la digestion.

Introduction

Définition

L'appareil digestif est l'ensemble des organes qui assurent la digestion.

Il comprend des organes creux (cavité buccale, une partie du pharynx, l'oesophage, l'estomac, l'intestin grêle, le gros intestin et des organes pleins, annexés au tube digestif (glandes salivaires, foie, pancréas). La partie intra-abdominale de l'appareil digestif est enveloppée par une séreuse : le péritoine. 11 Schéma annoté du tube digestif. L'appareil digestif peut être comparé à un long « tuyau » qui transporte et qui transforme les aliments pour qu'ils soient absorbés ou éliminés :

- Le transport nécessite une motricité dont le tube digestif est doté grâce à des muscles commandés par le système nerveux entérique du tube digestif.
- Les transformations nécessitent des réactions chimiques produites par des sécrétions déversées dans ce tube par les glandes contenues dans la paroi du tube lui-même ou par les organes annexes du tube digestif (glandes salivaires, pancréas, foie, vésicule biliaire).

La paroi du tube digestif est assez semblable sur toute sa longueur présentant de l'intérieur vers l'extérieur : la muqueuse contient les cellules dont les fonctions de sécrétion et d'absorption varient selon l'organe. Les sous-muqueuses, la musculuse contient les muscles lisses dont les contractions assurent la propulsion du bol alimentaire et la couche superficielle ou séreuse (péritoine en intraabdominale).

- Un système intrinsèque dont les cellules nerveuses sont situées dans les parois du tube digestif et sont stimulés par le bol alimentaire et probablement par les hormones produites par certaines cellules de la muqueuse.
- Un système extrinsèque dirigé par le système nerveux végétatif qui commande les muscles du tube digestif par les nerfs parasymphatiques (nerf vague) et nerfs sympathiques (ici les nerfs splanchniques).

Ces deux systèmes sont intimement liés dans leur fonction ce qui permet de réguler la motricité digestive.

1 - Le tube digestif

1.1 La cavité buccale

Elle s'ouvre en avant par l'orifice buccal, limitée par les deux lèvres (supérieure et inférieure). A l'intérieur elle est limitée en haut par la voûte du palais, en bas par le plancher buccal et latéralement par les deux joues. Elle communique en arrière avec le pharynx (l'oropharynx). Elle contient la langue et les dent.

1.1.1 Les dents

Les dents comportent trois parties (Figure 26) :

- La ou les racines qui sont implantées dans les alvéoles qui sont des cavités creusées dans les maxillaires inférieurs et supérieurs.
- La couronne est la partie de la dent visible qui émerge de l'alvéole.
- Le collet se situe entre la racine et la couronne.

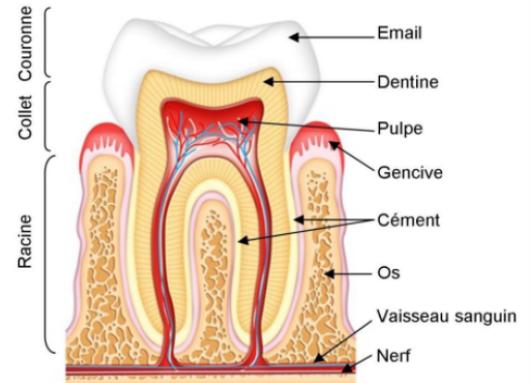


Figure 26 : Structure de la dent

La structure de la dent est la suivante :

- La partie centrale contenant les vaisseaux et les nerfs : c'est la pulpe de la dent.
- La partie périphérique est la partie dure appelée l'ivoire. Elle est recouverte pour une couche protectrice appelée email au niveau de la couronne et par le cément au niveau de la (les) racines.

Il existe plusieurs sortes de dents : les incisives, les canines, les prémolaires et les molaires.

- 8 incisives qui ont des couronnes tranchantes pour couper.
- 4 canines pour déchirer.
- 8 prémolaires pour écraser.
- 12 molaires pour broyer.

Il existe 2 dentitions successives : l'une temporaire et incomplète est la dentition de lait, l'autre complète est la dentition définitive.

La dentition de lait : elle comprend 20 dents dont l'apparition débute vers l'âge de 6 mois et se termine vers 3 ans. Ces 20 dents sont : 8 incisives apparaissant du 6^e au 10^e mois, 4 canines apparaissant du 28^e au 30^e mois 8 molaires apparaissant du 24^e au 26^e mois.

La formule dentaire est la formule exprimant la denture sous la forme d'un rapport héli-machoire supérieure sur héli-machoire inférieures homolatérales (du même côté) (Figure 27).

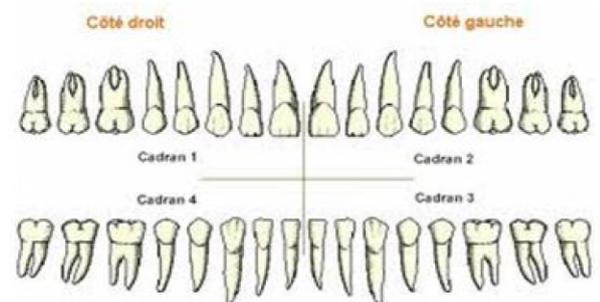


Figure 27 : Les cadrans dentaires

La formule dentaire de l'enfant peut donc se résumer de la façon suivante :

$$\frac{2I, 1C, 0PM, 2M(HEMI - MACHOIRE SUPERIEURE)}{2I, 1C, 0PM, 2M(HEMI - MACHOIRE INFERIEURE)} \times 2 = 20.$$

La dentition définitive : vers 7 ans les dents de lait commence à tomber et sont remplacées par les dents définitives. La denture définitive comporte 32 dents qui sont :

- 8 incisives apparaissant entre 6 et 10 ans.
- 4 incisives apparaissant de 10 à 12 ans.
- 8 prémolaires apparaissant entre 9 et 12 ans.
- 12 molaires apparaissant entre 5 et 25 ans.

$$\frac{2I, 1C, 2PM, 3M}{2I, 1C, 2PM, 3M} \times 2 = 32.$$

On appelle dentition le mode d'apparition des dents et la denture l'ensemble des dents d'un individu.

1.2 Le pharynx

Le pharynx ($L \approx 15\text{cm}$) est un carrefour où se croisent les voies aériennes et digestives, il comprend 3 parties : le nasopharynx ou rhinopharynx, l'oropharynx et le laryngopharynx ou hypopharynx. Les muscles du pharynx interviennent dans la déglutition.

1.3 L'oesophage

L'oesophage ($L \approx 25\text{cm}$, $d = 2-3\text{cm}$) est un conduit qui communiqué avec le pharynx en haut et l'estomac en bas. Il se jette dans l'estomac par le cardia. On lui décrit 4 portions : une partie cervicale, thoracique, diaphragmatique et abdominale. Il est animé par des mouvements péristaltiques de haut en bas, ce qui permet de faire progresser le bol alimentaire vers l'estomac. L'oesophage est fermé en haut par le sphincter supérieur pour empêcher l'entrée de l'air et en bas par le sphincter inférieur appelé cardia interdisant le reflux des produits de sécrétions gastriques.

1.4 L'estomac

L'estomac ($L = 25\text{cm}$, $V = 2-3L$) est une poche en forme de J située entre l'oesophage et le duodénum. La paroi de l'estomac est formée de 4 couches superposées, ce sont de l'extérieur vers l'intérieur : la couche séreuse formée par le péritoine (viscéral), une couche musculaire faite de fibres circulaires, longitudinales et obliques, une couche sous muqueuse faite de tissus conjonctifs, une couche muqueuse qui tapisse la cavité de l'estomac en totalité. Physiologiquement, l'estomac comprend deux parties :

- l'une verticale ; le fundus dont les cellules secrètent le suc gastrique.
- l'autre horizontale ; l'antra dont les cellules produisent les hormones, en particulier la gastrine qui participe à la régulation de la sécrétion du fundus.

Au repos l'estomac est parcouru par de très faibles contractions qui permettent de maintenir à l'intérieur de celui-ci une pression supérieure à celle de l'oesophage pour que le cardia reste fermé et empêche le reflux du liquide gastrique acide dans l'oesophage.

La paroi de l'estomac est parsemée de cryptes glandulaires, on distingue :

- les cellules à mucus ou cellules à mucine (elles secrètent le mucus).
- les cellules pariétales ou oxyntiques ou bordantes (elles secrètent l'acide chlorhydrique et le facteur intrinsèque).
- les cellules G ou cellules à gastrine (elles secrètent l'hormone appelée la gastrine).
- les cellules principales (elles secrètent le pepsinogène).
- les cellules à somatostatine ou cellules D
- les cellules entérochromaffine présentes dans l'antra et le fundus(elles secrètent la sérotonine).

L'estomac est très vascularisé par des branches qui proviennent du tronc coeliaque : artère coronaire stomacique, artère splénique et artère hépatique commune.

L'**innervation** est assurée par le nerf vague.

1.5 L'intestin grêle

L'intestin grêle ($L \approx 7m$, $\phi = 2 - 3cm$) est le segment du tube digestif qui relie l'estomac au gros intestin. Il comprend 3 parties successives :

- **duodénum** (25cm)
- **jéjunum** (2,5m)
- **iléon** (3,5m)

Les villosités intestinales multiplient la surface d'absorption.

La fonction principale de l'intestin grêle est l'absorption. Sa surface est multipliée par 600 pour s'étendre sur quelques $200m^2$ par plusieurs sortes de reliefs :

- les valvules conniventes : plis d'orientation circulaire mesurant 3 à 10 mm de haut.
- les villosités (relief en doigt de gant très fin de 0,4 à 1mm de haut) formées par la muqueuse dont la majorité des entérocytes sont dévolues à l'absorption.
- les microvillosités ($1\mu m$ de hauteur) : plis microscopiques du pôle apical de chaque entérocyte.

La muqueuse de l'intestin grêle est composée de quatre types de cellules :

- les entérocytes, cellules prédominantes qui outre leur rôle d'absorption, secrètent des enzymes qui terminent la digestion des protéides des glucides et des lipides.
- les cellules caliciformes qui secrètent le mucus qui facilite la progression des aliments.
- les cellules de Paneth qui fabriquent les des substances anti-microbiennes (rôle immunitaire).
- les cellules endocrines responsables de la sécrétion des hormones dont le rôle est de moduler la motricité gastrointestinale, en particulier le vidange gastrique.

Entre les repas, l'intestin grêle est animé par des contractions périodiques qui démarrent au niveau du duodénum toutes les 90 minutes et qui progressent lentement vers l'iléon terminal.

1.6 Le gros intestin

Le gros intestin ($L = 1,5m$, et $\phi = 6 - 10cm$) fait suite à l'intestin grêle et va se terminer par l'anus. Il décrit plusieurs segments : le caecum, le colon ascendant, le colon transverse (mobile et mesure 40 à 80cm), le colon descendant, le colon sigmoïde ou colon pelvien qui va ensuite former le rectum placé en avant du sacrum et fermé en aval par l'anus.

La paroi du colon n'est pas lisse, sa muqueuse n'est pas plissée par les villosités comme dans l'intestin grêle, mais par des plis musculaires délimitant une série de poches bombant vers l'extérieur (les haustrations). Entre les repas, le colon est en permanence animé par les contractions qui n'ont pas la constance de celles observées dans l'intestin grêle. Il existe des contractions segmentaires de courte durée qui rétrécissent la lumière du colon et assure un freinage et un brassage de son contenu et les contractions propulsives de courtes durées siégeant sur un court segment, dans les deux sens, assurant tantôt un brassage tantôt une propulsion.

1.7 Le rectum

Il marque la fin du tube digestif et se termine par l'orifice anal.

2 - Les glandes annexes du tube digestif

2.1 Les glandes salivaires

Elles fonctionnent par paires et il existe 3 paires :

- les glandes parotides (25g) se trouvent en avant du conduit auditif externe et en arrière du maxillaire inférieur. Son canal excréteur est le canal de Sténon qui s'ouvre dans la bouche au niveau de la deuxième molaire supérieure.
- les glandes sous-maxillaires (7g) situées entre le maxillaire inférieur et les muscles de la langue. Son canal excréteur est le canal de Wharton qui s'ouvre à côté du frein de la langue
- la glande sublinguale (3g) située sous la langue, ses canaux évacuateurs sont les canaux de Bartholin ou de Rivinius.

2.2 Le foie

C'est la plus volumineuse des glandes annexes (1,5kg) du tube digestif. L'unité de base du foie est la cellule hépatique ou hépatocyte riche en glycogène. Les cellules vont se regrouper pour former un lobule. Les lobules sont séparés par du tissu conjonctif où cheminent des vaisseaux et des canaux biliaires intra-hépatiques. Une des fonctions du foie est la sécrétion de la bile.

L'artère hépatique assure la circulation nutritionnelle de la glande hépatique, la veine porte et ses branches assurent la circulation fonctionnelle du foie, le système veineux sus-hépatique recueille la totalité du sang qui vient du foie et va ensuite se jeter dans la veine cave inférieure de l'oreillette droite.

2.3 Le pancréas

Le pancréas ($P = 70g$, $L = 15cm$) : c'est une glande mixte (endocrine et exocrine), de couleur rosée. Le suc pancréatique est produit et déversé dans les canaux excréteurs qui vont se réunir en un canal principal qui s'appelle le canal de Wirsung et qui débouchera dans le duodénum au niveau de l'ampoule de Vater (Figure 28).

2.4 La vésicule biliaire

C'est une poche musculieuse verte de 10 cm de long située à la face inférieure du foie. Son rôle est de stocker la bile fabriquée par le foie et de la déverser dans la lumière intestinale entre les repas.

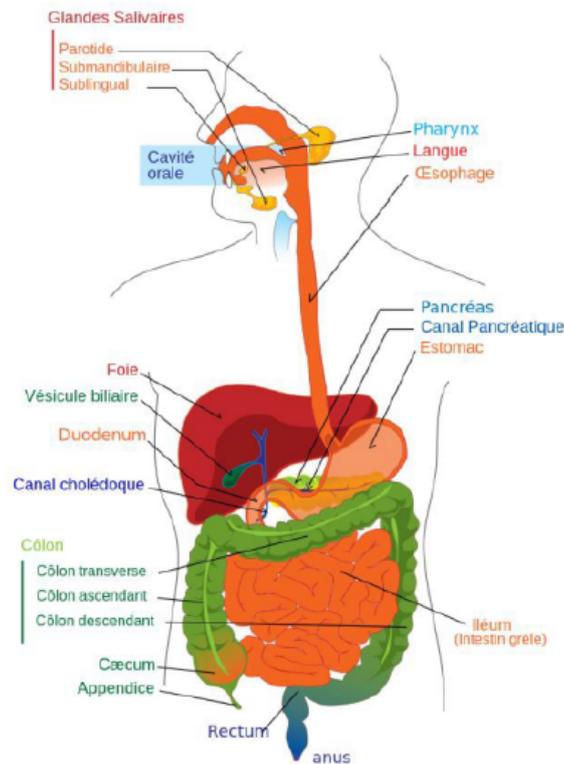


Figure 28 : Schéma annoté du tube digestif

3 – Fonctionnement du système digestif (la digestion)

La digestion débute dès l'entrée des aliments dans la cavité buccale. Ils vont donc subir des transformations progressives qui ont pour but de les réduire en substance absorbables et utilisables : les nutriments. Ces transformations sont de 2 ordres : mécaniques par une action de broyage, de brassage de segmentation et chimique par l'utilisation des enzymes digestives.

Les nutriments obtenus vont traverser la paroi du tube digestif pour passer dans le sang ou la lymphe et vont être acheminés vers le foie puis vers les cellules selon les besoins. La digestion proprement dite peut se regrouper en 3 phases :

- la phase bucco-oesophagienne
- la phase gastrique
- la phase intestinale.

3.1 Phase bucco-oesophagienne

3.1.1 La bouche, la langue et les dents

- ① Action mécanique : mastication consistant à broyer et imbiber de salive les aliments pour obtenir le bol alimentaire.
- ② Une action chimique liée à la production de salive (analyse salivaire).

La **langue** sert à humecter les aliments et joue un rôle dans le goût grâce aux papilles gustatives. Les glandes salivaires sécrètent de la salive dans la cavité buccale.

La **salive** est un liquide incolore composé : 95% d'eau, d'électrolytes, de sels minéraux, de substances organiques, d'une enzyme digestive (amylase salivaire ou ptyaline). Le volume quotidien d'excrétion de la salive est de 1 à 1,5L. La salive a

un rôle mécanique car elle ramollit, lubrifie le bol alimentaire et un rôle chimique, car grâce à l'amylase salivaire elle va dégrader les glucides (amidon cuit).

3.1.2 Le pharynx

Ici il y a déglutition, celle-ci est caractérisée par la fermeture des voies aériennes, élévation du palais et abaissement de l'épiglotte.

3.1.3 L'oesophage

L'oesophage assure la progression du bol alimentaire par des mouvements péristaltiques.

3.2 Phase gastrique

3.2.1 Phénomènes mécaniques

Brassage du bol alimentaire et imprégnation de suc gastrique.

3.2.2 Phénomènes chimiques

Ils sont liés à la composition du suc gastrique qui est lui-même le résultat des sécrétions au niveau de l'estomac.

Le suc gastrique est un liquide incolore contenant : du HCl , du mucus, du pepsinogène, la gastrine, le facteur intrinsèque etc. La mixture qui sort de l'estomac s'appelle le chyme.

3.3 Phase intestinale

3.3.1 Phénomènes mécaniques

Ici il y a trois types de mouvements :

- les contractions segmentaires ont pour but de fragmenter le chyme
- les mouvements pendulaires mélangent le chyme et les sucs intestinaux
- les mouvements péristaltiques vont assurer la progression du chyme

3.3.2 Phénomènes chimiques

Elles se font grâce aux enzymes (enzymes protéolytiques, glycolytiques et lipolytiques).

L'**intestin** assure la phase ultime de dégradation des aliments ingérés, l'absorption des produits de la digestion, la progression du chyme, une fonction immunitaire, une fonction endocrine. Il existe 2 voies d'absorption au niveau de l'intestin : la voie sanguine empruntée par les sucres simples et les acides aminés et la voie lymphatique intéressant les lipides (sous forme d'acides gras, glycérol) qui vont gagner le réseau lymphatique intestinal puis le canal thoracique pour arriver au système cave.

Les **phénomènes chimiques** au niveau du duodénum ont pour but : de diminuer l'acidité du chyme, de permettre la digestion des substances contenues dans le chyme par la bile, le suc pancréatique et les enzymes afin de les transformer en nutriments assimilables.

Le **glucose** est absorbé sous forme de monosaccharides, les protéines sous forme d'acides aminés et les lipides sous forme de triglycérides, cholestérol. L'eau, les vitamines et les sels minéraux sont absorbés tels qu'ils sont.

Au **niveau du gros intestin**, il y'a réabsorption de l'eau ainsi que des électrolytes. Le foie joue un rôle dans le métabolisme des glucides, des lipides, des protides. Le foie fabrique les protéines plasmatiques (albumine), la vitamine K, stocke le fer, synthétise les enzymes, épure le plasma.

Le **suc pancréatique** est un liquide clair, visqueux, au pH alcalin ($pH = 8$) ; sa sécrétion est de $2L/j$.

Les **bicarbonates** diminuent l'acidité du chyme qui sort de l'estomac.

- Les enzymes pancréatiques protéolytiques sont le trypsinogène et le chymotrypsinogène.
 - L'enzyme pancréatique glycolytique, l'amylase pancréatique, va scinder l'amidon et le glycogène pour aboutir à la libération de maltose. La maltase va décomposer le maltose en sucre simple.
 - L'enzyme pancréatique lipolytique, la lipase dégrade le triglycéride en acides gras libres.
- La sécrétion du suc pancréatique est déclenchée par l'arrivée du chyme acide dans le duodénum.

La **bile** est un fluide jaune-verdâtre, basique ($pH = 7,6 - 8,6$) qui favorise la digestion, plus spécifiquement celle des graisses. Elle est produite en continu par le foie à raison de $0,5-1L/jr$.

La bile est constituée d'eau, d'acides biliaires, des sels biliaires, de HCO_3^- et autres électrolytes, les oligo-éléments, phospholipides, le cholestérol (rendu soluble par les sels biliaires et la lécithine), le pigment biliaire.

Le **chyme** riche en acides gras provenant de l'estomac est perçu par la paroi du duodénum. Celle-ci produit de la cholécystokinine qui provoque l'ouverture du sphincter d'Oddi et la contraction de la vésicule biliaire qui déverse son contenu via le canal du cholédoque dans le duodénum où elle participe à la dissolution des graisses.

4 - Fonctions digestives lors du repas

Les fonctions digestives commencent dans la bouche avant même l'ingestion de la première bouchée, puisque la vue, l'odeur, l'idée ou l'évocation de la nourriture provoque par l'ordre du cerveau la sécrétion salivaire. La bouchée est induite de salive dès son arrivée dans la bouche, elle augmente elle-même la sécrétion salivaire au fur et à mesure de la fragmentation des aliments par les dents. La fonction de mastication est ainsi double : broyage des aliments (action mécanique) et mélange du bol ainsi formé à la salive (action chimique).

4.1 La salive

La **salive** dont la sécrétion atteint 1 à 1,5 L par jour joue plusieurs fonctions importantes :

- elle contient une enzyme : la ptyaline ou α amylase qui digère l'amidon en chaînes plus courtes.
- elle contient la mucine qui lie les particules alimentaires issues de la mastication et lubrifie le bol alimentaire pour aider son transit dans le pharynx et l'oesophage lors de la déglutition.
- elle a un pH neutre.
- elle possède une action anti-bactérienne.

La salive possède un pH neutre. Ainsi broyés et enduits de salive, les aliments compactés sont projetés dans le pharynx par une aspiration intra-buccale qui provoque en fin de course la déglutition. Chaque déglutition déclenche une onde péristaltique permettant l'entrée du bol alimentaire dans l'estomac par le cardia.

4.2 Les sécrétions gastiques

Dans l'estomac le bol alimentaire est soumis au suc gastrique. La muqueuse gastrique en secrète 1 à 3 L par jour.

Les cellules de l'estomac participent à l'élaboration du suc gastrique ; on distingue :

- Les cellules fundiques qui sécrètent l'acide chlorhydrique et le pepsinogène. L'acide chlorhydrique active le pepsinogène en pepsines qui digèrent les protéines.
- Les cellules de l'antrum qui sécrètent une hormone la gastrine qui stimule la sécrétion acide et augmente le tonus du cardia s'opposant ainsi au reflux acide dans l'oesophage.
- Les cellules muqueuses sécrètent le mucus (gel alcalin) qui protège la muqueuse de l'estomac de l'acide.

Après un repas, l'estomac est parcouru par des contractions rythmées (environ 3 par min), ces contractions assurent le brassage et une fragmentation du bol alimentaire dans les 2/3 inférieurs de l'estomac (antrum) alors que le pylore reste fermé. Ainsi les aliments solides sont transformés en fines particules qui prennent un aspect liquide. Cette liquéfaction est indispensable à leur évacuation qui se fait après l'ouverture du pylore. L'évacuation de l'estomac dépend d'un équilibre complexe à la fois physique (gradient de pression, température des aliments) et chimique (teneur en protéides, lipides et glucides) entre l'antrum de l'estomac et le duodénum.

4.3 Les sécrétions intestinales et pancréatiques

Le duodénum analyse en permanence le produit de l'évacuation de l'estomac et modifie en fonction de cette analyse les contractions de l'antrum par l'intermédiaire des hormones qu'il sécrète. Il ressort de la régulation de l'évacuation gastrique que :

- les aliments à température du corps s'évacuent plus vite que les aliments très chauds ou très froids.
- les glucides s'évacuent plus vite que les protéides et les protéides plus vite que les lipides.
- les solutions peu concentrées s'évacuent plus vite que les solutions plus concentrées.
- les aliments liquides s'évacuent plus vite que leur volume est grand.

Un aliment sera plus digeste s'il est à température modérée, plus riche en sucre qu'en protéine, pauvre en graisse et entrecoupé de petites quantités d'eau.

Les sécrétions pancréatiques comportent deux composantes : une composante séreuse (trypsine, chymotrypsine, carboxypeptidase, ribonucléase, désoxyribonucléase) et l'autre hydrominérale (eau et bicarbonates). Les enzymes protéolytiques sont sécrétées sous forme de proenzymes activées par l'entérokinase, sécrétée par la muqueuse intestinale en réponse à la présence du chyme dans la lumière.

La **sécrétion hydrominérale**, sous l'influence de la sécrétine, neutralise l'acidité du chyme.

5 - Digestion et absorption

5.1 Digestion et absorption des Glucides

- ① Dans la bouche : l'amylase salivaire ou ptyaline, à pH neutre ou faiblement alcalin débute la digestion de l'amidon l'hydrolysant en dextrines et maltose.
- ② Dans l'estomac : l'activité de l'amylase persiste jusqu'à son inactivation par le pH acide. Cette hydrolyse peut aboutir à la libération de monosaccharides
- ③ Dans l'intestin grêle : la digestion des glucides intervient principalement au niveau du duodénum :
 - L'**amylase pancréatique** rompt les molécules d'amidon en dextrines et maltoses.
 - La **maltase** sécrétée par les cellules muqueuses hydrolyse le maltose en glucose dans la bordure en brosse, à la surface des cellules épithéliales couvrant l'intestin.
 - Les **membranes externes** des cellules contiennent de nombreuses enzymes : sucrase, lactase et isomaltase qui agissent respectivement sur le sucrose, le lactose, le maltose et l'isomaltose.

Les monosaccharides résultant de la digestion (glucose, galactose et fructose) passent vers le sang à travers les cellules muqueuses et les capillaires. Ils sont transportés par la veine porte jusqu'au foie. Le glucose et le galactose sont absorbés par transport actif sodium-dépendant ; Le fructose utilise un transport par diffusion facilitée.

L'homme ne peut pas digérer tous les hydrates de carbone. La cellulose, l'hémicellulose, la lignine et d'autres fibres sont excrétées sans modifications majeures dans les selles.

5.2 La digestion et absorption des protides

- Dans l'**estomac** : ils sont divisés en peptones et polypeptides. Le pepsinogène, inactif, est hydrolysé en pepsine au contact du HCl gastrique et des autres molécules de pepsine. La pepsine, à la différence des autres protéases peut hydrolyser le collagène, élément principal du tissu conjonctif. Cependant la digestion gastrique des protéines reste faible.
- Dans l'**intestin grêle** : Le contact du chyme avec la muqueuse intestinale stimule la libération d'entérokinase, enzyme qui transforme le trypsinogène pancréatique inactif en trypsine et qui à son tour s'auto active et active les autres enzymes protéolytiques : chymotrypsinogène, carboxypeptidase pancréatique.

Ces enzymes continuent la digestion débutée dans l'estomac et libèrent des acides aminés et des oligopeptides. Ces enzymes continuent la digestion débutée dans l'estomac et libèrent des acides aminés et des oligopeptides.

- Dans la bordure en brosse, les peptidases protéolytiques transforment les polypeptides en acides aminés, dipeptides et tripeptides. Finalement l'hydrolyse terminale a lieu dans la bordure en brosse lorsque les dipeptides et tripeptides sont hydrolysés en acides aminés. Enfin certaines petites protéines peuvent être absorbées sans digestion préalable.
- L'absorption des acides aminés se fait par des systèmes distincts de transport actif, celui pour les acides aminés basiques, neutres ou acides et celui pour la proline et l'hydroxy proline. Les transporteurs utilisent un Co-transport avec le sodium comparable à celui pour le glucose. Les acides aminés et les peptides absorbés sont dirigés vers le foie via la veine porte.

Au total : la plus grande partie des protéines ingérées est absorbée dans l'intestin grêle, puisqu'il reste moins d'1% de ces protéines dans la matière fécale. Les protéines endogènes provenant des sécrétions intestinales et des cellules épithéliales desquamées sont digérées et absorbées.

6 - Digestion et absorption des lipides

6.1 La digestion des lipides

Elle débute dans l'estomac par l'action de la lipase gastrique qui hydrolyse les triglycérides à chaîne courte en acides gras et glycérol. Cependant, la majeure partie de la digestion des lipides intervient dans l'intestin grêle. L'entrée des graisses dans le duodénum stimule la libération d'entérogastrone, hormone qui inhibe la sécrétion et la motricité gastrique et par là ralentit la vidange gastrique donc l'expulsion des graisses vers le duodénum.

La vidange d'un repas gras peut durer de 4 à 6 heures chez un individu normal. L'action péristaltique intestinale divise les globules lipidiques en particules plus petites et l'action émulsifiante de la bile aide à les séparer et rend plus accessible leur digestion par la lipase pancréatique.

La bile sécrétée par le foie est composée par des acides biliaires (acide glycocholique et taurocholique), des pigments biliaires (qui colorent les matières fécales), de sels inorganiques, de protéines, de cholestérol, de lécithine et de nombreux composants métabolisés et sécrétés par le foie. La bile est conservée dans la vésicule biliaire. Cette dernière expulse environ 0,6 L de bile par jour en réponse aux stimuli alimentaires dans le duodénum et l'estomac. Les acides gras libres et les mono-glycérides produits par la digestion forment avec les sels biliaires des complexes hydrosolubles appelés micelles qui permettent le

passage en milieu hydrophile de ces lipides vers la bordure en brosse. Les sels biliaires libérés retournent vers la lumière intestinale.

La plupart des sels biliaires sont réabsorbés par transport actif dans l'iléon terminal (cycle entérohépatique). Le pool des sels biliaires peut circuler 3 à 15 fois par jour selon l'alimentation. Les esters de cholestérol sont hydrolysés par une cholestérol estérase pancréatique.

6.2 L'absorption des lipides

Dans les cellules muqueuses, les acides gras et les mono glycérides permettent de synthétiser de nouveaux triglycérides. Ces triglycérides, le cholestérol et les phospholipides sont entourés par une bêta-lipoprotéine pour former les chylomicrons, éliminés vers les capillaires par exocytose. Ils sont responsables de l'aspect lactescent du sérum. Les chylomicrons sont transportés par les vaisseaux lymphatiques jusqu'au canal thoracique, puis déversés dans le flux sanguin veineux. Ils sont alors transportés jusqu'au foie où les triglycérides sont associés à des lipoprotéines et transportés vers le tissu adipeux pour stockage et métabolisme.

Le cholestérol est absorbé de façon similaire. Les vitamines liposolubles A, D, E, K sont absorbés sous forme de micelles. Cependant certaines formes de vitamine A, E, K et le carotène peuvent être absorbés en absence d'acides biliaires.

Dans les conditions normales, 97% des graisses ingérées sont retrouvées dans les vaisseaux lymphatiques. Du fait de leur caractère hydrophobe plus limité, les acides gras à courte chaîne (moins de 10 carbones) peuvent être absorbés directement sans la présence de la bile, ni la formation de micelles. Ils vont ensuite directement sans estérification vers la veine porte qui les transporte jusqu'au foie.

La stéatorrhée désigne la présence de graisses non digérées dans les selles. Elle est associée à une augmentation de la motricité et des modifications de la muqueuse intestinale.

6.3 Absorption des autres nutriments

Vitamines, minéraux et fluides sont absorbés simultanément par la muqueuse intestinale. Chaque jour, 6 à 8 litres de fluides traversent les membranes digestives. Les vitamines et l'eau sont absorbées par diffusion passive. L'absorption des minéraux est plus complexe.

L'absorption intestinale de ces cations fait intervenir des ligands (acides aminés, sucres, etc.). Les anions (Cl^- , F^-) sont absorbés passivement. Le passage de la membrane intestinale utilise différents modes de transport : diffusion simple, facilitée ou le transport actif. Il est fréquent que le mode de transport varie en fonction de la concentration infraliminale de l'élément.

Il existe de nombreuses interactions entre minéraux : le fer diminue l'absorption du cuivre ; le cuivre diminue l'absorption du fer et du molybdène. En cas de carence en fer, l'absorption du cobalt est augmentée ; le cobalt et le fer limitent réciproquement leur absorption. Les métaux sont transportés liés à des protéines porteuses.

7 - Facteurs influençant la digestion

7.1 Facteurs psychologiques

L'apparence, l'odeur et le goût des aliments servis modifient le climat émotionnel au cours du repas qui influence la digestion des aliments ingérés.

7.2 Action bactérienne

La flore intestinale comprend plus de 100 espèces différentes ; à la naissance le tube digestif est stérile mais rapidement de nombreuses espèces colonisent l'appareil digestif. Le Lactobacilles est la bactérie principale de la flore jusqu'à ce que l'enfant prenne une alimentation diversifiée, puis Escherichia Coli prédomine dans l'iléon terminal, et la flore anaérobie apparaît dans le colon.

Dans l'estomac, l'acide chlorhydrique a une action bactéricide ; ce qui détruit la plupart des bactéries présentes dans le chyme gastrique. En cas d'hyposécrétion gastrique la prolifération bactérienne peut être responsable de gastrites se traduisant par une inflammation de la muqueuse. Dans le colon, l'action bactérienne est plus intense et aboutit à la formation de gaz (H₂, CO₂, CH₄, O₂, NH₃ etc.), d'acide lactique. . . .

7.3 Effets de la préparation des aliments et de la composition des repas

La cuisson des aliments rend ceux-ci plus facilement digestibles ; la cuisson de la viande relâche le tissu conjonctif, facilite la mastication, ce qui rend les tissus plus accessibles aux sucs digestifs.

8 – Fonction du colon

8.1 Absorption de l'eau et du sel

C'est le site principal d'absorption de l'eau, des sels minéraux et des vitamines synthétisées dans le colon par les bactéries. Sur les 0,5 à 1L de chyme iléal entrant quotidiennement dans le colon, seuls 50 à 200 ml sont excrétés dans les fèces. Le transfert colique du chyme est relativement lent, environ 5cm/heure, ce qui favorise l'absorption des nutriments.

8.2 Les sécrétions coliques

Le mucus sécrété par les cellules glandulaires du colon protège les parois intestinales des blessures et de l'activité bactérienne tout en constituant le support matériel des fèces. La sécrétion bicarbonatée, par échange avec les ions Cl⁻ permet de neutraliser l'acidification résultant de l'action bactérienne.

8.3 L'activité bactérienne

Les bactéries coliques poursuivent la digestion des éléments ayant résistés à l'activité du suc digestif dans l'estomac ou l'intestin. De nombreux composés synthétisés lors du métabolisme bactérien et lors du passage colique sont utilisés par l'organisme : vitamines K, B12, thiamine, riboflavine.

8.4 Matières fécales et défécation

Les **matières fécales** contiennent 75% d'eau et 25% de matières solides. Environ 1/3 des matières fécales sont constituées de bactéries mortes.

La **défécation** est l'expulsion des fèces par l'anus dont la fréquence normale est supérieure à 3 par semaine et inférieure à 3 par jour.

Objectifs du chapitre

- Décrire la structure du coeur humain.
- Définir révolution cardiaque et décrire ses différentes phases.
- Décrire les structures anatomiques qui soutiennent l'automatisme cardiaque.
- Décrire la structure générale d'un vaisseau sanguin.
- Définir débit cardiaque et citer les facteurs de régulation.

Introduction

Le système cardio-vasculaire est formé par le coeur, les vaisseaux sanguins et lymphatiques

1 - Le coeur

Le coeur est situé dans le médiastin. La base du coeur repose sur le diaphragme.

- Le coeur possède quatre cavités : deux oreillettes, deux ventricules.
- L'oreillette gauche (OG) communique avec le ventricule gauche (VG) par la valve mitrale (deux battants).
- L'oreillette droite (OD) communique avec le ventricule droit (VD) par la valve tricuspide (trois battants). Les cavités gauches et droites sont séparées par une paroi appelée septum (Figure 29).

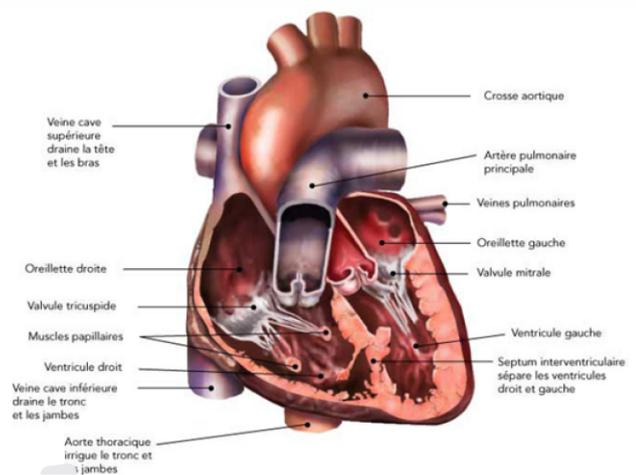


Figure 29 : Coupe schématique du coeur

1.1 Les cavités droites

- Au niveau de l'OD arrivent les veines caves (inférieure et supérieure) et également tout près de ces veines caves se situent les sinus coronaires. C'est l'arrivée des veines qui vont drainer le sang chargé de CO_2 qui vient du myocarde.
- Au niveau du ventricule droit, il existe des piliers et des cordages qui assurent l'amarrage et la solidité des valves. Également au niveau du ventricule droit se situe le départ de l'artère pulmonaire
- Les artères pulmonaires arrivent jusqu'au système pulmonaire où se feront les échanges gazeux.
- Au départ de l'artère pulmonaire, la valve sigmoïde pulmonaire qui empêche le reflux du sang vers le VD.

1.2 Les cavités gauches

- Au niveau de l'oreillette gauche, on a l'arrivée des veines pulmonaires qui vont ramener du sang oxygéné.
- Il existe également dans le ventricule gauche des piliers et des cordages qui amarrent la mitrale.
- Au niveau du VG il existe le point de départ de l'artère aorte. Toutes les artères sont issues de l'artère aorte.
- Au départ de l'artère aorte existe une valve sigmoïde aortique qui empêche le reflux du sang dans le VG.
- Il existe tout près de l'orifice de l'aorte, le point de départ des artères coronaires qui irriguent le myocarde.

Le coeur est constitué d'un tissu musculaire spécial appelé le myocarde qui est un muscle strié d'une structure particulière ayant la propriété de se contracter de façon autonome et régulière.

Le myocarde est tapissé à l'intérieur d'un endothélium ; l'endocarde et à l'extérieur d'un péricarde. L'endocarde est la tunique interne qui va tapisser l'intérieur de toutes les cavités mais qui se prolonge également sur les valves, les piliers et les cordages.

Le péricarde est l'enveloppe du coeur solide qui va fixer le coeur dans sa position, il est constitué de 2 parties :

- ★ le péricarde fibreux fait de tissu conjonctif résistant qui va rattacher le coeur aux organes voisins.
- ★ le péricarde séreux fait de 2 feuillets : un feuillet viscéral et un feuillet pariétal. Entre les 2 feuillets se trouve la cavité péricardique, espace de glissement permettant les mouvements du coeur.

La vascularisation du coeur est assurée par les artères coronaires qui naissent au niveau de l'artère aorte, tout près de la valve sigmoïde. Ceux-ci se ramifient à partir de deux grands troncs principaux dans tout le myocarde. Le sang veineux va repartir dans les veines coronaires appelées sinus coronaires qui aboutissent à l'oreillette droite.

2 - Les vaisseaux sanguins

On distingue 3 catégories de vaisseaux : les artères, les veines et les capillaires.

2.1 Les artères

Ce sont des vaisseaux qui amènent le sang du coeur aux organes. Les artères sont toutes issues de l'artère aorte et transportent du sang oxygéné sauf l'artère pulmonaire, ils ont la paroi épaisse et élastique, faite de 3 tuniques concentriques :

- une tunique interne ou intima : c'est un endothélium sensible aux modifications de pressions artérielles.
- une tunique moyenne ou média faite de tissu conjonctif avec des fibres musculaires lisses et élastiques permettant la vasomotricité.
- une tunique externe ou adventice faite de fibres musculaires conjonctives et quelques fibres élastiques, elle porte de très fins vaisseaux qui font assurer la nutrition de la paroi des artères et les filets nerveux du système végétatif qui commandent les fibres musculaires lisses de la media.

2.2 Les veines

Les veines sont les vaisseaux qui ramènent le sang des organes au coeur. Une veine présente une paroi mince et flasque qui n'est pas faite, comme celle des artères pour résister à une forte pression. Par ailleurs, les veines peuvent se ramifier en plus petits vaisseaux appelés veinules. Les veines possèdent aussi trois tuniques, de l'intérieur vers l'extérieur : l'intima, media et adventice.

Les veines sont généralement plus nombreuses que les artères. La vitesse d'écoulement du sang suit une évolution symétrique avec une valeur moyenne de plusieurs dizaines de cm /s à l'origine de l'aorte, et proche de 1 mm /s au niveau des capillaires.

Le volume sanguin se répartit de façon inégale : près de 2/3 de la volémie se trouvent dans le secteur veineux. Les veines constituent un réservoir sanguin dans lequel l'organisme peut « puiser » lorsque nécessaire. Sur le trajet des veines, il existe des sortes de clapets qui sont des valves qui doivent se refermer après le passage du sang. La contraction musculaire et l'écrasement de la voûte plantaire favorisent le retour du sang vers le coeur.

2.3 Les capillaires

Ce sont les vaisseaux très fins avec un diamètre de 1/100 de mm environ.

- Le sang y circule à très faible vitesse, ce qui favorise les échanges entre le sang et les tissus traversés.
- Ils font la jonction entre les artérioles et les veinules, formant à l'intérieur des tissus un réseau très serré, Ils sont anastomosés et composés : d'une membrane très fine ; l'endothélium et d'une membrane basale.

3 – Le fonctionnement du coeur et des vaisseaux

3.1 La révolution cardiaque

Chez l'homme adulte le muscle cardiaque se contracte environ 70 à 80 fois par minute. L'ensemble des phénomènes dont le coeur est le siège depuis le début d'une contraction jusqu'au début de la suivante s'appelle une révolution cardiaque. Elle comprend trois temps :

3.1.1 La systole auriculaire

La systole auriculaire (contraction des oreillettes) dure 0,1 s. Permet le passage rapide du sang vers les ventricules.

3.1.2 La systole ventriculaire

La systole ventriculaire (contraction des ventricules) dure 0,3 s. Permet le passage du sang des ventricules aux artères.

3.1.3 La diastole générale

La diastole générale (diastole auriculaire + diastole ventriculaire) dure 0,4 s. La révolution cardiaque dure 8/10 de seconde (0,8 s) et la moitié est consacrée au repos du myocarde. Pendant la diastole, le myocarde se relâche et les cavités cardiaques se gorgent de sang.

3.2 L'automatisme cardiaque

Le muscle cardiaque ou myocarde est doué d'automatisme. Sont à l'origine de cet automatisme des cellules musculaires cardiaques dont l'ensemble forme le tissu nodal.

Le tissu nodal comporte différents éléments ; que sont le nœud sinusal, le nœud septal, le faisceau de His et le réseau de Purkinje (Figure 30).

Le nœud sinusal ou de Keith et Flack est situé dans la paroi de l'oreillette droite et représente le pacemaker. Le nœud septal est situé dans la cloison inter auriculaire ; contrairement au faisceau de His qui est dans la cloison inter ventriculaire.

Le réseau de Purkinje situé dans la paroi des ventricules permet la propagation de l'influx au niveau des 2 ventricules (contraction). L'influx naît au nœud de Keith et Flack, s'étend au nœud septal, puis descend dans les deux branches du faisceau de His le long du septum inter-ventriculaire, enfin ce faisceau se ramifie de plus en plus pour innerver tout le ventricule où il prend le nom de réseau de Purkinje.

Lorsque le coeur bat régulièrement, le coeur est dit en rythme sinusal ; c'est donc le premier nœud qui lui impulse sa fréquence.

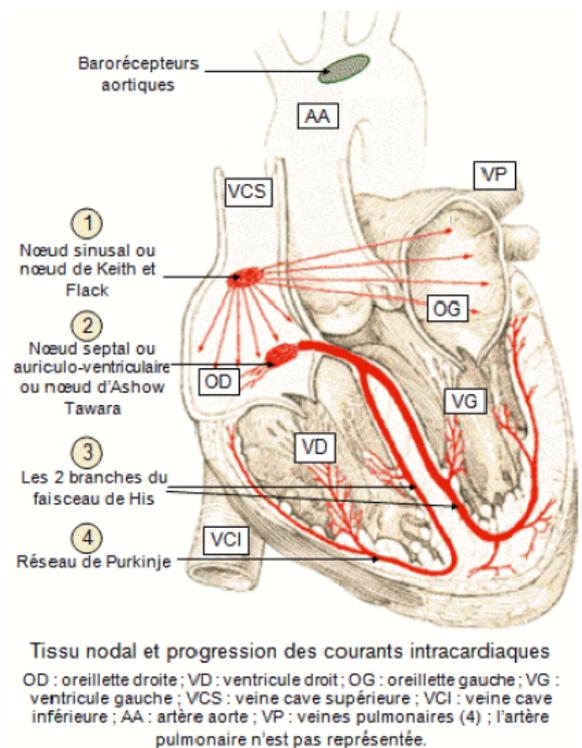


Figure 30 : Schéma de disposition du tissu modal au sein du muscle cardiaque

Le myocarde comporte deux populations de myocytes : les myocytes contractiles, majoritaires assument le travail mécanique du coeur, et les myocytes automatiques. La contractilité correspond à la capacité des fibres à fournir une certaine tension durant un certain temps . Les myocytes automatiques présentent un potentiel de repos instable, les myocytes contractiles ont quant à eux, un potentiel de repos stable.

Les contractions du myocarde sont provoquées par des impulsions électriques régulières.

3.3 Le fonctionnement des vaisseaux

3.3.1 Fonctionnement des artères

Le coeur envoie le sang par saccade dans les artères, cependant grâce à l'élasticité de celles-ci, les jets successifs de sang ainsi envoyés sont transformés en un écoulement continu. Le sang circule dans les grosses artères sous forte pression appelé pression artérielle ou tension artérielle. Elle se mesure à l'aide d'un manomètre spécial adapté au bras ou sphygmomanomètre. La pression artérielle est la pression qu'exerce le sang sur la paroi des artères, elle s'élève au moment de la systole ventriculaire : on parle de tension systolique ou maxima. La maxima est le reflet de la force d'éjection systolique du coeur et le reflet de la masse sanguine circulante. Pendant la diastole, la TA ne tombe pas à 0 car il reste du sang dans les vaisseaux, on obtient la **tension** diastolique ou minima qui est le reflet de l'élasticité des artères.

Remarque

La **tension différentielle** est la différence entre les chiffres des tensions maxima et minima.

Chez un adulte au repos, la maxima est comprise entre 120 et 140mmHg, la minima entre 70 et 90mmHg. Les chiffres de variation de la tension artérielle dépendent : du débit cardiaque (DC), du calibre vasculaire et de la volémie.

Remarque

Régulation de la tension artérielle : les centres nerveux sont renseignés grâce à des voies sensibles dont les récepteurs sont placés à des zones sensibles : crosse de l'aorte, bifurcation carotidienne ou sinus carotidien.

Le **système nerveux végétatif** agit sur le coeur par l'intermédiaire de ses médiateurs chimiques : adrénaline pour le système nerveux sympathique (SNS) et acétylcholine pour le système nerveux parasympathique (SNPS). Le SNPS est cardiomodérateur alors que le SNS est cardioaccélérateur.

Les **barorécepteurs** sont un petit groupe de cellules spécialisées situées le long des carotides et dans l'aorte et qui sont sensibles aux variations de pressions. Le système rénine angiotensine est hypertenseur par vasoconstriction.

Le **pouls** est la sensation de choc que perçoit le doigt lorsqu'il comprime légèrement une artère sur un plan résistant. Il est due à la transmission le long de la paroi artérielle du choc du sang contre l'aorte au moment de son éjection du VG et non pas à l'arrivée du flux sanguin dans les vaisseaux qui est plus lente.

3.3. 2 Fonctionnement des capillaires

Le diamètre des capillaires peut varier suivant les besoins de l'organe qu'il traverse, la circulation du sang est très lente dans les capillaires. C'est au niveau des capillaires que se font les échanges entre le sang et les cellules. Le plasma filtre à travers les cellules de la paroi des capillaires.

3.3. 3 Fonctionnement des capillaires

Le sang des capillaires va se jeter dans les veines qui le reconduisent vers coeur. Dans les veines, le sang continue à circuler grâce à ce qui reste de l'impulsion donnée par le coeur et les grosses artères. D'autre part au moment de la diastole, il se produit une aspiration qui favorise le retour du sang vers le coeur. Enfin, les valvules en nids de pigeon des veines situés au-dessous du coeur facilitent la lutte contre la pesanteur en empêchant le sang de retomber. Ces valvules sont particulièrement nombreuses dans les veines des jambes.

3.3. 4 Fonctionnement des capillaires

Au niveau des capillaires sanguins se fait une transsudation du plasma et des globules blancs. Cette traversée des parois des capillaires par une partie des constituants sanguins forme le liquide interstitiel qui va baigner directement les cellules qui y puiseront une partie de leurs substances nutritives et y rejettent les déchets. Le liquide interstitiel fait ensuite retour à la circulation générale par les vaisseaux lymphatiques. La circulation lymphatique n'est pas une véritable circulation comme celle du sang car la lymphe ne revient pas à son point de départ. C'est une voie de dérivation branchée seule sur le système veineux. Les capillaires lymphatiques naissent dans les organes auxquels font suite les canaux lymphatiques et se réunissent pour former les vaisseaux lymphatiques de plus en plus volumineux. Au point de jonction de plusieurs canaux se trouvent les ganglions lymphatiques. Les chylifères sont les canaux lymphatiques de l'intestin grêle transportant une lymphe très riche en graisse. La circulation lymphatique rentre dans la circulation sanguine par :

- le canal thoracique : il naît dans l'abdomen par un renflement ; la citerne de Pecquet traverse le thorax et vient se jeter à la base du cou dans la veine sous-clavière gauche. Le canal thoracique a pour rôle de recueillir la lymphe en provenance des deux membres inférieurs, de l'abdomen, de la moitié gauche du thorax, du membre supérieur gauche et la moitié gauche de la tête et du cou.
- la grande veine lymphatique ou conduit lymphatique droit draine la lymphe de la moitié droite de la tête, du cou et du thorax et celle du membre supérieur droit. La grande veine lymphatique se jette dans la veine sous-clavière droite à la base du cou. Toutes les voies lymphatiques aboutissent au système veineux cave supérieur.

Le rôle de la lymphe apparaît triple : rôle nutritif (apporte au sang circulant de graisses absorbées au niveau des chylifères de l'intestin grêle), rôle de défense par la présence des leucocytes et des ganglions lymphatiques, rôle de drainage et d'épuration : la lymphe véhicule une partie des déchets cellulaires.

3.4 Les bruits du coeur

L'auscultation cardiaque à l'aide d'un stéthoscope permet d'entendre 2 bruits. Le premier bruit « toum » correspond à la fermeture des valves auriculo-ventriculaires. Celui-ci est plus sourd et plus long que le second et marque le début de la systole ventriculaire. Le deuxième bruit plus court correspond à la fermeture des valves sigmoïdes, aortiques et pulmonaires. Il marque la fin de la systole ventriculaire et le début de la diastole ventriculaire. Ces bruits se succèdent toujours à un rythme quand le rythme cardiaque est normal (rythme sinusal). Les maladies valvulaires entraînent l'apparition de bruits anormaux appelés souffle cardiaque.

3.5 Propriétés mécaniques de la fibre cardiaque

3.5.1 L'élasticité (propriété passive)

La fibre cardiaque est une structure distensible au niveau d'une cavité cardiaque et surtout au niveau du ventricule gauche : on utilise le terme de compliance (c'est le rapport entre le volume d'un réservoir élastique et la pression du fluide qu'il contient). Ces variations permettent d'apprécier la souplesse du réservoir. Lorsque le coeur est au repos, sa compliance est grande, il se laisse facilement distendre. A l'inverse, lorsque le coeur est dans une période de contraction, sa distensibilité diminue.

3.5.2 La contractilité (propriété active)

La contractilité correspond à la capacité des fibres à fournir une certaine tension durant un certain temps. L'état dans lequel se trouve la cavité (oreillette ou ventricule) au moment où elle est au repos et complètement remplie est la télédiastole. La pression que le sang exerce sur la paroi s'appelle la pression télédiastolique : cette pression est la précharge du ventricule c.-à-d. la force de distension qui étire le muscle ventriculaire avant son excitation électrique et avant sa contraction. Cette précharge est faible sur un ventricule gauche normal. Il y a aussi une adaptation de la puissance contractile du coeur à la quantité de sang qui lui parvient.

Si le retour veineux augmente, les fibres myocardiques sont étirées au maximum, la précharge augmente, la contraction sera plus importante pour permettre d'éjecter un volume de sang plus important. Lors de sa contraction, le ventricule ne peut immédiatement éjecter le sang dans l'aorte pour pouvoir le faire, il faut qu'il développe une pression supérieure à celle de l'aorte. C'est donc une charge que doit vaincre le coeur : on parle de post-charge.

3.6 Le débit cardiaque

Le débit cardiaque (DC) est le volume de sang pompé par chaque ventricule par minute. Il est exprimé en L /min :

$$DC = \text{Fréquence Cardiaque (75)} \times \text{Volume d'éjection systolique par ventricule (70ml)} \text{ soit } 5L/\text{min}$$

Régulation du volume d'éjection systolique Au repos, un coeur sain éjecte environ 60Le volume qu'éjecte le ventricule à chaque systole représente la différence entre le volume télé diastolique 120mL(volume présent dans un ventricule à la fin de la diastole) et le volume télé systolique 50ml (volume qui reste dans un ventricule à la fin de sa contraction). Le volume télé diastolique est déterminé par la précharge et le volume télé diastolique par la postcharge et la contractilité du myocarde.

L'état dans lequel se trouve la cavité (oreillette ou ventricule) au moment où elle est au repos et complètement remplie est la télédiastole. La précharge est le degré d'étirement que présente les cellules myocardiques juste avant leur contraction c'est-à-dire la tension passive qui se développe dans la paroi ventriculaire à la suite de l'accumulation de sang dans le ventricule. Si le retour veineux augmente il y a augmentation du volume télédiastolique, les fibres myocardiques sont étirées au maximum, la précharge augmente, la contraction sera plus importante pour permettre d'éjecter un volume de sang plus important.

Lors de sa contraction, le ventricule ne peut immédiatement éjecter le sang dans l'aorte pour pouvoir le faire, il faut qu'il développe une pression supérieure à celle de l'aorte. C'est donc une charge que doit vaincre le coeur : on parle de postcharge. L'augmentation de la contractilité permet une éjection plus complète du sang ce qui abaisse le volume téléstolique et accroît le volume systolique. Les facteurs qui permettent l'augmentation de la contractilité sont : l'augmentation du volume télédiastolique, la stimulation sympathique.

3.7 Trajet du sang dans l'organisme

Grande circulation ou circulation systémique : oreillette gauche → ventricule gauche → aorte → artères → capillaires tissulaires → veines → veines cave inférieure et supérieure → oreillette droite.

Petite circulation ou circulation pulmonaire : oreillette droite → ventricule droit → artère pulmonaire → capillaires pulmonaires → veines pulmonaires → oreillette gauche.

☀ Objectifs du chapitre

- Décrire les composantes de l'appareil respiratoire.
- Définir les différents volumes et capacités respiratoires.
- Citer les voies de transport des gaz respiratoires.

Introduction

La fonction respiratoire a pour mission d'assurer la transformation du sang veineux en sang artériel c- à -d l'enrichissement du sang en O_2 et rejet du gaz carbonique. L'appareil respiratoire comprend : les voies respiratoires et les organes de la mécanique respiratoire qui permettent aux mouvements respiratoires de s'accomplir.

1 - L'appareil respiratoire

1.1 Les voies respiratoires

C'est l'ensemble des voies qu'emprunte l'air pour aboutir aux poumons, il va emprunter successivement : les fosses nasales, pharynx, larynx, la trachée et les bronches (Figure 31).

1.1.1 Les fosses nasales

Les fosses nasales sont deux espaces remplis d'air au-dessus et en arrière du nez. Rôles : olfactif, conduit aérien, filtrer et humidifier l'air.

1.1.2 Le pharynx

Le pharynx carrefour où se croisent les voies respiratoires et digestives.

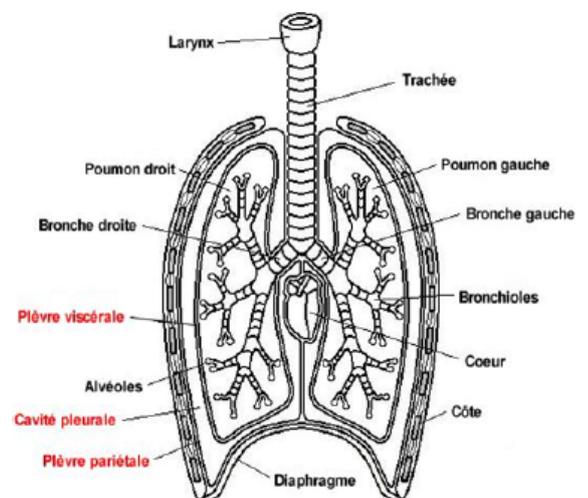


Figure 31 : Appareil respiratoire humain

1.1.3 Le pharynx

C'est un tube creux, intercalé entre le pharynx et la trachée en vue de la phonation. Le larynx est formé par un squelette ostéocartilagineux qui comprend : l'os hyoïde, des cartilages épais et résistants (cartilage thyroïde, cricoïdes, aryténoïdes, épiglottique).

1.1.4 La trachée

C'est un conduit musculo-cartilagineux. $L \approx 12 - 15\text{cm}$, $\phi = 12\text{mm}$, elle est maintenue ouverte par 15 à 20 demi-anneaux cartilagineux. La trachée est tapissée par une muqueuse contenant les cellules à mucus dont les sécrétions sont chargées d'agglomérer les impuretés de l'air et des cellules à cils vibratiles repoussant vers le haut les poussières et protégeant ainsi les poumons. L'arbre bronchique est l'ensemble des structures véhiculant l'air inspiré et expiré, entre le larynx et les alvéoles pulmonaires. Il fait partie intégrale du système respiratoire, c'est la zone de conduction des voies aériennes inférieures.

1.2 Les poumons

Les 2 poumons gauche et droit occupent la majeure partie de la cage thoracique, ils sont séparés l'un de l'autre par un espace appelé médiastin. Les poumons ont une coloration grise rosée avec de nombreux dépôts pigmentaires, masse = 700 g pour le poumon droit et 600 g pour le poumon gauche. Le poumon droit possède 2 scissures qui le divisent en 3 lobes, le poumon gauche a une scissure et 2 lobes.

Chaque poumon est formé de la juxtaposition d'un très grand nombre de lobules pulmonaires et chaque lobule pulmonaire représente un poumon en miniature ; il reçoit en effet : une bronchiole, une artériole pulmonaire et donne naissance à des veinules pulmonaires. La bronchiole se divise et donne finalement les bronchioles terminales. Chaque bronchiole terminale aboutit aux acini. La paroi des acini outre sa minceur extrême est bosselée et chaque bosse constitue une alvéole pulmonaire dont la paroi est constituée par une seule couche de cellules, très mince, donc certaines ont perdu leur noyau. La face interne de ces cellules est en contact avec l'air emmené par les bronchioles. Au total le sang n'est séparé de l'air que par une couche très mince, la couche de cellules alvéolaires, à travers laquelle les gaz pourront aisément diffuser. Les alvéoles pulmonaires sont donc les lieux où se font les échanges gazeux entre l'air et le sang. À l'état normal, le liquide tapissant l'intérieur des alvéoles contient une substance tensioactive : le surfactant pulmonaire. La surface totale des parois des alvéoles pulmonaires au niveau desquelles s'effectuent les échanges gazeux est évaluée à 200m^2 environ pour les deux poumons.

1.3 Les organes de la mécanique

Ce sont : la cage thoracique, les muscles qui animent ses mouvements et les plèvres.

La cage thoracique est composée de 12 paires de côtes reliées en arrière au rachis et en avant par le sternum. Les deux dernières côtes, dites flottantes permettent une plus grande possibilité de déformation.

Les muscles respiratoires : selon leurs actions on divise ces muscles en deux groupes :

1.3.1 Les muscles inspireurs

Certains interviennent dans le jeu normal de l'inspiration (muscles scalènes, certains intercostaux, petit dentelé postérieur et supérieur, le diaphragme), d'autres muscles inspireurs n'interviennent que dans l'inspiration forcée (sterno-cléido-mastoïdien, grand dentelé et pectoraux).

1.3.2 Les muscles expirateurs

Lors de l'expiration normale, il n'y a pas utilisation des muscles : c'est un relâchement ; Ils n'interviennent que dans l'expiration forcée ; ce sont : petit dentelé postérieur et inférieur, carrée des lombes, les muscles de la paroi abdominale.

Les plèvres sont les enveloppes des poumons. Il existe deux plèvres chacune d'elles enveloppant un des deux poumons et restant complètement indépendante de la plèvre du côté opposé. Chaque plèvre est composée comme toute séreuse par 2 feuillets : un feuillet viscéral et un feuillet pariétal. Entre les 2 feuillets se trouvent un espace virtuel, la cavité pleurale contenant à l'état normal une mince lame liquidienne facilitant le glissement des deux feuillets l'un de l'autre et s'opposant à leur décollement.

2 - La respiration

La respiration comprend deux ordres de phénomènes : les phénomènes mécaniques (les mouvements respiratoires) et les phénomènes chimiques (échanges gazeux au niveau des poumons et des tissus).

2.1 La ventilation pulmonaire

2.1.1 Les mouvements respiratoires (l'inspiration et l'expiration)

L'homme adulte exécute 16 mouvements respiratoires par minute (16 expirations et 16 inspirations).

Remarques

- **L'inspiration** est un phénomène actif dû à l'action des muscles inspireurs sur la cage thoracique. Pendant l'inspiration il y a absorption de l'air et la cage thoracique s'agrandit dans tous ses diamètres.
- **L'expiration** est le rejet de l'air et le retour sur elle-même de la cage thoracique, c'est un phénomène purement passif ; l'élasticité du tissu pulmonaire provoque la rétraction spontanée des deux poumons qui par les plèvres entraînent la cage thoracique et la ramènent à sa position de capacité minima.

Les muscles expirateurs n'interviennent que dans l'expiration forcée. L'expiration dure plus longtemps que l'inspiration. Les mouvements respiratoires normaux sont des actes purement réflexes. Pendant les mouvements respiratoires normaux, les poumons n'ayant pas de muscles suivent passivement les variations de volume de la cage thoracique. Le mécanisme le plus remarquable des mouvements respiratoires est leur automatisme : cet automatisme est dû à l'activité des centres respiratoires. Inspiration appelle l'expiration et inversement : réflexe de Breuer-Hering.

2.1.2 Capacité respiratoire

① Les volumes pulmonaires (Figure 32).

- Volume courant (VC) : 0,5 L ; c'est le volume d'air inspiré ou expiré à chaque mouvement respiratoire par un sujet respirant normalement.
- Volume de réserve inspiratoire ou air complémentaire (VRI) est le volume maximum que peut inspirer un sujet en plus de son inspiration normale ; il est d'environ ,5L.
- Volume de réserve expiratoire ou air de réserve (VRE) est le volume maximum que peut expirer un sujet après une expiration normale ; il est d'environ 1,5 L.

- Volume résiduel ou air résiduel (VR) : c'est le volume d'air restant dans les poumons après une expiration forcé ; il est aussi de 1,5 L.

2 Les capacités pulmonaires

- Capacité pulmonaire totale : $CT = V C + V RI + V RE + V R = 6L$
- Capacité vitale : $CV = V C + V RI + V RE = 4,5L$ (tout l'air mobilisé)
- Capacité inspiratoires : $CI = V C + V RI = 3L$
- Capacité résiduelle fonctionnelle : $V RE + V R = 3L$

3 Le débit : $D = V \times T$

La capacité vitale se mesure avec un spiromètre.

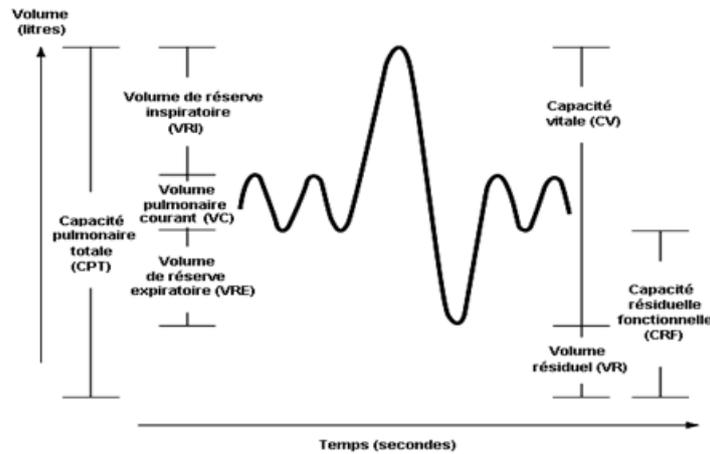


Figure 32 : Courbe spirométrique

2.2 Les échanges gazeux

Les phénomènes chimiques de la respiration comprennent 3 étapes : les échanges gazeux au niveau des poumons, le transport des gaz par le sang circulant, enfin les échanges gazeux au niveau des cellules.

2.2.1 Les échanges gazeux au niveau des poumons

Ces échanges s'effectuent entre le sang veineux et l'air alvéolaire. Il existe au niveau des alvéoles pulmonaires une atmosphère dont la composition chimique est constante et invariable : l'air alvéolaire, il ne circule pas dans les voies aériennes, mais stagne dans les alvéoles. Celui-ci constitue un réservoir, de composition constante où le sang qui circule de façon permanente dans les capillaires puise son O_2 et y rejette son CO_2 . L'air alvéolaire est régulièrement approvisionné en O_2 et épuré de son CO_2 par l'air inspirée (Figure 33). Le sang veineux amené par les artérioles pulmonaires chemine dans les capillaires séparé de l'air alvéolaire par les parois des alvéoles. Les échanges gazeux entre le sang veineux et l'air alvéolaire se font à travers la paroi alvéolaire, d'un milieu à l'autre ; cette diffusion tend à égaliser les pressions partielles des gaz dans les deux milieux :

- le gaz carbonique qui est sous une pression plus forte (46mmHg) dans le sang veineux le quitte et les pressions s'égalisent de part et d'autre à 40mmHg.
- l' O_2 qui est sous une pression plus forte (103mmHg) dans l'air alvéolaire pénètre dans le sang veineux où la pression n'est que de 40mmHg et s'y fixe sous une pression de 80mmHg.

Les résultats des échanges gazeux au niveau des poumons aboutissent à la transformation du sang veineux en sang artériel. Celui-ci contient :

- de O_2 : 20% en volume, $P_p = 80mmHg$ (10-15% et 40mmHg pour le sang veineux)
- de CO_2 : 50% en volume, $P_p = 40mmHg$ (58% et 46mmHg pour le sang veineux).

Les échanges gazeux se manifestent par une forte différence de composition entre l'air inspiré et l'air expiré :

- l'air inspiré contient 80% d'azote (volume), 20% O_2 et des traces de CO_2
- l'air expiré contient 80% d'azote, 16% O_2 et 4% de CO_2 .

2.2. 2 Les échanges gazeux au niveau des cellules

- l'oxygène : le sang est riche en O_2 que la cellule d'où la PO_2 sanguin $>$ à PO_2 cellulaire, ainsi l'oxygène passe du milieu de forte pression vers celui de basse pression c.-à-d. du sang vers la cellule.
- le gaz carbonique : le sang est pauvre en CO_2 , la cellule riche d'où PCO_2 sanguin $>$ PCO_2 cellulaire. Ainsi le CO_2 passe de la cellule vers le sang.

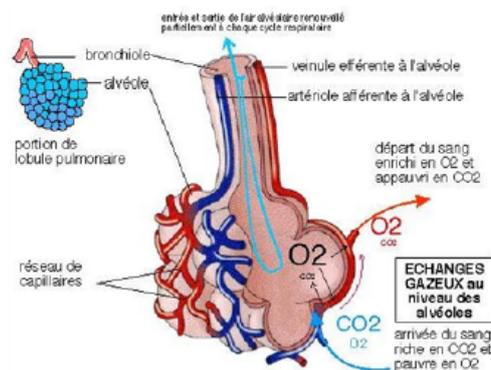


Figure 33 : Les échanges alvéolaires

2.2. 3 Transport des gaz par le sang circulant

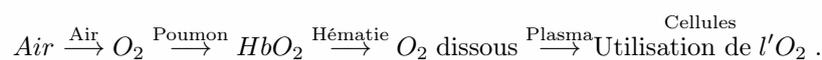
Transport de l'oxygène :

- la majeure partie l' O_2 est transportée par les hématies. $Hb + O_2 \leftrightarrow HbO_2$ (Oxyhémoglobine) ;
- une faible partie de l' O_2 est dissoute dans le plasma, le rôle de l' O_2 .

Dissout est fondamental : il constitue l'intermédiaire obligé entre les cellules et les globules rouges.

Le gaz carbonique :

- la majeure partie du gaz carbonique se trouve dans le plasma, sous forme combinée : 70% CO_2 du sang total, il est combiné avec le sodium sous forme de bicarbonate de sodium.
- 5% de CO_2 est transporté dans le plasma sous forme dissoute.
- 25% est transporté par les globules rouges sous 2 formes (une partie combinés au K sous forme de bicarbonate de potassium et l'autre partie combinée à l'hémoglobine formant ainsi le carb-hémoglobine).



Objectifs du chapitre

- Citer les organes lymphoïdes et les cellules immunitaires.
- Décrire les mécanismes de défense innée et spécifique.
- Décrire les bases de l'immuno compétence.
- Décrire les différents dérèglements du système immunitaire.
- Expliquer les aides au système immunitaire.

Introduction

L'immunologie est l'étude des phénomènes de l'immunité. Immuniser un organisme, c'est le protéger des atteintes par les corps étrangers.

Le système immunitaire est composé des cellules immunitaires et des organes lymphoïdes.

1 - Les organes lymphoïdes

Les **organes lymphoïdes** sont le lieu de naissance et de maturation des cellules immunitaires.

On distingue les organes lymphoïdes primaires ou centraux qui sont le lieu de naissance de cellules immunitaires et les organes lymphoïdes secondaires ou périphériques qui sont le lieu de maturation et de stockage des cellules immunitaires (Figure 34).

1.1 Les organes lymphoïdes primaires

1.1.1 La moelle osseuse

Elle est à la fois un organe de production de tous les lymphocytes immatures et un organe où se fait la maturation des lymphocytes B.

1.1.2 Le thymus

Il est situé dans le médiastin antérieur. C'est le lieu de différenciation des lymphocytes T

1.2 Les organes lymphoïdes secondaires ou périphériques

Les organes lymphoïdes secondaires sont constitués de deux zones nettement individualisées : une zone thymo-dépendante et une zone thymo-indépendante.

1.2.1 Les ganglions lymphatiques

Les ganglions lymphatiques (1000 environ) sont des organes lymphoïdes encapsulés dispersés le long des vaisseaux lymphatiques. Le parenchyme ganglionnaire comprend le cortex constitué de follicules lymphoïdes primaires ou secondaires, le paracortex comprenant des LT, et la médullaire contenant des plasmocytes.

1.2.2 La rate

La rate est située dans l'hypochondre gauche et constitue une sorte de filtre placé sur le courant sanguin. $P = 100 - 300g$. La rate est encapsulée, comprend la pulpe rouge, la zone marginale et la pulpe blanche. La pulpe rouge est à la fois un site de destruction des hématies sénescents et un réservoir d'hématies injectables par contraction de la rate, elle est constituée des cordons de Billroth peuplés d'éléments figurés sanguins.

1.2.3 Les amygdales

1.2.4 L'appendice et les formations lymphoïdes

L'appendice et les formations lymphoïdes des muqueuses digestives et respiratoires.

Les cellules à l'origine des réactions immunitaires sont : les lymphocytes (principales cellules de l'immunité), les monocytes, les mastocytes, les cellules dendritiques.

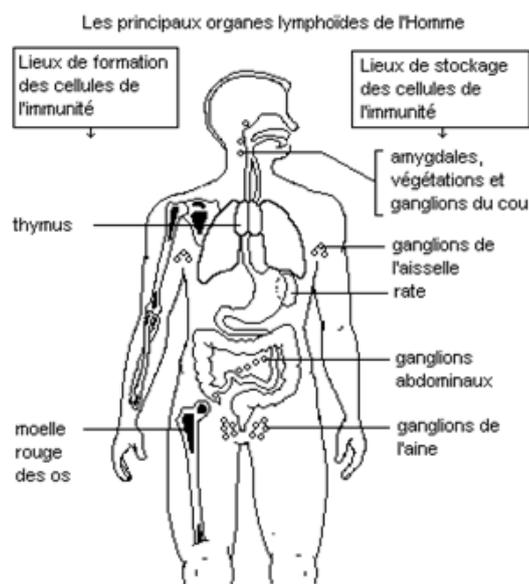


Figure 34 : : Les organes lymphoïdes humains

2 - Les mécanismes de défense

L'organisme dispose de deux types de mécanismes de défense contre les agresseurs.

2.1 Les mécanismes de défense non-spécifique ou innée ou naturelle

Les moyens de défense spontanés comprennent : les facteurs tissulaires, cellulaires (polynucléaires, macrophage...), humoraux (système du properdine, complément...), et constitutionnels, la réaction inflammatoire. Les interférons constituent des moyens de défense acquis à la suite d'une agression, mais non spécifique puisque l'interféron n'est pas spécifique de l'inducteur qui la fait produire.

2.2 Les mécanismes de défense spécifique

les moyens de défenses acquis et spécifiques correspondent aux réponses immunitaires, qui peuvent se définir comme nouvelle réactivité que l'organisme acquiert suite à la pénétration d'un antigène. L'immunité acquise a trois caractéristiques : la spécificité, la mémoire, la reconnaissance du « non soi ».

3 - Le déroulement de la réponse immunitaire

La reconnaissance par les cellules immunitaires d'antigène du soi modifié ou du non-soi déclenche les réactions immunitaires que l'on peut classer en 2 catégories :

- les réactions non spécifiques : elles sont indépendantes de la nature de l'antigène.
- les réactions spécifiques lorsqu'elles sont dirigées contre un antigène donné.

3.1 La réponse immunitaire non spécifique

La réponse immunitaire non spécifique se déroule dans les tissus, sur les sites de l'infection, et s'accompagne le plus souvent d'une réaction inflammatoire.

3.1.1 La phagocytose

C'est un élément fondamental de la réponse immunitaire non spécifique. Elle s'amorce par une réaction inflammatoire qui permet le déplacement des phagocytes (granulocytes et macrophages) par chimiotactisme vers le lieu de l'inflammation. Elle se déroule en 4 étapes : adhésion, ingestion (endocytose), digestion, rejet des déchets (par exocytose). Si la phagocytose se produit dans les organes lymphoïdes périphériques ou secondaires, elle permet la formation de cellules présentatrices d'antigènes à l'origine des réponses immunitaires spécifiques ; on dit qu'elle initie la réponse spécifique. En effet les LT4 s'activent suite à la reconnaissance d'une molécule du non soi associée à un récepteur HLA de classe II. La phagocytose tire profit de la réponse spécifique.

3.1.2 Le système du complément

Le complément, désigné par le symbole C est un système complexe de protéines présente dans tout sérum normal, non spécifique, il existe en dehors de toute immunisation, il complète en quelque sorte l'action des anticorps d'où son nom de complément. Il est présent dans le sérum, la lymphe du canal thoracique et dans les exsudats.

Le système de complément comporte 9 protéines principales présentes dans le plasma (2-3 g/l).

L'activité lytique du complément est obtenue à l'issue d'un processus enzymatique entraînant une cascade de réactions être ses composants. Il existe 3 voies d'activation du complément :

- la voie classique : elle est initiée par la présence des complexes immuns.
- la voie alterne : les activateurs de cette voie sont constitués par les endotoxines bactériennes, par des cellules infectées par les virus, par les parasites, les levures, ...
- la voie des lectines : elle est initiée par la liaison de la MBP (Mannose Binding Protein) au mannose à la surface des pathogènes.

3.1.3 La réaction inflammatoire

Elle résulte de l'action de diverse substances : les unes produites sur le site de l'infection par les tissus lésés, d'autres secrétés par les cellules immunitaires sensibilisées, d'autres encore issus du complément activé. La réaction inflammatoire comporte 4 aspects caractéristiques : rougeur, chaleur, douleur et oedème.

- rougeur et chaleur liés à la dilatation des capillaires sanguins et au ralentissement de la circulation du sang.
- gonflement (oedème) dû à la fuite du plasma dans les tissus.
- douleur due à l'excitation de certaines terminaisons nerveuses (pression des fibres nerveuses)

L'inflammation apparait comme un phénomène très utile à l'organisme, elle prépare la réparation de tissus lésés et surtout oriente les éléments actifs du système immunitaire vers les lieux de l'infection.

3.2 La réponse immunitaire spécifique

Elle comporte 3 étapes principales et nécessite une coopération entre les cellules immunitaires (Figure 35).

3.2.1 La phase d'induction

Il y a sélection des lymphocytes B et T immunocompétents.

3.2.2 La phase d'amplification

Prolifération et différenciation progressive des clones de lymphocytes spécifiques de l'Ag sous le contrôle de LT4 sécrétant les interleukines.

3.2.3 La phase effectrice

Ici 2 types de réponses se développent. Leur importance et leur efficacité dépend de la nature de l'antigène :

- réponse immunitaire à médiation humorale (RMH) : elle a pour support un clone de plasmocyte et consiste en la sécrétion d'anticorps circulants spécifiques du déterminant antigénique reconnu comme non-soi. La RMH est la seule réaction possible dans le cas des antigènes solubles et dans la réponse prépondérante contre la plupart des bactéries. L'association Ag-Ac (complexe immun) aboutit à la neutralisation de l'Ag mais non à sa destruction. Ainsi la RMH doit être complétée par la phagocytose des complexes immuns et /ou par activation du complément.
- la réponse à médiation cellulaire (RMC) a pour support les L T cytotoxiques, elle s'exerce sur les cellules infectées par les virus et les bactéries endocellulaires ainsi que sur les cellules cancéreuses et les greffes.

La RMC aboutit à la lyse des cellules cibles. Parmi les mécanismes de lyse, le mieux connu est celui qui met en oeuvre une protéine sécrétée par le lymphocyte, la perforine. La réponse spécifique est mise en mémoire : des lymphocytes à longue vie sensibilisés par le premier contact avec l'Ag assurent la réponse secondaire efficace. La réponse secondaire est plus rapide et plus intense.

En maintenant l'intégrité de l'organisme, la réponse immunitaire assure l'équilibre du milieu intérieur. Le mécanisme est typiquement celui d'une régulation :

- des cellules réceptrices détectent la présence des molécules étrangères ou anormales
- une réponse coordonnée se développe contre ces molécules (rôle des LT4)
- les cellules effectrices les éliminent.

Propriétés	Réponses primaires	Réponses secondaires
Cellules B repondeuse	Cellule B naïve	Cellule B memoire
Période de latence	Plus longue	Moins longue
Amplitude du pic de la reponse	Variable	100 à 1000 fois plus forte que la r2ponse primaire
Isotype produit	IgM	IgG
Affinité de l'anticops	Faible	Élevée
Pic de la réponse	Lent	Rapide

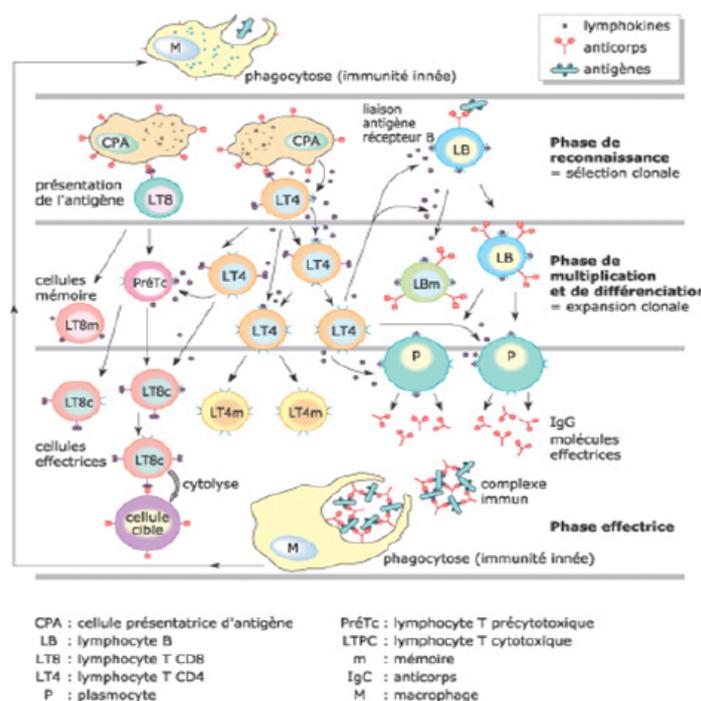


Figure 35 : : Les 3 étapes principales de la réponse immunitaire spécifique

4 - L'immunocompétence

Pour maintenir son intégrité, l'organisme développe un ensemble de réactions qui constituent la réponse immunitaire. La capacité pour les cellules immunitaires à distinguer le « soi » du « non soi » est appelée immunocompétence.

4.1 Le soi et le non-soi

Le soi d'un individu est défini par l'ensemble des molécules résultant de l'expression de son génome. Certaines molécules présentent sur les membranes cellulaires constituent des marqueurs d'identité : groupes sanguins et surtout le système HLA.

- Le système HLA ou complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) : c'est le principal marqueur du soi, il est constitué d'un ensemble de gènes multialléliques d'expression codominante. Les molécules du système HLA sont habituellement classées en deux classes principales :
 - ★ les molécules HLA de classe I (gènes A, B et C) existent à la surface de toutes les cellules nucléées.
 - ★ les molécules HLA de classe II (gènes DP, DQ et DR) sont localisées principalement sur certains leucocytes. Les gènes de classe III codent certaines protéines du complément (B, C4, C2).

Les molécules de HLA de classe I sont plus antigéniques que celles de classe II. Chaque molécule du CMH ne présente que des peptides et un seul à la fois, les peptides sont issus de différents compartiments cellulaires, faible affinité et large spécificité (plusieurs peptides peuvent être présentés par une molécule du CMH), dissociation lente du complexe CMH/peptide, le peptide est nécessaire pour une expression stable.

- les groupes sanguins : les hématies, cellules sans noyau, ne portent pas les marqueurs HLA, mais de nombreuses molécules membranaires dont les plus connues définissent les groupes sanguins du système ABO. Ces molécules sont des glycoprotéines caractérisées par la présence d'oligosaccharides qui diffèrent selon la nature des enzymes qui les mettent en place.

Le non-soi est constitué par les molécules étrangères différentes du soi qui, présentes dans l'organisme déclenchent les réactions immunitaires. Elles peuvent être issues du milieu extérieur (virus, toxines...) ou être simplement des molécules du soi modifiées.

- Cas d'une allogreffe (greffe entre individus de même espèce) : la réaction est plus particulièrement dirigée contre les molécules HLA du greffon. Plus la ressemblance est grande entre les molécules HLA du receveur et celle du donneur, plus les chances de survie du greffon sont importantes.
- Cas de transfusion sanguine entre les sujets de groupe différents : les hématies porteuses des marqueurs A ou B sont agglutinées (hémagglutination) par les anticorps spécifiques anti-A ou anti-B, présents dans le sang du receveur. Les hématies du groupe O, qui ne possèdent pas ces marqueurs ne sont pas agglutinées. L'hémagglutination est aussi une réaction immunitaire spécifique.

Le soi modifié est reconnu comme non-soi, il en est de même que le soi altéré. Les antigènes sont des molécules reconnaissables par le système immunitaire : les antigènes du soi sont tolérés, ceux du non-soi sont éliminés. Les molécules du soi modifiées ou anormales sont considérées comme non-soi.

4.2 L'acquisition de l'immunocompétence

La propriété de distinguer le non soi ou immunocompétence est acquise lorsque les lymphocytes expriment les récepteurs spécifiques : chaque lymphocyte porte un type unique de récepteur capable de reconnaître un déterminant antigénique donné. Les récepteurs des différents lymphocytes ont des structures et des propriétés différentes.

Immunogène : toute substance capable d'induire une réaction immunitaire.

Antigène : substance capable de susciter une réaction immunitaire spécifique ou d'être reconnue par le système immunitaire.

Haptène : substance pouvant devenir immunogène après fixation à un porteur. **Adjuvant** : une substance qui augmente la réaction immunitaire à l'égard d'un antigène.

Épitope ou site antigénique ou déterminant antigénique : région de l'Ag reconnue par les Ac spécifiques ou par des récepteurs membranaires des lymphocytes. Le nombre de déterminant antigénique existant sur une molécule immunogène définit sa valence.

4.2.1 Les récepteurs des lymphocytes B et T

Les récepteurs des lymphocytes B sont des anticorps membranaires. Chaque LB exprime à sa surface un grand nombre de récepteurs, tous spécifiques d'un seul antigène.

Les récepteurs de LT sont des protéines constitués de deux chaînes polypeptidiques comportant chacune une région constante enchâssée dans la membrane plasmique et une région variable tournée vers l'extérieur. Les récepteurs T ne reconnaissent

l'antigène que s'il est associé à une molécule du système HLA. Ils ne peuvent intervenir qu'à l'issue d'un contact avec une cellule présentatrice d'antigène (CPA).

Un anticorps est une protéine complexe utilisée par le système immunitaire pour détecter et neutraliser les antigènes de manière spécifique. Les anticorps sont sécrétés par des cellules dérivées des LB : les plasmocytes.

4.2.2 Structure générale des immunoglobulines

Les anticorps sont des glycoprotéines de la superfamille des immunoglobulines (Ig) formées de 4 chaînes poly-peptidiques : 2 chaînes lourdes et 2 chaînes légères reliées entre elles par un nombre variable de ponts disulfures assurant une flexibilité de la molécule. Ces chaînes forment une structure en Y (Figure 35). Chaque chaîne légère est constituée d'un domaine constant et d'un domaine variable ; les chaînes lourdes sont composées d'un fragment variable et de 3 ou 4 fragments constants selon l'isotype. Pour un anticorps donné, les deux chaînes lourdes sont identiques, de même pour les deux chaînes légères.

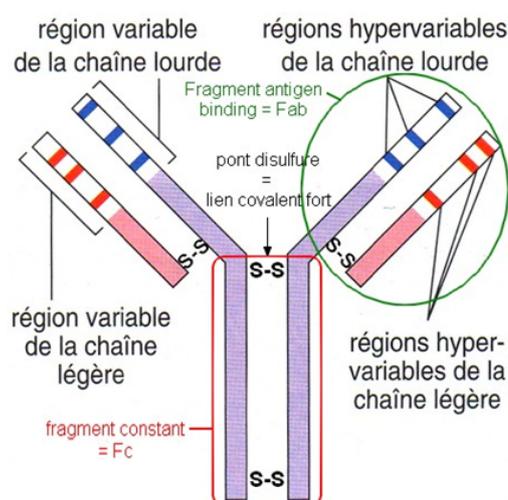


Figure 36 : : Structure d'un anticorps

Les domaines constants sont caractérisés par une séquence en acides aminés très proche d'un anticorps à l'autre, caractéristiques de l'espèce et de l'isotype. Chaque chaîne légère en possède un exemplaire noté CL. Les chaînes lourdes comportent, selon l'isotype, trois domaines constants CH1, CH2, CH3. Les domaines constants ne sont pas impliqués dans la reconnaissance de l'antigène, mais interviennent dans l'activation du système du complément. Les cellules immunitaires possédant les récepteurs aux fragments constants (Rfc) sont capables de lier les anticorps. Un anticorps possède quatre domaines variables situés aux extrémités des deux « bras ». L'association entre un domaine variable porté par une chaîne lourde (VH) et le domaine variable adjacent porté par une chaîne légère (VL) constitue le site de reconnaissance (ou paratope) de l'antigène. Ainsi, une molécule d'Ig possède deux sites de liaison à l'antigène, un au bout de chaque bras. Ces deux sites sont identiques (mais destiné à différents épitopes), d'où la possibilité de lier deux molécules d'antigène par anticorps.

Les Ig sont subdivisés en classes ou isotypes, selon la structure des domaines constants des chaînes lourdes : les chaînes γ , α , μ , ϵ et δ correspondent respectivement aux immunoglobulines IgG, IgA, IgM, IgE et IgD. Il existe également des sous-classes d'Ig, reflétant des différences plus fines entre chaînes lourdes. L'homme possède ainsi quatre sous-classes d'IgG et 2 sous-classes d'IgA. Il existe également des isotypes de chaînes légères, celles-ci pouvant être κ (kappa) ou λ (lambda) (Tableau 7).

	IgG	IgA	IgM	IgE	IgD
Localisation	Sang	Muqueuses sécrétions	Lymphocyte B sang	Basophiles mastocytes	Lymphocyte B
Proportion	70% à 75%	15- 20% des Ig sériques	10%	< 1%	<1%
Valence	2	2 à 4	2 à 10	2	2
Rôles	Neutralisation des toxines, bactéries et virus	Agglutination, neutralisation des bactéries, virus	Agglutination, voie classique du complément	Allergies, neutralisation de parasites	Activation du lymphocyte B

Tableau 6 : Les différentes classes d'anticorps et leurs caractéristiques

Les 3 grandes fonctions biologiques des anticorps sont : neutralisation de l'antigène, opsonisation, activation du complément. L'opsonisation est le mécanisme par lequel un antigène recouvert d'anticorps est rendu plus « appétissant » pour certains phagocytes comme les macrophages.

Le changement de fragment constant d'un anticorps est appelé commutation isotypique.

On peut classer une population d'anticorps selon sa capacité à reconnaître un seul ou plusieurs épitopes, on parle alors respectivement d'anticorps monoclonaux et polyclonaux.

Les anticorps monoclonaux sont des anticorps ne reconnaissant qu'un seul type d'épitopes sur un antigène donné. Ils sont par définition tous identiques et produits par un seul clone de plasmocyte. Ils sont très largement utilisés en biologie et en médecine, à la fois comme outils de diagnostic et dans des buts thérapeutiques.

Les anticorps polyclonaux sont un mélange d'anticorps reconnaissant différents épitopes sur un antigène donné, chaque idiotype étant sécrété par un clone de plasmocyte différent. Au cours de la réponse immunitaire, un organisme synthétise des anticorps dirigés contre plusieurs épitopes d'un antigène : la réponse est dite polyclonale. In vivo, la réponse est toujours polyclonale, sauf cas exceptionnels (vaccination par exemple).

4.2.3 Un immense répertoire immunologique

Le répertoire immunologique est constitué de l'ensemble des récepteurs B et T. La diversité du répertoire permet la reconnaissance de millions d'antigènes différents. Cette diversité est liée à l'expression du génome.

La recombinaison génétique et la synthèse des récepteurs se réalisent pendant la phase de différenciation c.-à-d. avant tout contact avec l'antigène. Les lymphocytes qui proviennent par division (mitoses) d'une même cellule « réarrangées » possèdent le même génome et forme un clone.

4.2.4 Sélection des clones immunocompétents

Lors de leur maturation, les futurs lymphocytes subissent une sélection, dans la moelle osseuse pour les cellules B et le thymus pour les cellules T.

- dans la moelle osseuse, les cellules B qui possèdent les récepteurs qui reconnaissent trop bien les molécules du soi portées par les cellules de la moelle sont éliminées.
- dans la zone corticale du thymus, une 1^{ère} sélection des lymphocytes T se réalise : les cellules T qui ont une affinité pour les molécules HLA du soi sont conservées, les autres éliminés.
- dans la zone médullaire du thymus, une 2^e sélection des LT se réalise : les cellules T possédant les récepteurs T capables de reconnaître les peptides du soi présentés par les molécules HLA sont éliminées, les autres conservées. La tolérance du soi est ainsi acquise par une élimination permanente de LB ou LT auto-réactifs. Seules subsistent les cellules immunocompétentes, capable de reconnaître le non-soi et le soi modifié. Toutes ces cellules colonisent alors les organes lymphoïdes périphériques et sont à l'origine des clones immunocompétents. Ce système de sélection peut présenter des dérèglements, ainsi dans les maladies auto-immunes, les réactions immunitaires sont dirigées contre les molécules du soi.

☀ Objectifs du chapitre

- Citer les composantes du milieu intérieur.
- Retenir la composition du milieu intérieur.

Introduction

Le milieu intérieur est un liquide qui baigne directement ou indirectement toutes nos cellules. Il s'agit du milieu sanguin et lymphatique. Les milieux tels que les voies urinaires, les voies génitales ou le tube digestif ne font pas parties du milieu intérieur.

1 - Les compartiments liquidiens

Il existe 2 grands compartiments :

- Le **liquide interstitiel** baigne directement toutes nos cellules; il représente environ 25% du volume total d'eau de l'organisme. Lorsqu'on se blesse très légèrement et très superficiellement, il suinte un **liquide transparent**; c'est le liquide interstitiel.
- La **lymphe interstitielle**, le LCR, le liquide synovial, etc sont des petits volumes particuliers de liquide faisant aussi partie du liquide interstitiel. Le **plasma sanguin** est le liquide circulant majeur de l'organisme. Le milieu intérieur est constitué de l'ensemble liquide interstitiel et plasma sanguin(LEC).

2 - Composition des compartiments de l'organisme

Une grande différence existe entre le **milieu intracellulaire** d'une part et le **milieu intérieur** (extracellulaire) d'autre part .Il existe des petites différences au sein du milieu intérieur entre le liquide interstitiel et le plasma sanguin. Le milieu intérieur est riche en Na^+ et Cl^- tandis que le milieu intracellulaire est riche en K^+ . Le Ca est surtout extracellulaire. Les ions phosphates sont surtout intracellulaires. Ces deux catégories d'ions ne peuvent pas cohabiter en concentrations élevées car il se produit alors un précipité solide de phosphate de calcium qui peut induire des lésions.

Les **ions phosphates** ont un rôle intracellulaire de premier plan (réactions de phosphorylation / déphosphorylation responsables de l'activation des protéines, transferts d'énergie dus à des déplacements d'ions phosphates entre ATP et ADP).

Les **ions bicarbonates** sont en plus forte concentration à l'extérieur qu'à l'intérieur des cellules. Ils jouent un rôle majeur dans le transport du CO_2 et dans la régulation du pH du milieu intérieur.

Les ions sulfates sont essentiellement intracellulaires. Certains compartiments intracellulaires très particuliers et très réduits ont des pH différents.

Milieu	Cellules	Plasma	Liquide interstitiel
Teneur en protéines	100mM environ	20mM environ	2mM environ

Le maintien d'une faible présence de protéines dans le liquide interstitiel est assuré par le **système lymphatique** essentiellement ; il est nécessaire pour maintenir une différence de pression osmotique entre le liquide interstitiel et le plasma (on l'appelle la pression **oncotique**) ce qui régule les échanges hydriques entre les compartiments.

3 – Les échanges aqueux et ioniques entre compartiments

3.1 Echanges entre compartiment intracellulaire et extracellulaire

Des canaux, des pompes, des transporteurs, assurent le transfert des ions et des molécules au travers de la membrane cellulaire.

3.2 Echanges entre le liquide interstitiel et le plasma sanguin

La membrane des vaisseaux sanguins est constituée de cellules endothéliales séparées par endroits d'espaces laissant passer les petites molécules et tout spécialement l'eau. Entre le liquide interstitiel et le plasma sanguin le moteur majeur des échanges est la différence de pressions osmotiques née de la très grosse différence dans les concentrations en protéines.

Pression osmotique du plasma $\approx 30mOsm/L$. Celle du liquide interstitiel est moins élevée.

Définitions

- La pression hémodynamique est une pression au sens physique qui résulte de la contraction du cœur qui propulse le sang dans tout le réseau sanguin.
- La pression oncotique est une différence de pression osmotique entre le liquide interstitiel et le plasma sanguin due à la présence de nombreuses protéines dans le compartiment sanguin.

Elle est à peu près constante quelle que soit la région de l'organisme concernée ($\approx 5mOsm/L$) et crée donc un flux d'eau du liquide interstitiel (milieu le plus dilué) vers le plasma sanguin (milieu le plus concentré). Globalement la quantité d'eau qui passe du plasma sanguin vers le liquide interstitiel sous l'effet de la pression hémodynamique est égale à la quantité d'eau qui passe du liquide interstitiel vers le plasma sanguin sous l'effet de la pression oncotique. Au niveau artériel le flux est plus élevé du plasma vers le liquide interstitiel ; au niveau veineux c'est le contraire. Lorsque les deux flux ne se compensent pas à l'échelle de l'organisme, des troubles apparaissent.

4 – Le sang

Le **sang** constitue le **milieu intérieur** qui est relativement **stable**. La masse sanguine doit rester constante : homme (5 à 6 L), femme : (4 à 5 L). Le sang a un $pH = 7,33 - 7,45$.

Le sang est constitué du plasma et des éléments figurés (globules rouges, globules blancs, plaquettes).

5 - Le plasma

Définition

Le **plasma** est la partie liquide du sang et représente 55% du sang.

Les phosphates et les bicarbonates assurent le pH constant du sang. Les protéines plasmatiques ont un rôle très important car elles exercent une pression à l'intérieur des vaisseaux (pression oncotique) et elles retiennent l'eau à l'intérieur des vaisseaux. Ce sont : albumine (54%), globulines (38%), fibrinogène (7%) et autres (1%).

6 - Les éléments figurés

6.1 Les globules rouges ou hématies ou érythrocytes

Ce sont des cellules énucléées ayant la forme d'un disque biconcave d'un diamètre de $7,5\mu m$ et d'une épaisseur de $2\mu m$, on dénombre environ 4,5 - 5 millions de $G.R/m^3$ de sang. Les hématies sont déformables, ce qui leur permet de passer dans les capillaires sanguins, leur cytoplasme contient de l'hémoglobine renfermant du fer qui leur donne la coloration rouge. Les hématies ont une durée de vie d'environ 120 jours et ont pour rôle le transport des gaz respiratoires.

Les globules rouges sont porteurs à leur surface d'antigènes qui permettent d'identifier le groupe sanguin ; dans le système A, B, O par exemple. Ces antigènes ne sont pas des substances étrangères à l'organisme.

Agglutinogènes	Agglutinines	Groupe	Fréquence
Aucun	Anti A et Anti B	O	43%
A	Anti B	A	45%
B	Anti A	B	9%
AB	Aucun	AB	3%

Le sang joue plusieurs rôles : transport des gaz, des nutriments et des déchets, défense, thermorégulation.

Définitions

- L'**anémie** est la diminution du taux d'hémoglobine dans le sang.
- L'**hématocrite** est le pourcentage que représentent des éléments figurés dans un tube à hématocrite.
- La vitesse de sédimentation est la vitesse de chute des éléments globulaires dans un tube à hématocrite.
- L'**hémolyse** est la destruction des hématies.
- **Polycythémie** : augmentation du nombre de globules rouges.

6.2 Les globules blancs ou leucocytes

Ce sont des cellules nucléées, $\phi = 7 - 15\mu m$, très mobiles grâce aux pseudopodes. Les mouvements des leucocytes portent le nom de mouvements amiboïdes. On dénombre 4000 - 10000/ mm^3 de sang.

Il existe différentes variétés de **leucocytes** que l'on classe suivant la forme plus ou moins segmentée de leurs noyaux. On distingue ainsi les **polynucléaires** et les **mononucléaires**.

- Les mononucléaires comprennent : les monocytes et les lymphocytes.
- Les polynucléaires comprennent suivant l'affinité tinctoriale de leurs cytoplasmes : les polynucléaires neutrophiles, basophiles et éosinophiles.

La **formule leucocytaire normale** est : **Lymphocytes** : 20 -25%; **Monocytes** : 3-8%; **P. neutrophiles** : 60-70% **P. éosinophiles** : 2-4%; **P. basophiles** : 0,5 -1%.

L'**hyperleucocytose** est l'augmentation du nombre de globules blancs / mm^3 de sang.

Une **leucopénie** est la baisse du nombre de globules blancs / mm^3 de sang.

6.3 Les plaquettes sanguines

Les plaquettes sanguines ou thrombocytes sont de petits disques arrondis, anucléés en circulation dans le sang. $\phi = 3,5\mu m$. 150 - 450 milles plaquettes sanguines / mm^3 de sang. Leur durée de vie ≈ 5 à 9 jours. Elles jouent un rôle dans le processus de coagulation.

L'**hyperplaquetose** est l'augmentation du nombre de plaquettes / mm^3 de sang : risque thrombotique.

La thrombopénie est une baisse du nombre de plaquette de sang : risque hémorragique. Plasma = sérum + fibrinogène. Sang = plasma + éléments figurés. Caillot = globules + fibrine.

7 - L'hémoglobine

Définition

L'hémoglobine (Hb) est une protéine dont la principale fonction est le transport du dioxygène dans l'organisme.

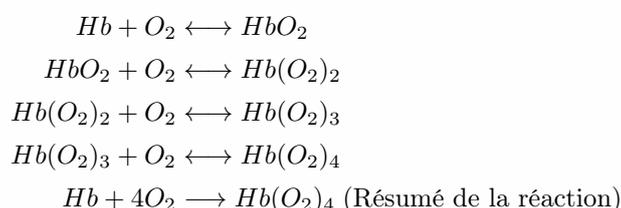
L'Hb se trouve essentiellement à l'intérieur des globules rouges du sang leur donnant couleur rouge, elle est constituée de 1 globines et de 4 molécules d'hème. Une molécule d'hème est constituée d'un ion fer complexé par une porphyrine. L'Hb permet au sang de contenir plus de dioxygène qu'il ne pourrait par simple dissolution.

L'hème contient un ion fer qui est le site de fixation de l'oxygène. Il y a de nombreuses protéines contenant un hème, mais l'hémoglobine en est la plus connue. L'élément fer peut exister sous 2 formes dans la molécule :

- sous forme ferreuse, ion Fe^{2+} (oxyhémoglobine) : seule forme active de l'hémoglobine humaine. (pas d'interactions possibles).
- sous forme ferrique, ion Fe^{3+} : on parle de méthémoglobine (interactions possibles)

Le pouvoir oxyphorique de l'Hb est la quantité de O_2 qu'elle peut fixer. Il est de 1,34 ml d' O_2 /g d'Hb.

Chez l'homme, l'Hb est un tétramère constitué de 2 chaînes α et 2 chaînes β liées par des liaisons faibles. Chaque globine de l'Hb contient un hème, de telle manière que la capacité totale de liaison de l'Hb pour le O_2 est de 4 molécules. Les étapes de réaction sont :



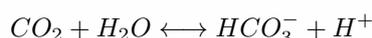
En pratique, on n'observe pas ceci : $Hb + 4O_2 \longleftrightarrow Hb(O_2)_4$. En effet, dans les conditions physiologiques, deux sous-unités sont toujours oxygénées par molécule d'Hb. On peut donc écrire : $Hb(O_2)_2 + 2O_2 \longleftrightarrow Hb(O_2)_4$.

Valeurs normales de l'hémoglobine chez l'adulte :

- Hommes : 13 - 17,87g/dL de sang ou 8,3 - 10,5mmol/L de sang.
- Femmes : 12,10 - 16,40g/dL de sang ou 7,4 - 9,9mmol/L de sang.

Attention, pour la femme enceinte et l'enfant ce taux diminue considérablement.

L'hème : L'affinité de l'Hb pour l' O_2 décroît en présence de CO_2 , à pH faible et lorsque la température augmente. Le CO_2 réagit avec l'eau pour former du bicarbonate via la réaction :



On voit que le sang possédant un haut taux de CO_2 a aussi un pH plus faible. L'Hb peut se lier aux protons et au CO_2 ce qui induit un changement de conformation dans la protéine qui facilite la libération de l' O_2 . Le proton peut se lier à différents endroits le long de la protéine, alors que le CO_2 se lie sur le groupe α -amino en formant un carbamate.

En revanche, avec le monoxyde de carbone CO, l'Hb forme un composé stable, la carboxyhémoglobine ; en outre l'affinité de l'hémoglobine pour le CO est supérieure à celle de l' O_2 , ce qui signifie que le CO concurrence efficacement l' O_2 lors de l'oxydation pulmonaire. Le CO constitue donc un antagoniste de l' O_2 , pouvant ainsi provoquer une hypoxie tissulaire.

Par ailleurs, des agents oxydants tels que les nitrates peuvent oxyder le fer ferreux (Fe^{2+}) de l'hème en fer ferrique (Fe^{3+}), le rendant ainsi incapable de fixer l' O_2 . L'hémoglobine est alors appelée méthémoglobine. Le traitement consiste en l'administration de bleu de méthylène.

Élimination de l'hémoglobine : Les hématies sont phagocytées par les macrophages de la rate et du foie par les macrophages de la moelle osseuse. Au cours de ce processus, la globine est dégradée sous forme d'acides aminés qui sont recyclés. L'hème est dégradé en biliverdine puis en bilirubine insoluble (porphyrine sans fer) de couleur jaune. Le fer est recyclé. La bilirubine insoluble est libérée dans le plasma par les macrophages, où elle se lie à la sérum-albumine qui l'achemine jusqu'aux hépatocytes.

Elle est alors rendue soluble par une réaction de conjugaison avec l'acide glucuronique puis est excrétée par le foie dans la bile. La bile se déverse dans l'intestin et la bilirubine soluble est dégradée par des bactéries en **stercobiline** de couleur brune, qui donne sa couleur aux selles. La bilirubine est également évacuée dans les urines.

Molécules analogues : La molécule d'hème de l'Hb ressemble à la chlorophylle, le Fe étant remplacé par le Mg, ce qui lui donne sa couleur verte. Chez les invertébrés, l'hémocyanine joue un rôle analogue à l'hémoglobine.

Les **maladies génétiques** de l'hémoglobine sont : les **thalassémies**, la **drépanocytose**. . .

Thalasémie : une des chaînes de la globine est peu ou pas tout synthétisée.

8 — Hématopoïèse

Définition

L'**hématopoïèse** est l'ensemble des phénomènes qui concourent à la fabrication et au remplacement continu et régulé des cellules sanguines.

Les cellules sanguines sont pour la plupart d'entre elles très différenciées, éléments terminaux et fonctionnels de lignées. Elles n'ont pas ou peu de possibilités de synthèse protéique et de division cellulaire.

L'**hématopoïèse** assure donc une production quantitativement très importante. Le siège de l'hématopoïèse varie. L'hématopoïèse foetale lors de la vie intra-utérine s'effectue au niveau du tissu conjonctif embryonnaire jusqu'au 2^e mois, est

hépatique (foie) et splénique (rate) du 2^e au 6^e mois. A partir du 4^e mois la moelle osseuse réalise aussi l'hématopoïèse, ce qui coïncide avec le développement des ébauches osseuses. Après la naissance, l'hématopoïèse normale est localisée exclusivement dans la moelle osseuse. Toutes les cellules sanguines sont produites à partir d'une même cellule indifférenciée dite cellule souche multipotente ou cellule souche primitive.

L'**hématopoïèse** comporte 4 **compartiments** : compartiment des cellules souches, compartiment des progéniteurs, compartiment des précurseurs, compartiment de cellules matures. Les cellules souches ont 2 propriétés essentielles : capacité d'auto -renouvellement et capacité de différenciation.

Seules les cellules terminales, matures et fonctionnelles vont passer dans le sang : polynucléaires neutrophiles, éosinophiles et basophiles, hématies, plaquettes, lymphocytes et monocytes. Pour la plupart de ces cellules le sang ne représente qu'un lieu de passage et de transport entre leur lieu de production (moelle) et le lieu de leurs fonctions (tissus). Les lymphocytes et les monocytes seront de plus capables de nouvelles différenciations après leur séjour sanguin.

Les **cellules souches** de la moelle constituent la base indispensable à une hématopoïèse efficace. Trois éléments jouent également un rôle important pour obtenir une hématopoïèse correcte et régulée : le microenvironnement médullaire, certaines vitamines et oligoéléments, les facteurs de croissance.

Objectifs du chapitre

- Citer les divisions du système nerveux.
- Schématiser un neurone et donner sa fonction.
- Citer les types de cellules nerveuses.
- Donner les mécanismes de genèse d'un potentiel de repos et d'un potentiel d'action.
- Décrire le fonctionnement des synapses.
- Donner les fonctions du système nerveux autonome.

Introduction

Le système nerveux est le centre d'intégration et de traitement des données. C'est le siège des émotions, de la pensée, de la conscience. Mais il a aussi la tâche du maintien de l'**homéostasie**. Il remplit trois fonctions liées : la **réception** et le **transport** de l'information sensorielle, mais aussi son **intégration** et de la réponse à ce stimulus.

1 — Organisation du système nerveux

Le système nerveux est divisé en deux grandes parties : le système nerveux central et le système nerveux périphérique.

- 1 Le système nerveux central est constitué de l'encéphale et de la moelle épinière.
 - 2 Le système nerveux périphérique est composé des nerfs crâniens et des nerfs rachidiens respectivement issus de l'encéphale et de la moelle épinière.
 - 3 Sur le plan fonctionnel, le système nerveux périphérique est divisé en deux : Le système nerveux autonome (sympathique et parasympathique) et le système nerveux somatique ou volontaire.
- Le **SNC** est le centre régulateur et intégrateur des informations sensorielles, à partir des quels il élabore des réponses motrices adaptées.
 - Le **SNP** est formé principalement des nerfs, dont la fonction principale est de permettre la transmission des informations et le retour de la réponse élaborée par le SNC.
 - Le **SNA** est composé du système sympathique et du système parasympathique, il est responsable de la régulation et de la coordination des fonctions vitales de l'organisme.

Le système **nerveux cérébro-spinal** comprend le système **nerveux central** et le système **nerveux périphérique**. Le tissu nerveux est très riche en cellules, et comporte peu d'espace extracellulaire. Il est composé de deux types de cellules, les **neurones** et les cellules de la **névroglie**.

1.1 Le système nerveux central

Le système nerveux central est formé par l'encéphale et la moelle épinière.

1.1.1 L'encéphale

D'un poids d'environ 1600g, l'encéphale constitue avec la moelle épinière, la structure la plus évoluée connue à ce jour dans l'univers. L'encéphale se forme à partir de l'ectoderme embryonnaire où il forme la plaque neurale. Celle-ci s'incurve puis s'invagine en gouttière neurale, formant deux replis neuraux qui seront à l'origine des deux hémisphères. La gouttière se referme ensuite pour former le tube neural à partir duquel l'ensemble du SNC va se former (Tableau 7).

L'encéphale comprend 3 grandes parties : le **cerveau**, le **tronc cérébral** et le **cervelet**. Dans l'encéphale la substance grise est externe et la substance blanche est interne (Figure 37).

1.1.1.1 Le cerveau

Il est constitué de deux **hémisphères** cérébraux séparés par un espace appelé espace **inter hémisphérique**.

La surface des hémisphères cérébraux est creusée de nombreuses sillons et scissures. Ces scissures divisent la surface de chaque hémisphère en plusieurs lobes. Les sillons divisent chaque lobe en circonvolutions. Les hémisphères cérébraux sont rattachés l'un à l'autre par le corps calleux. Chaque hémisphère cérébral est creusé d'une cavité appelée ventricule latéral.

Entre les couches optiques, il existe une cavité médiane : le 3^e ventricule. Les ventricules latéraux communiquent avec le 3^e ventricule par le trou de Monroe. Le 3^e ventricule communique avec le 4^e ventricule via l'aqueduc de Sylvius. La cavité du 4^e ventricule se continue par le canal de l'épendyme. Le 4^e ventricule est percé de deux orifices, le trou de Luschka et de Magendie.

Les hémisphères cérébraux sont composés : d'un **cortex** contenant de neurones, d'une **région sous corticale** formée de substance blanche, ainsi que d'un centre composé de noyaux de substance grise ou noyau gris centraux.

Le cortex cérébral représente le sommet hiérarchique du SN, c'est le siège de la pensée, de l'intégration et de la conscience. Il est constitué principalement de neurones et cellules gliales. On le décompose en trois types d'aires fonctionnelles, les aires motrices, sensitives et associatives.

- La **substance blanche** permet l'échange d'information entre les aires corticales et les centres sous corticaux du système nerveux central.
- les **noyaux gris** centraux regroupent le noyau caudé et le noyau lenticulaire. Ils participent à la cognition et à la régulation motrice. Le diencephale se compose du thalamus, de l'hypothalamus et de l'épithalamus.
- L'**hypothalamus** est principal centre de régulation des fonctions physiologiques.
- Le **thalamus** est le lieu où transite la quasi totalité des influx nerveux partant du cortex cérébral. Il joue ainsi un rôle dans la sensibilité, la motricité et la mémoire.
- L'**épithalamus** : son rôle reste encore mal défini.

1.1.1.2 Le tronc cérébral

Il se compose du mésencéphale, du pont et du bulbe rachidien (BR). Ses centres produisent les comportements automatiques « innés » requis pour la survie.

- Le **mésencéphale** contient l'aqueduc du mésencéphale unissant les 3^e et 4^e ventricules, entouré de substance grise et des noyaux. Ces noyaux forment des tubercules, dont les tubercules quadrijumeaux, commandant les réflexes visuels, auditifs. Il contient également la formation réticulée.

- Le **pont** assure la communication entre les centres cérébraux et la moelle épinière. Il contient également les centres respiratoires.
- Le **bulbe rachidien** s'unit à la moelle épinière au niveau du trou occipital. Dans le BR, les fibres se croisent (décussation pyramidale).

Le **BR** abrite les noyaux cochléaires et plusieurs noyaux vestibulaires, concourant à l'équilibre. Le bulbe constitue un important centre réflexe autonome ; il comprend le centre cardiaque, le centre vasomoteur, centre respiratoire.

1.1.1.3 Le cervelet

Le cervelet comprend une partie médiane appelé **vermis** et deux parties latérales, les **hémisphères cérébelleux**. Le cervelet est rattaché au BR et la protubérance annulaire par des cordons appelés **péduncules cérébelleux**. La disposition de la substance blanche dans le cervelet est caractéristique, elle a la forme d'un arbre, que l'on sur-nomme l'arbre de vie du cervelet. On peut comparer le cervelet à une sorte de centre de pilotage. Des lésions cérébelleuses provoquent des pertes de tonus et de coordinations musculaires. L'encéphale est protégé par des structures qui sont : la boîte osseuse, les méninges et LCR.

- ① La **boîte crânienne** contient l'encéphale et a une fonction protectrice évidente.
- ② Les **méninges** : ce sont 3 membranes de tissu conjonctif, on distingue de l'extérieur vers l'intérieur ; la dure mère, l'arachnoïde et la pie-mère.
 - La dure mère est composée d'un feuillet interne et d'un feuillet externe, elle a un rôle protecteur.
 - L'**arachnoïde** : feuillet simple, souple et séparée de la dure mère par l'espace sub-dural, et de la pie mère par l'espace sub-arachnoïdien remplie de LCR et des vaisseaux sanguins qui irriguent l'encéphale.
 - La **pie mère** : feuillet simple, collant à l'encéphale et comportant un grand nombre de minuscules vaisseaux sanguins. Elle a un rôle nourricier.
- ③ Le **LCR** a pour fonction : l'amortissement des chocs, le soutien de l'encéphale qui y flotte, il contribue également à l'apport nutritionnel. Fabriqué par les plexus choroïdes, son volume total est d'environ 150ml, il est renouvelé environ toutes les 4 h. L'encéphale est divisé en 4 lobes : un lobe frontal, un lobe pariétal, un lobe occipital et 2 lobes temporaux.
- ④ Le **lobe frontal** situé juste derrière le front au dessus des yeux joue un rôle dans la motricité, la production du langage et en moindre mesure la mémoire.
- ⑤ Le **lobe temporal** joue un rôle dans l'audition, la compréhension du langage et les souvenirs récents.
- ⑥ Le **lobe pariétal** joue un rôle dans l'attention et la perception.
- ⑦ Le **lobe occipital** joue un rôle dans la vision.

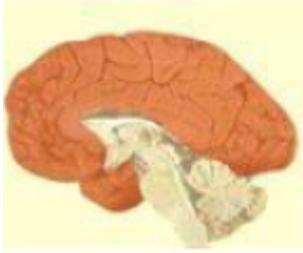
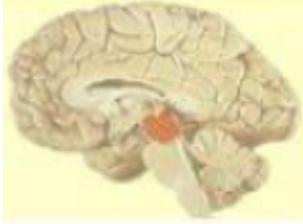
	Vésicules encéphaliques primitives	Vésicules encéphaliques secondaires	Localisation sur une coupe sagittale médiane de l'encéphale	Structure de l'encéphale chez l'adulte	Cavité de l'encéphale adulte
Partie!!!	Prosencéphale	Télocéphale		<ul style="list-style-type: none"> Hémisphère cérébraux Cortex cérébral (substance grise qui recouvre les hémisphères cérébraux) Noyaux bassaux (encore appelés noyaux gris centraux) parmi lequel le Noyau caudé Bulbes olfactifs Amygdale, Hippocampe Corps calleux Commissure antérieure Trigone = Fornix 	Ventricules initiaux (ventricules I et II) qui communiquent avec la cavité diencéphalique par les forams interventriculaires (trous monro)
		Diencéphale		<ul style="list-style-type: none"> Epithalamus Epiphyse (= glande pinéale) Hypothalamus Thalamus Hypophyse Nerf de chiasm optique, rétine Corps mammillaires 	
TUBE NEURAL	Mésencéphale	Mésencéphale		<ul style="list-style-type: none"> Tubercules quadrijumeaux = colliculus inférieur et supérieur. Il font parties du tronc cérébral Noyau rouge Pédoncule cérébral 	Aqueduc de Sylvius
	Rhombencéphale	Métencéphale		<ul style="list-style-type: none"> Pont de varole = protubérance annulaire Cervelet 	Quatrième ventricule
		Myélocéphale		<ul style="list-style-type: none"> Bulbe rachidien Olives bulbaires = noyaux olivaires 	
Partie caudale	Partie caudale du tube neural	Partie caudale du tube neural		Moelle épinière	Canal de l'épendyme

Tableau 7 : Les vésicules de l'encéphale

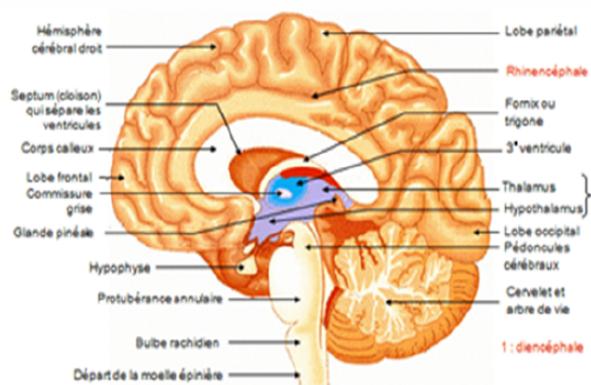


Figure 37 : : Coupe sagittale de l'encéphale humain

1.1.2 La moelle épinière

Définition

La **moelle épinière** est un long cordon de 45 cm de long et 1 cm d'épaisseur, elle est située dans le canal rachidien et pèse 25-30g. A sa partie inférieure elle se termine par un fin filament entouré par les derniers nerfs rachidiens, ensemble constitue la queue de cheval.

La moelle épinière a 2 fonctions principales : acheminer les influx afférents et efférents entre l'encéphale et le reste du corps et le traitement partiel de l'information. Elle présente deux renflements, l'un cervical d'où partent les nerfs des membres supérieurs, formant le plexus brachial, l'autre lombaire d'où partent les nerfs des membres inférieurs formant le plexus lombosacré.

La moelle épinière est protégée par les vertèbres, les méninges et le LCR. Elle est composée d'une substance « blanche » externe et d'une substance « grise » interne :

- La **substance blanche** contient les prolongements myélinisés des neurones, elle doit sa couleur blanche à la présence de fibres myélinisées.
- La **substance grise** contient les corps des neurones ainsi que de la névroglie : elle a la forme d'un H, le pont latéral (commissure grise) est creusée d'un fin canal appelée canal de l'épendyme, prolongation du 4^e ventricule. Les « barres verticales » du H se divisent en paires de cornes postérieures et antérieures (Figure 38).

Les cornes postérieures contiennent les neurones sensitifs des nerfs rachidiens et les cornes antérieures contiennent les neurones moteurs dont les axones forment les nerfs rachidiens. Les cornes latérales renferment quant à elles les motoneurones viscéraux (involontaires).

Les faisceaux spinaux descendants sont des faisceaux moteurs, conduisant l'influx nerveux depuis l'encéphale jusqu'aux cornes antérieures de la moelle où se trouvent les motoneurones coordonnant l'activité des muscles squelettiques, on distingue :

- les **faisceaux pyramidaux** ou cortico-spinaux qui conduisent les influx moteurs aux muscles squelettiques. Ce sont les principaux véhicules du contrôle volontaire.
- les **faisceaux extrapyramidaux** provenant de structures sous corticales qui influencent la motricité en intervenant dans la coordination musculaire et l'équilibre.

Les faisceaux spinaux ascendants conduisent les afflux afférents des récepteurs sensitifs aux zones concernées de l'encéphale ou du cervelet. L'arc réflexe médullaire permet de réagir à un stimulus donné de manière automatique et bien plus rapide que s'il avait nécessité intervention et analyse des centres supérieurs. L'arc réflexe se décompose en 5 séquences :

- un récepteur qui reçoit une information (souvent un nocicepteur) ;
- un neurone sensitif transmet l'influx nerveux vers la moelle épinière ;

- une ou plusieurs synapses entre le neurone sensitif et un neurone moteur efférent transmettent l'information ;
- l'information est transmise à un effecteur (souvent, un muscle squelettique) ;
- le système nerveux central est ensuite éventuellement informé.

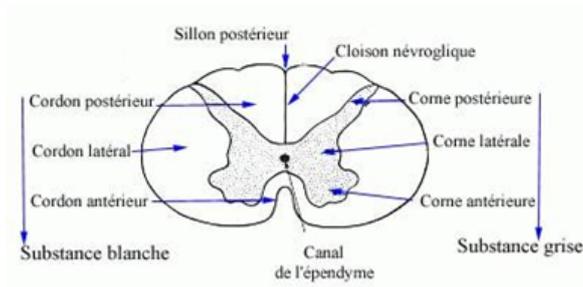


Figure 38 : Coupe transversale de la moelle épinière

1.2 Le système nerveux périphérique

Le **système nerveux périphérique** est constitué des nerfs autonomes (ortho et parasympathique) et des nerfs somatiques (rachidiens et crâniens). Ces nerfs prennent naissance au niveau de la protubérance annulaire, du prosencéphale, du bulbe rachidien et de la partie supérieure de la moelle épinière, entre les cinq premières vertèbres cervicales.

1.2.1 Le système nerveux périphérique stomatique

Il existe 12 paires de nerfs crâniens :

I	Nerf olfactif	Odorat
II	Nerf optique	Vision
III	Nerf moteur oculaire commun	Occulo motricité, releveur de la paupière, constricteur de l'iris
IV	Nerf trochleaire (nerf pathétique)	Occulo motricité
V	Nerf abducens (N. moteur oculaire externe)	Occulo motricité
VI	Nerf trijumeau	Sensibilité de la face et de la corne, gustation
VII	Nerf facial	Motricité de la face, gustation
VIII	Nerf cochléo vestibulaire	Audition, équilibration
IX	Nerf glossopharyngien	Déglutition
X	Nerf pneumogastrique ou vague	Phonation, fonction végétative cardiaque et bronchique
XI	Nerf spinal	Musculature du cou
XII	Nerf grand hypoglosse	Déglutition, motricité de la langue

Tableau 8 : Les douze paires de nerfs crâniens

Il existe **3 paires** de nerfs crâniens sensitifs (I,II,VIII), **5 paires** moteurs (III,IV,VI,XI,XII) et **4 paires** mixtes (V,VII,IX,X).

Il existe **31 paires** de nerfs rachidiens qui sortent de la moelle et innervent le corps, ce sont : **8 paires** cervicales , **12 paires** thoraciques, **5 paires** lombaires, **5 paires** sacrées, **1 paire** coccygienne.

1.2.2 Le système autonome

C'est au **système nerveux autonome ou neuro-végétatif** qu'est dévolue la tâche de régulation. Le système nerveux autonome (SNA) se distingue par la longueur de ses neurofibres, leur origine et leurs ganglions viscéraux et rachidiens. Le **SNA** se décompose en 2 parties : le système nerveux sympathique (**SNS**) et le système nerveux parasympathique (**SNPS**) qui agissent de manière antagoniste.

- Le **SNPS** : ses axones s'étendent du système nerveux central aux structures innervées.
- Le **SNS** est plus complexe que le SNPS car il dessert plus d'organes, notamment certaines glandes et muscles ainsi que les fibres lisses des parois du réseau vasculaire. Il se révèle principalement quand l'organisme lutte (en danger).

La majorité des organes sont innervés à la fois par le SNS et le SNPS. C'est le dynamisme de cet antagonisme qui permet la régulation précise de l'activité viscérale, sauf situation particulière, comme une situation d'urgence où le SNS prendra le dessus et le SNPS ramènera l'organisme à son état originel ensuite. Le SNA agit à travers la noradrénaline et l'acétylcholine. Certains organes relèvent de l'exclusivité sympathique : c'est le cas des médullosurrénales, des sudoripares, la libération de rénine. Bien qu'involontaire, le SNA n'en est pas moins soumis à régulation et c'est à divers stades du système nerveux :

- la formation réticulée du tronc cérébral qui exerce la majeure influence de régulation ;
- plusieurs noyaux hypothalamiques semblent diriger les fonctions SNS et SNPS.

1.3 Le tissu nerveux

1.3.1 Les cellules de la névroglie

Ce sont des cellules non excitables entourant les neurones et les protégeant. On distingue les cellules gliales, ayant pour fonction de soutien, de nutrition et d'isolement des neurones. Il existe 5 types de cellules gliales qui sont :

- les **cellules de Schwann** : elles forment les gaines de myéline enveloppant les axones des neurones.
- les **oligodendrocytes** : à l'instar des cellules de Schwann, elles forment des gaines myélinisées, mais le long des axones épais des axones des neurones du SNC.
- les **astrocytes** : de forme étoilées, d'où leur nom, représentent plus de la moitié du volume du SN. Ils s'attachent grâce à leurs prolongements aux neurones et capillaires sanguins, favorisant ainsi leur nutrition.
- les **cellules de la microglie** : ce sont des macrophages particuliers (rôle protecteur).
- les **cellules épendymaires** : elles tapissent les cavités de l'encéphale et de la moelle, formant une barrière entre le LCR et le liquide interstitiel.

Contrairement aux neurones, les cellules gliales gardent leurs capacités mitotiques, ceci expliquant que la majorité des tumeurs cérébrales soient des gliomes.

1.3.2 Les neurones

Ce sont les unités fonctionnelles du système nerveux. Elles ont une grande longévité, sont amitotiques (un neurone détruit ne sera jamais remplacé) et possèdent une vitesse de métabolisme exceptionnelle. Les neurones ont trois zones fonctionnelles : une zone réceptrice (dendrite), une zone conductrice (axone) et une zone sécrétrice (corpuscule ou arborisation terminale). La structure d'un neurone est la suivante (Figure 39) :

- un corps cellulaire ou pericaryon est composé d'un gros noyau et d'un cytoplasme granuleux. Il contient tous les organites habituels sauf les centrioles lié à sa structure amitotique. Son REG ou corps de Nissl et son appareil de Golgi sont très développés, traduisant une activité très intense.
- les dendrites sont des prolongements relativement courts aux nombreuses ramifications.
- l'axone est un prolongement cytoplasmique unique issu du cône d'implantation. il se termine par de nombreuses ramifications, l'arborisation terminale.

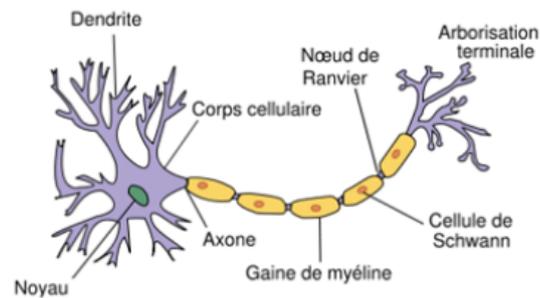


Figure 39 : Un neurone

On peut classer les neurones selon le nombre de prolongements. On distingue : le neurone unipolaire ou pseudounipolaire ou neurone en T, bipolaire (rares, on le trouve dans les organes de sens) et multipolaire. Les neurones multipolaires sont les plus courants chez l'homme, notamment dans le SNC. Les neurones pseudounipolaires se trouvent principalement dans les racines sensibles des nerfs rachidiens. On classe également le neurone selon sa fonction, on a : les neurones sensitifs ou afférents, les neurones moteurs ou efférents, les interneurons, situés entre les sensitifs et les moteurs (Figure 40).

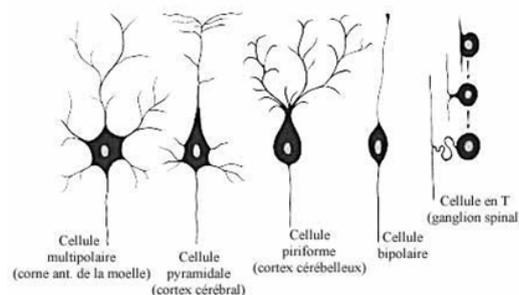


Figure 40 : Les types de neurones

1.4 Les propriétés du tissu nerveux

1.4.1 L'excitabilité nerveuse

Le nerf est **excitable** et les agents d'excitation sont de plusieurs ordres, on peut citer : mécaniques, chimiques, thermiques, électriques, lumineux etc. . . Parmi tous ces excitants, seul l'excitant électrique est de choix car il est réglable dans son intensité et en d.d.p et ne provoque pas de lésion des nerfs.

Les conditions d'une bonne excitation sont :

- l'**intensité liminaire** ou **rhéobase** ou **intensité seuil** : Il s'agit de la valeur minimale de l'intensité en dessous de laquelle aucune excitation n'est efficace. Au niveau d'une fibre nerveuse, dès que la rhéobase est atteinte l'excitation est d'emblée maximale; c'est la loi du seuil d'intensité ou loi du tout ou rien. Au niveau d'un nerf , l'amplitude de excitation augmente au fur et à mesure que l'intensité de l'excitation augmente, ceci s'explique par le fait qu'un nerf est constitué de plusieurs fibres nerveuses, ainsi à une intensité donnée de l'excitation , un certain nombre de fibre nerveuses est touché et au fur à mesure que l'intensité de l'excitation augmente , de nouvelles fibres nerveuses sont recrutées , l'excitation n'atteindra son intensité maximale que lorsque toutes les fibres seront recrutées : c'est **la loi de recrutement des fibres nerveuses**. L'instant précis de l'excitation est souvent marqué par un petit accident appelé artéfact de stimulation.
- le **temps utile**(TU) : durée minimale de passage correspondant à une intensité efficace de courant excitant (Figure 41).

On appelle **chronaxie** le temps utile correspondant à une intensité double de la rhéobase (R_h).

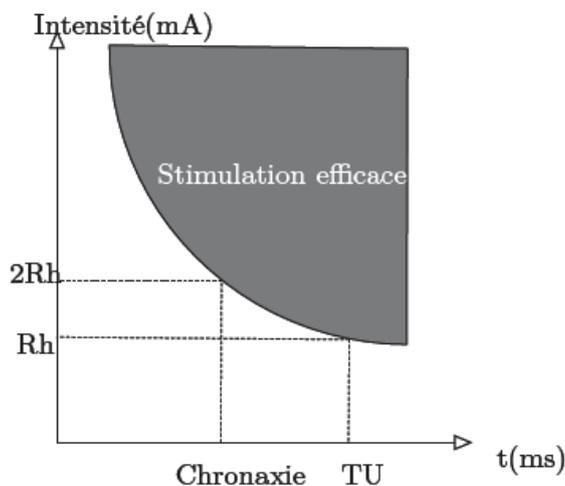


Figure 41 : Paramètre de l'excitabilité d'un neurone

1.4.2 Conductibilité nerveuse

Les neurones conduisent vite le message nerveux quand ils sont :

- myelinisés ;
- de gros diamètre ;
- placés dans un milieu plus chaud.

2 - Fonctionnement du système nerveux

2.1 Activité électrique

2.1.1 Le potentiel de repos membranaire

La membrane de la cellule nerveuse au repos est polarisée ; l'intérieur est électronégatif de 70mV par rapport à l'extérieur : c'est le potentiel de repos. Ce potentiel est créé par les différences de concentrations ioniques. Cette différence est entretenue grâce à des canaux ioniques, passifs ou actifs.

2.1.2 Le potentiel d'action

Les potentiels d'action qui sont les signaux propagés le long des fibres nerveuses, correspondent chacun à une inversion brutale mais transitoire (1 ms environ) de cette polarisation membranaire. Il s'agit d'une inversion du potentiel membranaire d'environ 100mV (le potentiel passe de -70 à +30mV) (Figure 42).

Le potentiel d'action est la conséquence d'une brutale modification d'une perméabilité membranaire qui permet : une entrée soudaine d'ion Na^+ à l'origine de l'inversion de la polarisation membranaire initiale, puis une sortie d'ions K^+ entraînant la repolarisation.

La propagation de potentiel d'action ne se fera qu'à partir de l'obtention d'une valeur minimale ou seuil d'excitation : c'est la loi du tout ou rien. Un stimulus en deçà provoque une dépolarisation infraliminaire et le potentiel d'action ne se propage pas, elle reste locale.

Les cellules pourvues de membrane excitable peuvent engendrer un potentiel d'action (neurones et cellules musculaires). On distinguera 2 types de stimuli efficaces : soit un seul et unique stimulus causant un dépassement de ce seuil, soit plusieurs stimuli arrivant de manière suffisamment rapide pour empêcher la répolarisation membranaire, et dont les effets s'additionnent alors.

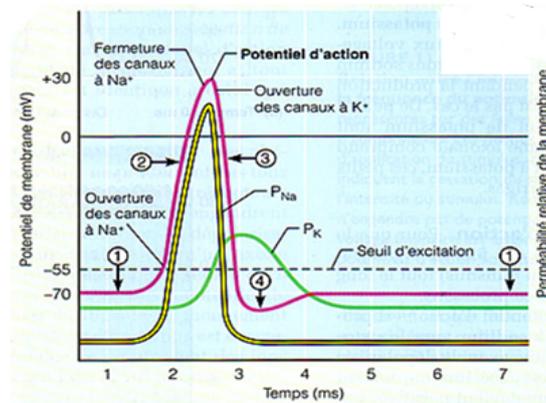


Figure 42 : Décours du potentiel d'action neuronal et phénomènes ioniques

2.1.3 Entretien et propagation du potentiel d'action

Dans l'organisme, les signaux nerveux ne prennent naissance qu'au niveau de certaines structures neuroniques précises. Le cas le plus simple correspond à celui des récepteurs sensoriels. Les **récepteurs sensoriels** sont des capteurs pouvant détecter des stimuli provenant soit de l'extérieur, soit de l'intérieur de l'organisme. Chaque récepteur est un organe spécialisé qui réagit à un stimulus précis (mécanique, chimique, électrique, lumineux, thermique . . .).

Le **stimulus** déclenche dans tous les cas une modification du potentiel du neurone sensitif : cette dépolarisation ou potentiel de récepteur est un événement localisé dont l'amplitude dépend de l'intensité du stimulus. Ce message nerveux est donc codé en modulation d'amplitude pour le potentiel de récepteur. Si ce potentiel de récepteur dépasse le seuil de dépolarisation, le neurone sensitif est excité, c.-à- d. qu'il engendre des potentiels d'action qui se propagent.

Sur une **fibre nerveuse** donnée, le PA est un signal d'amplitude constante. L'excitation du récepteur se traduit par des émissions de « **bouffées** » de potentiel d'action donc la fréquence est d'autant plus élevée que le potentiel de récepteur, donc le stimulus était important. L'information est donc codée en modulation de fréquence pour le potentiel d'action.

Le **message** correspond à une série plus ou moins longue de « tops » plus ou moins rapprochés. Le potentiel a lieu dans une partie restreinte de l'axone. Or, pour être d'une quelconque efficacité, ce PA doit être propagé le long de l'axone. Le PA se propage de lui-même : en effet, la dépolarisation locale provoque une ouverture des canaux Na voltage-dépendant proche, reproduisant le cycle précédant. On dit qu'il se régénère de proche en proche. Cet état se produit dans les fibres amyélinisées.

Dans les **fibres myélinisées** , on observe plutôt la conduction saltatoire. Ces fibres myélinisées sont entourées d'une gaine de myéline, empêchant les échanges ioniques dans les parties gainées. La **dépolarisation** n'aura lieu que dans les parties non myélinisées, les noeuds de Ranvier. Cette conduction est beaucoup plus rapide (10 à 75 m/s).

La **vitesse de propagation du potentiel d'action** dépend : du calibre des fibres nerveuses (les plus grosses sont les plus rapides) et surtout de la présence ou non de la myéline (les fibres myélinisées conduisent les messages plus rapidement que les fibres dépourvues de myélines. Pendant un bref instant, une zone membranaire qui vient de générer un potentiel d'action reste inexcitable. L'existence de cette période réfractaire explique que le potentiel d'action parcourant une fibre nerveuse ne puisse pas rebrousser chemin, les canaux voltages dépendants se refermant quelques millisecondes après l'excitation (la zone membranaire immédiatement en arrière de la zone excitée étant provisoirement inexcitable).

Les **caractéristiques d'un PA** sont : Il n'apparaît que si la stimulation initiale est liminaire c'est-à- dire atteint une valeur

seuil (-50 à -55 mV). La stimulation doit être d'une durée minimale (chronaxie) et d'une intensité seuil (rhéobase). Lorsqu'il est généré, son amplitude est d'emblée maximale; il existe ou n'existe pas on dit qu'il obéit la loi du tout ou rien. Il se propage de manière non décrementielle c'est-à-dire sans perdre d'amplitude. Il dure 2 à 3 ms.

2.2 Les synapses et neurotransmetteurs

La synapse permet la transmission de l'information d'un neurone à un autre, ou à une cellule effectrice. Le neurone présynaptique envoie des influx nerveux vers la synapse, qui transmet alors l'information au neurone post-synaptique, ou à la cellule effectrice.

On distinguera deux types de synapses : les synapses chimiques et les synapses électriques.

- Les **synapses électriques** représentent des jonctions ouvertes entre les membranes de deux neurones adjacents, contenant des canaux faisant communiquer les cytoplasmes des cellules; les ions peuvent alors passer directement d'une cellule à l'autre, modifier le potentiel et déclencher ainsi un potentiel d'action. La particularité de ces synapses est qu'elles permettent une synchronisation neuronale, car sont très rapides. Elles sont particulièrement abondantes dans les muscles lisses du système digestif et dans le muscle cardiaque où leur propriété permet des excitations rythmiques.
- La **synapse chimique** ne transmet pas directement l'information électrique.

Elle est **unidirectionnelle** et libère un **neurotransmetteur** permettant d'ouvrir ou de fermer des canaux ioniques qui à leur tour modifieront les potentiels électriques.

Chaque influx nerveux arrivant à la synapse cause une libération de neurotransmetteurs dans la fente synaptique. C'est la fréquence des influx nerveux qui va permettre une libération massive de neurotransmetteurs et modifier la qualité de la réception, permettant ainsi d'atteindre le seuil d'excitation. Le délai d'action synaptique est le temps nécessaire pour la conversion du signal électrique du neurone présynaptique en signal électrique du neurone postsynaptique grâce à un moyen chimique. Il constitue l'étape la plus lente de la transmission synaptique, de 0,51ms.

Tant que le **neurotransmetteur** est lié à son récepteur, ses effets continuent à se faire sentir. Un processus de nettoyage est alors nécessaire.

Trois processus sont discutés : dégradation enzymatique (membrane post synaptique ou fente synaptique), recaptation par l'élément présynaptique (stocké ou détruit).

Exemple

Noradrénaline, diffusion hors de la synapse.

On distingue deux types de synapses modifiant de façon différente le potentiel de la membrane post synaptique, ce sont les potentiels excitateurs et inhibiteurs.

- Les **synapses excitatrices** produisent une dépolarisation de la membrane post-synaptique, appelés potentiels post synaptiques excitateurs (PPSE). Ces PPSE peuvent alors se propager jusqu'à la zone gâchette de l'axone, et déclencher un potentiel d'action.
- Les synapses inhibitrices produisent une hyperpolarisation de la membrane en augmentant sa perméabilité aux ions K^+ et/ou Cl^+ . Cette dépolarisation écarte le potentiel du seuil d'excitation, rendant la création d'un potentiel d'action de plus en plus difficile.

Ainsi, sur un même neurone, plusieurs milliers de connexions synaptiques peuvent être soit inhibitrices, soit excitatrices. C'est la somme de leurs inhibitions/excitations qui détermineront la possibilité du neurone à produire un potentiel d'action. C'est la sommation. On distinguera deux types de sommations :

- la **sommation temporelle** : plusieurs PA très rapprochée arrivent par la même fibre présynaptique.
- la **sommation spatiale** : plusieurs fibres présynaptiques conduisent un potentiel d'action et ces potentiels d'action atteignent simultanément l'élément post synaptiques au même moment, additionnant leurs effets.

Les neurotransmetteurs sont très nombreux, les plus connus sont l'acétylcholine, la noradrénaline, la sérotonine, la dopamine. Certains sont spécifiquement excitateurs ou inhibiteurs.

2.3 L'activité reflexe

Définition

Un **réflexe** est une réponse automatique, involontaire, consécutive à une excitation portée sur les terminaisons nerveuses sensibles périphériques.

Les caractères d'un réflexe sont :

- involontaires ;
- tout acte reflexe est une réaction stéréotypée ;
- adaptés à un but ;
- des réactions complexes organisées à partir des réactions élémentaires coordonnées.

Remarques

- Un **animal décérébré** est un animal dont on a détruite l'encéphale.
- Un **animal spinal** est celui qui ne possède que la moelle épinière comme centre nerveux.
- Un **animal démedullé** est celui dont la moelle épinière a été détruite.

Le **reflexe conditionnel** a été étudié par le savant russe Pavlov, c'est un réflexe répondant car l'animal répond à un certain nombre de condition auxquelles il à été préparé à l'avance.

Le **reflexe opérant** a été mis en évidence par Skinner d'où son nom de reflexe skinnerien, dans ce reflexe c'est l'animal qui opère sans toutefois le savoir.

Les **reflexes conditionnels** peuvent être déclenchés par :

- par un agent du milieu extérieur : on parle de reflexe extéroceptif ;
- par un agent du milieu intérieur : on parle de reflexe intéroceptif ;
- par une variation de l'état du réacteur (muscle ou glande) agissant sur les terminaisons nerveuses propre à ce réacteur : on parle de reflexe proprioceptif (Figure 43).

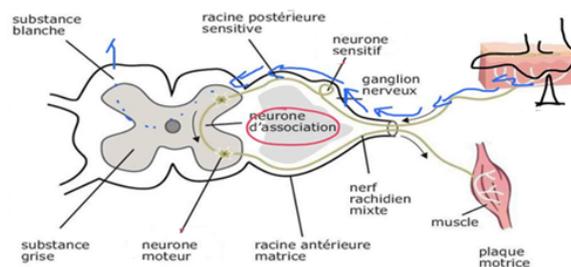


Figure 43 : Un arc réflexe médullaire poly synaptique

☀ Objectifs du chapitre

- Citer et donner les fonctions des tuniques de l'œil.
- Citer et donner les fonctions des cellules photosensibles.
- Décrire les papilles gustatives avec leur spécificité.
- Décrire les trois parties de l'oreille et donner leurs fonctions.
- Schématiser et annoter le tegument et donner ses fonctions.

Introduction

Les organes de sens nous mettent en relation avec notre environnement. Ces organes contiennent des récepteurs sensoriels qui captent les variations de l'environnement, transforment en message nerveux et envoient au cerveau.

1 - L'œil

1.1 Anatomie

Le globe oculaire est un organe sphérique ayant : $\phi = 2,5\text{cm}$, $P = 7$ à 8g et $V = 6,5\text{cm}^3$. Il est constitué d'une coque extérieure formée par 3 membranes concentriques. A l'intérieur de cette coque se trouvent les milieux transparents.

Le globe oculaire se divise en deux parties : le **segment antérieur** et le **segment postérieur**.

1.1.1 Les membranes du globe oculaires

Ce sont les enveloppes du globe oculaire, de la périphérie vers le centre du globe on distingue :

- ① la **membrane fibreuse** : c'est la membrane protectrice de l'œil constituée de 2 parties :
 - (a) la **sclérotique** est la partie postérieure formant les 5/6 postérieur du globe, c'est une enveloppe de protection qui donne à l'œil sa couleur blanche et sa rigidité.
 - (b) la **cornée** est la partie antérieure formant 1/6 du globe. Elle est avascularisée et est nourrie par l'humeur aqueuse. La cornée est la principale lentille de l'œil et assure environ 80% de la réfraction. La cornée est constituée de 3 couches : l'épithélium cornéen, stroma cornéen, l'endothélium cornéen.

- 2 La **membrane vasculaire ou uvée** : c'est la membrane nourricière de l'oeil, elle comprend 3 parties très riches en vaisseaux et en pigments :
- la **choroïde** : couche vasculaire de couleur noire tapissant le 3/5^e postérieur du globe oculaire, c'est un organe nourricier. Elle vascularise l'épithélium pigmentaire et les photorécepteurs de la rétine. La choroïde est en continuité avec le corps ciliaire de l'iris qui se situe en avant de l'oeil, elle absorbe les rayons lumineux inutiles pour la vision.
 - le **corps ciliaire** secrète les liquides contenus dans le globe et comporte 2 éléments : le muscle ciliaire qui est le muscle de l'accommodation et les procès ciliaires qui sécrètent l'humeur aqueuse.
 - l'iris** est un diaphragme vertical percé d'un orifice central : la pupille. L'iris est pigmenté et contient de nombreuses fibres musculaires innervées par le système végétatif, la contraction de ses fibres, déclenchée par le parasympathique, provoque le rétrécissement de la pupille ou myosis. Leur relâchement provoqué par le sympathique entraîne la dilatation pupillaire ou mydriase. Il contrôle le degré d'illumination de la rétine. L'angle irido-cornéen est l'angle formé par l'iris et la cornée. C'est là qu'est drainée l'humeur aqueuse produite dans la chambre postérieure par les corps ciliaires.
- 3 La membrane nerveuse ou rétine : c'est la plus interne des 3 membranes .Elle est sensible aux impulsions lumineuses, elle est formée par 9 couches de cellules.
- L'épithélium pigmentaire ou rétine pigmentaire** a 3 rôles essentiels :
 - agit comme un écran (absorption des rayons UV) ;
 - nutrition des cellules visuelles ;
 - renouvellement des disques des cellules visuelles.
 - La **rétine neurosensorielle** : elle est composée de trois types de cellules :
 - Les **cellules visuelles** appelées **cellules photo réceptrices** sont de 2 types :
 - les **cellules à bâtonnets** qui sont des cellules très allongées contenant un pigment appelé le pourpre rétinien ou rhodopsine. Elles sont adaptées à la vision crépusculaire.
 - les cellules à cônes : leurs structure est comparable à celles des cellules à bâtonnets mais l'article externe est plus court et le pigment visuel est différent ; l'iodopsine. Les cellules à cônes sont adaptées à la vision des couleurs et à la vision discriminative.

Au niveau de la macula ou tache jaune ou fovéa (zone ne possédant que des cônes) les impressions visuelles ont leur maximum de précision et de netteté.
 - Les **cellules bipolaires** lient les cellules visuelles et ganglionnaires.
 - Les **cellules ganglionnaires** donnent naissance aux fibres du nerf optique. En dessous et en dedans de la macula se trouve la papille ou point aveugle qui correspond à l'arrivée du nerf optique, cette zone n'est pas impressionnée par la lumière car ne possède pas de cellules sensibles.

1.1. 2 Les milieux transparents

Les milieux transparents sont :

- **L'humeur aqueuse** : c'est un liquide incolore, sécrété par les procès ciliaires et qui remplit l'espace compris entre la cornée et le cristallin : la chambre antérieure de l'oeil (Figure 44).
- Le **cristallin** : lentille transparente biconvexe, située en arrière de l'iris et maintenu en place par des ligaments dont l'ensemble forme le zonule de Zinn. Il est avasculaire et est constitué de plusieurs couches : le noyau, le cortex, la capsule. Le cristallin est élastique, sous l'action du muscle ciliaire, il voit se modifier ses courbures. Cette élasticité diminue avec l'âge. Le cristallin a une vergence de 21 dioptries.
- Le **corps vitré** est un gel visqueux transparent quasiment acellulaire qui remplit le globe oculaire en arrière du cristallin. Il existe des adhérences entre le corps vitré et la rétine.

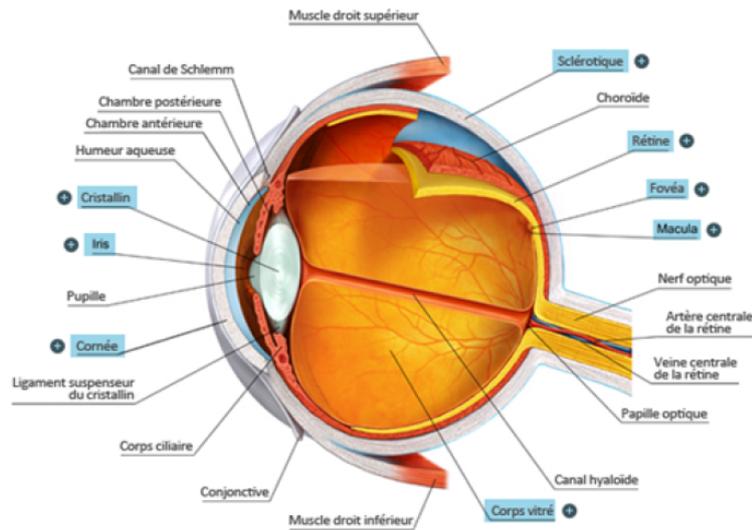


Figure 44 : Coupe longitudinale du globe oculaire

1.1.3 Les annexes du globe oculaire

Elles assurent la protection et la mobilité du globe.

1 Les muscles du globe oculaire

Ils sont au nombre de sept (7) et s'insèrent tous dans le fond de la cavité orbitaire par un tendon commun, sauf le petit oblique qui s'insère sur la partie antérieure de la paroi orbitaire et se dirige transversalement vers le globe sur lequel il se fixe. Six (6) de ces muscles assurent la fixation et le mouvement du globe oculaire, le 7^e muscle commande la paupière supérieure.

Ces muscles sont : le droit supérieur, le droit inférieur, le droit externe, le droit interne, le grand oblique, le petit oblique et le releveur de la paupière.

L'**innervation** des muscles est la suivante :

- le **nerf moteur oculomoteur** externe innerve le muscle droit externe ;
- le **nerf pathétique** innerve le grand oblique
- le **nerf oculomoteur commun (III)** innerve les autres muscles.

2 Les paupières

Elles sont au nombre de deux et se compose d'un squelette fibreux et de muscles qui assurent leurs mobilité.

3 La conjonctive

C'est une membrane muqueuse transparente qui recouvre la cornée (conjonctive oculaire), elle tapisse l'intérieur des paupières (conjonctive palpébrale), entre paupière et cornée, elle forme le cul de sac conjonctival. Elle a un rôle de protecteur.

4 L'appareil lacrymal

Il comprend : la glande lacrymale et les voies lacrymales. La glande est située sous la paupière supérieure. Elle sécrète les larmes et les déverse à la surface de la conjonctive. Les larmes ont un rôle protecteur. Les voies lacrymales commencent dans l'angle interne de l'oeil par les points lacrymaux et forment finalement un canal lacrymal nasal qui aboutit dans chaque fosse nasale (Figure 45).

5 Les sourcils et les cils

Ils ont un rôle de protection.

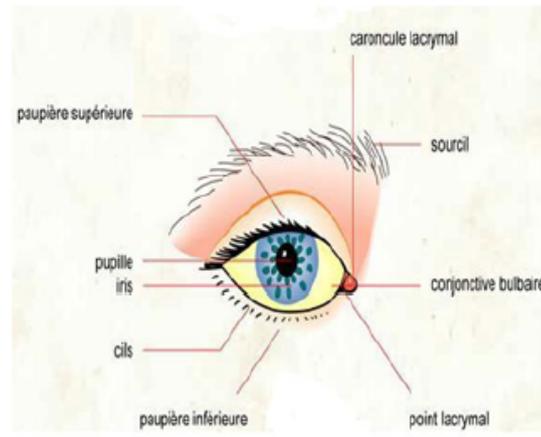


Figure 45 : L'appareil lacrymal

1.1.4 Vascularisation de l'œil

- Les artères : l'artère ophtalmique qui est une branche de la carotide interne.
- Les veines : la veine ophtalmique supérieure et la veine ophtalmique inférieure.

1.2 Physiologie

1.2.1 Phénomènes physiques de la vision

L'ensemble des milieux transparents de l'œil est équivalent à un système de lentille dont l'indice de réfraction serait de 1,40 et donc le foyer serait situé au niveau de la tache jaune ou fovéa de la rétine.

Un objet placé à l'infini engendre une image petite, réelle et renversée sur la rétine au niveau de la macula car le diaphragme est une lentille biconvexe et son foyer est sur la tache jaune.

- En cas de défaut de convergence des milieux transparents ou de défaut de longueur du globe oculaire, l'image des objets tend à se former derrière la rétine : c'est l'hypermétropie. Pour voir nettement, l'hypermétrope doit éloigner l'objet de son œil afin de ramener l'image sur sa rétine. On peut aussi corriger ce défaut en utilisant des verres (lentilles) convergents.
- En cas d'excès de convergence ou d'excès de longueur du globe oculaire, l'image se forme devant la rétine : c'est la myopie. Pour voir nettement le myope doit rapprocher les objets de ses yeux afin de ramener leur image sur la rétine ou utiliser les verres divergents.

Enfin, parfois par suite d'une irrégularité de courbure du globe ou une hétérogénéité des milieux transparents, l'image d'un point devient un segment de droite : les objets sont alors déformés dans un sens et non déformés dans l'autre : c'est l'astigmatisme.

1.2.2 Phénomènes physiologiques de la vision

Les rayons lumineux traversent les différents milieux transparents de l'œil. Sur la rétine, les cellules photoréceptrices transforment les influx lumineux en influx nerveux qui sont analysés par le lobe occipital du cerveau après leur passage par les voies optiques.

L'œil donne de tous les objets situés à l'infini une image exactement située sur la rétine ; c'est-à-dire une vision nette. Ce phénomène s'effectue spontanément sans effort.

L'**accommodation** est la modification de la vergence du cristallin pour permettre l'oeil de voir nettement les objets. L'oeil peut voir nettement des objets situés entre deux positions extrêmes :

- le **punctum remotum (PR)** : c'est le point le plus éloigné que puisse voir l'oeil sans mettre en jeu son accommodation.
- le **punctum proximum (PP)** : point le plus proche de l'oeil en de ça duquel aucune accommodation n'est possible.

Pour les distances inférieures au PP, le pouvoir d'accommodation du cristallin est dépassée, l'image se projette en arrière de la rétine et est floue. Le pouvoir d'accommodation diminue avec l'âge du fait de la disparition d'élasticité du cristallin, le PP s'éloigne : c'est la **presbytie**.

La longueur d'onde du **spectre visible** varie de 400 à 800 nm.

Les 3 couleurs fondamentales sont : le **rouge**, le **bleu** et le **vert**. La perception lumineuse des images comporte plusieurs temps : naissance de l'influx, cheminement de l'influx et interprétation cérébrale des l'influx .

Le daltonisme est une maladie héréditaire dans laquelle le sujet confond le vert au rouge.

L'aire de la vision se trouve dans le lobe occipital.

2 - Le goût et la langue

Le sens du goût nous renseigne sur la nature et la propriété des aliments. L'organe du goût est la langue.

2.1 Anatomie

2.1.1 La muqueuse linguale

La langue est constituée par un squelette fibreux et par de très nombreux muscles qui assurent leur mobilité. La muqueuse linguale est mince à la face ventrale de la langue, mais épaisse sur la face dorsale. Elle est hérissée sur le dos et les bords de la langue de petites saillies ou papilles dont on distingue 4 types :

- les papilles **caliciformes** (9-11) : elles dessinent sur la partie postérieure de la langue un V ouvert vers l'avant : c'est le v lingual ;
- les **papilles fongiformes** ;
- les **papilles filiformes** ce sont les plus nombreuses ;
- les **papilles foliées**.

Seules les papilles caliciformes, fongiformes et foliées ont un rôle de perception gustative

Les bourgeons de goût, organes de perception gustative sont groupés au niveau des papilles. Chaque bourgeon gustatif est constitué des cellules sensorielles et des cellules de soutien.

2.1.2 Les voies gustatives

Les bourgeons du goût donnent naissance aux fibres nerveuses pour deux nerfs. Le nerf facial pour le 2/3 antérieur de la langue et le nerf glossopharyngien pour la partie postérieure. Ces fibres sensorielles gustatives gagnent le thalamus puis le cortex cérébral gustatif situé dans le lobe temporal.

2.2 Physiologie

Les saveurs physiologiques sont des sensations gustatives. Quant on parle habituellement du « goût » d'un aliment, on réunit dans cette expression plusieurs sensations : sensation gustative proprement dite, sensations tactiles, l'olfaction gustative, sensations thermiques. Toutes ces sensations s'additionnent pour aboutir au complexe final qu'est le goût.

En ce qui concerne les sensations gustatives proprement dites, elles permettent de discerner 5 qualités différentes : le **salé**, le **sucré**, l'**amer**, l'**acide** et l'**unami**.

L'expérience a montré que chacune des quatre saveurs fondamentales a au niveau de la langue une disposition topographique qui lui est propre (Figure 46) :

- les papilles caliciformes du V lingual sont sensibles à l'amer ;
- les bords de la langue sont sensibles au salé, au sucré et l'acide ;
- la pointe est sensible au goût sucré ;
- le centre au goût unami.

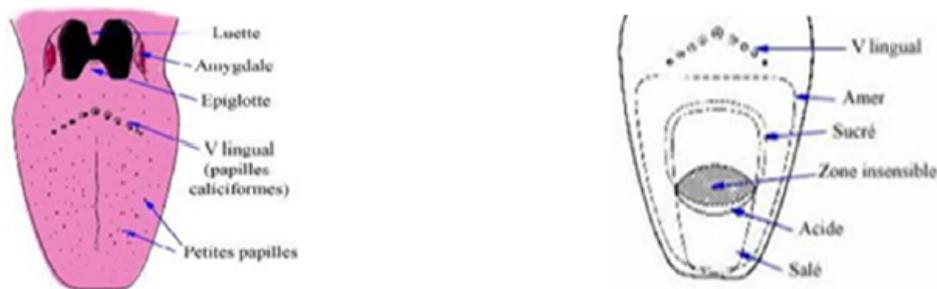


Figure 46 : Dispositif des papilles gustatives

3 – L'ouïe et l'oreille

L'**oreille** est un organe pair et symétrique qui occupe des cavités creusées dans le rocher. L'oreille assure deux fonctions différentes : l'**audition** et l'**équilibration**.

3.1 Anatomie

3.1.1 L'oreille externe

L'oreille externe comprend deux parties : le pavillon et le conduit auditif externe (Figure 47).

- Le **pavillon** est situé à la partie latérale du crâne et est formé par un cartilage enroulé sur lui-même en cornet et recouvert de la peau sur les deux faces. Le pavillon est composé de : l'hélix, du lobule de l'oreille, de l'anthélix, la conque bordée par deux saillies, le tragus en avant et l'antitragus en arrière.
- Le **conduit auditif externe** : c'est un canal long de 3 cm environ s'ouvrant au niveau de la conque en dehors et dont le fond est fermé par la membrane tympan. Ses parois sont cartilagineuses en dehors, osseuses en dedans. Elles sont tapissées par une peau contenant de nombreux follicules pileux, les glandes sudoripares et les glandes sébacées qui secrètent le cérumen.

3.1. 2 L'oreille moyenne

L'oreille moyenne est située dans l'épaisseur du rocher et comprend 3 parties : la **caisse du tympan**, **trompe d'Eustache** et l'**antre mastoïdien** avec les **cellules mastoïdiennes**.

- La **caisse du tympan** : cavité creusée dans l'os temporal, elle contient 3 petits os, les osselets de l'oreille moyenne. Ces 3 osselets sont : le marteau, l'enclume et l'étrier, ils forment une chaîne continue entre le tympan qui les sépare de l'oreille externe et la fenêtre ovale qui les sépare de l'oreille interne.
- les **cavités mastoïdes** : cavités aériennes creusées dans l'épaisseur de la portion mastoïdienne du temporal. La plus volumineuse des cellules mastoïdiennes portent le nom d'antre mastoïdien.
- la **trompe d'Eustache** : c'est un canal long de 4 cm allant de la caisse du tympan au pharynx et faisant communiquer ces deux organes.

3.1. 3 L'oreille interne

Il comprend le labyrinthe membraneux et le labyrinthe osseux. Le labyrinthe osseux est rempli de périlymphe (liquide semblable au LCR) qui comprend le vestibule la cochlée (ou limaçon) et les canaux semi circulaires. Le labyrinthe membraneux flotte dans la périlymphe et contient l'endolymphe (semblable au LIC) c'est un réseau de vésicules et de conduits logés dans le labyrinthe osseux. L'oreille interne contient les récepteurs de l'audition et de l'équilibration logés dans trois zones.

- Le **sacculé et l'utricule** qui abritent les récepteurs de l'équilibre logé dans le vestibule.
- Les **conduits semi circulaires membraneux** logé dans les CSC abritant également des récepteurs de l'équilibre.
- Le **conduit cochléaire** logé dans la cochlée qui abrite l'organe de corti (récepteur de l'audition).

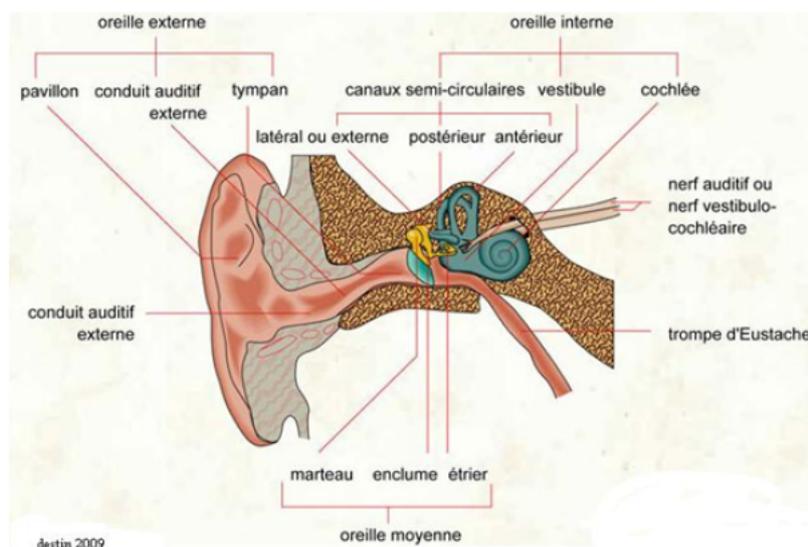


Figure 47 : Structure de l'oreille

3.2 Physiologie

Le **but de l'audition** est de transformer une onde sonore en un signal biologique, l'oreille transmet l'onde aérienne, l'amplifie, la transforme en onde liquidienne puis en impulsion électrique.

L'**oreille externe** capte et transmet les sons l'oreille moyenne qui assure sa transmission et son amplification. L'étrier vibre se qui entraîne un déplacement des liquides du labyrinthe osseux. Ce mouvement de liquide va déplacer les cellules ciliées de l'organe de corti ce qui va entraîner la naissance d'un influx nerveuse. Le nerf cochléo-vestibulaire achemine cet influx jusque dans le centre de l'audition situé dans le lobe temporal où il sera interpréter. Un système d'amortissement des ondes est assuré par la fenêtre ronde.

Le **but de l'équilibration** est de transformer les accélérations de la tête et l'effet de gravité en signaux biologiques.

4 - L'odorat et le nez

Le sens de l'odorat nous renseigne sur les odeurs, il a son siège au niveau des fosses nasales dont la muqueuse est le point de départ des sensations olfactives.

4.1 Etudes anatomiques

4.1.1 La muqueuse pituitaire

C'est une muqueuse spéciale qui tapisse les fosses nasales. Elle est composée de la muqueuse olfactive et de la muqueuse respiratoire. La muqueuse olfactive située à la partie haute des fosses nasales comprend une zone pigmentaire et une zone sensorielle proprement dite située au centre de la zone précédente et contenant les cellules olfactives.

4.1.2 Les voies olfactives

Elles comprennent, le **bulbe olfactif** et les **bandelettes olfactives**; formées par la réunion de fibres issues du bulbe olfactif qui gagnent le cortex.

4.1.3 Les centres olfactifs

Ils sont situés aux extrémités du lobe **limbique** dans le lobe **frontal**.

4.2 Physiologie

Seul les corps volatils ont une odeur. Pour être perçues, les odeurs doivent parvenir jusqu'à la fossette olfactive. Le courant aérien inspiratoire normal ne passe pas directement par la fossette olfactive, mais les molécules odorantes y parviennent par diffusion.

Le courant expiratoire peut amener les odeurs dans la fossette olfactive, en particulier au cours de la mastication et de la déglutition des aliments : c'est l'olfaction expiratoire ou l'olfaction gustative. Il existe un seuil de concentration minimale de substances odorantes au dessous duquel il n'y a pas de perception.

Les cellules olfactives sont des neurones bipolaires avec des cils olfactifs. L'épithélium de la région olfactive est recouvert d'une couche de mucus où sont dissoutes les odeurs. Les excitations empruntent le nerf I en direction du lobe frontal où elles sont interprétées.

Les principales perturbations de l'olfaction sont : l'**anosmie** ou perte de l'**odorat** et la **parosmie** ou perception sans cause d'odeurs habituellement mauvaises.

5 - Le toucher et la peau

La **peau** recouvre toute l'étendue de la surface du corps et constitue son enveloppe de revêtement. Des points de vue histologique et anatomique, la peau comprend 02 parties principales (Figure 48).

5.1 L'épiderme

C'est la couche superficielle de la peau. Elle est avasculaire et est composée de 5 couches cellulaires de l'extérieur vers l'intérieur on a :

- la **couche claire** ;
- la **couche cornée** ;
- **granuleuse** ;
- la **couche épineuse ou de Malpighi** ;
- la **couche basale ou germinative**.

5.2 Le derme

C'est un tissu conjonctif, compressif, extensible qui contient de nombreux vaisseaux et des terminaisons nerveuses qui assure la sensibilité tactile, douloureuse, thermique. C'est le tissu nourricier de la peau.

L'**hypoderme** n'est classiquement pas assimilé à une couche de peau. C'est un tissu sous cutané graisseux. Le système tégumentaire est l'ensemble constitué par : la peau, les poils, les cheveux, les ongles, les glandes sudoripares et sébacées.

5.3 Les annexes de la peau

- **Glandes sudoripares ou sudorales** : ce sont des structures épidermiques qui élaborent la sueur. La sueur est un liquide aqueux, clair contenant 99% d'eau, des sels minéraux et des déchets. Rôle de la sueur : baisser la température, hydratation de l'épiderme, défense.
- **Glandes sébacées** : glande exocrine en grappe située dans la couche superficielle du derme, annexé au poil et situé dans la base de celui-ci. Les glandes sébacées secrètent le sébum qui est chargée de lubrifier le poil et éviter le dessèchement de la peau. Le sébum contient des substances toxiques pour les bactéries.
- Les **poils** : d'origine épidermique, existent partout sauf à la paume de main et des pieds.
- Les **ongles** : ils protègent l'extrémité des doigts, des orteils et sont très kératinisés.

Les fonctions de la peau sont :

- perception (sensorielle) ;
- thermorégulatrice ;
- fonction métabolique (production vit D3) ;
- fonctions esthétiques ;
- protection ;
- Immunitaire (cellules dendritiques et de Langerhans) ;
- fonctions mécaniques ;
- réservoir sanguin et lymphatique.

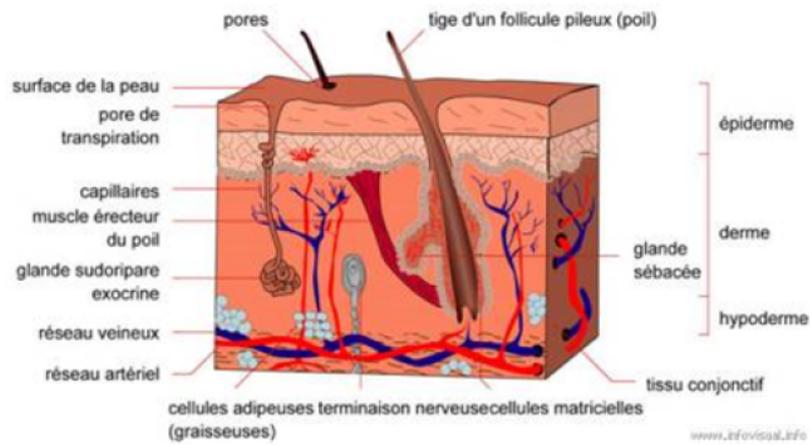


Figure 48 : Structure de la peau

Introduction

Définition

La **génétique** est la science qui étudie les mécanismes de transmission des caractères des ascendants aux descendants.

On distingue 3 types de génétiques :

- la **génétique générale** ou génétique de la vie : elle étudie la structure, la réplication et le mode d'action des gènes. Bref, elle permet l'étude de l'information génétique ainsi que les mutations pouvant y survenir.
- la **génétique pathologique** ou génétique lié à l'homme : elle étudie les mutations anormales des gènes humains, leurs causes, leurs conséquences et leurs transmissions.
- la **génétique sociale** : elle étudie le retentissement des altérations du patrimoine héréditaires sur l'équilibre des populations et des familles.

1 — Quelques définitions

Définitions

- **Génétique** : c'est la science de l'hérédité.
- **Hérédité** : c'est l'étude de la transmission des caractères héréditaires.
- **Gène** : du point de vue nature, le gène est une portion d'ADN responsable de la transmission des caractères héréditaires. Du point de vue fonctionnel, c'est un facteur qui se transmet héréditairement des parents à l'enfant en gardant toute son intégrité.
- **Caractère** : manifestations extérieures du gène.
- **Génotype** : ensemble des gènes d'un individu.
- **Phénotype** : ensemble des caractères observables extérieurement chez un individu et ceux-ci étant sous la dépendance du génotype
- **Pléiotropie** : c'est lorsque plusieurs caractères sont sous la dépendance d'un seul gène.
- **Polymérisation** : c'est lorsque plusieurs gènes déterminent un seul caractère.
- **Locus** : emplacement précis qu'occupe un gène sur un chromosome.

Définitions

- **Chromosomes** : ensemble des éléments visibles dans un noyau en division et portant le matériel génétique.
- **Chromosomes homologues** : chromosomes identiques, on peut dans une cellule en division les regrouper 2 à 2.
- **Caryotype** : c'est l'ensemble des chromosomes d'un individu c'est-à-dire sa garniture ou son stock chromosomique.
- **Autosome** : ce sont des chromosomes non sexuels ou chromosomes somatiques.
- **Gonosomes** : ce sont des chromosomes sexuels.
- **Allèle** : c'est une forme différente que peut prendre un gène tout en restant sur un même locus. Deux caractères alléliques s'excluent mutuellement.
- **Mutation** : c'est une variation brusque, imprévisible, rare et discontinue d'une gène. Une telle variation est d'emblée héréditaire. On distingue 3 types de mutations.
 - **Mutation numérique du génome ou mutation génomique** : elle porte sur le nombre de gènes.
 - **Mutation génique** : elle affecte la séquence nucléotidique d'un gène.
 - **Mutation chromosomique** : elle affecte la structure et/ou le nombre de chromosomes.

Exemple

La drépanocytose est une anomalie qui affecte la chaîne β de l'hémoglobine.

Exemples

- La trisomie 21 ou mongolisme ou syndrome de Down : elle est due à l'existence d'un chromosome surnuméraire, en effet les chromosomes de la 21^e paire sont représentés par 3 chromosomes au lieu de 2.
- Syndrome de Turner : présence d'un seul chromosome X chez les sujets féminins qui ont pour génotype 44 chrs + X au lieu de 44 chrs + XX.
- Syndrome de Klinefelter : présence d'un chromosome X surnuméraire chez les sujets masculins qui ont pour génotype 44 chrs + XXY au lieu de 44 chrs + XY.

Définitions

- **Deletion** : perte d'un fragment de chromosome.
- **Somations** : ce sont des variations continues et non héréditaires dues à l'action des conditions du milieu sur le développement de chaque individu. Contrairement aux mutations qui affectent le génotype, les somations affectent le phénotype sans changer le génotype.
- **Homozygotie** : c'est l'état dans lequel 2 locis homologues sont occupés par allèles identiques.
- **Hétérozygotie** : c'est l'état dans lequel 2 locis homologues sont occupés par allèles différentes.
- **Sélection** : c'est l'isolement d'une population homogène au sein d'une population hétérogène.
- **Race pure ou lignée pure** : ensemble d'individus ayant le même patrimoine héréditaire et sont de ce fait homozygotes.
- **Dominance** : c'est l'état dans lequel un gène se manifeste chez un sujet hétérozygote.
- **Récessivité** : c'est l'état dans lequel un gène ne peut se manifester que chez un individu homozygote.

Définitions

- **Clone** : c'est un ensemble d'individus issus d'un même parent initial.
- **Monohybridisme** : croisement entre 2 parents de races pures qui diffèrent entre eux par un seul et même caractère.
- **Dihybridisme** : c'est un croisement entre 2 parents de races pures qui diffèrent entre eux par 2 caractères.
- **Hybride** : individus issus du croisement entre 2 parents, il possède donc un mélange de caractères parentaux.
- **Linkage** : c'est la liaison entre les gènes sur un même chromosome.
- **Crossing-over** : c'est l'enjambement des chromosomes, c'est-à-dire la cassure des chromosomes, suivie d'un échange de fragment et soudure au cours de la méiose.
- **Back-cross** : c'est un croisement retour entre un parent et un individu de la F1.
- **Germen** : c'est l'ensemble de cellules sexuelles spermatogonies et ovogonies.
- **Soma** : ensemble des cellules du corps exceptés les cellules germinales. Il peut varier sous l'influence des facteurs externes : on parle de somation. Les cellules somatiques sont diploïdes.
- **Espèce** : Cuvier définit l'espèce comme l'ensemble d'individus se ressemblant entre eux et se perpétuant en génération c'est-à-dire qui se ressemblent et sont interféconds.

2 – Hérité et génétique moderne

La transmission des caractères héréditaires est régie par les lois de Mendel.

2.1 Le monohybridisme

On parle de **monohybridisme** chaque fois qu'on réalise un croisement entre deux parents de race pure et qui diffèrent par un seul caractère.

2.1.1 Cas de la dominance

- Résultat du croisement des parents de races pures : on obtient une 1^{ère} génération (F1) homogène (100%).
- Résultat du croisement des hybrides F1 entre eux : les proportions 3/4 et 1/4 sont caractéristiques d'un monohybridisme à caractère dominant.

2.1.2 Cas de la codominance

- Résultat du croisement des parents de races pures : on obtient une F1 homogène (100%) faite d'hybrides ayant un phénotype intermédiaire.
- Résultat du croisement des hybrides F1 entre eux : les proportions 1/4, 1/2 et 1/4 sont caractéristiques d'un monohybridisme à caractère codominant.

2.2 Le dihybridisme

On parle de **dihybridisme** chaque fois que qu'on réalise un croisement entre deux parents de race pure et qui diffèrent par deux caractères.

- Résultat du croisement des parents de races pures : la F1 est homogène.

- résultat du croisement des hybrides F1 entre eux : les proportions 9/16, 3/16, 3/16 et 1/16 sont caractéristiques du dihybridisme.

Les lois de Mendel

- **1^{ère} loi** : loi d'uniformité des hybrides de la F1 ; tous les hybrides de la F1 se ressemblent entre eux et présente le même caractère extérieur.
- **2^{ème} loi** : loi de polymorphisme des hybrides de la F2 ou loi de la pureté des gamètes. Elle stipule que : la 2^e génération est hétérogène, ceci traduit une séparation des caractères parentaux, or les parents sont de races pures, il en résulte que les gamètes sont purs c'est-à-dire qu'ils portent chacun qu'un seul des deux facteurs déterminants d'un même couple de caractère.
- **3^{ème} loi** : loi de la disjonction indépendante des caractères parentaux, elle stipule que : la disjonction des caractères parentaux se fait d'une façon indépendante pour les divers couples de caractères, ainsi au moment de la fécondation, la rencontre des gamètes se fait au hasard.

Théorie chromosomique de l'hérédité

Elle fut expliquée par **Morgan**, il pense dans cette théorie que : les gènes existent par couple dans les cellules de l'organisme, ces couples se séparent au moment de la formation des gamètes.

On a constaté que le comportement des gènes est le même que celui des chromosomes qui existe par paire dans les cellules diploïdes et se sépare au moment de la méiose. Ce parallélisme entre le comportement des gènes et celui des chromosomes a conduit Morgan et ses collaborateurs à formuler l'hypothèse suivante : « les gènes sont portés par les chromosomes » cette hypothèse est appelée théorie chromosomique de l'hérédité ou mécanisme de l'hérédité.

Remarques

Résultats statistique non conforme à la 3e loi de Mendel

Certains croisements réalisés n'obéissent pas à la loi de la disjonction indépendante des caractères parentaux de Mendel, ces résultats sont constatés dans les deux cas suivants :

- le **linkage** : les gènes sont liés sur les chromosomes. On obtient en F2 d'un dihybridisme les proportions 3/4 et 1/4 c'est-à-dire les résultats d'un monohybridisme (cas du linkage complet ou absolu).
- proportion des phénotypes parentaux, proportion des phénotypes recombinés, au terme d'un **back cross** (cas du linkage incomplet ou relatif).

3 – Hérité humaine

Elle obéit aussi aux lois de Morgan et de Mendel, et est étudiée par la génétique pathologique.

3.1 Étude de quelques cas hérédités autosomiques

- L'**albinisme** : elle est due à l'absence d'un pigment noir appelé mélanine. L'albinisme se rencontre indifféremment dans les deux sexes, le locus du gène responsable n'est pas situé sur un gonosome, mais plutôt sur un autosome. Par conséquent l'albinisme n'est donc pas lié au sexe.
- La transmission des groupes sanguins **ABO**.
- La transmission du **facteur rhésus**.

- La **drépanocytose** ou anémie falciforme, c'est une maladie caractérisée par l'apparition dans le sang des hématies sous forme de fœtilles. Cette anomalie est due à la présence dans les hématies d'une hémoglobine anormale Hb S qui diffère de l'hémoglobine normale Hb A par un seul acide aminé : en effet le 6^e acide aminé l'acide glutamique a été remplacée par la valine dans Hb S.

3.2 Hérité lié au sexe ou gonosomique

- Le **daltonisme** : le daltonien confond le rouge au vert, le gène responsable de cette anomalie est un gène récessif par rapport à l'allèle normal correspondant à une vision normale des couleurs. Cette anomalie est plus fréquente chez les garçons et leur est transmise par leur mère. Ce gène est porté par le chromosome X.
- L'**hémophilie** : elle se manifeste par un défaut de coagulation de sang due à l'absence du facteur anti-hémophilie qui est un facteur thromboplastine, cette anomalie est fréquente chez les garçons et leur est transmise par leur mère. L'allèle anormale noté h est récessif par rapport à l'allèle normal N est porté par le chromosome X. Le gène de l'hémophilie est létal pour le sujet homozygote. Les femmes sont vectrices, il n'existe donc pas de femme hémophile (exception faite de celles qui sont victimes du syndrome de Turner).

3.3 Détermination du sexe

3.3.1 Le sexe gonadique

L'ovaire dérive d'une gonade primitive non orientée vers la différenciation par l'expression du chromosome X qui est responsable de la synthèse de l'antigène Hy, cette différenciation se fait vers la 9^e semaine de la vie intra-utérine et ceci sous l'activation du chromosome X.

3.3.2 Le sexe génital ou phénotypique

Le développement du tractus génital féminin et des organes génitaux féminins se fait en l'absence de la testostérone et de l'hormone anti-mullérienne.

L'absence de la testostérone va provoquer la régression des canaux de Wolf, le développement du clitoris, des petites et des grandes lèvres ainsi que la partie inférieure du vagin.

L'absence des hormones anti-mullérienne va permettre le développement des canaux de Muller qui vont donner la trompe de Fallope, l'utérus et la partie supérieure du vagin.

4 - L'origine du polymorphisme génétique

4.1 Les mutations

Dans la cellule oeuf, les molécules d'ADN sont le support du programme génétique, dans la molécule d'ADN, le message génétique est codé par la séquence de nucléotides, celle-ci est répliquée un grand nombre de fois au cours du développement de l'individu. Chaque cellule réplique son ADN, produisant ainsi deux copies identiques.

Malgré la longueur généralement considérable des séquences d'ADN, la séquence des mutations est très faible. Au niveau d'un gène, la probabilité pour qu'une mutation modifie le message est si faible que moins d'une copie sur un million risque de comporter une erreur. Toutes fois ces risques sont considérablement augmentés par les agents mutagènes (rayons UV, RX, rayonnements radioactifs et les produits chimiques).

La nature des mutations est variable. Il peut s'agir :

- des mutations ponctuelles (affectant directement un seul codon) : les mutations par substitution (substitution d'une base par une autre) ou par inversion (changement dans l'ordre des bases d'un codon), par délétion (suppression d'une base), par addition ou insertion (ajout d'une base).
- des mutations beaucoup plus étendues, affectant des séquences de nucléotides plus ou moins longues qui sont selon les cas supprimés, doublés, inversés, déplacés. La conséquence d'une mutation est elle-même variable. Dans de rares cas, le sens du message génétique n'est pas modifié : la mutation est dite silencieuse. Le plus souvent l'expression du gène est modifiée, parfois même de façon très importante : c'est le cas par exemple d'un codon stop apparu accidentellement ou du « cadre de lecture » du gène décalé par insertion ou par délétion d'un nucléotide.

4.2 Transmission des mutations et polymorphisme génique

4.2.1 Des mutations transmettent ou non à la descendance

La mutation est transmise automatiquement aux cellules descendant de la cellule mutée. Chez un organisme ayant une reproduction sexuée, une mutation intervenant au niveau d'une de ces cellules ne peut être transmise à la descendance que si cette cellule mutée est à l'origine des cellules sexuelles. En revanche, si une mutation affecte une cellule banale n'appartenant pas à la lignée germinale, elle ne sera pas transmise à la descendance.

4.2.2 Des gènes polymorphes dans une population

Le génome d'un être vivant est constitué d'un nombre souvent très important de gènes, chaque gène est un fragment d'ADN correspondant à plusieurs milliers de nucléotides.

Dans toute population, de nombreux gènes existent sous plusieurs versions différentes nommées allèles. Chaque version est le résultat d'une mutation intervenu chez un ancêtre et transmise depuis à ses descendants.

Cependant, les différents allèles d'un gène ne sont pas également représentés dans la population : certains sont fréquents d'autres rarissimes. Le gène est qualifié de polymorphe quand plusieurs allèles sont présents dans la population avec pour chacun une proportion supérieure à 1% des individus ; l'allèle le plus répandus est considéré comme l'allèle « normal ». Si un seul allèle (allèle normal) est présent chez plus de 99% des individus, le gène n'est pas considéré comme polymorphe bien que plusieurs versions alléliques, extrêmement rares existent généralement. Chez la plupart d'espèces vivantes, on peut estimer que plus du tiers des gènes sont polymorphes. Les mutations jouent un rôle très important dans l'apparition d'une diversité génétique au sein d'une population.

4.3 Identité génétique des individus

4.3.1 Un individu possède deux assortiments d'allèles

Dans le génome d'un individu, chaque gène est présent en 2 exemplaires (2 allèles). Sauf cas exceptionnel (gènes présents en un seul exemplaire), le génome est donc un ensemble de couple d'allèles. En considérant l'ensemble du génome, on peut dire qu'il y a peu de chance pour que deux individus reçoivent le même héritage génétique, c'est-à-dire les mêmes combinaisons alléliques.

4.3.2 Un individu possède deux assortiments d'allèles

- De nombreux arguments permettent d'affirmer que chaque individu possède un bagage génétique original. En particulier les greffes pratiqués entre les « vrais-jumeaux » ne sont pas rejetés alors qu'elles le sont entre deux individus quelconques.

- L'identité génétique d'un individu peu être définie aujourd'hui de 2 manières différentes :
 - ★ 1^{er} moyen : établissement avec précision de l'assortiment des allèles qu'il possède ou des les différents protéines qu'il peut synthétiser (marqueurs d'identité, enzyme,...).
 - ★ 2^e moyen : il consiste à définir l'identité d'un individu directement au niveau de son ADN. La technique utilisée est dite « des empreintes génétiques ».

5 - Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée

La reproduction sexuée est marquée par un événement fondamental : la fécondation, celle-ci aboutit toujours à la formation d'une cellule oeuf ou zygote par fusion de 2 cellules reproductrices ou gamètes. Tous les êtres-vivants à reproduction sexuée ont un cycle de développement caractérisé par l'existence de deux événements biologiques fondamentaux : la fécondation et la méiose. Ces deux événements alternent systématiquement, cette alternance étant indispensable au maintien du bagage chromosomique caractéristique de chaque espèce.

5.1 La méiose produit des cellules haploïdes

Définition

La **méiose** est un ensemble de 2 divisions cellulaires successives qui, à partir d'une cellule mère diploïde, donne naissance à 4 cellules filles haploïdes.

Comme toute division cellulaire, les deux divisions de la méiose comporte chacune 4 phases : prophase, métaphase, anaphase et télophase. Cependant, la première division méiotique est dite réductionnelle et la deuxième équationnelle. Chez les animaux, la méiose est un processus se déroulant durant la gamétogénèse, c'est-à-dire durant l'élaboration des gamètes chez les espèces dites diploïdes.

Chez les végétaux, la méiose produit des spores, qui par mitose donneront une génération haploïde . Elle donne des cellules haploïdes à partir de cellules diploïdes. Chez les espèces haploïdes (comme la *Sordaria macrospora*), la méiose intervient après la fécondation pour diviser la cellule-oeuf. Mais en plus de ce rôle de division, la méiose a un rôle important dans le brassage génétique (mélange des gènes) et ce, grâce à deux mécanismes de brassage : le brassage interchromosomique et le brassage intrachromosomique. Ainsi, durant la méiose, la quantité d'ADN au sein de la cellule évolue au cours du temps. Chaque cellule va donc séparer son patrimoine génétique en deux afin de ne transmettre que la moitié de ses gènes aux cellules filles. Elle se déroule en plusieurs étapes formant un ensemble de 2 divisions cellulaires, successives et inséparables.

5.1.1 Première division méiotique ou mitose réductionnelle

- **Prophase I** : elle est divisée en 5 étapes qui correspondent à 5 états caractéristiques de la chromatine : leptotène, zygotène, pachytène, diplotène et diacinèse.
- **Métaphase I** : les paires de chromosomes homologues (bivalents) se placent de part et d'autre. Pour chaque bivalent, les centromères se placent de part et d'autre ainsi qu'à égale distance du plan équatorial. Leur orientation se fait de façon aléatoire : c'est la « ségrégation indépendante ». Cette ségrégation permet un second degré de diversification des cellules-filles : le brassage interchromosomique.
- **Anaphase I** : chaque chromosome s'éloigne de son homologue et migre au pôle opposé, tiré par des microtubules kinétochoriens dû à la dépolymérisation de tubuline.

- **Télophase I** : les enveloppes nucléaires réapparaissent dans chaque cellule, il y a donc formation de deux cellules haploïdes à n chromosomes à deux chromatides (chromosomes bichromatidiens, n chromosomes, $2n$ ADN). La cellule se divise en deux, grâce à un anneau contractile fait d'actine (Figure 49).

5.1.2 Deuxième division méiotique ou mitose équationnelle

La méiose équationnelle consiste en une simple mitose, à la différence près du nombre de chromosomes qui est de n .

- **Prophase II** : phase identique à la prophase I mais brève car les chromosomes sont restés compactés.
- **Métaphase II** : il ya formation de la plaque équatoriale.
- **Anaphase II** : les chromatides de chaque chromosome se séparent et migrent vers des pôles opposés de la cellule.
- **Télophase II** : la cellule se sépare en deux, formant ainsi 4 cellules à n chromosomes à une chromatide. À l'issue de cette deuxième division de la méiose on passe de 2 cellules mères à n chromosomes bichromatidiens à 4 cellules filles à n chromosomes monochromatidiens.

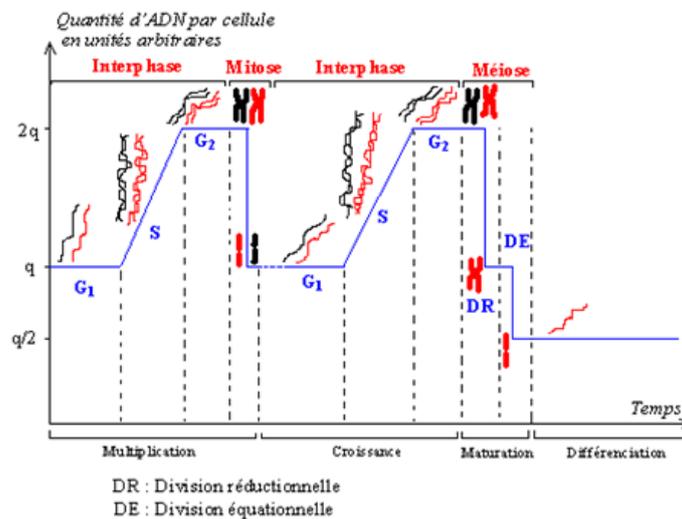


Figure 49 : Variations du taux D'ADN au cours de la gamétogenèse

5.2 La diversité des gamètes

Les gamètes créés par la **méiose** sont différents bien qu'ils descendent de la même cellule. Cette différenciation joue un rôle clef dans l'évolution des espèces. Ci-dessous, les deux principaux mécanismes de différenciation :

5.2.1 Brassage allélique par ségrégation indépendante des chromosomes homologues

Un premier facteur de diversité provient de l'attribution aléatoire des allèles i.e de chacun des chromosomes homologues vers les cellules filles haploïdes. Au moment de la métaphase I, les chromosomes se disposent aléatoirement de part et d'autre du plan équatorial. Chaque chromosome (allèle) d'une paire migre ensuite vers un pôle (anaphase I), sans influencer les sens de migrations des allèles des autres paires. Chaque cellule fille possèdera donc un jeu de chromosomes (et donc de gènes) différent de celui de la cellule mère. Cette différenciation est appelée brassage interchromosomique.

chromosomes

Au cours de la méiose, il peut se produire un échange réciproque de fragments de chromatides appartenant à deux chromosomes homologues : c'est le phénomène d'enjambement qui survient pendant la prophase I. Les chromatides recombinées se distinguent des chromatides d'origine ; on parle de brassage intrachromosomique. La diversité est amplifiée par la superposition des deux brassages alléliques. La superposition des deux brassages permet une diversité considérable des gamètes.

- Si l'individu possède h gènes hétérozygotes, le seul brassage intrachromosomique permet 2^h arrangements possibles.
- S'il possède n paires de chromosomes, le seul brassage interchromosomique permet 2^n arrangements possibles.

En tout, $2^{h \times n}$ gamètes différents peuvent être produits. En réalité c'est un peu plus complexe car le nombre d'enjambements par chromosome n'est pas illimité.

5.3 Points de comparaison entre mitose et méiose

La **mitose** et la méiose sont différentes en plusieurs points mais elles ont aussi de grandes similitudes.

La **mitose** se produit au cours de la multiplication asexuée alors que la méiose a sa place dans la reproduction sexuée. Presque toutes les cellules peuvent subir une mitose alors que la méiose ne concerne que celles des organes de reproduction chez les espèces diploïdes (les ovogonies et les spermatogonies) ou la cellule-oeuf chez les espèces haploïdes. À la fin de la mitose, il y a deux cellules génétiquement identiques alors qu'à la fin de la méiose il y a 4 cellules qui ne sont pas nécessairement génétiquement identiques.

5.4 Les cycles chromosomiques et cycle de développement

La reproduction sexuée de toute espèce animale ou végétale est marquée par l'alternance régulière de 2 mécanismes biologiques :

- la fécondation qui produit un oeuf diploïde par fusion de 2 gamètes haploïdes ;
- la méiose qui produit des gamètes haploïdes à partir des cellules souches diploïdes. Le bagage chromosomique caractéristique de l'espèce est ainsi conservé génération après génération.

Les positions relatives de la fécondation et de la méiose varient grandement selon les espèces.

- Chez les animaux et certains végétaux, la méiose intervient au moment même de l'élaboration des gamètes. Les cellules sexuelles sont donc les seules cellules haploïdes, après la fécondation, les cellules du nouvel individu, qui descendent de la cellule oeuf par mitoses sont diploïdes. Un tel cycle de développement au cours duquel la méiose précède immédiatement la fécondation est caractérisé par la présence remarquable de la phase diploïde (Figures 50a et 50b).
- Chez certains végétaux inférieurs, la méiose succède immédiatement la fécondation. La phase diploïde est réduite à la cellule oeuf. Ici les individus sont constitués de cellules à n chromosome. ; C'est la phase haploïde qui domine.
- Chez de nombreux végétaux (mousses, fougères. . .), la méiose et la fécondation sont nettement séparés au cours du cycle de développement.

La cellule oeuf se développe en un ensemble de cellules diploïdes. Au sein de cet ensemble, certaines cellules subissent la méiose et donnent naissance à des cellules haploïdes responsables de la production des gamètes. On observe alors l'alternance d'une phase haploïde et d'une phase diploïde, l'importance de chacune variant d'une espèce à l'autre.

5.5 Reproduction sexuée et brassage génétique

Chaque espèce vivante peut être définie par l'ensemble de ses gènes, chacun d'eux étant présent sous un nombre parfois important de versions différentes ou allèles. Un individu diploïde possède 2 exemplaires de chacun des 2 allèles ; ces allèles

occupent le même locus sur deux chromosomes homologues. En règle générale, tout individu possède une combinaison originale des allèles de l'espèce, car il est hétérozygote pour de nombreux gènes.

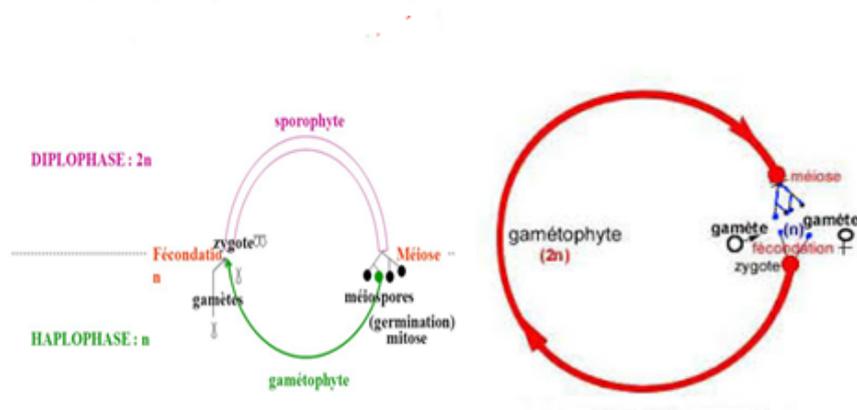
La méiose, qui affecte des cellules diploïdes hétérozygotes produit des gamètes haploïdes génétiquement différents grâce au brassage intrachromosomique et au brassage inter chromosomique.

L'observation des résultats de test-cross permet d'établir quelles recombinaisons génétiques sont intervenues lors de la formation des gamètes. Lors de la fécondation, la rencontre au hasard des gamètes génétiquement différents produit des oeufs ou zygotes héritant d'une combinaison originale des allèles de l'espèce.

Lors de la méiose se réalise un double brassage de gène. Lors de la fécondation, les gamètes s'unissent au hasard.

La reproduction sexuée assure un brassage génétique d'une efficacité telle que chaque individu est génétiquement unique.

La sélection naturelle accentue les différences alléliques entre les populations tandis que les migrations les diminuent.



Figures 50a et 50b : Représentation schématique d'un cycle monogénétique et d'un cycle digénétique

Objectifs du chapitre

- Comparer mitose et amitose.
- Décrire les phases de la mitose.

Introduction

Dans le monde vivant beaucoup de cellules ont la capacité de se multiplier, cette propriété existe bien chez les eucaryotes et les procaryotes. Les divisions cellulaires ont pour rôle d'assurer le développement de l'embryon, la croissance chez le jeune et le renouvellement chez l'adulte de nombreuses cellules qui meurent. En effet des milliards de cellules qui composent le corps humain par exemple dérivent d'une seule cellule initiale appelée oeuf ou zygote et celle-ci est le résultat d'innombrables divisions cellulaires. Il existe en réalité dans le monde vivant 2 types de divisions cellulaires à savoir : l'**amitose** ou division directe et la **mitose** ou division indirecte.

1 - L'amitose

C'est une **division** propre aux être inférieurs tels que la paramécie et toutes les bactéries. Elle comporte 2 phases :

- division de l'appareil nucléaire ou **caryocinèse** ou **caryodiérèse** ;
- une division du **cytoplasme** ou **cytocinèse** ou **plasmodiérèse**.

Cette division affecte la cellule- mère et aboutit à l'obtention de 2 cellules filles qui régénèrent chacune ses parties manquantes. La fragmentation de la cellule -mère en deux est appelée bipartition ou scissiparité transversale.

2 - La mitose

La **mitose** comporte 4 phases précédés chacune par une interphase qui caractérise la cellule au repos.

2.1 Description de l'interphase

Dans une cellule interphasique on peut observer : un **noyau** bien visible limité par une membrane nucléaire et renfermant dans son nucléoplasme un ou deux nucléoles ainsi que les travées de chromatine, un **cytoplasme** renfermant de nombreuses inclusions, une **membrane plasmique** qui limite le cytoplasme une membrane cellulosique doublant extérieurement la **membrane plasmique**. L'interphase est la phase préparatoire la mitose, et comprend trois phases d'inégales durées.

- La **phase G1** plus longue , permet la duplication des organites cytoplasmiques.
- La **phase S** permet la duplication de l'ADN.
- La **phase G2** la plus courte précède directement la mitose.

2.2 Déroulement de la mitose

En fonction des comportements des chromosomes qui apparaissent au cours de la mitose, on observe dans le déroulement de ce phénomène 4 phases qui sont : prophase, métaphase, anaphase et télophase.

1 La prophase

- le noyau augmente de volume ;
- la chromatine se condense et à partir d'elle apparaît des chromosomes ;
- chaque chromosome se divise longitudinalement en 2 bras appelés chromatides qui sont réunis au niveau d'une constriction de chromosome appelés centromère : on dit que les chromosomes sont fissurés ;
- la membrane nucléaire et les nucléoles disparaissent ;
- à partir des calottes polaires apparaît un fuseau achromatique sur lequel se placent les chromosomes ; chez les cellules animales, les fuseaux se fixent sur les asters polaires.

à partir des calottes polaires apparaît un fuseau achromatique sur lequel se placent les chromosomes. Cette phase est la plus longue et dure 40 à 60 min.

2 La **métaphase** : ici les centromères fissurés se regroupent dans le plan équatorial du fuseau achromatique pour former une figure appelée plaque équatoriale. On peut au cours de ce stade bloquer la mitose avec la colchicine pour observer l'étalement des chromosomes et si possible les dénombrer. Cette phase est la plus courte et dure 5 à 10 min. Elle permet l'établissement du caryotype.

3 L'**anaphase** : chaque chromosome fissuré se divise au niveau du centromère pour donner deux chromosomes fils munis chacun d'une chromatide. Chaque chromosome fils ainsi obtenu se dirige vers un pôle opposé au fuseau : on dit qu'il y a ascension polaire. A la fin de la migration, il y a un lot de chromosome identique au niveau de chaque pôle du fuseau.

4 La Télophase

- Le fuseau achromatique disparaît.
- Les chromosomes deviennent invisibles engendrant une masse de chromatine au niveau de chaque pôle de la cellule.
- L'obtention de 2 cellules filles se fait par une division du cytoplasme résultant de la formation d'une lamelle de nature protidique appelés phragmoplaste situé à égale distance de 2 cellules filles, elle deviendra plus tard la nouvelle membrane intercellulaire (Figure 51).

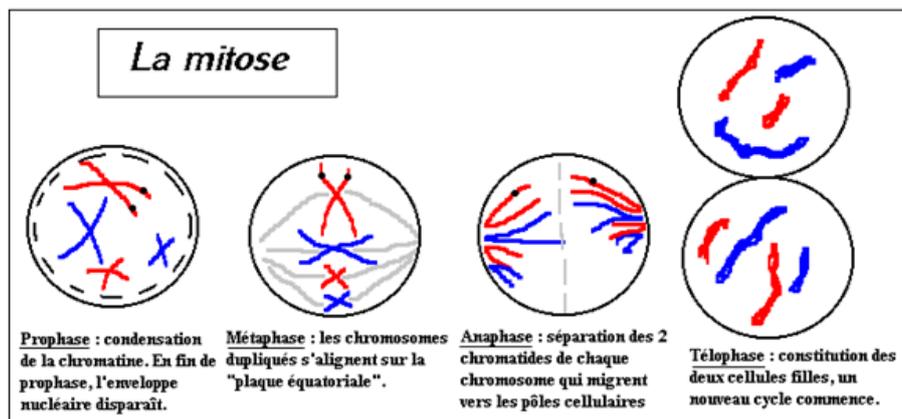


Figure 51 : Les étapes de la mitose

Objectif du chapitre

! Déterminer pour chaque maladie, son germe et son mode de transmission.

Introduction

Les causes de la maladie peut être infectieuse, traumatique (accidents), psychologique (stress), ...

1 - Quelques définitions

Définitions

- **Maladies allergisantes** : asthme allergique, rhume des foins, rhinites, bronchospasme, anaphylaxie systémique, urticaire, eczéma chronique, choc anaphylactique, oedème de Quincke, poumon du fermier, mal des éleveurs d'oiseaux, mal des bois exotiques.
- **Maladies auto-immunes** : maladie auto-immune du nouveau-né (Anémie hémolytique), myasthénie, diabète auto-immun, lupus érythémateux disséminé (LED), sclérose en plaques, polymyosites, polyarthrite, maladie ou thyroïdite de Hashimoto, maladie de Basedow, Myasthénie gravis, spondylarthrite ankylosante.
- **Hôte intermédiaire** : individu qui porte la larve du parasite.
- **Hôte définitif** : individu qui porte l'adulte du parasite.

2 - Quelques modes de transmission des maladies

Les agents pathogènes appartiennent à 4 groupes de microbes et quelques groupes de germes non microbiens. Les microbes sont les virus, les bactéries, les protozoaires et les champignons. Les germes non microbiens sont surtout les arthropodes (poux), les vers intestinaux (ténias, ascaris, ...). Le tableau 8 indique quelques modes de transmission.

Maladies	Germes pathogènes en cause	Mode transmission
Paludisme	Plasmodium (parasite)	Piqûre d'insectes
SIDA	VIH (virus)	Voie sexuelle, contact sanguin, transmission mère-enfant
Gonococcie ou blennorragie	Gonocoque ou Neisseria gonorrhoe (bactérie)	Voie sexuelle
Syphilis	Tréponème pale (Treponema pallidum)(bactérie)	Voie sexuelle
Choléra	Vibrio cholerae ou vibrion cholérique (bactérie)	Voie oro-fécale (eau de boisson, aliments souillés)
Typhoïde	Baccile d'Eberth ou Salmonella typhi	Voie oro-fécale
Oreillons ou parotidite	Virus ourlien	Voie aérienne
Rougeole	Virus d'Enders ou Morbillivirus	Voie aérienne
Poliomyélite	Poliovirus 1, 2, 3 (virus)	Voie oro-fécale
Rage	Lyssavirus	
Coqueluche	Bordetella pertussis (bactérie)	Voie aérienne
Diphthérie	Bacille diphtérique ou corynebacterium diphteriae (bactérie)	Voie aérienne, à travers les objets souillés
Bilharziose ou schistosomiase	Bilharzies ou schistosomes (parasites)	Transcutanée (marche ou bain dans une eau souillée)
Tuberculose	Mycobactérium tuberculosis ou bacille de Kock	Voie aérienne et rarement par voies digestives
Lèpre	Mycobactérium leprae ou bacille de Hansen	
Trypanosomiase ou maladie du sommeil	Trypanosome (protozoaire)	Piqûre de la mouche tsé-tsé ou Glossine.
Fièvre jaune	Virus Amaril	Piqûre de moustique
Onchocercose ou cécité des rivières	Onchocerca volvulus (protozoaire)	Piqûre d'insecte (simulie)
Amibiase ou dysenterie amibienne	Amibe dysentérique (protozoaire)	Oro-fecale (consommation de l'eau ou et d'aliments souillées)

Tableau 8 : Transmission de quelques pathogènes

Objectif du chapitre

- Décrire les mécanismes de l'évolution.
- Décrire la lignée humaine.

Introduction

L'**évolution** est un mécanisme biologique qui a permis à la matière vivante de passer des stades d'organisations les plus primitives aux stades les plus complexes représentés par les primates.

L'unité chez les êtres vivants traduit un lien de parenté. Ils possèdent un ancêtre commun datant de 3.8 milliards d'années. Les êtres vivants sont donc tous apparentés de façon plus ou moins proche. Le monde actuel nous paraît stable, mais l'existence des formes organiques qui le compose d'une hiérarchie allant du plus simple au plus complexe se découvre facilement. En face de ces contradictions, deux hypothèses ont été avancées :

- l'**hypothèse fixiste** : c'est l'interprétation selon laquelle la hiérarchie observée dans le monde vivant est : « le résultat statistique de la création de Dieu de chaque espèce d'être vivant telle quelle existe actuellement ».
- l'**hypothèse transformiste** : c'est l'interprétation suivant laquelle la hiérarchie constatée parmi les espèces est « l'image des étapes qu'elle a dû parcourir pour arriver à être ce qu'elle est. Par conséquent le monde vivant n'est pas stable : il évolue ».

Darwin tire une hypothèse qu'il va s'appliquer à justifier et à étayer tout au long de son ouvrage : la « sélection naturelle ou la persistance du plus apte », cette lutte continue pour l'existence, agissant sur un grand nombre de générations, peut aboutir à la production de nouvelles formes vivantes et à de nouvelles espèces.

1 — Phylogenèse et ontogénèse

Définition

La **phylogenèse** est l'étude des liens de parenté entre les organismes anciens ou actuels, elle fait intervenir la comparaison d'organisme existant à l'état de fossile ainsi que celle des embryons des différentes espèces.

2 - Les mécanismes de l'évolution

L'étude de l'**évolution** du monde vivant révèle que les différentes espèces existantes présentent les liens de parentés parce qu'elles dérivent tous d'un ancêtre commun. Au fil du temps, on observe parmi leur **descendance** des modifications de caractères.

L'apparition des caractères nouveaux ne peut s'expliquer que par l'apparition de nouveau génotype et aussi la disparition des anciens **génotypes** ; c'est ce qui caractérise l'évolution d'une espèce donnée.

- Les **mutations ponctuelles** font parties des mécanismes de l'évolution à l'origine des innovations génétiques. La mutation est un phénomène moléculaire et seules les **mutations germinales** se transmettent d'une génération à une autre. Les mutations germinales créent toujours de nouveaux gènes, les mutations somatiques quant à elles affectent le phénotype des organismes et est sans incident sur la descendance.
- Les **brassages génétiques** qui se produisent au cours de la reproduction sexuée sont aussi à l'origine des innovations génétiques. Grâce au brassage génétique, les nouveaux gènes sont introduits dans le génome de l'espèce et les allèles sont brassés au cours de la reproduction sexuée qui est à l'origine du polymorphisme génétique des espèces. Au cours du temps la population demeure hétérogène. Une population est génétiquement plus **polymorphe**. La diversité génétique détermine la diversité du phénotype pour les individus d'une population. Le polymorphisme existe au niveau **morphologique** (anatomie) et au niveau biochimique (physiologique).
- Les **duplications** : les mutations ponctuelles ne peuvent pas à elles seules expliquer l'accroissement observé dans la diversité génétique au sein d'une espèce. L'enrichissement du génome est largement assuré par les phénomènes de duplication.

3 - La conservation de l'innovation génétique

Les mutations et les duplications, sources d'innovations génétiques ont des conséquences selon des gènes touchés et selon les facteurs du milieu. La sélection naturelle est le processus qui effectue le tri de ces innovations et sélectionne celles susceptibles de se répandre dans la population d'une génération à une autre (mutation touchant les cellules germinales). Les innovations non sélectionnées sont appelées à disparaître parce qu'elles tendent à diminuer la capacité de reproduction d'individus concernés.

Les mutations somatiques modifient seulement les phénotypes des individus porteurs de cette mutation, dès la génération suivante, ce phénotype disparaît. Ainsi la sélection naturelle sélectionne dans la population des individus donc les phénotypes sont mieux adaptés aux conditions du milieu. D'autres mutations sont sources d'innovation génétique qui ne sont pas soumises à la sélection naturelle, elles sont qualifiées de mutations géniques.

4 - La spéciation

L'espèce est un groupe de population interféconds, isolé sexuellement des autres groupes de la population par les différences de **patrimoine génétique**. La **spéciation** correspond à la naissance d'espèces nouvelles (2 au moins) à partir d'une espèce mère qui nécessite l'isolement reproductif entre les populations filles. Cet isolement est provoqué par l'isolement géographique (phénomènes géologiques de grande ampleur), migration des populations issues d'une même espèce (provoquant un isolement biologique). Ces isollements sont suivis de la diversification des espèces qui donnent de nouvelles niches écologiques dans lesquelles elles seront soumises à la sélection naturelle.

5 - La lignée humaine

L'homme est un **eucaryote** (1,2 Milliards d'années), il appartient au règne animal, c'est aussi un **vertébré** (500 Millions d'années), il est porteur de membres avec des doigts : c'est un **tétrapode** (390 Millions d'années). Il a un **amnios** (340 Millions d'années) et c'est un **mammifère** (220 Millions d'années) l'homme est un vertébré de la classe des mammifères et de l'ordre des primates. Il appartient à la famille des hominidés. Cette famille n'est représentée actuellement que par une seule espèce : *Homo sapiens sapiens*. Tous les autres hominidés ne sont connus qu'à l'état de fossile.

Définition

La **lignée humaine** est la succession de tous les représentants depuis l'ancêtre commun à l'homme et au chimpanzé jusqu'à l'homme actuel.

5.1 Position systématique de l'Homme

Même si l'homme actuel descend d'un ancêtre commun partagé avec les grands singes, la lignée humaine, comme les autres, n'a pas évolué linéairement. À chaque étape, l'évolution, totalement imprévisible en raison du caractère aléatoire des mutations et des conditions écologiques, a pu prendre des directions diverses. Ainsi, l'arbre phylogénétique de la lignée humaine ressemble plus à un buisson avec de multiples branches qu'à une simple succession linéaire de formes descendant les unes des autres. La lignée humaine est représentée actuellement par une seule espèce (***Homo sapiens sapiens***), cependant de nombreux hominidés se sont succédés appartenant à deux genres : **australopithèque et homo**.

5.1.1 Les australopithèques

Australopithecus afarensis, *Australopithecus africanus*, les australopithèques robustes (*robustus*) . Aucune trace d'outils ne leur est associée.

5.1.2 Les homo

le genre **Homo** se définit par une capacité crânienne plus forte, une boîte crânienne plus arrondie une réduction de l'appareil masticateur et de la face, des petites canines et une bipédie quasi exclusive. On distingue : ***Homo habilis***, ***Homo erectus***, ***Homo néanderthalensis***, ***Homo sapiens*** (**l'homme du Cro-Magnon**).

L'évolution au sein de la lignée humaine ne se fait pas selon un modèle simpliste : en effet, plusieurs branches divergentes ; plusieurs espèces apparaissent voire vivent ensemble et s'éteignent. Ainsi les origines de l'homme moderne ne sont pas réellement définies. L'évolution s'est faite en mosaïque : des caractères primitifs se présentent avec les dérivés.

5.2 Les critères d'hominisation

L'homme fait partie de l'ordre des primates et de la famille des hominidés. Son évolution fut marqué par :

- une augmentation du volume céphalique qui passe de 300cm^3 chez les australopithèques à 1400cm^3 chez l'homme ;
- une fabrication d'outils de plus en plus perfectionnés ;
- une maîtrise du feu et de l'environnement ;
- rites funéraires et l'apparition de l'art ;
- occupation de toute la planète.

L'homme et le chimpanzé ont 99% de similitudes dans leur matériel génétique (13 paires de chromosomes absolument identiques).

Homme =46 chrs, chimpanzé =48 chrs

D'après des données anatomiques, l'ancêtre commun à l'homme et au chimpanzé date de 10 ~ 7 millions d'années. Depuis l'ancêtre commun, de nombreux hominés se sont succédés pour parvenir à l'homme actuel c'est ce que l'on appelle la lignée humaine.

Malgré l'extraordinaire diversité des êtres humains nous appartenons tous à la même espèce. En effet, il n'existe pas de gènes spécifiques d'une population, nous partageons les mêmes gènes mais ce qui différencie les populations est la fréquence. Plus la différence génétique est grande entre deux population plus la distance géographique est grande. Les populations africaines présentent une très grande diversité allélique, elles seraient donc la population ancestrale des populations filles qui se seraient détachées en emportant un certain stock d'allèles dont les fréquences vont varier. On valide de nos jours un modèle nommé le modèle de remplacement qui dit que l'homme moderne aurait une origine récente, il serait apparu en Afrique et aurait colonisé les autres continents.

Certains caractères permettent de distinguer les singes des hommes (Figure 52). Il s'agit de :

- La bipédie permanente
- Evolution du crane et du cerveau
- Acquisition du langage de la culture
- Fabrication d'outils

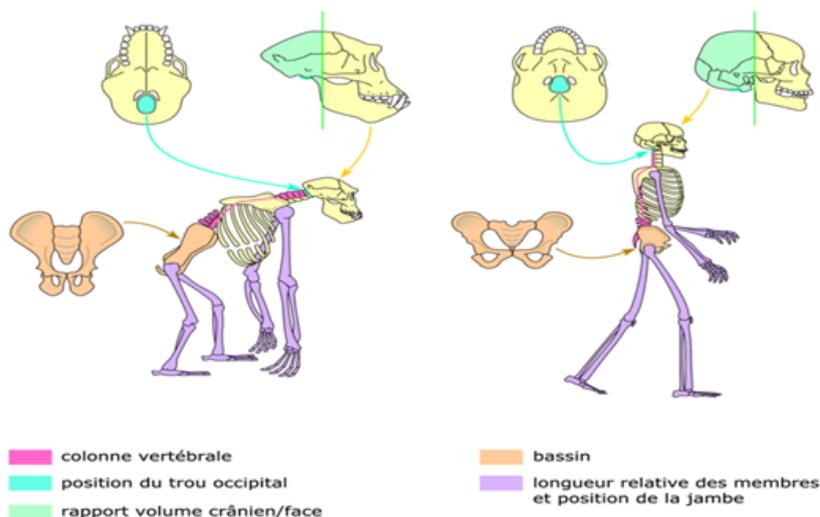


Figure 52 : Les principales caractéristiques de l'homínisation

5.3 Les liens de parentés

Les données qui nous permettent d'établir les liens de parenté et l'arbre généalogique des homínidés sont :

5.3.1 Les données chromosomiques

5.3.2 Les données moléculaires

L'établissement du lien de parenté entre les espèces fossiles et actuelles se fait par des comparaisons de caractères. Plusieurs caractères peuvent être observés : les caractères macroscopiques (morphologique / anatomiques), embryologiques (impossible à établir pour les fossiles) et les caractères moléculaires. Tous ces caractères doivent être homologues pour pouvoir être comparés (même fonction). Il ne faut pas confondre homologue avec analogue. Par exemple les ailes de la libellule

et les ailes de la chauve souris ont la même fonction mais pas la même structure, ils sont donc analogues. Des caractères homologues dérivent d'une structure ancestrale commune.

Plus le nombre de caractères dérivés communs à deux espèces sont importants, plus elles seront proches. On ne se base jamais sur le partage de caractères primitifs pour établir le rapprochement entre l'évolution de deux espèces. L'état dérivé provient d'une transformation qu'aurait subie un ancêtre commun (population ancestrale) et cette transformation se serait transmise de génération en génération. Plus le nombre d'espèces qui vont partager un caractère dérivé sera faible, plus l'ancêtre commun sera récent. En utilisant les fossiles, on peut dater avec précision l'apparition de nouveaux caractères.

Un **arbre phylogénétique** est une figure qui illustre les liens de parenté. Plus l'ancêtre commun à différentes espèces sera éloigné dans l'histoire de la vie, plus les espèces seront éloignées. Les ancêtres communs sont hypothétiques car on ne peut jamais être sûr qu'un fossile trouvé est le premier représentant à posséder cette innovation évolutive (Figure 53).

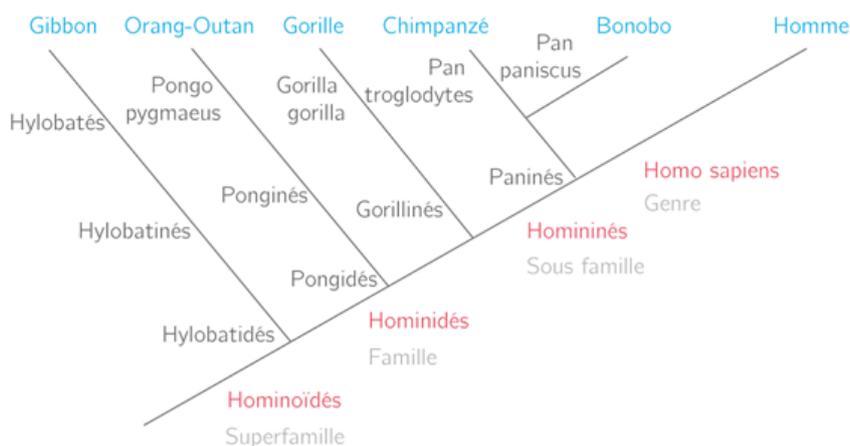


Figure 53 : Arbre phylogénétique des primates

Introduction

Les métabolismes qu'ils soient procaryotes ou eucaryotes constituent un ensemble de réactions qui permettent à la cellule d'obtenir les éléments indispensables à sa croissance, sa nutrition, à sa respiration. Les métabolismes requis sont multiples : les protides, les glucides, les lipides, les vitamines et même les acides nucléiques.

1 - Structure des molécules organiques

L'**organisme** est composé de matière minérale (eau, sels minéraux) et de matière organique. Les substances organiques sont constituées des les glucides, les lipides et les protides.

Ces glucides sont les principaux nutriments énergétiques, ils prennent aussi le nom de sucres ou d'hydrate de carbone.

1.1 Les glucides

Ce sont les sucres composés de C, H et O. On en distingue 3 types :

- Les **oses**. Exemples : pentoses, (désoxyriboses, ribose...), hexoses (glucose, fructose, galactose ...)
- Les **diholosides** (ou disaccharides) fait de deux oses.

Exemple

- ★ Maltose = glucose + glucose.
- ★ Saccharose = glucose + fructose.
- ★ Lactose = glucose + galactose.

- Les **polyholosides** composés d'un enchaînement de nombreux oses comme l'amidon ou la cellulose chez les végétaux et le glycogène chez les animaux.

1.2 Les lipides

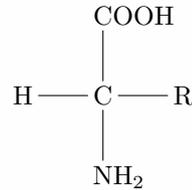
Composés eux aussi de C, O et H, ils sont insolubles dans l'eau, certains lipides particuliers renfermant un groupement phosphate et appelés phospholipides sont les constituants principaux de la membrane des cellules.

1.3 Les protides

1.3.1 Structure des protides

Ils contiennent du C, O, H et éventuellement S ou du P. On en distingue trois familles :

- Les **acides α aminés** : il en existe 20 différents, et tous ont une structure commune, du type :



Seul ce radical (R) varie d'un acide aminé à un autre.

- Les **peptides** sont constitués par un enchaînement de quelques acides aminés : liés par une liaison peptidique.
- Les **protéines** sont des peptides constitués par un enchaînement de nombreux acides aminés (+ de 50).

La nature des acides aminés d'une protéine, leur nombre et leur ordre confèrent à une protéine des propriétés particulières. Les protéines servent à construire et à entretenir les cellules et leur dégradation chimique fournit de l'énergie, produisant près de 4 kilocalories par gramme. Cependant les lipides produisent 9 kilocalories et les glucides 4 kilocalories (1 Kcal = 4,18 Kj).

Certaines de ces structures fondamentales ne peuvent être synthétisées par l'organisme et doivent donc provenir de l'alimentation. Ainsi, sur les 20 acides aminés nécessaires à la construction des protéines, 8 d'entre eux ne peuvent être synthétisés par les cellules humaines : on les nomme acides aminés indispensables ou essentiels. Ce sont : la leucine, l'isoleucine, la lysine, la valine, la méthionine, la phénylalanine, le tryptophane, et la thréonine. Il existe 02 acides semi-essentiels : l'**histidine** et l'**arginine**. Seuls les nourrissons ont besoin d'un apport exogène (lait maternel).

1.3.2 Rôle des protéines

Les protéines ont plusieurs fonctions :

- Structurelle, comme c'est le cas des protéines de la membrane plasmique.
- Défense : cas des immunoglobulines.
- Catalyse enzymatique

Les enzymes sont toujours de nature protéique et agissent à faible dose. Certaines enzymes sont formées de deux parties : une partie **protéique** ou apoenzyme et une partie **non protéique** appelée coenzyme. Apoenzyme et coenzyme forment l'enzyme totale ou holoenzyme.

Dans la catalyse enzyme, il y a des activateurs et des inhibiteurs. Un inhibiteur peut être réversible ou irréversible (liaison covalente avec site actif). L'inhibiteur peut également être compétitif, non compétitif.

Les inhibiteurs compétitifs se disputent le site actif de l'enzyme avec le substrat normal. Par contre, un inhibiteur non compétitif se fixe sur l'enzyme à un endroit autre que le site actif. Cet endroit est appelé site allostérique.

1.4 Les vitamines

Les vitamines peuvent être apportées par l'alimentation, mais certaines comme la vitamine D ou K peuvent être synthétisées par l'organisme (Tableau 9).

Les vitamines sont des composés indispensables en petites quantités, au bon fonctionnement de l'organisme. Les vitamines interviennent, entre autres, dans la synthèse des hormones, des substances chimiques du système nerveux et du matériel génétique. Elles ont des fonctions physiologiques très variées et jouent souvent le rôle de catalyseur.

Tableau 9 : Les vitamines hydrosolubles et liposolubles

Vitamine	Principale source alimentaire	Pathologie associée à un déficit
Vitamine B1 (Thiamine)	Levure de bière, germe de blé, cuticule de riz, maïs	Beriberi syndrome de Wecnicke
Vitamine B2 (Riboflavine)	Levure de bière, lait, enveloppes des graines, abats	Dermatoses
Vitamine B3 ou vitamine PP (Prelagra Preventing) ou Niacine	Levure de bière, son de blé, abats et viandes, synthèse par la flore intestinale à partir du tryptophane	Pellagre (maladie des 3D : dermatose, diarrhée, démence)
Vitamine B5 ou Acide pantothénique	Levure de bière, cuticule de riz, abats, jaune d'oeuf	Pas de déficit connu
Vitamine B6 (Pyridoxine)	Levure de bière, germe de blé, abats, jaune d'oeuf ; viandes, fruits	Pas de déficit connu
Vitamine B8 ou vitamine H ou biotine	Levure de bière, germe de blé, abats, jaune d'oeuf ; viandes, arachide	Pas de déficit connu
Vitamine amine B9 ou acide folique	Légumes verts, Levure de bière, abats, jaune d'oeuf ; viandes	Anémie macrocytaire
Vitamine B12 ou cobalamine	Produits animaux, viandes, foie, lait	Anémie macrocytaire (anémie mégaloblastique, anémie de Biermer, anémie pernicieuse)
Vitamine C (acide L-ascorbique)	Agrumes, légumes verts	Scorbut
Vitamine A (Retinol)	Huile de foie de poisson, beurre, foie, légume, jaune d'oeuf	Cécité nocturne, cécité
Vitamine D (Calcitol)	Huile de foie de morue, foie, chair de poissons gras, jaune d'oeufs	Rachitisme chez l'enfant Ostéomalacie chez l'adulte
Vitamine E (Tocophérol)	Huile végétale, germes de blé, légumes verts	Signes discrets
Vitamine K (Phylloquinone)	Légumes verts, foie, oeufs	Anomalie de coagulation

2 - Le métabolisme

Le métabolisme Comprend des réactions de **synthèse** ou **anabolisme** (photosynthèse ,protéogénèse, duplication) et de **dégradation** ou **catabolisme** (respiration, fermentation).

2.1 La photosynthèse

Définition

La **photosynthèse** est un processus biochimique qui convertit l'énergie de la lumière en énergie chimique. On la retrouve chez les plantes et certaines bactéries. Elle se fait dans les chloroplastes des cellules végétales ou dans des régions spécialisées de la membrane cellulaire des cellules procaryotes.

La réaction globale de la photosynthèse est :



Les pigments **photosynthétiques** peuvent absorber la lumière, les principaux sont la **chlorophylle a**, la **chlorophylle b** et les **caroténoïdes**.

2.1.1 Les réactions photochimiques

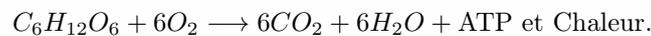
- Convertissent l'énergie solaire en énergie chimique (NADPH).
- Les électrons et protons des hydrogènes de l'eau, suite à l'hydrolyse seront transférés à une chaîne de transport d'électrons.
- L'oxygène de l'eau sera libéré (O_2) des feuilles.
- Produisent de l'ATP indirectement par la création d'un gradient électrochimique (force proton-motrice) par la chaîne de transport d'électrons.

2.1.2 Les réactions sombres

Elles n'ont pas lieu à l'obscurité, mais ne nécessitent pas la lumière. C'est pendant cette phase qui se déroule dans le stroma que le CO_2 est absorbé. Le cycle de **Calvin** permet la synthèse des sucres durant cette phase.

2.2 La respiration cellulaire

La réaction de base de la respiration cellulaire est :



Cette réaction est exergonique : $\Delta G = -2871kJ$ par mole de glucose dégradée. Les réactions exergoniques indiquent que les réactifs contiennent plus d'énergie que les produits.

Le but de la respiration cellulaire est donc d'extraire l'énergie des molécules complexes et de la convertir en ATP. L'ATP est l'intermédiaire énergétique qui fait le travail de la cellule.

La respiration cellulaire se fait en quatre étapes :

- Glycolyse (anaérobie) ;
- La décarboxylation oxydative ;
- Cycle de Krebs (aérobie) ;
- Chaîne de transport d'électrons.

2.2.1 Les étapes de la respiration cellulaire

Etape 1 : La glycolyse

La glycolyse (dégradation du glucose). La dégradation initiale du glucose se fait dans le cytosol et comprend une série de 10 étapes chacune catalysées par une enzyme spécifique. Le glucose se fait dégrader pour produire 2 molécules à 3 carbones chacune, le pyruvate. Cette dégradation se fait en deux phases :

- La première phase utilise l'énergie de l'ATP (2 ATP) pour déstabiliser le glucose ;
- La deuxième étape voit la libération de l'énergie à partir des molécules organiques.

Les produits nets de la glycolyse sont : 2 ATP ,2 NADH et 2 pyruvates

Etape 2 : La décarboxylation oxydative

Elle transforme le pyruvate en acetylcoenzyme A et $2NADH + H^+ + 2CO_2$.

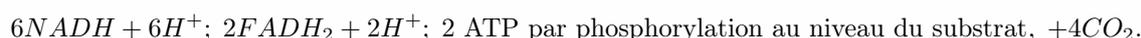
Etape 3 : Le cycle de Krebs

Les molécules de pyruvates produites par la glycolyse contiennent encore beaucoup d'énergie qui doit être extraite. Si l'oxygène est présent, le pyruvate rentre dans la mitochondrie pour être oxydé et relâcher l'énergie. C'est lors du cycle de Krebs que cette énergie sera extraite pour produire des intermédiaires énergétiques. Le cycle de Krebs a 8 étapes, chacune catalysée par une enzyme spécifique dans la matrice mitochondriale. Pour chaque tour du cycle,

- 2 carbones entrent sous la forme réduite de l'acétylCoA ;
- deux carbones ressortent complètement oxydés sous la forme du CO_2 ;
- 3 molécules de NAD^+ sont réduites en $NADH + H^+$ et une molécule de FAD est réduite en $FADH_2$;
- une molécule d'ATP est produite par la phosphorylation au niveau du substrat.

Le FAD est une molécule qui ressemble au NAD, elle se fait réduire en $FADH_2$ en captant 2 électrons et 2 protons. Cette molécule entrepose moins d'énergie que le NADH.

Bilan énergétique du cycle de Krebs (pour les 2 molécules de pyruvates) :



Etape 4 : La chaîne de transport d'électrons

La glycolyse et le cycle de Krebs n'ont produit que 4 ATP par la phosphorylation au niveau du substrat. La majeure partie de l'énergie extraite des molécules de nourriture est entreposée dans les molécules de NADH et $FADH_2$ et se fait relâcher par une chaîne de transport d'électrons pour faire la phosphorylation oxydative. La phosphorylation oxydative produit la majeure partie de l'ATP dans le processus de la respiration cellulaire. Lors de ce processus le $NADH + H^+$ et le $FADH_2$ donnent leurs électrons à une série de transporteurs d'électrons situés dans la membrane interne de la mitochondrie. Le $FADH_2$ a un tiers de moins d'énergie que le NADH pour la synthèse de l'ATP. La chimiosmose : le couplage du transport d'électrons à la synthèse d'ATP. La membrane interne de mitochondries a plusieurs copies de l'enzyme ATP synthétase. Cette enzyme utilise l'énergie d'un gradient de proton pour faire la synthèse d'ATP.

- La chaîne de transport d'électrons pompe des protons H^+ de la matrice vers l'espace inter membranaire.
- Les H^+ retournent à la matrice en passant par l'ATP synthétase.
- Par chimiosmose, le passage exergonique des protons est couplé avec la phosphorylation des l'ATP.

Le bilan énergétique de la respiration cellulaire

À partir d'une molécule de glucose (6 carbones) :

Phosphorylation au niveau du substrat = 6 **ATP** : 4 par la glycolyse, 2 par le cycle de Krebs **Synthèse chimiosmotique** = 32 **ATP**.

3 **ATP** pour chacun des 8 NADH produit dans la mitochondrie (24 **ATP**) 2 **ATP** pour chacun des 2 $FADH_2$ du cycle de Krebs et chacun des 2 NADH produits par la glycolyse. (8 **ATP**)

Moins les 2 **ATP** investis pour la glycolyse.

Total = 36 **ATP** pour une cellule eucaryote (avec mitochondrie).

Total = 38 **ATP** pour une cellule procaryote (sans mitochondrie).

les NADH de la glycolyse n'ont pas de membrane à traverser alors donnent 3 **ATP** chacun.

L'efficacité de la respiration cellulaire dans sa conversion énergétique est de 63% . Il y a la production de 36 **ATP** qui ont chacun environ 30 KJ d'énergie. Une partie de l'énergie entreposée dans le glucose est perdue sous forme de chaleur. La respiration cellulaire requiert l'oxygène pour capter les électrons qui sont entreposés dans le NADH.

2.2.3 Energie libérée par les fermentations

- Dans la fermentation alcoolique le pyruvate est converti en acétaldéhyde (2 carbones) et le CO_2 est libéré. L'acétaldéhyde est ensuite réduit par le NADH pour produire l'alcool.
- Dans la fermentation lactique le pyruvate est directement réduit par le NADH pour produire l'acide lactique et recycler le NAD^+ . Aucun CO_2 n'est libéré. Les cellules des muscles produisent l'ATP par fermentation lactique. Lors de l'exercice vigoureux quand la demande d'énergie est haute et la quantité d'oxygène disponible est faible.

La fermentation produit seulement deux molécules d'ATP pour chaque molécule de glucose dégradée par la glycolyse. La fermentation, bien qu'un processus moins efficace permet à la cellule de produire un peu d'ATP dans une situation où elle ne pourrait autrement pas en produire.

Remarques

Les **lipides**, les protéines et les glucides peuvent être utilisés par la respiration cellulaire pour la production d'ATP. L'amidon et le glycogène sont hydrolysés en glucose, les protéines sont hydrolysées en acides aminés qui sont ensuite désaminés, l'acide aminé peut entrer dans la respiration cellulaire à plusieurs niveaux, (pyruvate, acétyl-CoA ou un intermédiaire du cycle de Krebs). 1g de lipide produit deux fois plus d'énergie par le processus de respiration cellulaire qu'1g d'hydrate de carbone. Bien que la dégradation des lipides produit plus d'énergie, l'organisme préfère utiliser en première intention le glucose comme source d'énergie car sa dégradation complète produit peu de déchets (CO_2 et H_2O).

3 – Énergétique biologique

Tous les êtres vivants ont besoin d'énergie. Celle-ci provient de la dégradation de substrats organiques. Le phénomène de la respiration est la principale source de production énergétique.

Le métabolisme basal est la dépense énergétique la plus faible d'un individu en 24h. Elle correspond à une activité minimale et à l'entretien des structures de l'organisme.

Le métabolisme de base est indépendant de l'âge du sujet, de son sexe et de son état de santé.

Le métabolisme basal se mesure au repos, en neutralité thermique et à jeun.

Le métabolisme s'exprime, au niveau cellulaire par un ensemble de réactions chimiques :

- les réactions dites exergoniques sont spontanées et libèrent de l'énergie ;
- les réactions dites endergoniques nécessitent un apport d'énergie pour se dérouler.

La présence de ces 2 types de réactions dans la cellule permet un fait essentiel : les réactions exergoniques peuvent fournir l'énergie nécessaire à la réalisation des réactions endergoniques.

Les conditions suffisantes pour qu'un tel processus existe sont : la quantité d'énergie libérée doit être au moins égale à celle consommée et il doit exister entre les deux réactions un intermédiaire commun, qui capte l'énergie de la réaction exoénergétique et la redonne au moment voulu pour que la réaction endoénergétique puisse avoir lieu. Cet intermédiaire est l'ATP. Un enzyme spécifique détache un groupement phosphate terminal de la molécule d'ATP ; or cette liaison phosphate est très riche en énergie (30 kJ / mol), cette énergie peut être exploitée pour une réaction endoénergétique. La réaction est la suivante :



L'ADP et le phosphate inorganique (Pi) peuvent redonner de l'ATP grâce à une enzyme spécifique (l'ATP-synthétase) : cette synthèse d'ATP est réalisée grâce aux dégradations des métabolites pendant la respiration ou pendant les fermentations ; en effet ces réactions libèrent l'énergie nécessaire à la reformation de l'ATP depuis l'ADP et le Pi.

L'énergie en excès est libérée sous forme de chaleur et ne peut être utilisée comme intermédiaire énergétique dans la cellule : ce sont des pertes. La molécule d'ATP n'est pas une source d'énergie mais un intermédiaire énergétique entre les différentes réactions chimiques au sein de la cellule. Le fait qu'elle soit constamment hydrolysée et régénérée explique qu'elle est toujours présente dans le milieu cellulaire en très petites quantités.

 Objectifs du chapitre

- Décrire la structure de l'ADN et ses fonctions.
- Donner les fonctions des différents types d'ADN.
- Décrire les différentes étapes de la synthèse des protéines.

Introduction

Définition

L'ADN est une molécule présente dans toutes les cellules vivantes, il porte l'information génétique et constitue le génome des êtres vivants, il détermine la synthèse des protéines par l'intermédiaire de l'ARN.

Dans les cellules **eucaryotes** l'ADN est contenu dans le noyau et une petite partie dans la matrice des mitochondries ainsi que dans les chloroplastes. Dans les cellules procaryotes l'ADN est contenu dans le **cytoplasme**. Certains virus possèdent également de l'ADN dans leur capsid.

1 — Les Fonctions de l'ADN

L'ADN est une **macromolécule, polymère de nucléotides** (dAMP, dTMP, dGMP, dCMP) dont la structure et les propriétés chimiques lui permettent de remplir les fonctions suivantes :

- stockage de l'**information génétique** ;
- la transmission de l'information génétique de génération en génération, permettant l'**hérédité** ;
- diversité des individus et évolution possible des espèces. L'ADN est composé de séquences de nucléotides ; on parle de polymère de nucléotides ou encore de polynucléotides. Chaque nucléotide est constitué de trois éléments liés entre eux : un groupe phosphate lié à un sucre, le désoxyribose, lui-même lié à : une base azotée.

Il existe 5 bases azotées : Adénine (A) ,Guanine (G) ,Thymine (T) qu'on ne trouve que dans l'ADN ,Cytosine (C) ,Uracile (U) qu'on ne trouve que dans l'ARN.

Base + sucre = nucléoside. Base + sucre + acide phosphorique = nucléotide.

Dans l'ADN, les nucléotides sont reliés entre eux selon une certaine séquence grâce à des liaisons 3'-5' phosphodiester (liaisons fortes).

Les brins d'ADN sont orientés dans le sens 5' vers 3'. Deux brins d'une double hélice sont complémentaires et antiparallèles. L'ADN est double-brin, on dit qu'elle est bicaténaire. La réplication de l'ADN est semi-conservative.

La complémentarité entre les bases azotées de l'ADN et de l'ARN est due à des liaisons hydrogène.

2 - Différents types d'enzymes liées à l'ADN

Plusieurs enzymes sont impliqués dans le métabolisme de l'ADN.

- ADN **hélicase** catalyse le déroulement des brins complémentaires d'une double hélice d'ADN.
- ADN **ligase** catalyse la liaison entre deux molécules séparées d'ADN, formant des liaisons phosphodiester entre l'extrémité 3'-hydroxyl de l'une et l'extrémité 5'-phosphate de l'autre. Son rôle naturel réside dans la réparation et la réplication de l'ADN.
- ADN **polymérase** : enzyme catalysant la polymérisation (5' vers 3') des monodésoxynucléotides triphosphates qui constituent l'ADN.
- ADN **topoisomérase** catalyse l'introduction ou l'enlèvement des surenroulements dans l'ADN.

3 - La synthèse des protéines

La **synthèse** des protéines l'assemblage d'une chaîne protéique en combinant des acides aminés isolés présents dans son cytoplasme, guidé par l'information contenue dans l'ADN. Elle se déroule en deux étapes successives : la transcription et la traduction.

3.1 La transcription

C'est la synthèse par l'ADN d'un **ARNm** dont la séquence est complémentaire de l'un des deux brins d'ADN matrice, elle se déroule dans le noyau de la cellule. L'ARNm formé se détache et migre hors du noyau cellulaire dans le cytoplasme en sortant par les pores nucléaires. A part l'ADN et l'ARNm, d'autres types d'ARN sont formés, notamment l'**ARNt** (il est globulaire et formée de peu de nucléotides ≈ 70) et l'**ARNr**. Tous ces ARN vont intervenir dans la traduction.

3.2 La traduction

Elle se fait dans le cytoplasme.

Définition

Le code génétique est le système de correspondance entre les séquences de nucléotides de l'ADN et les séquences en acides aminés des protéines, il présente les codons et les acides aminés correspondants.

L'enchaînement des quatre **nucléotides A, C, T, G**, dans une séquence génique doit coder l'enchaînement des 20 acides aminés au niveau de la protéine. Si une base codait un seul acide aminé, seuls 4 acides aminés pourraient être codés de façon non ambiguë. Le codage d'un acide aminé nécessite donc au minimum une suite de 3 bases (64 possibilité d'arrangement). Il serait possible donc de coder 61 acides aminés différents et 3 codons d'arrêt de la traduction ou codon stop : **UAA, UAG et UGA**. La leucine est par exemple codée par les triplets **CUU, CUC, CUA et CUG**. On dit que le code génétique est redondant ou dégénéré. Mais à un triplet donné ne correspond qu'un seul acide aminé.

Le **code génétique** est **universel** car un même triplet correspond à un même acide aminé que ce soit chez l'homme, l'animal, le végétal ou la bactérie. Certains codons ne correspondent à aucun **acide aminé**, ce sont les codons « Stop » ou « Non Sens ».

Définition

La traduction est la transformation d'un message contenu dans l'ARNm en une chaîne polypeptidique, elle se réalise au niveau des ribosomes avec l'intervention des ARNt en 3 étapes : l'initiation, l'élongation et la terminaison.

La synthèse des protéines nécessite donc la présence de diverses molécules (ARNm, ARNt, ARNr, ADN) ainsi que de structures cellulaires telles que les ribosomes, l'**appareil de Golgi** ou le **R.E.**

☀ Objectifs du chapitre

- Donner la structure d'un écosystème.
- Ressortir les différentes relations interspécifiques.
- Définir cycle biogéochimique et faire ressortir les phénomènes géologiques, biologiques et chimiques associés.

Introduction

Les biomes sont des ensembles d'écosystèmes spécifiques à un type de végétation : c'est le cas de la savane, la steppe, la forêt.

1 — L'écologie

Définition

L'**écologie** est la science qui étudie les relations des êtres vivants avec leur habitat et l'environnement, ainsi qu'avec les autres êtres vivants.

Le terme « écologie » fut inventé en 1866 par le biologiste allemand Ernst Haeckel, il désignait dans un sens large la science des conditions d'existence. Le terme écologie derive du grec « **oikos** » (maison) et « **logos** » (discours, sciences, connaissance) est l'étude scientifique des interactions qui déterminent la distribution et l'abondance des organismes vivants. Le premier principe de l'écologie est que chaque être vivant est en relation continue avec tout ce qui constitue son environnement. Il y a un écosystème dès qu'il y a interaction durable entre des organismes et un milieu.

L'écosystème = biocénose + biotope.

Définitions

- **Biocénose** : ensemble des êtres vivants dans un milieu donné en un moment donné.
- **Biotope** : milieu dans lequel vivent les êtres vivants.
- **Faune** : ensemble d'espèces animales présentes dans un espace géographique ou un écosystème déterminé à une époque donnée.

Définition

- **Flore** : ensemble des plantes.

Les éléments dits **abiotiques** sont : l'**eau**, l'**air**, le **sol**, la **température**, la **lumière**.

La **biocénose** se caractérise par des facteurs écologiques biotiques de deux types : les relations intra-spécifiques et inter-spécifiques.

Définition

Les **relations intra- spécifiques** sont celles qui s'établissent entre individus de la même espèce, formant une population.

Il s'agit de phénomènes de **coopération** ou de **compétition** avec partage du territoire et parfois organisation en société **hiérarchisée**.

Les relations **interspécifiques**, c'est-à-dire celles entre espèces différentes sont nombreuses et décrites en fonction de leur effet bénéfique, maléfique ou neutre. La relation la plus importante est la relation de **prédation** (manger ou être mangé) laquelle conduit à la notion de chaîne alimentaire.

Définition

La **niche écologique** est ce que partagent deux espèces quand elles habitent le même milieu et qu'elles ont le même régime alimentaire.

Les **interactions** existantes entre les différents êtres vivants s'accompagnent d'un brassage permanent de substances minérales et organiques, absorbées par les êtres vivants pour leur croissance, leur entretien et leur **reproduction**, et rejetées comme déchets. Ces recyclages permanents des éléments (en particulier le C,O et N) ainsi que l'eau sont appelés **cycles biogéochimiques**. L'**écosystème** tend également à évoluer vers un état théorique d'équilibre idéal : le **climax**.

Définition

Biosphère : ensemble des biomes ou ensemble des lieux où la vie est possible. Les écosystèmes ne sont pas isolés les uns des autres, mais interdépendants. Dans un écosystème, les liens qui unissent les espèces sont le plus souvent d'ordre alimentaire.

On distingue trois catégories d'organismes :

- les **producteurs** (les végétaux chlorophylliens), qui consomment de la matière minérale et produisent de la matière organique : ce sont des autotrophes ;
- les **consommateurs** (les animaux), qui peuvent être de premier ordre (phytophage), de deuxième ordre ou plus (les carnivores) et qui sont des hétérotrophes ;
- les **décomposeurs** (les bactéries, champignons) qui dégradent les matières organiques de toutes les catégories et restituent au milieu les éléments minéraux.

Ces relations forment des séquences, où chaque individu mange le précédent et est mangé par celui qui le suit, on parle de chaîne alimentaire ou de réseau alimentaire. Dans un réseau alimentaire, quand on passe d'une chaîne trophique à l'autre (maillon du réseau), le nombre d'êtres vivants diminue (Figure 54).

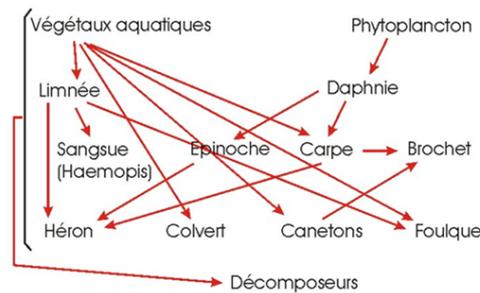


Figure 54 : Un exemple de réseau trophique

Définition

Un **parasite** est un organisme qui vit de façon obligatoire aux dépens d'un autre être vivant.

Définition

La **symbiose ou mutualisme** : association entre deux organismes hétérospécifiques et à bénéfice réciproque. La symbiose est obligatoire alors que le mutualisme ne l'est pas.

La symbiose peut être de deux types :

- l'**ectosymbiose** : le symbiote vit à la surface de l'hôte ;
- l'**endosymbiose** : le symbiote est situé dans l'espace intercellulaire, intracellulaire

1.1 Différentes catégories de symbioses

- **Obligatoires** (parasitisme, mutualisme).
- **Non-obligatoire** (commensalisme, coopération).

Exemple

Escherichia coli present dans le tube digestif de l'homme.

1.2 Différentes relations interspécifiques

Le tableau suivant résume les possibilités d'interactions en termes d'effets entre une espèce A et une espèce B.

Tableau 10 : Différentes relations interspécifiques

Type	Association		Séparation	
	A	B	A	B
Neutralisme	0	0	0	0
compétition	-	-	0	0
Mutualisme	+	+	-	-
Commensalisme A vers B	+	0	-	0
Coopération	+	+	0	0
Phorésie	+	0	(-)	0
Parasitisme/prédation	+	-	-	0
Inquilinisme	+	(+)	-	(-)

2 - Crises écologiques

Définition

Une **crise écologique** ou **crises biologiques** est ce qui se produit lorsque l'environnement biophysique d'un individu, d'une espèce ou d'une population d'espèces évolue de façon défavorable à sa survie.

Il peut s'agir :

- d'un **environnement** dont la qualité se dégrade par rapport aux besoins de l'espèce, suite à une évolution des facteurs écologiques abiotiques ;
- d'un **environnement** qui devient défavorable à la survie de l'espèce (ou d'une population) suite à une modification de l'habitat ;
- d'une **situation** qui devient défavorable à la qualité de vie de l'espèce (ou de la population) suite à une surpopulation.

3 - Cycles biogéochimiques

Un **cycle biogéochimique** est la transformation d'un élément chimique naturel de sa forme minérale à sa forme organique et vice-versa. C'est le cas du cycle du carbone ou du cycle de l'azote. Dans le cycle de l'azote, les réactions minéralisatrices telles que la combustion, la respiration, la fermentation permettent de transformer le carbone organique en carbone minérale (Figure 55).

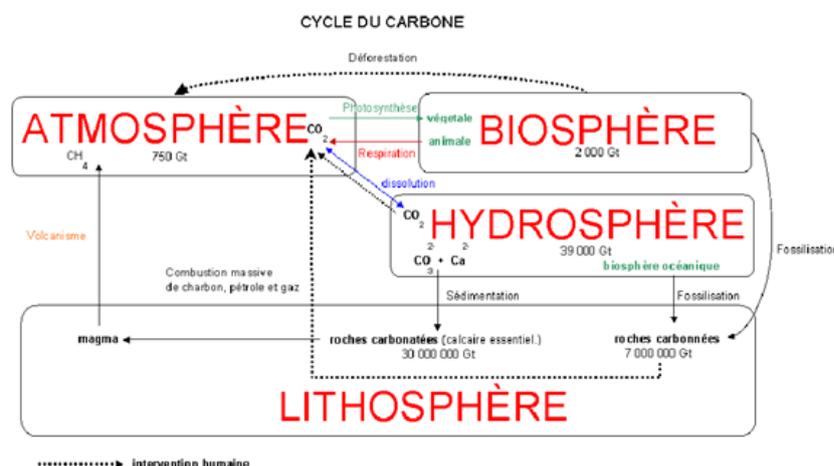


Figure 55 : Cycle Biogéochimique du carbone

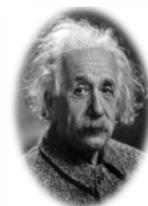
Partie

2

COURS DE CHIMIE

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein



1 – L'atome et le noyau atomique

1.1 Constitution

L'atome est constitué d'un noyau autour duquel gravitent des électrons, l'ensemble de ces électrons constitue le nuage ou cortège électronique. Le noyau à son tour est constitué de particules appelés Nucléons : il s'agit des protons et des neutrons.

Un atome est représenté par le symbole ${}^A_Z X$ où Z correspond au numéro atomique ou au nombre de charge (protons ou électrons). Et A au nombre de masse ou au nombre de nucléons. Le nombre de neutrons est noté $N = A - Z$. Un élément chimique est caractérisé par son numéro atomique Z et à chaque valeur de Z correspond un unique élément chimique.

Dans un atome, il y a autant de protons que d'électrons, la charge électrique totale de l'atome est de ce fait nulle, on dit que l'atome est électriquement neutre.

La quasi-totalité de la masse d'un atome est concentrée dans le noyau. L'espace séparant le noyau des électrons est très grand, ainsi la plus grande partie du volume d'un atome est constituée de vide. Ce constat expérimental fait par Lord Ernest Rutherford le fit conclure que l'atome a une structure lacunaire.

Particule	Masse (kg)	Charge (en coulomb : C)
Électron	$m_e = 9.1 \times 10^{-31}$	$q_e = -e = -1.6 \times 10^{-19}$
Proton	$m_p = 1.674927 \times 10^{-27}$	$q_p = e = 1.6 \times 10^{-19}$
Neutron	$m_n = 1.674927 \times 10^{-27}$	$q_n = 0$
Noyau	$Z.m_p + N.m_n$	$Z.q_p + N.q_n = Z.e$
Atome	$Z.m_e + Z.m_p + N.m_n$	$Z.q_e + Z.q_p + N.q_n = 0$

1.2 Quelques définitions

Définitions

- **Ion** : c'est un atome ou un groupe d'atome ayant perdu (cation) ou gagné (anion) un ou plusieurs électrons.
- **Isotones** : ce sont des nucléides dont les nombres de neutrons sont identiques.

Exemple : ${}^{15}_7 N$, ${}^{16}_8 O$ et ${}^{17}_9 F$.

- **Isobares** : ce sont des nucléides de numéros atomiques différents mais dont les nombres de masses sont identiques.

Exemple : ${}^{40}_{19} K$ et ${}^{40}_{18} Ar$, ${}^{13}_6 C$ et ${}^{13}_7 N$.

Définitions

- **Isotopes** : ce sont des atomes caractérisés par le même numéro atomique Z et des nombre de nucléons A différents. Ils diffèrent aussi par le nombre de leurs neutrons.

Exemple : ${}^{12}_6C$, ${}^{13}_6C$ et ${}^{14}_6C$.

- **Masse atomique d'un élément** : un grand nombre d'élément existe à l'état naturel sous forme d'un mélange de leurs isotopes. Ainsi la masse atomique correspond à la moyenne pondérée des masses isotopiques :

$$m_A = \frac{\sum m_i x_i}{100}$$

avec x_i , le pourcentage de l'isotope considéré et m_i sa masse.

2 - L'élément chimique

Un **élément chimique** désigne l'ensemble des particules (atomes ou ions), caractérisées par le même numéro atomique Z . parmi les éléments connus seul les 92 premiers sont naturels ; les autres ($Z > 92$) sont artificiels.

3 - Configuration électronique des atomes

3.1 Les nombres quantiques

3.1.1 Nombre quantique principal : n

Le nombre quantique n est un entier naturel non nul il définit la couche électronique.

- À $n=1$ correspond à la couche K.
- À $n=2$ correspond à la couche L
- À $n=3$ correspond à la couche M.
- À $n=4$ correspond à la couche N.

3.1.2 Nombre quantique azimutal : l

Parmi les états définis par n , on distingue les états définis par l .

l prend les valeurs comprises entre 0 et $(n - 1)$ et définit la sous couche électronique.

- $l = 0$ sous couche s $2e^-$.
- $l = 1$ sous couche p $6e^-$.
- $l = 2$ sous couche d $10e^-$.
- $l = 3$ sous couche f $14e^-$.

- $l = 4$ sous couche g $18e^-$.

3.1.3 Nombre quantique magnétique

m prend toutes les valeurs comprises entre $-l$ et $+l$: $-l \leq m \leq +l$.

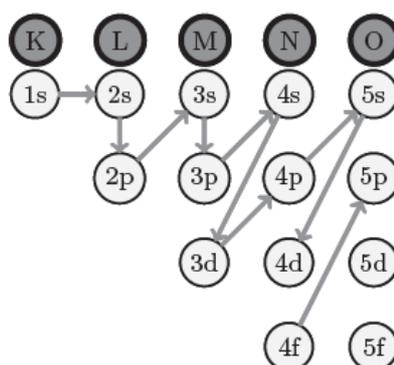
3.1.4 Nombre quantique de spin

Pour faire respecter le principe d'exclusion de Pauli, il faut introduire le nombre quantique de spin. Il ne peut prendre que les valeurs $-1/2$ et $+1/2$.

Les 4 nombres quantiques définissent complètement un électron.

3.1.5 Représentation de la structure électronique d'un atome

L'ordre de remplissage des orbitales est donnée par le tableau de Klechkowski



Exemple

- Carbone ($Z = 6$) : $1s^2 2s^2 2p^2$.
- Phosphore ($Z=15$) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.
- Titane ($Z = 22$) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 4s^2 3d^2$.

3.1.6 Structure électronique des ions

Pour les cations la règle est que ce sont en général les électrons de la dernière couche qui disparaissent.

Exemple

- Na^+ ($Z = 11$) : $1s^2 2s^2 2p^6$.
- Ti^{2+} ($Z = 22$) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3d^2$.
- Ti^{4+} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

Pour les anions, il suffit d'ajouter les électrons correspondant au nombre de charges élémentaires négative.

Exemple

L'ion $F^- (Z = 9) : 1s^2 2s^2 2p^6$.

4 - Tableau périodique des éléments

4.1 Principe de la classification actuelle

La présentation actuelle de la classification périodique dérive de celle de Mendeleïv. Les éléments y sont regroupés en 7 lignes et 18 colonnes et classés dans l'ordre croissant de leurs numéros atomiques Z .

4.2 Description de la classification périodique des éléments

Nous distinguons essentiellement :

- Des lignes horizontales appelées période dans lesquelles les éléments sont classés de gauche à droite selon l'ordre croissant du numéro atomique Z .
- Des colonnes verticales qui correspondent à des groupes chimiques. Les éléments définis par une même colonne ont les configurations électroniques de leurs couches externes identiques.

4.2.1 Description succincte des périodes

- La première période correspondant au remplissage de la couche K ($n=1$) (2 éléments).
- La 2ème période correspondant au remplissage de la couche L ($n=2$) (8 éléments).
- La 3ème période correspondant au remplissage de la couche M ($n=3$) (8 éléments).
- La 4ème période elle correspond au remplissage de la couche N (18 éléments).

4.2.2 Description succincte des colonnes

Les propriétés chimiques des atomes des différents éléments dépendent essentiellement du nombre d'électrons présents dans leur couche externe, or les atomes des éléments appartenant à une même colonne du tableau périodique possèdent le même nombre d'électrons dans leur couche externe. Ainsi les atomes des éléments d'une même colonne ont des propriétés très semblables, même si elles ne sont pas rigoureusement identiques. On dit que les éléments d'une même colonne constituent une famille chimique.

Les éléments de la première colonne, (à l'exception de l'hydrogène) constituent la famille des **métaux alcalins**. Ils ont un seul électron sur leur couche externe et forment des ions M^+ .

Les éléments de la deuxième colonne constituent la famille des **métaux alcalino-terreux**. Ils ont deux électrons sur leur couche externe et forment des ions M^{2+} .

Les éléments de la 16ème colonne constituent la famille des **chalcogènes**. Ils ont six électrons sur leur couche externe et forment des ions X^{-2} .

Les éléments de la 17^{ème} colonne constituent la famille des **halogènes**. Ils ont sept électrons sur leur couche externe et forment des ions X^- .

Les éléments de la 18^e colonne constituent la famille des **gaz rares**. Ils ont huit électrons sur leur couche externe et n'ont pas besoin de former des ions car ils satisfont la règle de l'octet.

- Les groupes 1 et 2 forment le bloc S : ns^x $x = 1$ ou 2 .
- Les groupes 3 à 12 sont les métaux de transition et forment le **bloc D** : $ns^2(n-1)d^y$ ($1 \leq y \leq 10$).
- Les éléments du groupe 13 sont les terreux : ns^2np^1 .
- Les éléments du groupe 14 sont les carbonium : ns^2np^2 .
- Les éléments du groupe 15 sont les azotiles : ns^2np^3 .

4.2.3 Description succincte des colonnes

- **Volume et rayon atomique** augmentent de droite à gauche dans une ligne et du haut vers le bas dans une colonne.
- Le **pouvoir oxydant** croît de la gauche vers la droite dans une ligne et du bas vers le haut dans une colonne.
- Le **pouvoir réducteur** ou caractère métallique évolue en sens inverse du pouvoir oxydant.
- L'**énergie d'ionisation** (énergie minimale qu'il faut fournir à un atome pour lui arracher un électron.) et l'**électronégativité** (force avec laquelle un élément attire vers lui les électrons ou un doublet d'électron et la liaison à laquelle il participe) croissent de la gauche vers la droite dans une ligne et du bas vers le haut dans une colonne.
- L'**affinité électronique** croît de la droite vers la gauche dans une ligne et du haut vers le bas dans une colonne.
- Le **rayon atomique** croît lorsqu'on parcourt une période de droite à gauche, et une colonne de haut en bas.

4.2.4 Description succincte des colonnes

Définition

La **valence** est le nombre de liaisons covalentes que peut établir un atome.

Elle dépend du nombre d'électrons que présente cet atome sur sa couche externe. Rappelons que :

- Pour l'hydrogène dont seule la couche K est concernée, la règle du duet permet de prévoir que cet atome peut donner une liaison covalente.
- Pour les atomes des autres éléments dont les couches externes sont L ou M et qui possèdent p électrons dans cette couche externe, la règle de l'octet permet de prévoir qu'ils peuvent établir $(8 - p)$ liaisons covalentes.

L'oxygène se situe dans la colonne $p = 6$. Un atome d'oxygène pourra établir $8 - 6 = 2$ liaisons covalentes.

1 - Les mélanges

1.1 Les types de mélanges

La matière se présente le plus souvent sous forme d'un mélange dans un des trois états physiques : Solides liquides ou gazeux, ou éventuellement une combinaison de ces états.

Un **mélange** est un ensemble constitué de substances de même nature ou de natures différentes que l'on peut séparer par les procédés physiques.

On en distingue deux types :

- Les **mélanges homogènes** : Ce sont des mélanges dans lesquels on ne peut distinguer les différents constituants car toutes les particules ont les mêmes propriétés.
- Les **mélanges hétérogènes** : Ce sont des mélanges dans lesquels on distingue les différents constituants ; Un mélange hétérogène est un mélange de plusieurs phases homogènes.

Remarques

- Un mélange de deux phases liquide est homogène si les liquides sont miscibles (l'eau et l'alcool) et hétérogène s'ils ne sont pas miscibles.
- Un mélange de deux phases gazeuses est homogène.
- Un mélange de deux phases solide est hétérogène

1.2 Méthodes de séparation des constituants d'un mélange

Les méthodes de séparation utilisées dépendent du type de mélange.

- La **filtration** : C'est une méthode utilisée pour séparer un mélange de solide et de liquide qui consiste à faire passer le mélange à travers un papier filtre qui va retenir la partie solide, celle liquide va se retrouver dans un vase, le liquide obtenu est appelé filtrat.
- La **décantation** : C'est une méthode utilisée pour séparer un mélange de suspension solide dans un liquide qui consiste à laisser l'ensemble dans une ampoule à décanter puis au repos, de laisser couler le liquide, on l'utilise aussi pour séparer un mélange de deux liquides non miscibles.
- La **centrifugation** : C'est une méthode de séparation de suspensions solide dans un liquide qui accélère la décantation du mélange en utilisant un rapide mouvement de rotation. L'appareil utilisé est appelé centrifugeuse.

- **La** : C'est une méthode de séparation utilisée pour séparer un mélange de deux liquides miscibles ayant des températures d'ébullition différentes.
- Le **triage magnétique** : c'est une méthode de séparation utilisé pour séparer deux solides exles : le fer et le cuivre.
- Le **tamissage** : C'est une méthode de séparation utilisé pour séparer un mélange de deux solides basée sur la différence de granulométrie des substances.

Exemple

Le haricot et les graines de maïs.

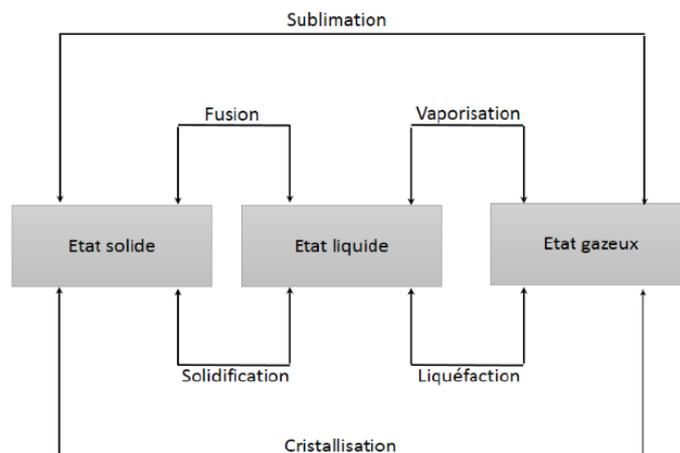
2 - Les corps purs

La très grande majorité des corps purs peut se trouver dans les trois états physiques : **gazeux, liquide, solide**.

Définition

Un corps est dit pur lorsqu'il possède des propriétés physiques bien définies (température de solidification, de vaporisation, etc.).

La température de changement d'état d'un corps pur reste constante pendant la transformation. Les passages d'un état à un autre sont définis de la façon suivante :



Il existe 2 types de corps purs : les corps purs simples et les corps purs composés

- **Corps simple** : c'est un corps constitué d'une seule espèce atomique.

Exemple

H_2 , O_2 , Cl_2 .

- **Corps composé** : c'est un corps constitué d'au moins deux espèces atomiques.

Exemple

$NH_3, H_2O, CH_4.$

2.1 Etat gazeux

L'état gazeux est l'état le plus simple de la matière.

2.1.1 Principales lois physiques du gaz parfait

① Loi de Boyle-Mariotte

A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à sa pression $V \propto 1/P$ à T constant.

② Loi de Gay Lussac

A pression constante, le volume occupé par un gaz est proportionnel à la température absolue (degré Kelvin) $V \propto T$ à P constant

③ Hypothèse d'Avogadro-Ampère

Dans les mêmes conditions de température et de pression, le volume V d'une mole d'un gaz est le même quel que soit la nature du gaz. $V \propto n$.

L'équation des gaz parfaits permet de regrouper toutes les variables d'états du gaz : pression (p) volume (V) nombre de mole (n) et température (T).

On a $V \propto 1/P$; $V \propto T$; $V \propto n$. Ces trois relations conduisent à l'équation d'état des gaz parfait $PV = nRT$. L'utilisation de cette équation dans la pratique nécessite beaucoup de rigueur.

- Si P est en Pa, V est en m^3 , T en kelvin $R = 8,314 J.mol^{-1}.K^{-1}$.
- Si P est en Atm, V est en L , T en kelvin $R = 0,082 Atm.L.mol^{-1}$, $1 Atm = 1,013 \times 10^5 Pa$.

2.1.2 Notion de pression partielle

Définition

La **pression partielle** d'un gaz est la pression qu'aurait ce gaz s'il occupait seul le volume considéré.

La pression totale d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles P_i de tous les constituants gazeux de ce mélange. $P = \sum P_i$.

Les lois sur les gaz parfaits sont applicables aux pressions partielles des gaz : $P_i V_i = n_i R T$.

Pour les mélanges de gaz, on utilise également les expressions quantitatives suivantes :

● Fraction molaire

C'est le rapport du nombre de moles d'un gaz au nombre total de moles de gaz : $X_i = n_i/n_T$.

On n'admet que la somme des fractions molaires est égale à l'unité $\sum X_i = 1$.

● Composition centésimale en volume ou pourcentage en volume du gaz considéré

Soit V le volume total du mélange gazeux et V_i le volume du gaz i on a : $V = \sum V_i$.

Le pourcentage en volume de chaque gaz est $\%V = V_i/V \times 100$.

Comme l'équation des gaz parfaits est appliquée à chaque gaz, on a :

- **Masse volumique ρ**

C'est le rapport de la masse au volume de gaz $\rho = m/V$.

- **Densité**

Elle est donnée par la relation : $d = \rho/\rho_{\text{air}}$.

2.2 L'état liquide et les solutions

L'état liquide est un état condensé de la matière. Les molécules qui le constitue sont dans un état désordonné en mouvement tout en étant en contact cette cohésion étant assurée par des forces intermoléculaires. Une solution est un corps dissout dans un liquide. Le liquide qui dissout s'appelle solvant la substance dissoute s'appelle soluté si le solvant est l'eau, c'est une solution aqueuse.

Quantitativement, une solution es généralement défini par sa concentration qui peut s'exprimer de diverses manières.

2.2.1 Concentration

- **Concentration en mole rapportée par un volume**

- ★ **Molarité ou concentration molaire ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ou M)**

C = nombre de mole de soluté/nombre de litre de solution. $C = n/V$.

- ★ **Normalité**

N = nombre de mole de l'espèce régissante/nombre de litre de solution (mol de .../L) $N = x.C$ Où x représente le nombre de charges échangés au cours de la réaction.

- **Concentrations en mole rapportée à une masse**

- ★ **Molalité (mol/Kg)**

C_m = nombre de mole de soluté/nombre de kg de solvant. $C_m = n_i/m_s$.

- **Concentrations en masse rapportée à un volume**

- ★ **Concentration pondérale (g/l)**

P = masse de soluté/nombre de litre de solution $P = m/V$ ou $P = C \times M$.

C : concentration molaire et M : masse molaire

La dilution est égale à l'inverse de la concentration.

- ★ **Pourcentage massique**

$$\%m = \frac{P}{(P + 1000) \times 100} \approx 0,1P.$$

P : concentration pondérale

- ★ **Degré (ou coefficient) de dissociation**

$$\alpha = \frac{\text{Nombre de molécules dissociées}}{\text{Nombre initiale de molécules}}$$

2.2.2 Conduction dans les solutions

Dans une solution aqueuse, le passage de courant est assuré par le déplacement des ions. Les cations se déplacent dans le sens conventionnel du courant, les anions en sens inverse.

La conductivité σ de la solution traduit son aptitude à conduire le courant électrique.

Son unité est le siemens par mètre ($S.m^{-1}$). Elle dépend de la nature des ions présents dans la solution et croît avec la concentration molaire en soluté apporté et avec la température.

A chaque ion d'une solution ionique, on affecte une conductivité molaire ionique λ (en $S.m^2.mol^{-1}$).

Pour une solution ionique diluée contenant les ions M^+ et X^- et dont les concentrations sont notées $[M^+]$ et $[X^-]$.

On a : $\sigma = \lambda_{M^+}[M^+] + \lambda_{X^-}[X^-]$.

Dans un cadre plus général, on obtient :

$$\sigma = \sum \lambda_i C_i.$$

1 - Cinétique chimique

1.1 Avancement d'une réaction chimique

L'avancement d'une réaction est une grandeur qui permet de suivre l'évolution des quantités de matière de toutes les espèces présentes dans le système au cours du temps. Il pourrait de manière grotesque être assimilé au nombre de mole d'une espèce ayant été transformée.

Considérons la réaction chimique dont l'équation est :



où A et B sont les réactifs, C et D les produits et a, b, c et d sont les coefficients stoechiométriques.

Définissons x : l'avancement de la réaction ; $n(A)_0$: quantité de matière initiale de A , $n(A)_t$: quantité de matière à la date t .

Le tableau d'avancement consiste à faire un bilan de matière de la réaction, à l'instant initial ($t = 0$) et à un l'instant quelconque t .

Equation de la réaction	aA	+	bB	\longrightarrow	cC	+	dD
À $t = 0$	$n(A)_0$		$n(B)_0$		$n(C)_0$		$n(D)_0$
À t	$n(A) = n(A)_0 - ax$		$n(B) = n(B)_0 - bx$		$n(C) = cx$		$n(D) = dx$

D'après le tableau précédent :

$$x = \frac{n(A)_0 - n(A)}{a} = \frac{n(B)_0 - n(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}.$$

Par définition, la valeur commune x de ces rapports est appelée avancement de la réaction.

1.2 Vitesse volumique de réaction

$$v = \frac{dx}{V \cdot dt}$$

Avec

- v : vitesse volumique de réaction en $mol \cdot m^{-3} \cdot s^{-1}$;
- V : volume de la solution en m^3 ;
- dx : variation de l'avancement en mol.

Remarque

Il arrive fréquemment que le volume V soit exprimé en litre. La vitesse de réaction est alors exprimée en $\text{mol.L}^{-1}.\text{S}^{-1}$. Le rapport $\frac{dx}{dt}$ représente la dérivée par rapport au temps de l'avancement.

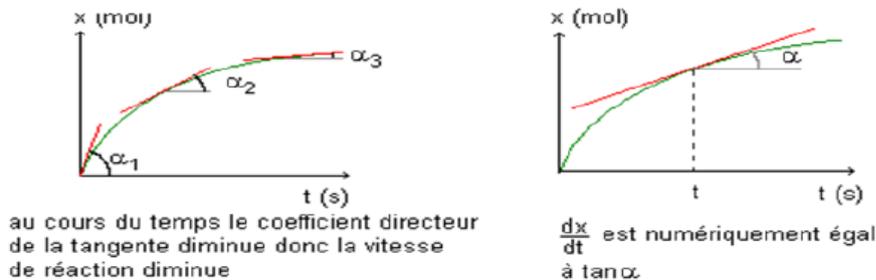
1.2.1 Méthodes de détermination de la vitesse volumique de réaction

● Graphiquement

On trace la tangente à la courbe $x = f(t)$ à la date t choisie. La valeur du rapport $\frac{dx}{dt}$ est égale au coefficient directeur de cette tangente. On divise alors cette valeur par la valeur de V (volume de la solution).

● Par le calcul

Un tableur calcule la vitesse v à partir des valeurs de V , t_i et x_i .



Au cours du temps les réactifs disparaissent donc leur concentration diminue.

$\frac{dx}{dt}$ est numériquement égal à $\tan \alpha$.

1.3 Facteurs cinétiques

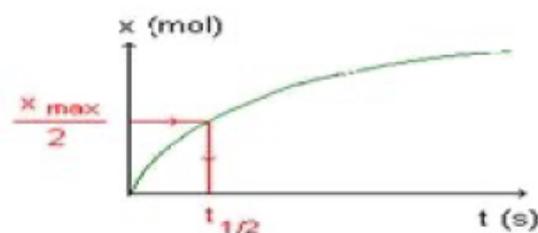
Un facteur cinétique permet de modifier la vitesse d'une transformation chimique.

- La **température** : En général, la vitesse d'une réaction augmente avec la température
- **Concentration des réactifs** : la vitesse de la réaction est d'autant plus grande que la concentration des réactifs est importante.
- Le **catalyseur** : un catalyseur augmente la vitesse d'une réaction.
- La **surface de contact** : la vitesse est d'autant plus grande que la surface de contact est importante..

1.4 Temps de demi-réaction

Temps de demi-réaction Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement x est égal à la moitié de l'avancement final. $X = \frac{X_f}{2}$ la transformation est totale, ce qui correspond à la disparition du réactif limitant $X_f = X_m$ alors $X = \frac{X_m}{2}$ à partir du réactif limitant dans le tableau d'avancement.

On en déduit : $X = \frac{X_m}{2}$. En reportant cette valeur sur la courbe $x = f(t)$ on déduit par simple lecture graphique la valeur de $t_{1/2}$.



1.5 Méthodes utilisées en cinétique chimique

Il s'agit des méthodes permettant de suivre l'évolution d'une transformation chimique et en particulier de déterminer $x = f(t)$ et la vitesse de la réaction.

1.5.1 Méthodes chimiques

Elles sont peu commodes pour les raisons suivantes :

- Il faut titrer soit l'un des réactifs soit l'un des produits de façon à ce qu'avec l'aide du tableau d'avancement on puisse déterminer $x = f(t)$.
- L'étude est effectuée en discontinu.
- Il faut effectuer des prélèvements dans le milieu réactionnel ou disposer de plusieurs échantillons. Dans tous les cas il faut travailler sur des quantités relativement importantes.

1.5.2 Méthodes physiques

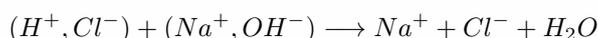
Il est possible d'utiliser cette méthode lorsque certaines grandeurs physiques mesurables dans le milieu réactionnel dépendent de la concentration de certaines espèces présentes. On peut citer : **la conductimétrie, la pH-métrie, la mesure de volume ou de pression** lorsqu'un gaz est mis en jeu et la **spectrophotométrie**.

Ces méthodes sont de plus en plus utilisées pour les raisons suivantes : les mesures se font en continu, elles sont rapides, et elles nécessitent de faibles quantités de matière.

2 - Etat d'équilibre d'un système chimique

2.1 Quotient de réaction Q_r

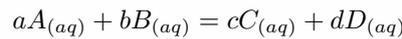
Certaines réactions chimiques peuvent être considérées comme totales par exemple la réaction en solution aqueuse :



Dans ce cas, l'avancement final est égal à l'avancement maximal. $X_f = X_m$.

Cependant de très nombreuses réactions chimiques ne sont pas totales donc leur avancement final X_f (valeur de l'avancement à la fin de la réaction) est différent de l'avancement maximal X_{\max} (valeur qu'aurait l'avancement si on supposait la réaction totale). De telles réactions peuvent se dérouler dans les deux sens. Leur sens dépend des conditions initiales imposées aux systèmes chimiques.

Soit une transformation à laquelle est associée la réaction d'équation :



Le quotient de la réaction Q_r est défini par : $Q_r = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$.

Dans l'expression de Q_r , seules sont représentées les espèces en phase aqueuse. Ce qui exclut les solides, les précipités et les gaz non dissous ; par ailleurs on ne tiendra pas compte de la concentration du solvant (très souvent l'eau). Q_r est une grandeur sans unité.

Le quotient de réaction Q_r est associé à l'équation d'une réaction écrite dans un sens donné. Si l'on écrit l'équation dans l'autre sens, son quotient de réaction est l'inverse du précédent.

Pour la réaction $cC_{(aq)} + dD_{(aq)} = aA_{(aq)} + bB_{(aq)}$, on a : $Q'_r = \frac{[A]^a \cdot [B]^b}{[C]^c \cdot [D]^d}$, soit $Q'_r = \frac{1}{Q_r}$.

2.2 Constante d'équilibre

À l'équilibre les concentrations des espèces en solution ne varient plus, elles peuvent alors être déterminées par des méthodes chimiques ou physiques (dosages, pH-métrie, Conductimétrie, spectrophotométrie,...).

Le quotient de réaction dans l'état d'équilibre d'un système est une constante à température constante.

Elle est, en particulier indépendante de la composition initiale du système chimique.

La constante d'équilibre K associée à l'équation d'une réaction est la valeur que prend le quotient de réaction dans l'état d'équilibre du système $Q_{r_{\text{éq}}}$. On a donc :

$$K = \frac{[C]_{\text{éq}}^c \cdot [D]_{\text{éq}}^d}{[A]_{\text{éq}}^a \cdot [B]_{\text{éq}}^b} = Q_{r_{\text{éq}}}$$

K est une constante qui ne dépend que de la température.

2.3 Facteurs définissant un équilibre chimique

Les facteurs susceptibles d'influencer un système en équilibre chimique sont : la température, la pression, concentration molaire et la pression partielle.

● Loi générale

Toute modification d'un facteur d'un équilibre chimique réversible provoque si elle se produit seule un déplacement de l'équilibre dans un sens qui tend à s'opposer à la variation du facteur considéré.

● Influence de la température

Une élévation de la température provoque le déplacement de l'équilibre dans le sens de la réaction endothermique.

Un abaissement de la température provoque le déplacement de l'équilibre dans un sens de la réaction exothermique.

● Influence de la pression

Une augmentation de la pression provoque le déplacement de l'équilibre dans le sens qui diminue le nombre total de molécule gazeuse.

Une diminution de pression provoque le déplacement de l'équilibre dans le sens qui augmente le nombre total de molécule gazeuse.

● Influence de la concentration

Une augmentation de la concentration d'un constituant provoque le déplacement de l'équilibre dans le sens d'une disparition accrue de la substance ajoutée. Une diminution de la concentration d'un des constituants provoque le déplacement de l'équilibre dans le sens d'une apparition accrue de la substance retirée.

3 – Evolution spontanée vers un état d'équilibre

3.1 Critère d'évolution spontanée

A l'état initial le quotient de réaction est : $\frac{[C]_i^c \cdot [D]_i^d}{[A]_i^a \cdot [B]_i^b} = Qr_i$.

A l'équilibre, $K = \frac{[C]_{\text{éq}}^c \cdot [D]_{\text{éq}}^d}{[A]_{\text{éq}}^a \cdot [B]_{\text{éq}}^b}$.

La comparaison des deux grandeurs peut conduire à Trois cas.

- $Qr_i = K$: Le système chimique est à l'équilibre. Il n'évolue pas.
- $Qr_i < K$: La réaction évolue dans le sens direct (de la gauche vers la droite).
- $Qr_i > K$: La réaction évolue dans le sens indirect (de la droite vers la gauche).

Le sens spontané d'évolution d'un système chimique est celui pour lequel la valeur du quotient de réaction initial Qr_i tend vers la valeur de la constante d'équilibre K .

3.2 Taux d'avancement final dans l'état d'équilibre

3.2.1 Influence de la composition initiale

Considérons la réaction de l'acide éthanóique avec l'eau. Le tableau d'avancement de la réaction est :

Équation de la réaction	CH_3COOH	+	H_2O	=	CH_3COO^-	+	H_3O^+
E.I(mol)	$n(AH)_0$	+		=	$n(A^-)_0 = 0$	+	$n(H_3O^+)_0 = 0$
E.t(mol)	$n(AH) = n(AH)_0 - x$	+		=	$n(A^-) = x$	+	$n(H_3O^+) = x$
E.eq(mol)	$n(AH)_{\text{eq}} = n(AH)_0 - x_{\text{eq}}$	+		=	$n(A^-)_{\text{eq}} = x_{\text{eq}}$	+	$n(H_3O^+)_{\text{eq}} = x_{\text{eq}}$

L'avancement est x_{eq} .

Si la réaction était totale, on aurait : $n(AH)_f = 0$ et $X_f = X_{\text{max}}$, alors $n(AH)_0 - X_{\text{max}} = 0$, d'où $n(AH)_0 = X_{\text{max}}$.

Le **taux d'avancement de la réaction à l'équilibre** est alors :

$$\tau = \frac{X_{\text{eq}}}{X_{\text{max}}}, \text{ soit } \tau = \frac{n(H_3O^+)_{\text{eq}}}{n(AH)_0}.$$

En divisant par le volume de la solution, on a :

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{\text{eq}}}{C}.$$

Plus la solution d'acide est diluée, plus le taux d'avancement à l'équilibre est grand. Le taux d'avancement à l'équilibre dépend de l'état initial du système chimique.

3.2.2 Influence de la constante d'équilibre

Considérons la réaction d'équation $A_{(aq)} + B_{(aq)} = C_{(aq)} + D_{(aq)}$.

$K = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$ où les réactifs ont été introduits à la même concentration initiale c ($n(A)_0 = n(B)_0$).

Le tableau d'avancement de la réaction faisant apparaître l'état initial et l'état à l'équilibre est :

Équation de la réaction	$A_{(aq)}$	+	$B_{(aq)}$	=	$C_{(aq)}$	+	$D_{(aq)}$
	$n(A)_0$		$n(B)_0$	=	$n(C)_0 = 0$		$n(D)_0 = 0$
	$n(A)_{eq} = n(A)_0 - x_{eq}$		$n(B)_{eq} = n(B)_0 - x_{eq}$	=	$n(C)_{eq} = x_{eq}$		$n(D)_{eq} = x_{eq}$

Remplaçons ce tableau par celui dans lequel nous ferons apparaître les concentrations. Remarquons, au préalable, que :

$$\tau = \frac{X_{eq}}{X_{max}} \implies X_{eq} = \tau \cdot X_{max}$$

En divisant alors toutes les quantités de matière figurant dans le tableau précédent par le volume de la solution on a :

Équation de la réaction	$A_{(aq)}$	+	$B_{(aq)}$	=	$C_{(aq)}$	+	$D_{(aq)}$
	$[A]_0 = c$		$[B]_0 = c$	=	$[C]_0 = 0$		$[D]_0 = 0$
	$[A]_{eq} = c - c\tau = c(1 - \tau)$		$[B]_{eq} = c - c\tau = c(1 - \tau)$	=	$[C]_{eq} = c\tau$		$[D]_{eq} = c\tau$

Le taux d'avancement est $K = \frac{\tau^2}{(1 - \tau)^2}$. Cette expression montre que le taux d'avancement de la réaction à l'équilibre dépend de la constante K de la réaction. Le taux d'avancement à l'équilibre est d'autant plus élevé que la constante K est plus grande.

Exemple

Si $K = 10^4$, on a : $\tau = 99\%$, la réaction peut alors être considérée comme totale.

1 - Généralités

Bronsted et Lowry ont donné une définition simple des concepts d'acide et de base comme étant respectivement un donneur et un accepteur de proton. D'autres conceptions de l'acidité sont utilisées dans les milieux non protiques (milieu où l'espèce échangeable n'est pas le proton), telle la théorie de Lewis :

Théorie	Acide	Base	Domaine d'application
Arrhenius	Donneur de H^+	Donneur de OH^-	Eau
Bronsted	Donneur de H^+	Accepteur de H^+	Toute solution
Lewis	Accpeteur paire e^-	Donneur de paire e^-	Cas général

Exemples

- $NaOH$ est une base d'Arrhenius, Bronsted et Lewis.
- NH_3 est une base de Bronsted et Lewis, mais pas d'Arrhenius.
- BF_3 est une base de Lewis, mais ni d'Arrhenius, ni de Bronsted.

Le pH doit être redéfini à partir de l'équation de Nernst, en cas de changement de conditions de température, de pression ou de solvant. Plus le pK_a est élevé, plus l'acide est faible. Un acide fort est unacide dont le pK_a est < 0 . Parfois, suivant les réactions, certains corps peuvent se comporter comme des acides ou des bases. Ces corps sont des ampholytes. On dit aussi qu'ils ont un caractère amphotère. L'eau par exemple est un ampholyte; deux couples acide/base sont possibles : H_2O/OH^- ($pK_a - 14$); $H_3O^+ = H_2O$ ($pK_a = 0$)

Une solution est un mélange homogène obtenu en dissolvant un corps appelé soluté dans un solvant. Quand le solvant est l'eau, on parle de solution aqueuse. La dilution est l'opération consistant à diminuer la concentration d'une solution. On a : $n_i = C_i V_i$; $n_f = C_f V_f$ or lors de la dilution la quantité de matière de varie pas, on peut écrire : $n_i = n_f$ d'où $C_i V_i = C_f V_f$ Toute solution aqueuse contenant les ions est électriquement neutre, la somme des charges des ions positifs compense la somme des charges des ions négatifs.

L'équation traduisant l'électroneutralité est :

$$m[C^{m+}] + n[D^{n+}] + \dots = x[A^{x-}] + y[B^{y-}] + \dots$$

Dans une solution aqueuse, les différentes espèces en présence peuvent exister à de concentrations très différentes. Par définition :

- Une espèce A est minoritaire devant une espèce B si $[A]/[B] < 10^{-2}$.
- Une espèce A est ultraminoritaire devant une espèce B si $[A]/[B] < 10^{-4}$.
- Dans les deux cas, l'espèce B est dite majoritaire.

1.1 Autoprotolyse et produit ionique de l'eau

L'eau pure contient des ions H_3O^+ et des ions OH^- , elle est légèrement conductrice de courant électrique. L'eau pure est électriquement neutre d'où : $[H_3O^+] = [OH^-]$.

H_3O^+ et OH^- proviennent de l'ionisation de l'eau suivant l'équation $2H_2O \longrightarrow H_3O^+ + OH^-$.

Cette équation porte le nom d'autoprotolyse de l'eau, elle correspond en effet à un transfert d'ion H^+ (protolyse) d'une molécule d'eau à une molécule d'eau (d'où autoprotolyse).

La réaction d'autoprotolyse de l'eau fournit autant d'ions OH^- et d'ions H_3O^+ à $25^\circ C$: $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} mol/L$. Le produit des concentration en ions OH^- et en ions H_3O^+ est appelé **produit ionique de l'eau** : $Ke = [H_3O^+].[OH^-]$. A $25^\circ C$, $Ke = 10^{-14}$. Le produit ionique de l'eau croît avec la température.

1.2 pH des solutions aqueuses

En 1909, le chimiste **Danois Sorensen** introduisit la notion de pH. $pH = -\log[H_3O^+]$.

On mesure le pH d'une solution avec

- ① Un indicateur coloré qui est une substance organique dont la couleur dépend du pH.
- ② Un papier pH qui est un papier imbibé d'indicateur coloré -Un pH-mètre qui est un voltmètre relié à deux électrodes plongées dans la solution.

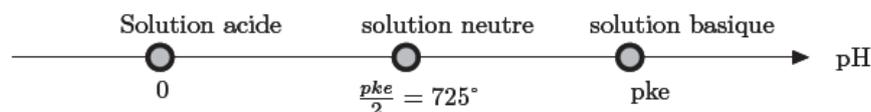
Echelle de pH

- Dans une **solution neutre**, $[H_3O^+]_f = [OH^-]_f$. Le produit ionique de l'eau s'écrit alors :

$$Ke = [H_3O^+]_f^2 \longrightarrow -\log Ke = -2\log[H_3O^+]_f \longrightarrow pH = \frac{1}{2}pKe.$$

- Dans une **solution acide**, $[H_3O^+]_f > [OH^-]_f$, soit en multipliant les deux membres par $[H_3O^+]_f$, on a :

$$[H_3O^+]_f.[H_3O^+]_f > [H_3O^+]_f.[OH^-]_f \implies [H_3O^+]_f^2 > Ke \implies pH < \frac{1}{2}pKe.$$



2 - Force d'un acide et d'une base

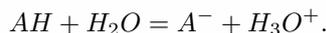
2.1 Notion de couple acide/base

Les réactions qui impliquent un échange de protons H^+ entre les réactifs sont appelées réactions acido-basiques. Un couple acide-base se note acide / base, la demi-équation acido-basique associée s'écrit :



Les espèces AH et A^- constituent un **couple acide / base (AH/ A-)** si elles sont conjuguées c'est-à-dire liées par la relation $AH = A^- + H^+$ qui correspond à un échange de proton. La **constante d'acidité** Ka est la constante d'équilibre

associée à l'équation de la réaction d'un acide avec l'eau :



La constante d'équilibre associée est : $Ka = \frac{[A^-]_{eq} \cdot [H_3O^+]_{eq}}{[AH]_{eq}}$.

Remarque

Le Ka dépend du couple acide / base considéré : $pKa = -\log Ka$, il caractérise le couple acide / base que l'on s'intéresse à la forme acide ou basique du couple.

Relation entre le pH et la constante d'acidité

$$\begin{aligned} Ka &= \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[AH]} \implies [H_3O^+] = \frac{Ka \cdot [AH]}{[A^-]} \\ &\implies \log[H_3O^+] = \log Ka + \log \frac{[AH]}{[A^-]} \\ &\implies \log[H_3O^+] = -\log Ka + \log \frac{[A^-]}{[AH]} \end{aligned}$$

$$\text{D'où } pH = pKa + \frac{[A^-]}{[AH]}.$$

2.2 Domaines de prédominance de la forme acide et de la forme basique

Toute solution aqueuse contenant un couple acide faible / base faible dans l'eau est le siège de l'équilibre :



caractérisée par Ka ou encore la relation :

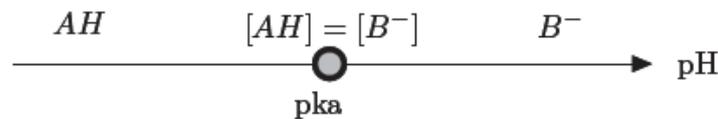
$$pH = pKa + \log \frac{[\text{base}]}{[\text{acide}]}.$$

- $pH = pKa + \log \frac{[B^-]}{[AH]} = 0 \implies [B^-] = [AH]$: acide et base conjugué ont même concentration.

•

$$\begin{aligned} pH < pKa &\implies pH - pKa < 0 \\ &\implies \left(pKa + \log \frac{[B^-]}{[AH]} \right) - pKa < 0 \\ &\implies \log \frac{[B^-]}{[AH]} < 0 \\ &\implies \frac{[B^-]}{[AH]} < 10^0 \\ &\implies [B^-] < [AH] \\ &\implies \text{Prédominance de la forme acide AH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 pH < pKa &\implies pH - pKa > 0 \\
 &\implies \left(pKa + \log \frac{[B^-]}{[AH]} \right) - pKa > 0 \\
 &\implies \log \frac{[B^-]}{[AH]} > 0 \\
 &\implies \frac{[B^-]}{[AH]} > 10^0 \\
 &\implies [B^-] > [AH] \\
 &\implies \text{Prédominance de la forme basique B.}
 \end{aligned}$$



2.3 Zone de virage d'un indicateur coloré acido-basique

Un indicateur coloré est constitué par un couple acide/ base dont les couleurs acides et bases sont différentes. La teinte de l'indicateur dépend de l'espèce qui prédomine et donc du pH de la solution :

- $pH \leq pKa - 1$: l'indicateur à la couleur de l'acide.
- $pH \leq pKa + 1$: l'indicateur à la couleur de la base.
- Dans l'intervalle $[pKa - 1; pKa + 1]$, se trouve la zone de virage. L'indicateur prend alors sa teinte sensible.

2.4 Echelle des pKa

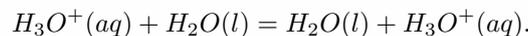
Le chlorure d'hydrogène réagit totalement avec l'eau :



C'est pourquoi HCl n'existe pas dans l'eau. On n'en déduit que H_3O^+ est l'acide le plus fort qui existe dans l'eau. OH^- est la base la plus forte qui existe dans l'eau.

Considérons le couple acide/base H_3O^+/H_2O .

Equation bilan de la réaction de l'acide H_3O^+ avec l'eau :

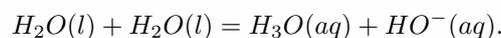


Ainsi

$$Ka = \frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f} = 1 \quad (pKa = 0)$$

Considérons le couple acide/base H_2O/HO^- .

Equation bilan de la réaction de l'acide H_2O avec l'eau :



Ainsi

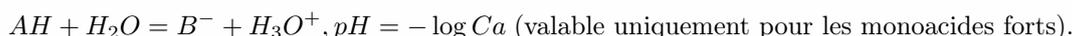
$$Ka = [H_3O^+]_f \cdot [HO^-]_f = 10^{-14} \quad (pKa = 14).$$

Les relations précédentes montrent que :

- Si un acide a une valeur de pKa négative, il n'existe pas dans l'eau.
- Si une base a une valeur de pKa supérieure à 14, elle n'existe pas dans l'eau.

2.5 Forces des acides et des bases dans l'eau

Les acides forts sont les acides qui réagissent totalement sur l'eau. On distingue les mono-acides qui libèrent une mole d'ions H_3O^+ et les polyacides qui peuvent libérer plusieurs moles d'ions H_3O^+ .



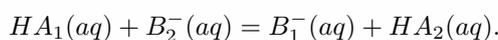
Plus l'acide est fort, plus l'équilibre est déplacé vers la droite.

Ainsi, plus l'acide est fort, plus son Ka est grand (ou son pKa petit).

Les bases fortes sont celles qui sont totalement ionisées dans en solution aqueuse. On distingue les monobases qui libèrent une mole d'ion OH^- par mole de soluté et les polybases qui libèrent plusieurs moles d'ions OH^- par mole de soluté. La relation : $pH = 14 + \log Cb$ ne s'applique qu'aux monobases fortes. Pour une dibase forte, on a : $pH = 14 + \log(2Cb)$. Plus un acide est fort, plus sa base conjuguée est faible et vice versa.

Les acides faibles comme l'acide éthanoïque, dont la réaction avec l'eau n'est pas totale, sont des acides faibles. Les acides carboxyliques sont en général des acides faibles. Les bases comme l'éthanoate de sodium dont la réaction sur l'eau est limitée sont appelées bases faibles.

Constante d'équilibre associée à une réaction acide/base Equation bilan de la réaction d'un monoacide HA_1 avec une monobase B_2 :



La constante d'équilibre associée à cette équation s'écrit :

$$K = \frac{[B_1^-] \cdot [HA_2]}{[HA_1] \cdot [B_2^-]} = \frac{[B_1^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA_1]} \times \frac{[HA_2]}{[H_3O^+]} [B_2^-] = \frac{Ka_1}{Ka_2} \text{ ou encore } pKa = pKa_2 - pKa_1.$$

Une réaction est totale si, dans les conditions stoechiométriques, au moins 99% des réactifs réagissent. Dans ce cas :

$$K \geq \frac{0.99 \times 0.99 \times C^2}{0.01 \times 0.01 \times C^2} \approx 10^4, K = \frac{Ka_1}{Ka_2} \geq 10^4 \implies pKa_2 - pKa_1 \geq 4.$$

Ainsi une réaction acide base est considérée totale si la différence entre les pKa des deux couples acide / base mis en jeu est ≥ 4 .

3 — Reaction acide/base- application aux dosages

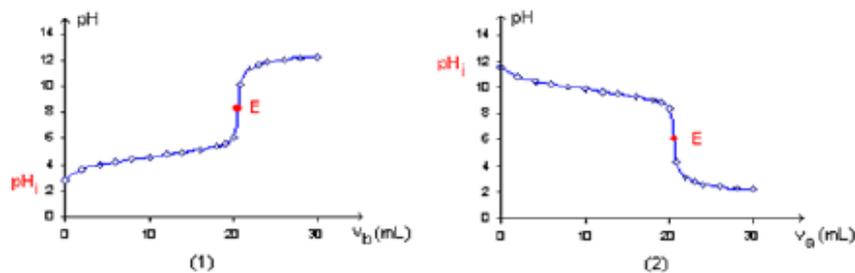
Titrer une solution d'acide consiste à déterminer la concentration de l'acide dans cette solution. On utilise pour cela une solution de base de concentration connue appelée solution titrante. Titrer une solution de base consiste à déterminer la concentration de la base dans cette solution. On utilise pour cela une solution d'acide de concentration connue appelée solution titrante. La réaction entre l'espèce titrante et l'espèce à titrer doit être totale (ou doit pouvoir être considérée comme totale). On doit donc avoir : $\Delta pKa > 4$.

3.1 Suivi pH-métrique d'une réaction acido-basique : courbe de titrage

La courbe de titrage pH -métrique est la courbe donnant les variations du pH en fonction du volume de solution titrante versée. Par exemple, si l'on verse une solution titrante de soude dans une solution d'acide à titrer, on tracera $pH = f(V_b)$. Le relevé des valeurs du pH en fonction du volume de solution titrante versé se fait à l'aide d'un pH -mètre préalablement étalonné.

3.2 Allure générale de la courbe de titrage

L'allure générale de la courbe de titrage dépend de la nature de la solution à titrer (placée dans le bécher). S'il s'agit d'une solution acide, le pH initial est inférieur à 7 (courbe (1) ci-dessous). S'il s'agit d'une solution basique, le pH initial est supérieur à 7 (courbe (2) ci-dessous).



3.3 Equivalence

Les courbes précédentes font apparaître un point singulier noté E et appelé point équivalent. En ce point, le coefficient directeur de la tangente passe par un maximum.

Au point équivalent E, $\frac{dpH}{dV_b} = f(V_b)$ passe par un maximum.

À l'équivalence, la quantité de matière de l'espèce à titrer et la quantité de matière de l'espèce titrante ont été mélangées et ont réagi dans les proportions stoechiométriques.

- Pour un monoacide AH titré par une solution de $NaOH$ on écrira à l'équivalence : $n(OH^-)_{\text{versé}} = n(AH)_0$.
- Pour une monobase A^- titrée par une solution de HCl on écrira à l'équivalence : $n(H_3O^+)_{\text{versé}} = n(A^-)_0$.

Le point équivalent peut être repéré par 3 méthodes : méthode des tangentes parallèles, méthode de la dérivée et l'utilisation d'un indicateur coloré (on parle de titrage colorimétrique). La méthode des tangentes parallèles est une méthode graphique, la méthode de la dérivée est numérique.

3.4 pH à l'équivalence

Il faut envisager trois situations :

3.4.1 Titrage d'une solution d'acide faible AH par une solution de base forte

L'équation de la réaction est :



La réaction étant totale, à l'équivalence les espèces AH et HO^- ont totalement disparu.

La solution ne contient alors que la base A^- , donc $pH > 7$, c'est-à-dire que la solution obtenue à l'équivalence est basique.

Au point d'équivalence $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$. A la demi-équivalence : $pH = pKa$.

Il faut envisager trois situations :

3.4.2 Titrage d'une solution de base faible A^- par une solution d'acide fort

Lors de l'action d'un acide fort sur une base faible, la solution obtenue à l'équivalence est acide.

Au point d'équivalence $C_B \cdot V_B = C_A \cdot V_{AE}$. A la demi-équivalence : $pH = pKa$.

L'équation de la réaction est :



À l'équivalence les espèces A^- et H_3O^+ ont totalement disparu.

La solution ne contient alors que l'acide AH . Le pH est < 7

Il faut envisager trois situations :

3.4.3 Titrage d'une solution d'acide fort (ou de base forte) par une solution de base forte (ou d'acide fort)

L'équation de la réaction est :



Le pH est celui de l'eau, c'est-à-dire 7 à 25°C. La solution obtenue à l'équivalence est neutre.

Par définition, le pH d'une solution aqueuse est : $pH = -\log[H_3O^+]$.

3.5 Calculs de pH pour différentes solutions

- pH d'une solution d'un monoacide fort :

$AH + H_2O \longrightarrow A^- + H_3O^+$, $[AH] = C_A$ et le pH est donné par la formule : $pH = -\log C_A$ seulement applicable quand $C_A > 10^{-6}$ moles par litre.

- pH d'une solution d'un diacide fort :

$AH_2 + 2H_2O \longrightarrow A^{2-} + 2H_3O^+$, $[H_3O^+] = 2C_A$ et le pH est donné par la formule :

$$pH = -\log 2C_A \text{ ou } pH = -\log N_A.$$

- pH d'une solution de base forte :

$pH = 14 + \log C_B$, C_B étant la concentration de A^- .

Pour calculer le pH de solutions de base faible, d'acide faible et de mélange d'acide faible avec sa base conjuguée, il faut se servir de la formule générale :

$$[H_3O^+] = Ka \frac{C_A - [H_3O^+] + [HO^-]}{C_B + [H_3O^+] - [HO^-]}.$$

Afin que cette formule puisse être utilisée il faut faire deux approximations qui sont différentes suivant la solution étudiée :

- pH d'une solution d'acide faible : $pH = \frac{1}{2}(pKa - \log C_A)$.
- pH d'une solution de base faible : $pH = 7 + \frac{1}{2}(pKa + \log C_B)$.
- pH d'un mélange d'acide faible avec sa base conjuguée : $pH = pKa + \log \frac{C_B}{C_A}$.

Normalité de la solution d'acide : à l'équivalence, on peut écrire : $N_A V_A = N_B V_B$, soit $N_A = \frac{N_B V_B}{V_A}$.

3.6 Indicateurs colorés de pH

En général on choisit un indicateur coloré tel que le point équivalent se situe dans sa zone de virage. La propriété qui lie couleur apparente et pH est appelée halochromisme.

Indicateur	Couleur (acide)	Transition (approximativement)	Couleur (base)
Méthyl violet	Jaune	0,0-1,6	Bleu-violet
Jaune de méthyle	Rouge	2,9-4,0	Jaune
Bleu de bromophénol (BBP)	Jaune	3,0-4,6	Violet
Méthyl orange (Hélianthine)	Rouge	3,1-4,4	Jaune
Vert de bromocrésol	Jaune	3,8-5,4	Bleu
Rouge de méthyle	Rouge	4,2-6,3	Jaune
Bleu de bromothymol, BBT (2 ^e transition)	Jaune	6,0- 7,6	Bleu
Rouge de phénol (Phénolsulfone-phtaléine)	Jaune	6,6- 8,0	Rouge
Phénolphtaléine	incolore	8,2-10,0	Rose

On appelle zone de virage la plage de pH dans laquelle aucune des deux formes de l'indicateur n'est majoritaire. La teinte sensible est la couleur que prend la solution dans la zone de virage. Les indicateurs colorés doivent être utilisés en très faibles quantités dans les mesures de pH car ils restent des composés acides ou basiques risquant d'influencer sur le pH de la solution. Un indicateur universel est un mélange d'indicateurs colorés qui a pouvant changer de couleur graduellement en fonction du pH. Un indicateur coloré universel possède aussi la particularité de suivre les couleurs du spectre de la lumière blanche lorsque le pH augmente. Le papier pH est en fait un papier spécial qui est imbibé d'un indicateur universel. Le papier tournesol est un exemple de papier n'utilisant pas d'indicateur universel. Il indique l'acidité par une couleur rouge et la basicité par une couleur bleue

3.7 Les solutions tampons

Définition

On appelle **solution tampon** une solution dont le pH varie très peu ou pas par addition modérée d'acide ou de base ou par dilution modérée.

3.7.1 Intérêt des solutions tampons

Les solutions tampons ont un pH pratiquement constant, on les utilise :

- pour réaliser certaines réactions chimiques qui nécessite un pH constant : certaines réactions redox pour étalonner un pH-mètre ;

- dans la fabrication du médicament, afin d'éviter les variations brusque de pH dans l'estomac.

3.7.2 Fabrication des solutions tampons

Une solution tampon peut être fabriquée selon trois méthodes :

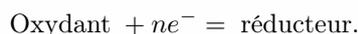
- on fait réagir une solution de base faible et une solution d'acide fort jusqu'à la demi-équivalence ;
- on fait réagir une solution d'acide faible et une solution de base forte jusqu'à la demi-équivalence ;
- on mélange une solution d'acide faible avec une solution de sa base conjuguée en quantité équimolaire.

1 – Oxydoreduction

Définitions

- Une **réaction d'oxydoréduction** est une réaction au cours de laquelle il y a transfert d'électrons. L'oxydation est une perte d'électrons.
- La **réduction** est un gain d'électrons. Un réducteur est une espèce susceptible de donner un ou plusieurs électron(s).
- Un **oxydant** est une espèce susceptible de capter un ou plusieurs électron(s).

A chaque oxydant correspond un réducteur et inversement. Ils forment ensemble un couple oxydant- réducteur. Un couple oxydant /réducteur est l'ensemble formé par un oxydant et un réducteur qui se correspondent dans la même demi-équation rédox.



- Les principaux oxydants sont les corps simples correspondant aux éléments situés à droite du tableau périodique des éléments.
- Les principaux réducteurs sont les métaux, en particulier ceux de la colonne I (métaux alcalins) et de la colonne II (métaux alcalino-terreux).

Le degré d'oxydation d'un élément est caractérisé par un nombre d'oxydation (NO), c'est un nombre entier positif, négatif ou nul représenté en chiffres romains.

Le nombre d'oxydation indique l'importance de la perte ou du gain d'électrons de l'élément par rapport à l'atome neutre.

1.1 Détermination du nombre d'oxydation

Règles permettant de déterminer le NO d'un élément :

	Nombre d'oxydation (N.O)	Exemple
Atome isolé neutre	0	$NO(Na) = 0$
Combinaisons neutres formées d'un seul élément	0	$NO(Br_2) = 0$; $NO(O_2) = 0$
Le NO du fluor (élément le plus électronégatif)	$NO(F) = -1$ (sauf dans F_2 : $NO = 0$)	
Un groupement atomique	charge globale du groupement	MnO_4^- : $NO(Mn) + 4NO(O) = -1$
O (élément le plus électronégatif après F)	$NO = -II$, sauf si des liaisons $F - O$ ou $O - O$ sont présentes.	$NO(Na) = 0$
Le NO de H	Le $NO(H) = +I$ sauf dans H_2 : $NO = 0$ et dans les hydrures NaH : $NO(H) = -I$	
Ions monoatomiques	Le $NO =$ charge portée par l'ion	$NO(S_2^-) = -II$; $NO(Sn_4^+) = +IV$
Combinaisons neutres formées de plusieurs éléments	La somme algébrique des NO des atomes constituant = 0	H_2O : $2NO(H) + NO(O) = 0$

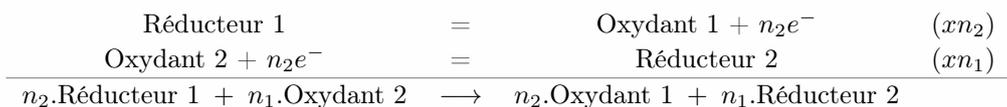
Dans les molécules complexes (en particulier les molécules organiques) un même élément peut être présent dans différents états d'oxydation. Le nombre d'oxydation est alors le nombre d'électrons virtuellement "donnés " ou "captés" par un atome lié en comparaison avec son état fondamental. Le nombre d'oxydation est compté négativement lorsque l'atome considéré est plus électronégatif que l'atome auquel il est lié, positivement dans le cas contraire et nul si les deux atomes sont identiques.

Une réaction d'oxydoréduction met en jeu deux couples rédox. Elle consiste en un transfert d'un ou plusieurs électron(s) du réducteur de l'un des couples à l'oxydant de l'autre couple.

L'écriture des demi-équations rédox est fondée sur les lois de conservation des éléments et des charges électriques.

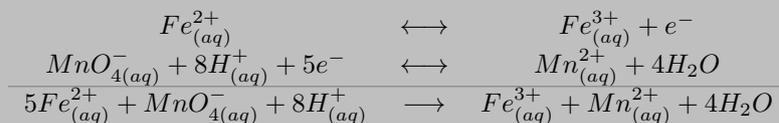
- La conservation de la charge électrique est assurée par les électrons.
- La conservation des éléments nécessite, le cas échéant l'intervention de l'oxygène (on le trouve dans l'eau pour les solutions aqueuses) et/ou des ions $H^+(aq)$ ou H_3O^+ .

Tous les électrons cédés par le réducteur du premier couple sont captés par l'oxydant du deuxième couple. Par conséquent il n'apparaît aucun électron dans l'équation de la réaction.



Exemple

Écriture de l'équation de l'oxydation des ions fer (II) par les ions permanganate en milieu acide :



1.2 Equilibration d'une réaction d'oxydoréduction

- Repérer les éléments oxydés et réduits et calculer leur NO. Dans un même couple, l'oxydant est celui ayant le NO le plus élevé.
- Ecrire les équations de demi-réaction redox mises en jeu pour chaque élément.
- Ajuster les coefficients multiplicatifs de façon à ce que le nombre d'électrons mis en jeu dans chaque demi-réaction soit le même.

- Ecrire la réaction globale en additionnant les deux équations de demi-réaction (les e^- doivent disparaître).
- Equilibrer les charges, si nécessaire avec des H^+ (milieu acide) ou HO^- (milieu basique) et compléter avec H_2O .

1.2.1 Loi de Nernst généralisée

Soit la réaction d'oxydoréduction : $aOx_1 + bRed_2 \rightleftharpoons cRed_1 + dOx_2$ qui s'effectue spontanément.

$$E = E^0 - \frac{0,06}{N} \log \frac{[Red_1]^c \cdot [Ox_2]^d}{[Red_2]^b \cdot [Ox_1]^a} = \text{f.e.m de la pile.}$$

1.2.2 Loi de Nernst, f.e.m. et potentiel d'électrode E

$E = f.e.m.$ d'une pile = différence entre deux potentiels d'électrode E_1 et E_2 : $E = E_1 - E_2$ (avec $E_1 > E_2$) soit : $E = E_{Cu} - E_{Zn}$ dans la pile Daniell.

Le travail qui résulte des réactions provenant d'une pile est égal à : $W = -nF\Delta E$ avec n = nombre d'électrons échangés au cours de la réactions redox ; F = faraday ; ΔE = différence de potentiel entre l'anode et la cathode.

Loi de NERNST : $\Delta E = \Delta E_0 - \frac{0,059}{n} \log K$, K étant la constante d'équilibre. Cette équation est valable pour des concentrations des solutions différentes de 1 mol/l.

2 - Application au piles

Il est possible de réaliser des générateurs à partir des chaînes dissymétriques de conducteurs.

Ces générateurs sont appelés générateurs électrochimiques, car il transforme de l'énergie chimique en énergie électrique. Une pile électrochimique est un générateur qui transforme une partie de l'énergie chimique venant d'une réaction d'oxydo-réduction spontanée en énergie électrique.

2.1 La pile Daniell

La pile Daniell est constituée de :

- une électrode de zinc (pole négatif) plongeant dans une solution aqueuse de sulfate de zinc ;
- une électrode de cuivre (pole négatif) plongeant dans une solution aqueuse de sulfate de cuivre.

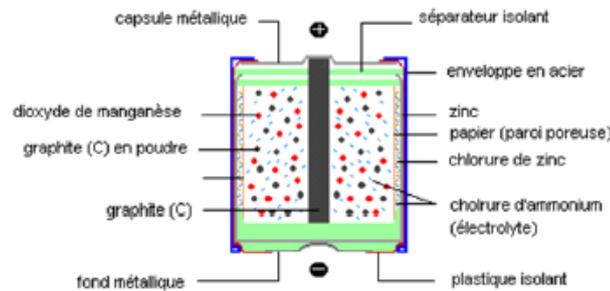
Les deux électrolytes sont séparés par un vase poreux. Lorsque la pile débite les réactions d'électrolyse sont les suivantes :

- à l'électrode de zinc (anode : pole positif) : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (la pile consomme du zinc) ;
- à l'électrode de cuivre (cathode : pole négatif) : $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ (la solution s'appauvrit en Cu^{2+} , on maintient donc la saturation en plaçant des cristaux de sulfate de cuivre au fond du vase poreux).

Pendant le fonctionnement de la pile, la chaîne de conducteur cuivre - sulfate de cuivre sulfate de zinc-zinc n'est pas modifiée, la pile est donc impolarisable. Sa f.é.m. est 1,08 V. On peut constituer une pile impolarisable en prenant des électrodes de métaux différents. Chaque électrode plongeant dans une solution contenant des ions du métal constituant l'électrode. Lorsque la pile débite dans un conducteur, les électrons circulent dans le conducteur du pole négatif au pole positif. Le pole négatif de la pile est donc constitué de l'électrode formé du métal le plus électropositif, donc le plus réducteur. Les piles à combustible sont constituées de deux électrodes métalliques poreuses plongeant dans une solution de d'hydroxyde de potassium. La f.é.m. de cette pile est de 1,23V La pile Weston, dont la chaîne de conducteur est : mercure -sulfate de mercure II-sulfate de cadmium-cadmium est la **pile étalon**. Sa f.é.m. est 1,018 à 20°C.

2.2 La pile Leclanché

2.2.1 Coupe de la pile



2.2.2 Description

- Le pôle négatif est constitué par le zinc métallique Zn qui est en contact avec du chlorure de zinc $ZnCl_2$ en solution aqueuse gélifiée $Zn^{2+} + 2Cl^-$. Cet ensemble met en jeu le couple Zn^{2+}/Zn .
- L'électrolyte est une solution acide et gélifiée de chlorure d'ammonium $NH_4^+ + Cl^-$.
- Le pôle positif est un bâton de graphite (carbone), c'est une électrode inerte. Cette électrode est au contact du dioxyde de manganèse qui est l'oxydant du couple $MnO_2/MnO(OH)$. MnO_2 empêche la pile de se polariser ; c'est un **dépolarisant**.
- Des grains de graphite assurent une meilleure conduction.

La f.é.m. de cette pile est de 1,5V. Cette pile consommant du zinc et MnO_2 cesse de fonctionner dès qu'un des deux corps vient à manquer. Les piles sèches utilisées couramment sont de type Leclanché.

2.2.3 Les demiéquations redox aux électrodes et le bilan électrochimique

A l'électrode de zinc (anode)	Zn	\longleftrightarrow	$Zn^{2+} + 2e^-$
A l'électrode de charbon (cathode)	$2NH_4^+ + 2e^-$	\longleftrightarrow	$2NH_3 + H_2$
Bilan	$Zn + 2NH_4^+$	\longleftrightarrow	$Zn^{2+} + 2NH_3 + H_2$

Cette pile a une f.e.m voisine de 1,5V. Le réactif en défaut est le dioxyde de manganèse.

Remarques

- La pile précédente est dite "sèche" car elle ne contient pas de solution aqueuse mais un gel qui évite à la pile de couler.
- L'électrolyte du pont salin (paroi poreuse) assure le passage du courant est un sel (produit de l'action d'un acide sur une base). Pour cette raison la pile est dite "pile saline".
- Dans un autre type de piles dites "piles alcalines" l'électrolyte est basique (alcalin), par exemple une solution gélifiée d'hydroxyde de potassium ($K^+ + OH^-$).

Remarque

- Parmi les piles à dépolarisant, on peut citer les piles à mercure et les piles alcalines.

2.3 La pile de volta

C'est la pile la plus ancienne, elle est constituée d'une lame de zinc amalgamé et d'une lame de cuivre plongeant dans une solution aqueuse d'acide sulfurique. Sa f.e.m est voisine de 1V. La borne positive est constituée par l'électrode de cuivre, la borne négative par l'électrode de zinc.

Au niveau des électrodes se produit un phénomène d'électrolyse

- à l'électrode de zinc(anode) : $Zn \longleftrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$;
- à l'électrode de cuivre(cathode) : $2H_3O + 2e^- \longleftrightarrow 2H_2O + H_2$.

Les électrons circulent à travers le conducteur ohmique de l'électrode de zinc à l'électrode de cuivre. L'intensité du courant diminue rapidement, ceci par ce que les bulbes d'hydrogène forment une gaine autour de l'électrode de cuivre, modifiant ainsi la chaîne de conducteurs qui devient cuivre-hydrogène-acide sulfurique-zinc. On dit que la pile est polarisée : elle est transformée en une autre pile de f.é.m. plus faible ; elle devient donc inutilisable. Si une pile est placée en opposition par rapport à un générateur qui impose le sens du courant, elle fonctionne en récepteur. Les phénomènes chimiques aux électrodes sont inversés. La pile consomme alors de l'énergie électrique qu'elle transforme en énergie chimique.

2.3.1 Représentation d'une pile

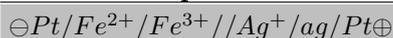
- Cas où les couples mis en jeu sont tous les deux de la forme M^{n+}/M (où M est un métal qui joue le rôle d'électrode).
 $\ominus M/M^{n+} // M^{p+}/M \oplus$

Remarque

Le pôle positif est toujours à droite.

- Cas où les couples mis en jeu ne font pas apparaître de métal.

Les électrodes sont alors constituées d'un conducteur inerte (en général le platine Pt ou le carbone).

**Remarque**

La f.e.m dépend des couples en présence et de la concentration des solutions pour $C = 1mol = L$ à 25^0C .

$$E = E^0(Cu^{2+}/Cu) - E^0(Zn^{2+}/Zn).$$

Une réaction d'oxydoréduction est totale si la différence des potentiels standard des des deux couples intervenant est supérieure à 0,3 V. L'anode et la cathode sont définies d'après la nature de la réaction qui s'y produit et non selon le signe de leur polarité.

L'électrolyse est toujours une réaction d'oxydoréduction provoquée.

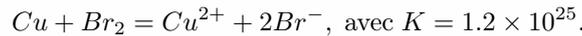
3 - Application à l'électrolyse

3.1 Etude d'un cas

Le dibrome en solution aqueuse] Réaction spontanée entre le cuivre (métal) et le dibrome en solution aqueuse Dans un tube à essais, on met en présence de la tournure de Cu et du Br₂ en solution aqueuse ($[Br_2] = 1.0 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$).

La solution initialement jaune (couleur du Br₂ en solution aqueuse) se colore progressivement en bleu (couleur d'une solution aqueuse d'ions Cu²⁺) et le cuivre métallique disparaît.

L'équation de cette réaction est :



Cette évolution est spontanée dans le sens direct de l'équation, ce qui est en accord avec le critère d'évolution :

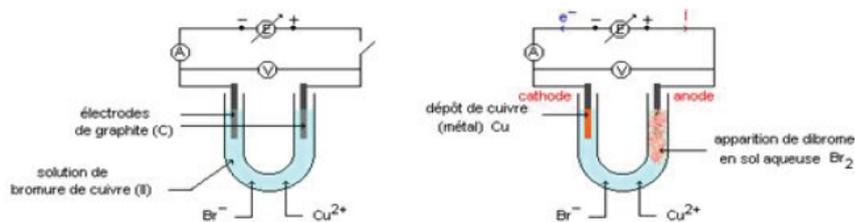
$$Q_r = \frac{[Cu^{2+}].[Br^{-}]}{[Br_2]} \implies Q_{ri} = 0 \implies Q_{ri} < K, K \gg 10^4.$$

La réaction est quasi totale dans le sens direct de l'équation. Le taux d'avancement final est très proche de 1 (100%).

3.1.1 Transformation forcée

Expérience

On réalise l'expérience schématisée ci-dessous :



Lorsque la tension appliquée est trop faible (<1,2V) il ne se passe rien. Pour une tension appliquée supérieure à 1,2V, on observe un dépôt de cuivre sur l'électrode négative (cathode) et l'apparition de dibrome en solution au voisinage de l'électrode positive (anode).

Interprétation

A la cathode	$Cu^{2+} + 2e^{-} = Cu$	Gain d'électrons, c'est une réduction
A l'anode	$2Br^{-} = Br_2 + 2e^{-}$	Perte d'électrons c'est une oxydation
Bilan	$Cu^{2+} + 2Br^{-} = Cu + Br_2$	

Ce bilan est l'inverse de celui correspondant à l'évolution spontanée.

Conclusion

L'expérience montre que sous certaines conditions, lorsqu'un générateur fournit de l'énergie électrique à un système, il peut le forcer à évoluer dans le sens contraire du sens d'évolution spontanée.

Généralisation

Lorsqu'un générateur de tension continue impose dans un système chimique un courant de sens inverse à celui qui est observé lorsque le système évolue spontanément (pile), il peut imposer à ce système d'évoluer dans le sens inverse de son sens d'évolution spontanée. Cette transformation forcée est appelée électrolyse. L'anode est l'électrode par laquelle le courant entre dans l'électrolyseur. La cathode est l'électrode par laquelle le courant sort de l'électrolyseur.

Quelques applications de l'électrolyse

- Préparation ou purification de certains métaux : le Zn et l' Al sont préparés par électrolyse d'une solution contenant leurs cations ou leurs oxydes. Le cuivre est purifié par électrolyse à anode soluble.
- Préparation de substances non métalliques : Cl_2 (ainsi que petite proportion de H_2) et la soude sont préparés par électrolyse d'une saumure (solution très concentrée de chlorure de sodium). - Dépôts de métaux sur un support : ils se font par électrolyse à anode soluble. L'électrolyte contient les cations du métal à déposer. La cathode est constituée de l'objet (métallisé) à recouvrir. La galvanoplastie a pour but de reproduire un objet, la galvanostégie a pour but de le protéger.
- Les accumulateurs ou les piles rechargeables font intervenir l'électrolyse lors de la phase de recharge.

Introduction

La réaction d'**estérification** est limitée par l'hydrolyse de l'ester formé. L'idée est de remplacer l'acide carboxylique par un anhydride d'acide de façon à ne pas obtenir d'eau en même temps que l'ester pour que l'hydrolyse de cet ester ne puisse pas avoir lieu.

De la même façon, l'hydrolyse d'un ester réalisée avec de l'eau, produit un alcool et un acide carboxylique. L'idée est de remplacer l'eau par un autre réactif ($HO-$) pour ne pas obtenir un acide carboxylique mais sa base conjuguée (l'ion carboxylate) qui ne réagit pas avec l'alcool formé.

Les anhydrides d'acides sont plus réactifs que les acides dont ils dérivent. En particulier, ils réagissent rapidement avec l'eau (hydrolyse) pour redonner l'acide correspondant : $R - COO - CO - R + H - OH \longrightarrow 2R - COOH$.

1 - Estérification en présence d'un anhydride d'acide

Equation de la réaction : $R - COO - CO - R + R' - OH = R - COOH - R' + R - COOH$.

La réaction est : assez rapide, totale (l'eau ne fait pas partie des produits de la réaction. Il n'y a donc pas d'hydrolyse de l'ester pour la limiter), catalysée par les ions oxonium.

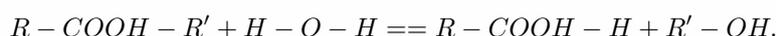
2 - Les réactions d'esterifications et d'hydrolyse

2.1 Estérification et hydrolyse

Un ester peut être obtenu par la réaction d'un acide carboxylique $R - COOH$ avec un alcool $R' - OH$ selon l'équation bilan :



L'hydrolyse est la réaction inverse de l'estérification :



2.2 Etude expérimentale des réactions d'estérification et d'hydrolyse

Observations : la réaction d'estérification est lente et limitée

Observations : la réaction d'hydrolyse est limitée et plus lente que la réaction d'estérification.

Les réactions d'estérification et d'hydrolyse sont des réactions inverses l'une de l'autre. Elles se limitent mutuellement puisque lorsque l'estérification forme de l'ester et de l'eau, il résulte un équilibre chimique.

2.3 Facteurs influençant la réaction

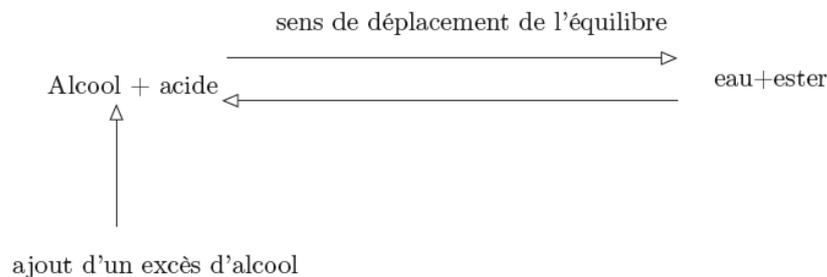
La température augmente la vitesse des 2 réactions opposées mais ne modifie pas l'état d'équilibre du système.

Un catalyseur est une espèce qui augmente la vitesse d'une réaction chimique sans figurer dans l'équation de la réaction et sans modifier l'état d'équilibre du système. Il ne modifie pas l'état d'équilibre du système car il accélère à la fois les réactions directes et inverses.

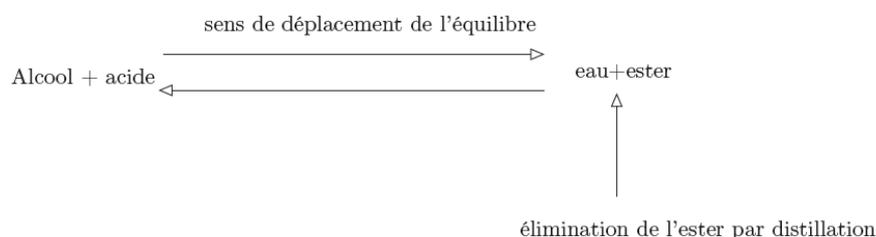
Ajout d'un réactif ou élimination d'un produit : déplacer l'équilibre c'est faire évoluer le mélange vers un nouvel état d'équilibre où les proportions des constituants sont différentes.

Ajout d'un réactif ou élimination d'un produit : déplacer l'équilibre c'est faire évoluer le mélange vers un nouvel état d'équilibre où les proportions des constituants sont différentes :

- un des réactifs est bon marché :



- un des produits est volatil :



L'excès de l'un des réactifs et ou l'élimination de l'un des produits déplace l'état d'équilibre du système dans le sens direct. Le rendement ρ de la synthèse est donné par le quotient de la quantité finale d'ester obtenu par la quantité maximale d'ester attendu :

$$\rho = \frac{n_f(\text{ester})}{n_{\max}(\text{ester})}$$

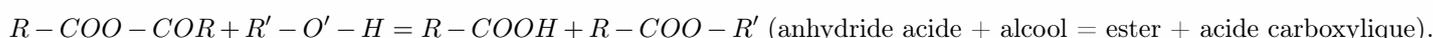
2.4 Des exemples de contrôle de l'évolution de systèmes chimiques

2.4.1 Synthèse d'un ester à partir d'un anhydride d'acide

Un choix judicieux des réactifs permet d'obtenir les produits attendus de façon plus rapide et avec un meilleur rendement. L'anhydride d'acide résulte de l'élimination d'une molécule d'eau entre deux molécules d'acide carboxylique :



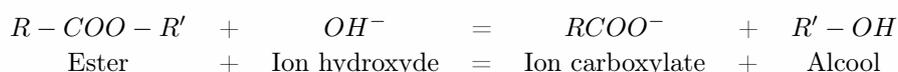
La réaction d'un anhydride d'acide avec un alcool donne un ester



Cette réaction peut être rapide. Par ailleurs, l'absence d'eau rend impossible la réaction inverse et l'avancement maximal est atteint.

2.4.2 Hydrolyse basique des esters

L'hydrolyse basique d'un ester est la réaction de l'ion hydroxyde en solution concentrée avec cet ester :



Cette réaction peut être rapide et l'avancement maximal est atteint. Le rendement de l'estérification dépend peu du choix de l'acide carboxylique utilisé. Par contre la classe de l'alcool est déterminante. Dans le cas d'un mélange équimolaire d'acide et d'alcool, le rendement est de 67% pour un alcool primaire, 60% pour un alcool secondaire et 5% pour un alcool tertiaire.

2.4.3 Constitution des corps gras

Ce sont des triesters du glycérol (ou propan-1,2,3-triol) et des acides gras.

Les acides gras sont des acides carboxyliques à chaîne non ramifiée (possèdent entre 4 et 22 atomes de carbone toujours en nombre pair, comportant éventuellement une ou plusieurs liaisons doubles de configuration Z).

2.4.4 Constitution des savons

Ce sont des mélanges de carboxylates dérivés d'acides gras à longue chaîne.

Exemple

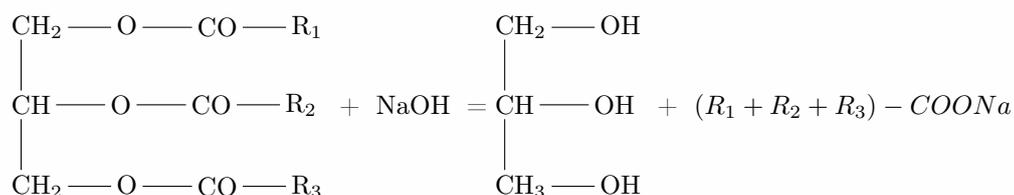


2.4.5 Préparation d'un savon

Application industrielle de l'hydrolyse basique d'un ester

Un savon s'obtient par saponification, elle consiste à faire réagir la soude (ou la potasse) avec un corps gras. Cette réaction est totale.

Equation-bilan :



La réaction conduit en général à un mélange de divers carboxylates qui constituent le savon.

2.4.6 Solubilité des savons

Un savon comporte une tête hydrophile (l'ion carboxylate qui est polaire) et une queue hydrophobe (la chaîne hydrocarbonée non polaire). Quand on ajoute du savon à l'eau, on obtient une solution contenant des agrégats dans lesquelles les chaînes hydrocarbonées sont orientées vers le centre tandis que les extrémités polaires forment la surface de contact avec l'eau. Les têtes hydrophiles de l'agrégat sont polaires et établissent une liaison de type électrostatique avec les molécules d'eau rendant l'agrégat soluble dans l'eau.

2.4.7 Principe d'action d'un savon

Les salissures sont constituées entre autre, par des substances organiques insolubles dans l'eau. La partie hydrophobe du savon va se dissoudre dans la phase organique tandis que la partie hydrophile restera à la surface au contact de l'eau. Ainsi la substance organique se recouvre de groupes polaires, ce qui la rend soluble.

Dans un atome, les électrons sont repartis sur les couches correspondant à des niveaux d'énergie.

1 - Les spectres atomiques

Pour décomposer la lumière polychromatique en ses composants monochromatiques, on utilise le spectroscope. Un prisme décompose la lumière qu'il reçoit en toutes les radiations monochromatiques qui la composent, on obtient sur l'écran le spectre de la lumière utilisée.

1.1 Les spectres d'émission

Le spectre d'émission d'une source S est l'ensemble des composantes monochromatiques de lumière de S. Un spectre continu est un spectre constitué d'une succession dans la continuité de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

1.2 Les spectres d'absorption

Le spectre d'absorption d'une substance est l'ensemble des composantes monochromatiques de la lumière qu'elle peut absorber. Le spectre d'absorption est discontinu s'il comprend des raies noires correspondant aux radiations absorbées. Le spectre d'absorption du sodium est discontinu.

2 - Interprétation, postulat de Bohr

Pour interpréter les spectres d'émissions et d'absorptions, Bohr a émis certaines hypothèses vérifiables par leurs conséquences ; ce sont les postulats. Ces hypothèses concernent l'énergie d'un atome. L'atome est formé d'un noyau et d'électrons. Il possède une énergie microscopique résultant de l'énergie d'interaction électrique entre le noyau et les électrons, de l'énergie cinétique des électrons et de l'énergie interne du noyau.

2.1 Postulats de Bohr

- L'énergie d'un atome ne peut prendre que des valeurs bien déterminées, formant une suite discontinue.

A chaque valeur correspond un état appelé niveau d'énergie.

- L'état fondamental correspond à l'énergie la plus faible. Tous les autres états sont des états excités.
- La transition est le passage d'un niveau d'énergie à un autre. Les variations d'énergie ne pouvant prendre que des valeurs bien déterminées : elles sont quantifiées.

2.2 Interprétation électronique des transitions avec absorption ou émission de photons

Une radiation monochromatique de fréquence ν transporte de l'énergie sous forme de photons d'énergie :

$$h\nu = \frac{hC}{\lambda}$$

h est la constante de Planck et C la célérité de la lumière.

Un atome qui absorbe un photon d'énergie $h\nu$ voit son énergie augmenter de $h\nu$ ($\Delta E > 0$).

Si l'atome dans son état fondamental ,d'énergie supérieure E_p tel que : $E_p = E_1 + h\nu$, l'atome dans son état excité est instable, il a tendance à passer à un niveau d'énergie inférieure, en en libérant de l'énergie sous forme de photon d'énergie :

$$\Delta E' = E_n - E_p = h(\nu - \nu') < 0.$$

3 - Application : spectre de l'atome d'hydrogène

3.1 Le spectre visible de l'atome d'hydrogène

Les observations du spectre de l'atome d'hydrogène montre un série de raies donc 4 sont nettement visibles : rouge, bleu, indigo, violet. Ces raies constituent la série de Balmer.

3.2 Les niveaux d'énergie

Les niveaux d'énergie d'un atome d'hydrogène sont donnés par la formule :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}, \text{ avec } E_0 = 13,6eV; 1eV = 1,6 \times 10^{-19}C.$$

- E_0 (énergie d'ionisation) : énergie qu'il faut fournir à l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental pour lui arracher son électron.
- E_n est l'énergie de l'atome dans la couche n , n étant le nombre quantique principal.
- $E_n = 0$ correspond à l'électron infiniment éloigné de noyau, qui n'a plus d'interaction avec le proton c'est-à-dire à l'atome ionisé.

3.3 Interaction des spectres d'émission et d'absorption

Les atomes d'hydrogènes pris dans un état excité peuvent revenir à l'état fondamental soit directement soit par des étapes successives correspondant à des niveaux d'énergie intermédiaire, ces transitions s'accompagnent d'émission de photons de fréquence bien connue.

Considérons un atome passant du niveau p au niveau n ($n < p$), on a :

$$E_p - E_n = h\nu, \text{ soit } -\frac{E_0}{n^2} + \frac{E_0}{p^2} \implies h\nu = E_0 \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right).$$

Sachant que $\nu = \frac{C}{\lambda}$, on a :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{hC} \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right), \text{ soit } \frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right).$$

R_H est appelé constante de Rydberg pour l'hydrogène.

Le spectre de l'hydrogène est constitué des raies correspondant à toutes les transitions possibles. On obtient ainsi plusieurs séries de raie selon le niveau d'énergie inférieur n atteint. p peut prendre toute les valeurs.

- Transition vers l'état fondamental ($n = 1$) : on obtient la série de Lyman, ces raies appartiennent au domaine de l'ultraviolet.
- Transition vers $n = 2$ (série de Balmer), $n = 3$ (série de Paschen), $n = 4$ (série de Brackett), $n = 5$ (série de Pfund).

Ces trois dernières séries appartiennent au domaine de l'infrarouge.

3.3. 2 Le spectre d'absorption

Soit un photon d'énergie $h\nu$ arrivant sur un atome :

- Si $h\nu > E_0$, le photon est absorbé par l'atome qui se transforme en ion, l'excédant est communiqué à l'électron sous forme d'énergie cinétique.
- Si $h\nu < E_0$, le photon ne sera absorbé que si $h\nu$ correspond à une transition possible entre deux niveaux d'énergie. On observe une raie noire correspondant à la fréquence ν .

1 - Les alcanes

Les alcanes sont des hydrocarbures saturés acycliques de formule générale C_nH_{2n+2} .

1.1 Propriétés physiques

Les 4 premiers alcanes sont gazeux, les alcanes de 5 à 15 atomes de carbones sont liquides, les alcanes de 16 et plus d'atomes de carbone sont solides.

1.2 Propriétés chimiques

Combustion (réaction exothermique), chloration (réaction photochimique), bromation et oxydation ménagée par le dioxygène de l'air.

La chloration et la bromation sont les réactions d'halogénéation des alcanes, il s'agit des réactions de substitutions. Les alcanes ne se prêtent qu'aux réactions de destruction et substitutions. Les alcanes existent en grande quantité sous forme de gisement naturel de gaz ou de pétrole. On peut préparer les alcanes à partir : d'halogénures d'alkyles, des hydrocarbures non saturés, des fonctions oxygénées.

2 - Les alcènes

Les alcènes sont des hydrocarbures acycliques possédant une double liaison $C=C$ de formule générale C_nH_{2n} .
On les appelle également hydrocarbure éthyléniques

2.1 Propriétés physiques

Les alcènes ne possédant pas plus de 4 atomes de C sont gazeux dans les conditions ordinaires. Les alcènes possédant plus de 4 C sont liquides et leur point d'ébullition augmente avec leur masse moléculaire. Les alcènes les plus lourds sont solides. Un alcène à un point d'ébullition plus bas que l'alcane correspondant.

2.2 Propriétés chimiques

Réaction de combustion ; réactions d'addition (hydrogénation (catalyseur : Pd / Ni) ; Chloruration / Bromuration, addition de HX) ; Hydratation, réactions de polymérisation (l'éthylène peut se polymériser pour donner le polyéthylène). Les alcènes proprement dits sont relativement rares dans la nature, les pétroles n'en contiennent pas. On trouve dans le règne végétal surtout, des hydrocarbures polyinsaturés comme l'ocimène (basilic). On peut préparer les alcènes par : une réaction d'élimination (déshydratation d'un alcool, déshydrogénation d'un dérivé monohalogéné, deshalogénéation d'un dérivé dihalogéné vicinal), une réaction d'addition (semi-hydrogénation d'une triple liaison).

3 – Les alcynes

Les alcynes sont des hydrocarbures acycliques qui comportent une triple liaison carbone-carbone. On distingue en raison de leurs caractères chimiques partiellement différents, deux types d'alcynes : alcynes monosubstitué ou vrais et alcynes disubstitués . la formule générale des alcynes est C_nH_{2N-2} .

3.1 Propriétés physiques

L'acétylène, le propyne et le but-1-yne sont gazeux à température ordinaire, les autres termes sont liquides, puis solides à mesure que leur masse moléculaire augmente.

3.2 Propriétés chimiques

3.2.1 Réaction de combustion

Catalyseur : Pd/Ni.

3.2.2 Réaction d'addition

Hydrogénation, chloruration , bromuration ,hydratation en présence de Hg^{2+} oxydation .

Les alcynes sont très rares dans la nature, elles doivent toujours être préparées artificiellement.

3.3 Préparation

- Par double déshydrogénation d'un déride dihalogéné.
- Par alkylation de l'acétylène ou d'un alcyne vrai.

4 – Les arenes

Les arènes sont des hydrocarbures dont la formule dérive de celle du benzène.

Les composés aromatiques sont des composés organiques insaturés qui contrairement aux alcanes, alcènes et alcynes se prêtent aux réactions de destruction, substitution et d'addition. Aromatique car une odeur forte et souvent agréable. Le plus simple des composés aromatiques est le benzène : C_6H_6 .

4.1 Propriétés physiques

Selon leurs masses moléculaires, les arènes sont liquides ou solides à température ordinaire. Ils sont insolubles dans l'eau. Les termes liquides (benzène et toluène surtout) sont de bons solvants pour de nombreuses substance organiques. Le benzène est un liquide à température ordinaire toxique à odeur caractéristique et incolore, très volatile et insoluble dans l'eau.

4.2 Propriétés chimiques

- Réaction de combustion (réaction très exothermique).
- Réaction d'addition : hydrogénation (Catalyseur Pt/Ni), Chloruration / Bromuration.
- Réaction de substitution : halogénéation, nitration (catalyseur H_2SO_4 concentré) sulfonation : (réaction réversible).
- Réaction de Friedel et Crafts (alkylation et acylation; catalyseur : $AlCl_3$) - oxydation.

Le cycle benzénique est assez fréquent dans les molécules naturelles de structure plus ou moins complexe. Mais les hydrocarbures benzéniques sont beaucoup plus rares. Ils sont cependant présents dans certains gisements pétroliers.

4.3 Préparation

À partir du pétrole par simple distillation, de la houille par pyrogénéation. On peut aussi les préparer par la réaction Friedel et Crafts, par la réaction de Fittig.

5 - Les alcools

Les alcools sont des composés dans lesquels un groupe hydroxyle $-OH$ est lié à un carbone tétraédrique (carbone saturé(sp^3)). La formule générale des alcools est $R-OH$ ou C_nH_{2n+2} .

5.1 Propriétés physiques

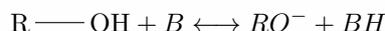
Aucun alcool n'est gazeux à température ordinaire, les alcools acycliques sont liquides jusqu'à C_{12} , solides au-delà. Les points d'ébullition des alcools sont beaucoup plus élevés que ceux des hydrocarbures correspondants et de presque tous les autres composés fonctionnels possédant le même nombre d'atome de carbone. Les premiers termes des alcools sont solubles dans l'eau, mais cette solubilité diminue au fur et à mesure que la masse molaire augmente. Les alcools sont toxiques, l'absorption du méthanol peut provoquer la cécité et même la mort.

Classe d'alcool :

- **1^{aire}** : carbone fonctionnel lié à un seul autre atome de carbone.
- **2^{ndaire}** : carbone fonctionnel lié à deux autres atomes de carbone.
- **3^{aire}** : carbone fonctionnel lié à trois autres atomes de carbone.

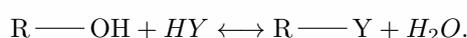
5.2 Propriétés chimiques

5.2.1 Réaction avec les bases



5.2.2 Réaction avec les acides minéraux (réactions de substitution)

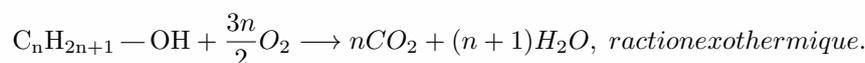
Les alcools tertiaires sont plus réactifs que les alcools secondaires, eux mêmes plus réactifs que les alcools primaires :



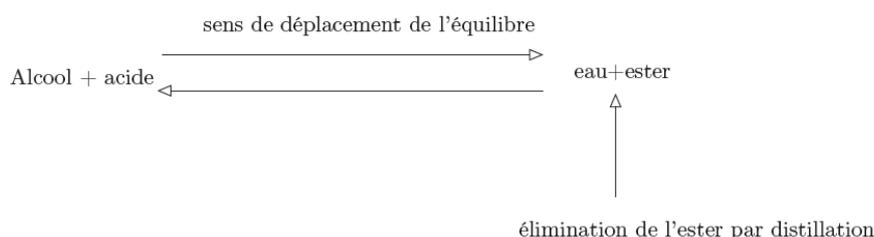
5.2.3 Déshydratation

- Intramoléculaire : Alcool + Alcool \rightarrow Ether-Oxyde + H_2O (Catalyseur : Al_2O_3 à $250^\circ C$ ou H_2SO_4 à $140^\circ C$).
- Intermoléculaire :

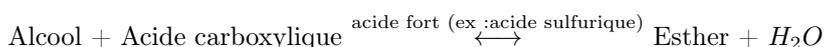
5.2.4 Combustion



5.2.5 Oxydation ménagée (catalyseur : Cu)



5.2.6 Estérification

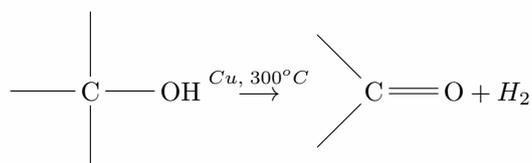


Incomplète ou limitée, lente, réversible, athermique. La quantité d'ester formée à l'équilibre dépend principalement de la classe d'alcool, à partir de 1 mole d'acide et de 1 mole d'alcool, on obtient environ :

- si l'alcool est primaire : 0,67 moles d'ester,
- si l'alcool est secondaire : 0,60 moles d'ester,
- si l'alcool est tertiaire : 0,05 moles d'ester.

Les alcools existent dans la nature, notamment dans les végétaux qui contiennent divers alcools « terpéniques », souvent très odoriférants : menthol, terpinéol... Dans les organismes animaux, on en trouve également le cholestérol. La vit A est aussi un alcool. Le plus souvent, dans la nature, la fonction alcool est associée dans la même molécule à d'autres fonctions et fréquemment elle est estérifiée.

5.2.7 Déshydrogénation



5.3 Préparation

À partir d'un alcène (hydratation des alcènes), à partir d'un dérivé halogéné (hydrolyse ou saponification des dérivés halogénés) ; à partir d'aldéhyde, d'une cétone ou d'un époxyde ; à partir d'un ester.

6 - Aldehydes et cétones

Les fonctions aldéhydes de cétones ont le même groupe fonctionnel $\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{C=O} \\ \diagup \end{array}$ appelé groupe carbonyle, et ne diffèrent que par les groupes alkyles et aryles qui les entourent. formules générales : $C_nO_{2n}O$.

6.1 Propriétés physiques

Le formaldéhyde est gazeux dans les conditions ordinaires, et l'acétaldéhyde $CH_3 - CHO$ est un liquide extrêmement volatil, bouillant à 21°C . Mais tous les autres aldéhydes, ainsi que toutes les cétones sont de liquides ou des solides si leur masse moléculaire est élevée. Les 1er termes sont solubles dans l'eau, mais cette solubilité diminue lorsque la masse moléculaire augmente, elle est pratiquement nulle à partir de 5 carbones.

6.2 Propriétés chimiques

Mise en évidence :

- Groupe carbonyle (aldéhyde et cétone) + 2,4 DNPH \rightarrow précipité jaune.
- Aldéhyde + réactif de Tollens (nitrate d'argent ammoniacal) \rightarrow apparition d'un dépôt brillant d'argent (en milieu basique).
- Aldéhyde + liqueur de Fehling (couleur bleu foncé) \rightarrow précipité rouge brique : les aldéhydes sont des réducteurs comme les sucres.
- Aldéhyde + réactif de schiff \rightarrow coloration rose. Ceci n'est pas une réaction redox.
- Aldolisation (aldol = Alcool + Aldéhyde) : réaction de condensation de deux molécules d'aldéhyde.
- Cétolisation (Cétol = Alcool + cétone) : c'est une réaction de condensation de 2 molécules de cétones.

6.2.1 Acide carboxylique

Acide méthanoïque = Acide formique.

- Ce sont des acides faibles : $R - COOH + H_2O \rightleftharpoons R - COO^- + H_3O^+$.
- Halogénéation (bromation ou chloration). L'halogène se fixe toujours sur le carbone α et augmente l'acidité.
- Ester et acide carboxylique ont la même formule brute : ce sont des isomères de fonction.
- Formation des chlorures d'acyles : $R - COOH + PCl_5 \rightarrow R - COCl + POCl_3 + HCl$.



- La polycondensation :

Polyalcools + polyacides = polyesters = tergal.

Polychlorures d'acyles + polyamines = nylon.

Acide + Acide \rightarrow Anhydride + eau . $R - COOH + NH_3 \rightarrow R - COO^- + NH_4^+$. $R - COONH_4 \rightarrow R - CONH_2 + H_2O$.

6.2.2 Cétone

7 - Les amines

Les amines peuvent être formellement considérées comme des produits de substitution de l'ammoniac dans lequel 1, 2 ou 2 atomes d'hydrogène aurai(en)t été remplacé(s) par des radicaux hydrogénéocarbonés. On distingue ainsi trois classes d'amines :

- amine primaire : azote lié à un seul groupement carboné,
- amine secondaire : azote lié à 2 groupements carbonés,
- amine tertiaire : azote lié à 3 groupements carbonés.

La classification des amines se distingue ainsi de celle des dérivés halogénés et des alcools. Les amines sont abondamment représentées dans la nature.

7.1 Caractéristiques physiques

Les amines sont tout comme les alcools et à l'exception de la méthylamine, gazeuse, les premiers termes sont liquides à température et pression ambiantes. Les amines présentent une forte odeur désagréable (putrescine, cadavérine). Les amines légères sont miscibles avec l'eau et avec de nombreux solvants organiques. Lorsque l'atome d'azote d'une amine est substitué par trois groupes distincts, on obtient une molécule chirale.

7.2 Propriétés chimiques

L'existence d'un doublet non liant sur N est à l'origine de leurs caractères basique et nucléophile. La polarisation de la liaison $C - N$ détermine un faible caractère électrophile. Les bases conjuguées des amines, les amidures, sont des bases très fortes. La basicité des amines est liée à l'existence d'un doublet non liant sur l'atome d'azote. Du fait de l'électronégativité plus faible de l'azote, les amines sont des bases plus fortes que les alcools.

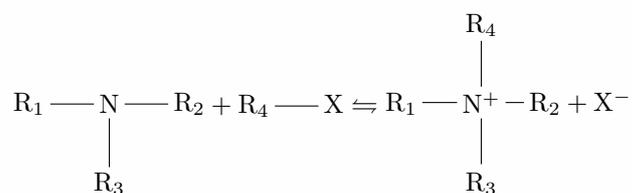
- Basicité des amines : grâce au doublet d'électrons non liant porté par l'atome d'azote, les amines sont des bases, elles peuvent capter un proton H^+ pour donner un ammonium substitué. Les amines réagissent sur l'eau, l'ionisation n'est pas totale, ce sont des bases faibles.

Les ions alkylammoniums sont appelés des acides conjugués des amines. Les amines sont des bases faibles mais cependant plus forte que l'ammoniac. La méthylamine comme l'ammoniac réagit sur le chlorure d'hydrogène pour donner des fumées blanches de chlorure de méthylammonium CH_3NH_3Cl .

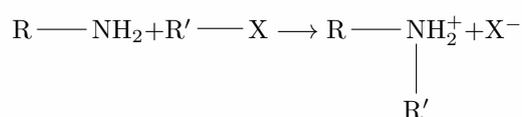
- Action sur les dérivés halogénés, le caractère nucléophile des amines.

La formule générale d'un dérivé halogéné est R-X, avec R = groupe alkyle ou aryle, X=halogène. La liaison C-X est polarisée, l'atome de carbone constituant une zone appauvrie en électrons. Une telle zone est appelée centre électrophile. Dans la molécule d'amine, l'atome d'azote porte un doublet d'électrons non liants, donc disponibles pour réagir sur les molécules, il constitue un centre nucléophile.

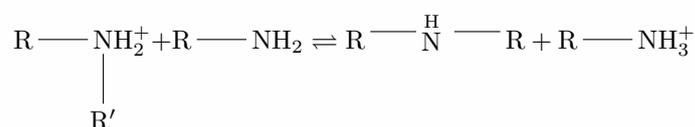
7.2.1 Cas d'une amine tertiaire



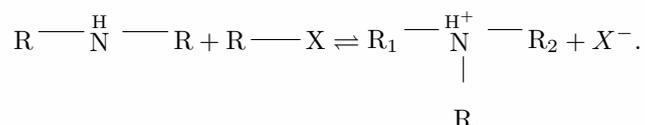
7.2.2 Cas des amines secondaires et primaires



L'ion positif est acide et peut réagir sur l'amine basique suivant la réaction :



L'amine secondaire peut réagir à son tour sur un dérivé halogéné et ainsi de suite :



8 — Les acides amines

Ce sont des molécules possédant un groupe carboxyle et amine fixé en position ? ou pas. Tous les acides ? aminés à l'exception de la glycine possèdent un carbone asymétrique.

Conséquence

La molécule est chirale (molécule non superposable à son image dans un miroir plan) donne lieu à des stéréoisomères.

Propriétés acido-basiques

Le zwitterion ou Amphion est un ion dipolaire (possédant autant de charges positives que de charges négatives) peut se comporter comme un acide ou une base selon le milieu dans lequel il se trouve : c'est un amphotère. En solution aqueuse, on retrouve un mélange de ces 3 espèces (zwitterion, anion, cation). Cependant selon le pH, une espèce prédomine.

9 - Isomerie

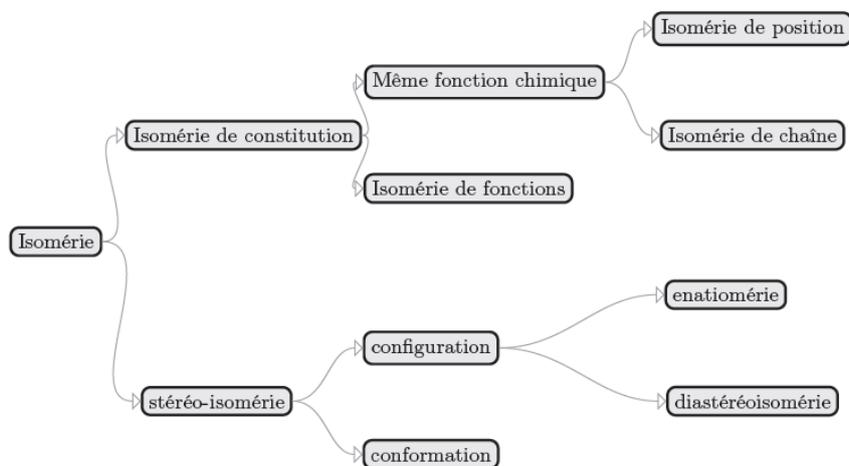
(Voir aussi cours de biologie) Ce sont des molécules possédant un groupe carboxyle et amine fixé en position α ou pas. Tous les acides α aminés à l'exception de la glycine possèdent un carbone asymétrique.

Conséquence

La molécule est chirale (molécule non superposable à son image dans un miroir plan) donne lieu à des stéréoisomères.

Propriétés acido-basiques

Le zwitterion ou Amphion est un ion dipolaire (possédant autant de charges positives que de charges négatives) peut se comporter comme un acide ou une base selon le milieu dans lequel il se trouve : c'est un amphotère. En solution aqueuse, on retrouve un mélange de ces 3 espèces (zwitterion, anion, cation). Cependant selon le pH, une espèce prédomine.



Lorsque les isomères ont :

- les formules semi-développées planes différentes, on parle d'isomères de constitution ;
- des dispositions des atomes dans l'espace différentes, on parle de stéréo-isomère.

L'énantiomérisation est une stéréo-isomérisation liée à la présence, dans la molécule d'un atome de carbone asymétrique. Une molécule chirale est une molécule non superposable à son image dans un miroir plan. Les deux isomères obtenus sont des énantiomères. Un composé formé de molécules chirales est optiquement actif ou doué d'un pouvoir rotatoire c'est-à-dire qu'il possède la propriété de faire tourner le plan de polarisation de la lumière, l'un des énantiomères est dextrogyre et l'autre lévogyre. Deux énantiomères ont des propriétés chimiques et physiques identiques tant que le phénomène mis en jeu n'est pas asymétrique. Cependant, dans certaines réactions biologiques où interviennent une enzyme, cette dernière est capable de reconnaître un seul des énantiomères et de catalyser spécifiquement la transformation de celui-ci. De même deux énantiomères ont un comportement différent vis-à-vis de la lumière polarisée.

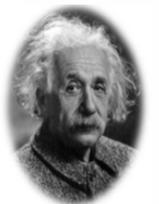
Partie

3

COURS DE PHYSIQUES

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein



1 – Champ électrostatique et DDP

1.1 Phénomène d'électrisation

Définitions

- L'**électrostatique** est l'étude des charges électriques en équilibre.
- L'**électrisation** est un procédé permettant de créer un déficit ou un excédent de charge en certains points d'un corps c'est-à-dire à lui faire gagner ou perdre des électrons.

On distingue :

- Électrisation par frottement.
- Électrisation par contact.
- Électrisation par influence.

L'électrisation consiste en un transfert d'électrons.

- Le corps qui possède un excès d'électrons est chargé négativement.
- Le corps qui possède un défaut d'électrons est chargé positivement.

1.2 Les conducteurs et les isolants

Tous les corps sont électrisables mais :

- certains conservent l'électrisation dans la région où ils ont été frottés : ce sont des isolants ou diélectriques ;
- d'autres voient cette électrisation se communiquer à toute leur surface : ce sont des conducteurs d'électricité ;
- les semi-conducteurs se placent entre les conducteurs et les isolants. Par un traitement spécial, ils acquièrent des propriétés très utiles en électronique.

1.3 Loi de Coulomb

Loi de Coulomb : « La force d'attraction ou de répulsion qui s'exerce entre deux charges ponctuelles Q_A et Q_B placées respectivement aux points A et B est : dirigée suivant la droite (AB), proportionnelle à Q_A et Q_B est inversement propor-

tionnelle au carré de la distance qui sépare les 2 charges. » Deux corps chargés de même signe se repousse. 2 corps chargés de signes contraires s'attirent.

$$F_{A/B} = F_{B/A} = K \frac{Q_A \cdot Q_B}{AB^2}.$$

Q en coulomb (C) ; AB en m ; F en N ; $K = 9 \times 10^9$

1.4 Notion de champ électrostatique

Notion de champ électrostatique : le champ électrostatique en un point M est défini par $E_M = \frac{F}{q}$, F étant la force électrique qui s'exerce sur la charge placée au point M ; E s'exprime en $N.C^{-1}$.

Le champ électrostatique crée par Q_A au point B est $E_B = K \frac{|Q_A|}{d^2}$.

- Si $Q_A > 0$ le champ est centrifuge.
- Si $Q_A < 0$ le champ est centripète.

1.5 La différence de potentiel

On dit qu'il existe un champ électrostatique uniforme en un point région de l'espace si le vecteur champ en tout point de la région est constant. Une charge électrique $q > 0$ placée dans un champ électrostatique uniforme est soumise à une force électrostatique : $\vec{F} = q\vec{E}$.

Le travail effectué par cette force est : $W_{AB} = q\vec{E} \cdot (\vec{AB})$.

Or $V_A - V_B = \vec{E} \cdot \vec{AB} \implies W_{AB} = q(V_A - V_B)$.

Remarque

Le champ a toujours le sens des potentiels décroissants.

2 - Le courant électrique

2.1 Effets du courant électrique

Les phénomènes qui mettent en évidence le passage d'un courant électrique dans un circuit et qui constituent les effets du courant électriques sont : effet calorifique, effet chimique, effet magnétique.

- 1 Sens du courant électrique : le courant sort de l'électrolyseur par l'électrode où se dégage l'hydrogène. On appelle cathode l'électrode par lequel sort le courant électrique et anode l'électrode par lequel il entre.
- 2 Les pôles du générateur :
 - pôle positif (+) : borne par laquelle le courant sort du générateur ;
 - pôle négatif (-) : borne par laquelle il entre.

La cathode est l'électrode liée au pôle négatif, l'anode est l'électrode liée au pôle positif.

- 3 Un circuit est composé de dipôle.

Définition

Un dipôle est une portion de circuit possédant deux bornes de branchement.

Définition

Un dipôle est symétrique si les deux bornes sont identiques.

Exemple

Lampe.

Définition

Un dipôle est dissymétrique si les deux bornes ne sont pas identiques.

Exemple

Le générateur.

Définition

Un dipôle est actif s'il peut engendrer un courant électrique.

Exemple

Le générateur.

Définition

Un dipôle est passif s'il ne peut pas engendrer un courant électrique.

Exemple

Lampe.

2.2 Nature du courant électrique

Le courant électrique est dû à un mouvement de particules chargées, la conduction de l'électricité dans un métal est assurée par les électrons libres ou électrons de conduction.

Le courant électrique dans un conducteur métallique est dû à un mouvement d'ensemble des électrons de conduction en sens inverse du sens conventionnel. Le courant électrique dans un électrolyte est dû à des mouvements simultanés, en

sens inverse, des ions positifs et négatifs. Les ions positifs se déplacent dans le sens conventionnel, les ions négatifs en sens inverse. La conduction d'électricité dans un électrolyte est donc assurée par les ions.

2.3 Intensité du courant électrique

$$I = \frac{q}{t}, \quad q \text{ en coulomb(C)} ; I \text{ en ampère (A)} ; t \text{ en seconde (s)} \quad 1\text{Ah} = 3600\text{C}.$$

L'ampèremètre est un appareil qui permet de mesurer l'intensité d'un courant. L'intensité de courant qui traverse un circuit simple est la même en tous les points de ce circuit. L'intensité du courant principal est égale à la somme des courants dérivés. Loi des noeuds : la somme des intensités du courant qui arrivent à un noeud est égale à la somme des intensités de courant qui en partent.

Expression de l'énergie électrique : Soit une portion ne comportant pas de générateur et traversée par un courant d'intensité I_{AB} . Pendant une durée t cette portion est traversée par une quantité d'électricité $q = I_{AB}.t$. Le travail des forces appliquées à ces charges qui représente l'énergie est :

$$W = q(V_A - V_B) = I_{AB}(V_A - V_B).t = UI t, \quad \text{avec } I \text{ en ampère} ; t \text{ en seconde} ; W \text{ en joule.}$$

Un compteur électrique indique la consommation d'énergie électrique en kilowattheures ($1\text{kWh} = 1000\text{Wh}$). L'énergie électrique consommée n'est pas perdue mais transformée en d'autres types d'énergie.

Exemples

- Dans une lampe, l'énergie électrique est transformée en énergie rayonnante.
- Dans un moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.
- Dans un radiateur, l'énergie électrique est transformée en énergie thermique.

La puissance nominale d'un appareil électrique est la puissance que doit recevoir celui-ci pour fonctionner normalement. Pour qu'un appareil électrique reçoive sa puissance nominale, il faut qu'il soit soumis à sa tension nominale ou tension d'usage. Différentes formes d'énergie : énergie mécanique, énergie calorifique, énergie rayonnante, énergie chimique, énergie nucléaire et énergie électrique

3 - Électrolyse

Un électrolyseur permet de réaliser des transformations forcées par transformation d'énergie électrique en énergie chimique. Si I est un courant constant, la quantité d'électricité qui traverse un électrolyseur est donnée par la relation :

$$Q = I.t = n_e.F$$

- t = durée de l'électrolyse,
- n_e = nombre de moles d'électrons,
- F = constante de Faraday.

La charge d'une mole d'électrons est $N_e = 96500\text{C}$. Le faraday est donc la valeur absolue de la charge d'une mole d'électrons.

Exemple

Application : fabrication de l'aluminium, dépôts électrolytiques, purification des métaux (électrolyse à anode soluble). Un accumulateur est capable de fonctionner en pile lors de sa décharge et en électrolyseur lors de sa charge. La galvanostégie consiste à recouvrir une pièce métallique pour la protéger contre la corrosion ou pour l'embellir.

4 - Générateur -recepteur- énergie consommée dans une circuit

4.1 Les générateurs

Le générateur est un dipôle actif c'est-à-dire qu'il peut engendrer un courant électrique.

Dans un circuit électrique, un générateur qui débite un courant d'intensité I fournit à tous les éléments du circuit y compris ceux qui constituent le générateur lui-même, une puissance électrique $P_f = E.I$.

La loi d'ohm pour un générateur est : $U = E - rI$

Le rendement d'un générateur est : $\eta = \frac{U}{E} = \frac{E - rI}{E}$.

Groupement de générateurs

- Groupement en série : $E = n.E_0$; $r = n.r_0$.
- Groupement en parallèle : $E = E_0$; $r = r_0/n$.
- Groupement mixte : $E = nE_0$; $r = nr_0/m$.

Remarque

Dans un groupement mixte, $n.m$ = nombre total de générateurs. m : nombre de dérivation et n nombre de generateurs par branche.

4.2 Les récepteurs

Un récepteur est un dipôle capable de transformer une partie de l'énergie électrique reçue en une autre forme d'énergie que l'énergie calorifique.

On appelle force contre électromotrice (f.c.é.m) E' d'un récepteur le rapport de la puissance électrique transformé en puissance mécanique ou chimique (ou puissance utile) P' à l'intensité I du courant qui le traverse : $E' = P'/I$.

La loi d'ohm pour le récepteur : $U = E' + r'I$ pour qu'un récepteur fonctionne normalement, il faut que la tension a ses bornes soit supérieure à sa force contre électromotrice.

Le rendement d'un récepteur est :

$$\eta = \frac{E'}{U} = \frac{E'}{E' + r'I} = \frac{P_u}{P_e} = \frac{W_u}{W_e}$$

P_u = puissance utile, P_e =électrique puissance.

On appelle **puissance électrique reçue** par un récepteur la quantité :

$$P_{el} = W_{el}/\Delta t = U_{AB}.I.$$

Loi de Pouillet

Dans un circuit fermé sans dérivation, intensité du courant est égale au rapport de la somme algébrique des forces électromotrices à la somme des résistances :

$$I = \frac{\sum E}{\sum R}$$

Les forces électromotrices des dipôles fonctionnant en générateurs sont comptées positivement, celles fonctionnant en récepteurs sont comptées négativement.

L'énergie électrique consommée dans une portion de circuit AB est la somme des énergies calorifique, chimique et mécanique :

$$W_{\text{elect}} = \sum W_{\text{cal}} + \sum W_{\text{ch}} + \sum W_{\text{mec}}.$$

On appelle énergie utile la fraction de l'énergie reçue par un récepteur actif qui est convertie en une autre forme d'énergie que l'énergie thermique.

La puissance apparente consommée par la portion AB est :

$$P_a = U.I.$$

Loi de Joule

$$W = R.I^2t.$$

On appelle effet Joule l'effet thermique associé au passage du courant électrique dans un conducteur.

Un conducteur ohmique est un dipôle qui vérifie la loi d'ohm, la tension à ses bornes est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse.

4.3 Les condensateurs

4.3.1 Définition et représentation

Définition

Un **condensateur** est un ensemble de 2 surfaces conductrices (armatures) placées en regard l'une de l'autre et séparés par un milieu isolant.

La représentation conventionnelle est :

4.3.2 Relation entre la charge et la tension

La relation entre la charge et la tension est donnée par :

$$Q = C.U$$

Avec :

- Q : charge en coulomb ;
- C : capacité en farad (F) ;
- U : tension de charge en volt (V)

4.3.3 Capacité d'un condensateur plan

La capacité d'un condensateur plan est donnée par la relation :

$$C = \frac{k\varepsilon S}{e}$$

- S = surface des armatures ;
- e = distance séparant les armatures ;
- $k = 8.85 \times 10^{12}$;
- ε = constante diélectrique.

4.3.4 Energie d'un condensateur

L'énergie d'un condensateur est donnée par :

$$W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

- W en joule ;
- U en volt ;
- C en farad ;
- Q en coulomb.

4.3.5 Tension de rupture et tension de service

- **Tension de service** : tension pour laquelle le condensateur fonctionne normalement.
- **Tension de rupture** : tension pour laquelle l'étincelle jaillit entre les armatures provoquant la détérioration du diélectrique.

4.3.6 Groupement des condensateurs

- **Groupement en parallèle** :

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n; \quad I = I_1 + I_2 + \dots + I_n; \quad C = C_1 + C_2 + \dots + C_n.$$

Si on a n condensateurs identiques de capacité C_0 , montés en parallèle, le condensateur équivalent aura pour capacité : $C = nC_0$.

L'association en parallèle permet d'obtenir une capacité plus importante que celle des condensateurs utilisés.

- **Groupement en série ou en cascade** :

$$Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n; \quad I = I_1 = I_2 = \dots = I_n; \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Dans le cas de n condensateurs identiques C_0 , on a :

$$\frac{1}{C} = \frac{n}{C_0}$$

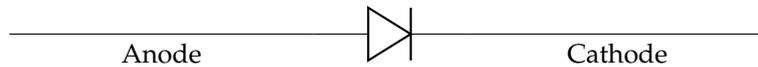
L'association en série permet de fractionner la tension totale en tension supportable par chacun des éléments.

4.4 Les diodes

4.4.1 Définition description et représentation

Une **diode** est un dipôle passif dissymétrique qui ne se laisse traverser par le courant que dans un seul sens.

La représentation symbolique d'une diode ordinaire est :



4.4.2 Les types de diodes

Il en existe plusieurs types :

- Les diodes de redressement utilisées pour redresser le courant alternatif.
- Les diodes Zener, qui sont des stabilisateurs de tension continue.
- Les diodes électroluminescente (LED ou DEL).
- Les photodiodes qui laissent passer le courant en présence de la lumière.

Toutefois, celles-ci se regroupent en deux grandes classes : Les diodes à jonctions et les diodes Zener.

Remarques

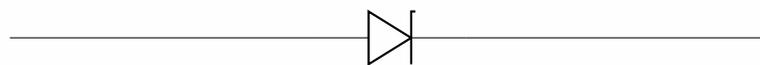
- La diode laisse passer le courant de l'anode vers la cathode : c'est le sens passant.
- La diode ne se laisse pas traverser par le courant de la cathode vers l'anode : C'est le sens non passant ou bloqué.

1 Diode a jonction

Une diode est dite à jonction, lorsqu'elle se présente sous la forme d'un petit cylindre portant sur un côté un anneau coloré encore appelé bague de couleur.

2 Diode zener

Une diode zener est une diode spéciale qui dans certaines conditions peut conduire le courant électrique en inverse. Son symbole est donné par :



Remarque

Si dans une diode zéner on a $U_s = 0V$, alors on parle de diode zener idéale.

3 Autres diodes

Les DEL et les photodiodes ont des caractéristiques tension-intensité de même nature que celle des diodes ordinaires. Les symboles sont respectivement :

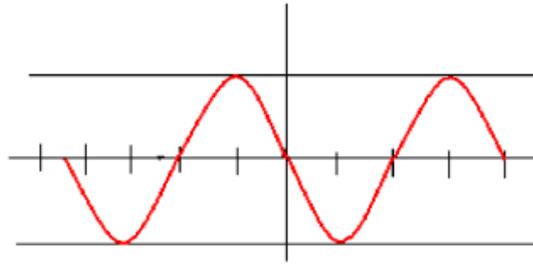


4.4.3 Applications des diodes

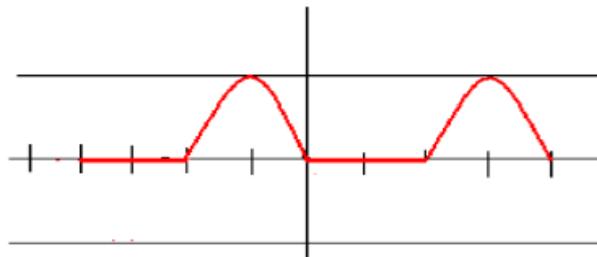
Les diodes jouent un rôle important dans le redressement du courant alternatif et la stabilisation des tensions aux bornes des dipôles.

1 Redressement simple alternance

En redressement simple alternance, les alternances négatives sont supprimées. A l'écran de l'oscilloscope, on visualise les courbes :



Tension U_1

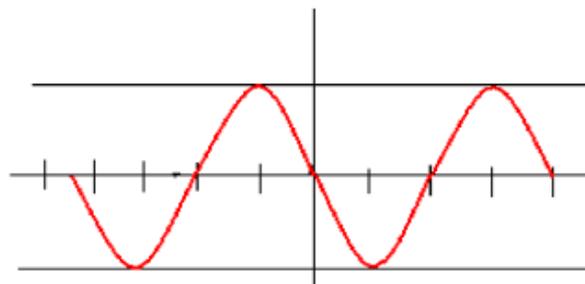


Tension U_2

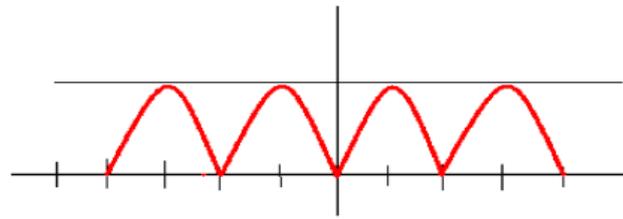
Les alternances négatives supprimées correspondent à une polarisation en sens inverse de la diode, dans ce cas celle-ci ne laisse pas passer le courant.

2 Redressement double alternance

En redressement double alternance, les alternances négatives sont transformées en alternances positives. A l'écran de l'oscilloscope, on visualise les courbes :



Tension U_1

Tension U_2

Les tensions négatives de U_1 sont transformées en tension positives pour U_2 . U_2 est dite redressée.

Remarques

- Pour passer d'une tension redressée en une tension continue, il faut ajouter au dispositif un filtre.
- Dans un adaptateur secteur, le pont de diode sert à redresser le courant abaissé par un transformateur avant d'être lissée pour le rendre continue.

③ **Stabilisation des tensions** Dans leur principe de fonctionnement, les appareils électroniques de mesure et de contrôle nécessitent des tensions d'alimentation rigoureusement constante à fin de remplir leur fonction avec la précision requise. Pour ce faire, on adjoint toujours au dispositif de redressement un dispositif de stabilisation dont l'élément fondamental est la diode zener.

④ **Protection des appareils**

Afin d'éviter de détériorer un appareil polarisé lorsqu'on se trompe de sens de connexion à un générateur, on place une diode à l'entrée de l'appareil sur la borne + dans le sens passant.

4.5 Oscillations électrique libres - forcées

4.5.1 Oscillations électrique libres

La décharge du condensateur à travers un circuit RL donne des oscillations.

① **Influence de la résistance R du circuit**

La valeur de R du circuit détermine l'évolution de la charge q du condensateur donc de la tension U_C à ses bornes.

- Si la valeur de la résistance R est très faible, les oscillations sont pratiquement **sinusoïdales et périodiques**.
- Si la valeur de la résistance R est faible, le régime obtenu est dit **pseudopériodique**.
- Si la valeur de la résistance R est égale à la résistance critique R_C , le régime obtenu est dit **apériodique critique**.
- Si la valeur de la résistance R est élevée, le régime obtenu est dit **apériodique**.

② **Interprétation énergétique**

- E_L : énergie magnétique emmagasinée par la bobine :

$$E_L = \frac{1}{2} L \cdot i^2.$$

- E_C : énergie électrique emmagasinée par le condensateur :

$$E_C = \frac{1}{2} C U_C^2.$$

- E : énergie électromagnétique par le circuit :

$$E = E_L + E_C.$$

Conclusions

- L'énergie totale ou électromagnétique du circuit E décroît au cours du temps : elle est progressivement **dissipée par effet Joule** dans le conducteur ohmique.
- L'énergie emmagasinée par le condensateur est maximale quand l'énergie emmagasinée par la bobine est nulle et vice versa. **Il y a transfert d'énergie entre le condensateur et la bobine.**

Remarque

Dans le cas d'un régime périodique (résistance du circuit nulle), l'énergie totale est constante.

1 Oscillations électriques libres non amorties : Décharge d'un condensateur dans une bobine inductive pure

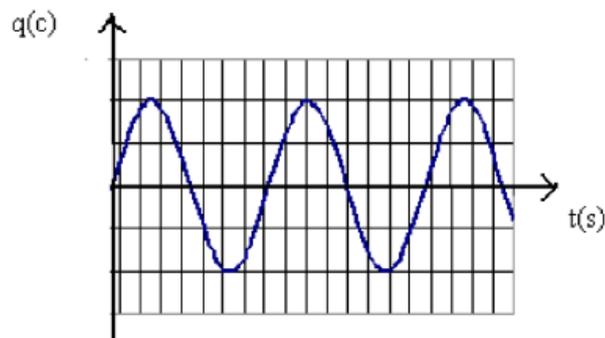
Une bobine est pure ou idéale lorsque sa résistance r est nulle. Branchons une bobine inductive pure aux bornes d'un condensateur chargé. Il naît dans le circuit (LC) des oscillations électrique. Appliquons la loi des mailles aux bornes de ce circuit,

$$\begin{aligned} \sum U = 0 &\Leftrightarrow U_C + U_L = 0 \\ &\Leftrightarrow \frac{q}{C} + L \cdot \frac{di}{dt} = 0 \\ &\Leftrightarrow q'' + \frac{1}{LC}q = 0 \quad (1), \text{ car } i = \frac{dq}{dt} \end{aligned}$$

Une solution de l'équation (1) et de la forme :

$$q = q_m \sin(\omega t + \phi), \text{ avec } \omega^2 = \frac{1}{LC}.$$

La courbe de variation de $q = f(t)$ est donc :

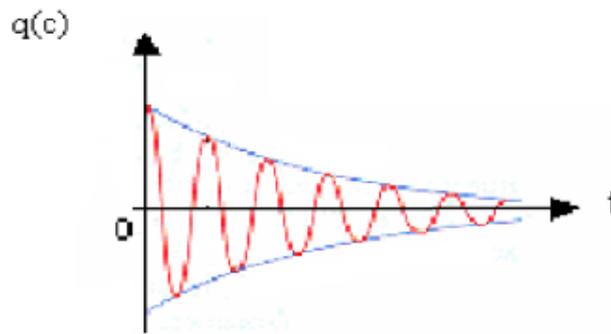


2 Période propre des oscillations

Les grandeurs $u_C(t)$, $q(t)$ et $i(t)$ sont des fonctions sinusoidales du temps de période $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$. Cette grandeur est appelée **période propre** des oscillations du circuit.

3 Oscillations électriques amorties

Oscillations électriques amorties : décharge d'un condensateur dans une bobine inductive de résistance r non négligeable.



D'après la loi des mailles,

$$\begin{aligned}
 U_C + U_L + U_r &= 0 \iff \frac{q}{C} + L \cdot \frac{di}{dt} + ri = 0 \\
 &\iff \frac{q}{C} + L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + r \cdot \frac{dq}{dt} = 0, \text{ car } i = \frac{dq}{dt} \\
 &\iff \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0
 \end{aligned}$$

On constate que q diminue avec le temps, le circuit correspondant est un oscillateur amorti à régime pseudopériodique (valeur de la résistance R faible) **la pseudo-période est peu différente de la période propre.**

4.5.2 Oscillations électrique forcées

1 Intensité et tension instantanées

Ce sont des fonctions sinusoïdales du temps, de la forme :

$$i = I_m \cos(\omega t + \phi_1); \quad u = U_m \cos(\omega t + \phi_2).$$

I_m et U_m sont les valeurs maximales de l'intensité (i) et de la tension (u), ω la pulsation vaut :

$$\omega = 2\pi \frac{1}{T} = 2\pi f,$$

avec T la période et f la fréquence.

2 Intensité et tension efficace

L'intensité efficace I_{eff} d'un courant alternatif est l'intensité d'un courant continu qui passant dans le même conducteur, fournit pendant chaque période la même quantité de chaleur que le courant alternatif.

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

On définit de même U_{eff} à partir de la U_m :

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}.$$

3 Notion d'impédance

L'impédance d'un circuit est donnée par la relation $Z = \frac{U}{I}$.

- Pour un conducteur ohmique, $Z_R = R$.
- Pour une bobine idéale, $Z_L = L\omega$.
- Pour un condensateur, $Z_C = \frac{1}{C\omega}$.
- Pour une bobine réelle, $Z_{Lr} = \sqrt{r^2 + (L\omega)^2}$.
- Pour un circuit R.L.C, $Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$
- On appelle **admittance** l'inverse de l'impédance. Noté Y , on a : $Y = \frac{1}{Z}$. Y s'exprime en **siemens** (S).

4 Notion de déphasage

La différence de phase ϕ entre la tension aux bornes du dipôle et l'intensité du courant qui le parcourt est telle que :

$$\tan \phi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$$

5 Facteur de puissance

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$

6 Etude de la résonance

Dans un circuit RLC en série, on parle de résonance d'intensité lorsque la tension imposée aux bornes du générateur est en phase avec l'intensité du courant qui traverse les dipôles. Cela entraîne quelques conséquences :

- Impédance : $Z = R$.
- Intensité du courant à la résonance : $I_0 = \frac{U}{R}$.
- Déphasage : $\tan \phi = 0$.
- Facteur de puissance : $\cos \phi = 1$.
- Fréquence : $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.
- Largeur de la bande passante : $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{R}{L}$ et $\Delta f = |f\omega_2 - f_1| = \frac{\Delta\omega}{2\pi}$.
- Facteur de qualité : $Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{L\omega_0}{R}$.

5 - Puissance électrique en régime sinusoïdal

5.1 Puissance instantanée

$$p = ui, \text{ avec } p \text{ en watts (W).}$$

5.2 Puissance moyenne en courant alternatif

$$P = UI \cos \phi, \text{ elle s'exprime en watts (W).}$$

5.3 Puissance apparente

$P_a = UI$, elle s'exprime en volt-ampère (V.A).

5.4 Les pertes d'énergie

L'effet joule est la principale source de perte d'énergie dans un circuit, pour minimiser les pertes en énergies plusieurs méthodes sont possibles :

- L'emploi des fils conducteurs de faible résistance, les câbles de cuivre par exemple.
- L'utilisation des câbles de section élevée.
- Le transport de l'énergie électrique sous haute tension.
- L'augmentation du facteur de puissance de l'installation.

6 – Effet thermoélectronique

L'effet thermoélectronique est l'émission d'électrons par des métaux portés à une température suffisamment élevée pour que les électrons de conduction du métal atteignent un niveau d'énergie suffisant leur permettant de se libérer des forces d'attraction des noyaux positifs des atomes.

Le dispositif expérimental est constitué d'un tube appelé diode thermoélectronique dans lequel, on a fait un vide très poussé. Il contient :

- un filament F constitué par un métal qui résiste à la chaleur chauffé directement ou indirectement par effet joule par un circuit électrique C_1 appelé circuit de chauffage ;
- une plaque métallique P. Elle a le plus souvent la forme d'un cylindre entourant le filament F.

Le circuit C_2 appelé circuit plaque permet de créer une d.d.p variable $U = U_P - U_F$ entre F et la plaque P.

Considérons un électron partie du filament avec une vitesse V_F , soit V_P la vitesse de cet électron quand il atteint la plaque. D'après le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_C = E_{C_P} - E_{C_F} = \sum W.$$

$\sum W$ se réduit au travail de la force électrostatique lorsque l'électron va du filament à la plaque.

$$W = -e(V_F - V_P) = -e(-U) = eU.$$

$$\Delta E_C = \frac{1}{2}mV_P^2 - \frac{1}{2}mV_F^2 = eU.$$

Donc :

$$V_P = \sqrt{V_F^2 + 2\frac{eU}{m}},$$

avec e en coulomb, U en volt, m en kg.

Les électrons sortent du filament avec des vitesses différentes, mais souvent assez faibles pour être négligés. Dans ce cas

$$V_F \approx 0 \text{ et } V_P = \sqrt{2\frac{eU}{m}}.$$

Exemple**Application du phénomène thermoélectronique**

L'effet thermoélectronique est utilisé dans :

- Dans les tubes classiques : diodes et triode destinée à redresser le courant alternatifs.
- Dans les appareils utilisant les canons à électrons (récepteur de télévision, ...).
- Dans les tubes électroniques de production des rayons X.

1 — Propagation de la lumière

1 Les sources de lumière

Les sources de lumière sont des objets qui produisent la lumière ou qui renvoient la lumière reçue. On distingue deux types de sources lumineuses :

- Les sources de lumière primaires : Elles émettent la lumière produite par elle-même exemple : Le soleil, la bougie, la lampe tempête, les étoiles etc.
- Les sources de lumière secondaires : Elles diffusent ou renvoient la lumière reçue exemple : la lune, le tableau etc.

Remarque

Une source de lumière est ponctuelle si ses dimensions sont très faibles par rapport à la distance de la source à l'observateur. Dans le cas contraire on parle de source étendue.

2 Les récepteurs de lumière

Les récepteurs de lumière sont des dispositifs sensibles à la lumière qu'ils reçoivent. Exemple : Les pellicules photographiques, les plantes vertes, les photos calqueurs, l'oeil etc.

3 Les milieux de propagation de la lumière

Certains milieux se laissent complètement traverser facilement par la lumière, ils sont dits transparents, Exemple : L'air, l'eau, D'autres par contre arrêtent totalement la lumière, ils sont dits opaques Exemple : la terre, du bois, D'autres encore se laissent partiellement traverser par la lumière : Ils sont dits translucides exemple le papier huilés, le verre dépoli.

Dans le vide la célérité de la lumière est égale à $c = 3 \times 10^8 m/s$.

4 La propagation de la lumière

On montre expérimentalement que « dans le vide et dans tous les milieux transparents et homogènes, la lumière se propage e ligne droite ».

5 Rayon lumineux, faisceau lumineux

Un rayon lumineux est le trajet rectiligne suivi par la lumière. Un faisceau lumineux est un ensemble de rayons lumineux On distingue trois types de faisceau lumineux :

- Le faisceau convergent.
- Le faisceau cylindrique ou parallèle.

- Le faisceau divergent.

6 La diffraction de la lumière

La diffraction est le phénomène observé lorsqu'on fait passer un faisceau lumineux à travers une ouverture de faible diamètre. Sur l'écran, on reçoit un faisceau divergent.

2 - Reflexion-réfraction

2.1 Reflection de la lumière

La lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène. Le phénomène de renvoi de la lumière par une surface plane et polie dans une direction privilégiée s'appelle réflexion. Il existe la réflexion spéculaire et la réflexion diffuse. La réflexion est dite spéculaire lorsque le rayon incident donne naissance à un rayon réfléchi unique. La réflexion diffuse intervient sur les interfaces irrégulières, la lumière est réfléchie dans un grand nombre de directions et l'énergie du rayon incident est redistribuée dans une multitude de rayons réfléchis.

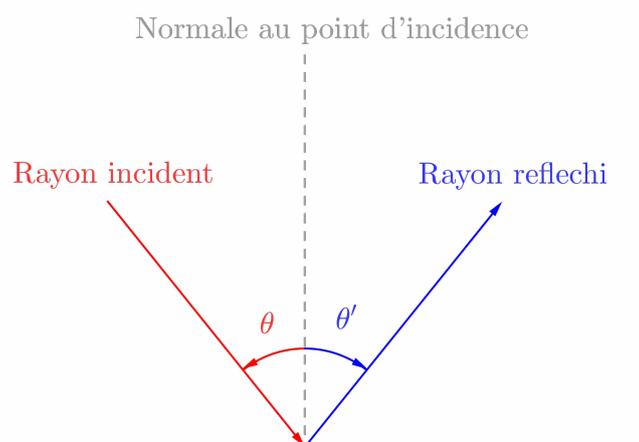
Les lois de la réflexion ou lois de Descartes

- **Première loi** : le rayon réfléchi est contenu dans le plan d'incidence.
- **Deuxième loi** : l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion : $i = r$.

Loi de retour inverse de la lumière

Le trajet suivi par la lumière n'est pas modifié quand le sens de la propagation est inversé.

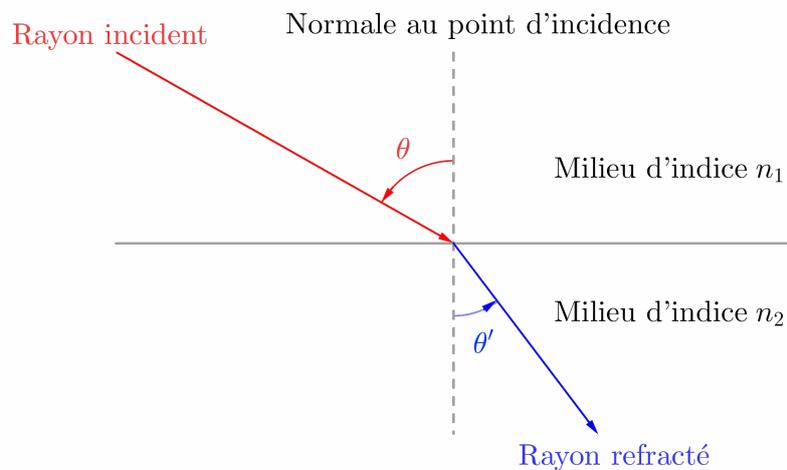
Un miroir plan donne d'un objet réel une image virtuelle symétrique de l'objet par rapport au plan du miroir. Un miroir plan donne d'un objet virtuel une image réelle, symétrique de l'objet par rapport au plan du miroir.



2.2 Refraction de la lumière

On appelle réfraction le brusque changement de direction que subit la lumière quand elle traverse la surface de séparation de 2 milieux transparents.

On appelle milieu dispersif un milieu transparent dont l'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde. C'est à cause du phénomène de dispersion que la lumière blanche est décomposée par un prisme.



Les lois de la refraction ou lois de Descartes

- **Première loi** : le rayon réfracté est contenu dans le plan d'incidence.
- **Deuxième loi** : Pour 2 milieux transparents donnés le sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction est constant :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \text{constante.}$$

Définition

Notion d'indice de réfraction

- $\sin i_1 = n \sin i_2$, n ou $n_{2/1}$ est appelé indice de réfraction du second milieu par rapport au premier.
- Indice absolu : $C = \frac{c}{V} = n_{2/\text{vide}}$.

Conséquence de la deuxième loi de la réfraction

- **Réfraction limite** : on parle de réfraction limite lorsque $i = 90^\circ$, $\sin \lambda = \frac{N_1}{N_2}$ avec λ étant l'angle de réfraction limite.
- **Réflexion totale** : $\sin i_0 = \frac{N_1}{N_2}$.

Lorsque la lumière passe d'un milieu à un milieu moins réfringent, le rayon réfracté s'écarte de la normale. Application de la réflexion totale : le prisme à réflexion totale, la fontaine lumineuse.

3 - Le prisme

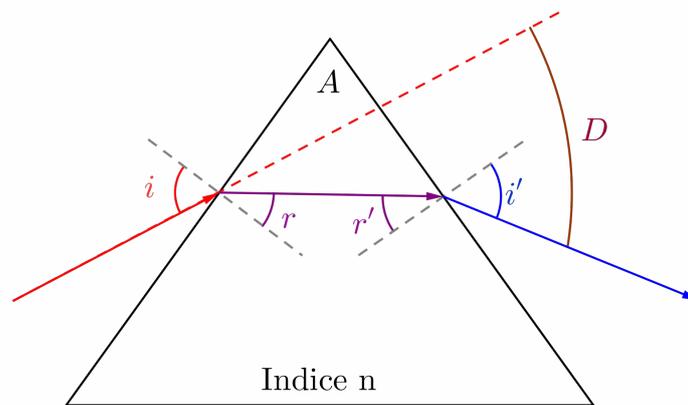
Définition

Le **prisme**, en optique est un milieu transparent limité par 2 plans non parallèles appelés face du prisme.

Un prisme permet de décomposer une lumière polychromatique en lumières monochromatique c'est le cas de la lumière blanche en plusieurs couleurs (rouge orange jaune, vert, bleue, indigo, violet).

- L'angle formé par les deux faces est appelé angle du prisme
- L'intersection des deux faces est appelée arête du prisme.
- On appelle section principale toute section perpendiculaire à l'arête.

Un prisme est un élément optique utilisé pour réfracter la lumière, la réfléchir ou la disperser en ses constituants.
On note : i = l'angle d'incidence, i' = l'angle du rayon émergent, r = l'angle de la 1^{re} réfraction, r' = l'angle de la 2^e réfraction, A = l'angle au sommet du prisme, D = l'angle de déviation entre le rayon émergent et le rayon incident.



Les formules du prisme

- $\sin i = n \sin r$
- $\sin i' = n \sin r'$
- $r + r' = A$
- $D = i + i' - A$

D est la déviation subit par le rayon lumineux à la traversée du prisme. A est l'angle principal du prisme.

Dans le cas d'un prisme de petit angle utilisé sous faible incidence, les formules du prisme deviennent :

- $i = nr$
- $i' = nr'$
- $r + r' = A$
- $D = (n - 1)A$

Remarque

La déviation D augmente avec l'angle du prisme, elle augmente aussi avec l'indice du prisme.

Déviation minimale D_m

$$n \sin \left(\frac{A}{2} \right) = \sin \left(\frac{A + D_m}{2} \right).$$

L'indice de réfraction d'un verre varie en fonction de la longueur d'onde, ce qui provoque une dispersion chromatique.

Les prismes sont utilisés pour dévier ou réfléchir la lumière dans différents dispositifs optiques (les jumelles, par exemple) ; ils sont une alternative aux miroirs. On les utilise parfois pour réaliser une anamorphose. La lumière blanche est formée d'une infinité de lumières monochromatiques, à chacune correspond un indice de réfraction. Cet indice augmente du rouge au violet.

4 - Les lentilles sphériques minces

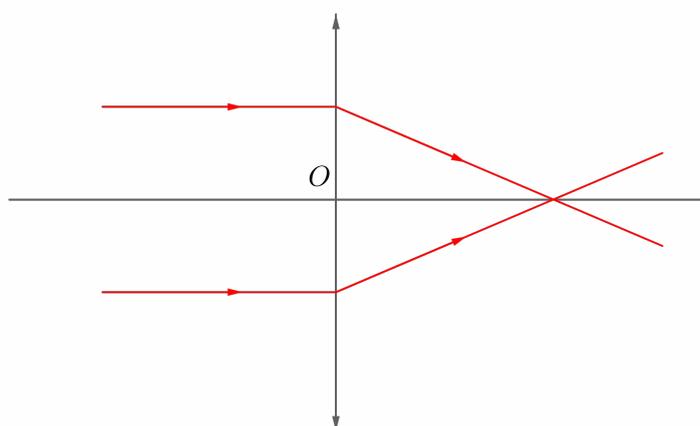
Une lentille est dite mince si son épaisseur (e) est faible devant son diamètre (D).

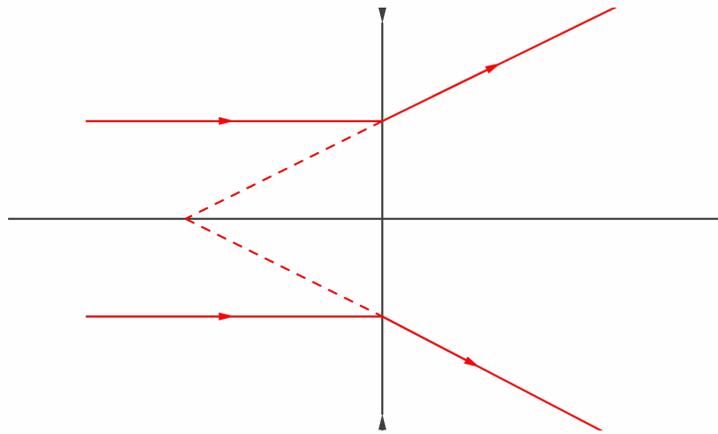
Définition

Une **lentille sphérique** est un milieu transparent limité par 2 calottes sphériques ou par une calotte sphérique et un plan.

On distingue : les lentilles **convergentes** et les lentilles **divergentes**.

Une lentille mince à bords minces est convergente. Une lentille mince à bords épais est divergente.





1 Foyers - distances focales - vergences

- La vergence est l'inverse de la distance focale donc :

$$C = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

avec $\overline{OF'} = f$ (distance focale) en m ; C = vergence en dioptries (δ). $\overline{OF'} = \overline{OF}$.

- La distance focale est : positive pour une lentille convergente, négative pour une lentille divergente

2 Formules des lentilles minces (Formules de Descartes)

Formules des lentilles minces (Formules de Descartes)

- Formule de position ou de conjugaison :

$$-\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF}}$$

- formule du grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

- ★ Si $\gamma > 0$, l'image et l'objet sont de sens contraire. On dit que l'image est renversée.
- ★ Si $\gamma < 0$, image a le même sens que l'objet, on dit qu'elle est droite.

3 Vergence des lentilles minces

- Expression de la vergence d'une lentille : une lentille d'indice n et de rayons de courbures R_1 et R_2 à pour vergence :

$$C = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

avec R_1 et R_2 en m ; R est positif pour une face convexe (bombée) R est négatif pour une face concave (creuse) ; $C < 0$ lentille divergente ; $C > 0$ lentille convergente

- Théorème des vergences

La vergence de plusieurs lentilles accolées est équivalente à la somme algébrique des vergences de chaque lentille :

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n.$$

5 - L'œil

① **L'œil réduit** : l'œil peut être assimilé à un système optique comprenant : un diaphragme (la pupille), une lentille convergente (le cristallin), un écran (la rétine). On peut simplifier ce système optique en le remplaçant par une lentille convergente diaphragmée située à 15 mm de la rétine. L'ensemble constitué par la lentille et la partie sensible de la rétine constitue l'œil réduit.

② **Accommodation** : c'est la modification de la vergence du cristallin pour permettre à l'œil de voir nettement les objets.

L'œil peut voir nettement des objets situés entre deux positions extrêmes :

- le punctum remotum (PR) : point le plus éloigné au-delà duquel il n'y a pas accommodation ;
- le punctum proximum (PP) : c'est le point le plus proche de l'œil en deçà duquel aucune accommodation n'est possible.

③ **Le pouvoir séparateur**

Le pouvoir séparateur ou acuité visuelle " de l'œil est le plus petit angle sous lequel l'œil peut voir séparément deux points A et B donnés :

$$\varepsilon = \frac{AB}{D}$$

avec ε en radians ; AB et D en m .

④ **Les défauts d'accommodation de l'œil**

- **Myopie** : l'œil myope est trop convergent, le foyer image est placé avant la rétine. L'œil voit flou les objets éloignés. La distance minimale de vision distincte (PR) est plus petite que celle d'un œil normal. La correction se fait par le port des verres divergents.
- **Hypermétropie** : l'œil hypermétrope est très peu convergent. L'image d'un objet placé à l'infini se forme en arrière de la rétine. L'hypermétrope ne peut donc voir aucun objet sans accommoder. La correction se fait par le port des verres convergents.
- **Presbytie** : la presbytie est un défaut qui résulte de la diminution de l'élasticité du cristallin ou des muscles de l'œil avec l'âge. Ici le PR reste fixe, le PP s'éloigne. La correction se fait par le port des verres convergents pour la vision des objets rapprochés.

6 - Étude de quelques instruments d'optique

On appelle latitude de mise au point la distance des positions extrêmes entre lesquelles doit se trouver l'objet pour que l'image soit vue par l'observateur.

- Puissance d'un instrument d'optique :

$$P = \frac{\alpha'}{AB}$$

avec α' angle sous lequel on voit l'image (diamètre apparent de l'image) à la longueur de l'objet en rad, AB en m , P en dioptrie (δ).

- Grossissement d'un instrument d'optique :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

α est le diamètre apparent de l'objet.

① **La loupe**

- **Mise au point** : elle se fait en modifiant la distance de l'objet à la loupe. Sa latitude de mise au point est de quelques millimètres.
- **Puissance** : ici c'est la puissance intrinsèque

$$P_i = \frac{1}{OF'}$$
- **Le grossissement** : $G = P.d$ pour cataloguer les loupes du point de vue commercial, on prend une distance d conventionnelle de $25\text{cm} = \frac{1}{4}\text{m}$ et la puissance intrinsèque ; on obtient le grossissement commercial : $G_C = \frac{P_i}{4}$.

2 Le microscope

- **La mise au point** : elle se fait en déplaçant l'ensemble objectif-oculaire par rapport à l'objet. La latitude de mise au point est très petite de l'ordre du 100^{e} de mm (0,01 mm).
- La puissance :

$$P = P_2 \cdot \gamma$$

La puissance d'un microscope est égale au produit de la puissance de l'oculaire par la valeur arithmétique du grandissement de l'objet.

- **Grossissement** : $G = P.d$ et $G_C = \frac{P_i}{4}$.
- **La puissance intrinsèque** du microscope est :

$$P = \frac{\Delta}{O_1F'_1 \cdot O_2F'_2}$$

7 - La lumière

7.1 Aspect ondulatoire de la lumière

Expérience des fentes de Young

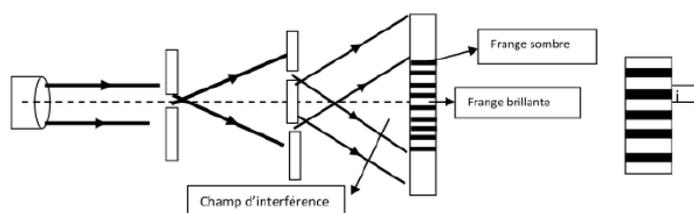
1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est constitué :

- d'une source de lumière monochromatique (une couleur) ;
- de deux plaques dont l'une, percée d'une fente fine F , placée devant la source qui diffracte la lumière qui tombe sur l'autre qui elle, est percée de deux fentes F_1 et F_2 très rapprochés et symétriques par rapport à l'axe horizontal passant par F ;
- d'un écran d'observation situé en arrière des deux fentes, à une distance D d'environ un mètre.

2 Observations

Lorsque la source émet de la lumière, celle-ci est d'abord diffractée par la fente F et ensuite par les fentes F_1 et F_2 très et on observe dans la zone éclairée simultanément par les sources F_1 et F_2 très (synchrones et cohérentes) des bandes brillantes, rectilignes et parallèles alternant avec des bandes sombres : ce sont les franges d'interférences. On observe aussi que la frange centrale est brillante. La distance entre deux franges consécutives de même nature est la même : cette distance notée i est appelée interfrange.



3 Interprétation

L'expérience montre que, la superposition des lumières émises par fentes sources F_1 et F_2 peut donner soit de la lumière (franges brillantes), soit de l'obscurité (franges sombres). L'existence de ces franges d'interférences ne peut s'expliquer qu'en admettant que la lumière a un caractère ondulatoire : Les franges résultent de la superposition de deux ondes lumineuses issues de deux sources cohérentes (différence de phase constante) et synchrones (même fréquence ou période). Considérons un point M du champ d'interférences où se rejoignent deux rayons lumineux issus des sources F_1 et F_2 . On est ramené à une étude semblable à celle faite sur les interférences mécanique.

- Expression de la **différence de marche** :

$$\delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}$$

- **Ordre d'interférence** :

$$p = \frac{\delta}{\lambda}$$

- **État vibratoire** d'un point M du champ d'interférence :

★ Si $p = k$ (k un entier relatif), le M est sur une frange brillante.

★ Si $p = k + \frac{1}{2}$, le point M est sur une frange sombre.

- **Interfrange**

L'interfrange est la distance séparant les milieux de deux franges consécutives de même nature :

$$i = \frac{\lambda D}{a}, \quad a = \text{distance séparant les deux fentes.}$$

- **Ecart angulaire**

Pour une fente de largeur a , l'écart angulaire entre le milieu de la tache centrale et la première extinction est :

$$\theta = \frac{\lambda_0}{a},$$

avec θ en radians (rad); λ_0 : longueur d'onde de la radiation dans le vide (m), a : largeur de la fente

4 Interférences en lumière bichromatique

Si on utilise dans l'expérience de Young une source lumineuse émettant 2 radiations monochromatiques de longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 avec $\lambda_1 > \lambda_2$ on va observer à l'écran une superposition de deux systèmes de franges avec des interférences différentes

$$i_1 = \frac{\lambda_1 D}{a} \quad \text{et} \quad i_2 = \frac{\lambda_2 D}{a}, \quad i_1 > i_2.$$

Il apparaît alors sur l'écran des zones où les franges brillantes (ou sombres) des deux systèmes coïncident. C'est ainsi qu'on observe une frange centrale brillante, une zone de brouillage de part et d'autre avant de retrouver une coïncidence brillante. Si n_1 et n_2 sont les nombres d'interfranges (comptées à partir du centre) des deux radiations que l'on a à la coïncidence, on peut écrire :

$$x_1 = n_1 i_1 = \frac{n_1 \lambda_1 D}{a} \quad \text{et} \quad x_2 = n_2 i_2 = \frac{n_2 \lambda_2 D}{a}.$$

$$\begin{aligned} x_1 = x_2 &\iff \frac{n_1 \lambda_1 D}{a} = \frac{n_2 \lambda_2 D}{a} \\ &\iff \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \end{aligned}$$

7.2 Aspect corpusculaire de la lumière

L'aspect corpusculaire a été mis en évidence en 1887 par Hertz après la découverte de l'effet photoélectrique.

L'**effet photoélectrique** est l'extraction des électrons d'un métal lorsque ce dernier est éclairé par un rayonnement électromagnétique convenable.

L'**énergie d'extraction** est l'énergie minimale qu'il faut fournir à un électron pour qu'il soit extrait du métal.

La **fréquence seuil** est la plus petite fréquence en dessous de laquelle l'effet photoélectrique ne peut se produire. Soit ν la fréquence de la radiation utilisée et ν_0 la fréquence seuil du métal.

- Si $\nu < \nu_0$, il n'y a pas effet photoélectrique.
- Si $\nu = \nu_0$, il y a effet photoélectrique et l'électron reste posé à la surface du métal.
- Si $\nu > \nu_0$, il y a effet photoélectrique et l'électron est expulsé avec un excédent d'énergie sous la forme cinétique telle que

$$E_{c_{\max}} = h(\nu - \nu_0),$$

avec $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$: constante de Plank.

Vitesse maximale des électrons émis

Pour $U_{AC} = -U_0$ (tension d'arrêt), des électrons arrivent à l'anode avec une vitesse nulle. Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre le moment où ils partent de la cathode et celui où ils arrivent à l'anode.

$$\Delta E_C = \sum W_{F_{\text{ext}}} = E_{CA} - E_{CC} = E_{CC} \text{ car } E_{CA} = 0 \text{ J.}$$

Or $W_{F_{\text{el}}} = -eU_0$, donc :

$$V_{\max}^2 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}.$$

Notion de rendement quantique

Lors du phénomène photoélectrique, tous les photons transportés par la lumière (rayonnement incident) ne sont pas utilisés. On appelle rendement quantique, noté ρ , le rapport

$$\rho = \frac{N_e}{N_p}$$

où N_e est le nombre d'électrons extraits et N_p le nombre de photon incident.

Si P est la puissance lumineuse reçue par la cathode, on a :

$$P = N_p h \nu \iff \frac{N}{\rho} = \frac{P}{h \nu}.$$

De même,

$$I_S = N_e \cdot e \iff N_e = \frac{I_S}{e}.$$

D'où

$$\rho = \frac{N_e}{N_p} = \frac{I_S h \nu}{P \cdot e}.$$

Relation de Louis de Broglie

À toute particule de quantité de mouvement $p = mv$ correspond une onde de longueur d'onde λ telle que

$$\lambda = h \frac{h}{p}.$$

1 – Aimants-Champ magnétique

1.1 Les aimants

Définition

Un **aimant** est un corps qui possède la propriété d'attirer le fer.

Un aimant peut être naturel ou artificiel. Un aimant naturel peut être permanent ou temporaire. Un aimant a 2 pôles différents : un pôle nord orienté vers le nord et un pôle sud orienté vers le sud. Les pôles de même nom se repoussent et les pôles de noms contraires s'attirent. On ne peut pas isoler un pôle d'un aimant.

1.2 Le champ magnétique

Définition

On appelle **champ magnétique** toute région de l'espace dans laquelle une aiguille aimantée est soumise à des forces magnétiques.

Dans le système international, l'unité du champ magnétique est le tesla (T). Dans les centres de recherche, on préfère une autre unité le gamma qui permet de déceler les petites variations de l'intensité du champ magnétique. 1tesla = 109gammas. On dit qu'un champ magnétique est uniforme quand le vecteur champ magnétique à la même direction, même sens et même intensité en tout point de l'espace champ. Le champ magnétique est un champ vectoriel. Il est tangent aux lignes de champ. A l'extérieur de l'aimant, les lignes de champ sont orientées du pôle nord vers le pôle sud. La valeur du champ magnétique \vec{B} s'exprime en Tesla (T) et se mesure à l'aide d'un teslamètre.

1 Action d'un champ magnétique uniforme sur un aimant : notion de moment magnétique

Cette action se réduit à un couple. L'expression du moment magnétique Γ :

$$\Gamma = M.B. \sin \theta,$$

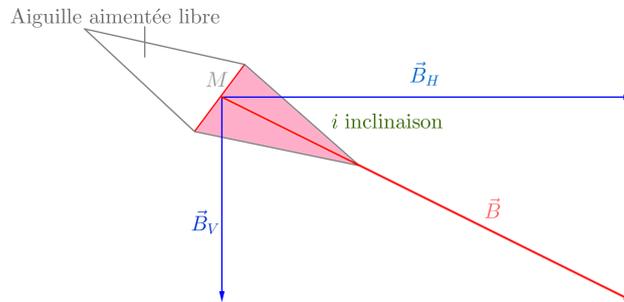
Γ en Newton.Mètre (N.M), B en tesla (T), M =moment magnétique de l'aimant en ampères .mètre carré ($A.m^2$).

2 Le champ magnétique terrestre

Il peut être considéré comme le champ créé par un aimant droit placé au centre de la Terre (en réalité, la magnétosphère est déformée par le vent solaire). Le champ magnétique terrestre est la résultante de deux composantes :

- \vec{B}_H : composante horizontale du champ magnétique terrestre au point M.
- \vec{B}_V : composante verticale du champ magnétique terrestre en M.
- $\vec{B} = \vec{B}_H + \vec{B}_V$.

3



L'angle D que fait le plan du méridien géographique avec le plan du méridien magnétique est appelé déclinaison au point considérée. L'angle I que fait \vec{B}_H avec \vec{B} est appelé inclinaison.

2 - Le champ magnétique créé par un courant

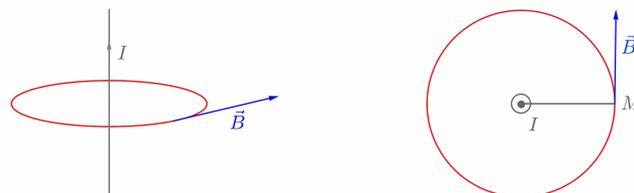
1 Champ magnétique créée par un fil infiniment long

$B = k \frac{I}{d}$, dans le vide et pratiquement dans l'air $k = 2 \times 10^{-7}$ d'où la formule :

$$B = 2 \times 10^{-7} \cdot \frac{I}{d}$$

B en tesla (T), I en A, d en mètre.

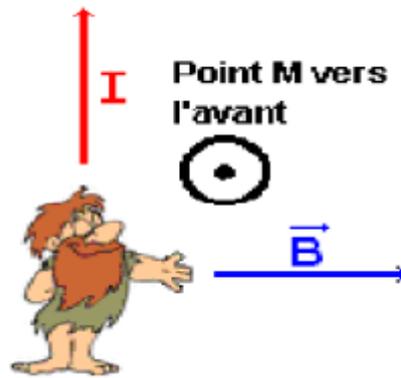
Les lignes de champ sont des cercles concentriques. Le champ magnétique B est perpendiculaire aux lignes de champ. La valeur du champ est proportionnelle à l'intensité I du courant électrique parcourant le fil.



2 Règle du bonhomme d'Ampère

Règle du bonhomme d'Ampère

Lorsqu'un bonhomme d'Ampère placé sur le fil, le courant entrant par ses pieds et sortant par sa tête, regarde le point M, son bras gauche indique le sens du champ B.



1 Champ magnétique créé par une spire circulaire

- Champ magnétique au centre de la spire :

$$B = 2\pi 10^{-7} \cdot \frac{I}{R}$$

- Champ magnétique au centre d'une bobine plate comportant N spires :

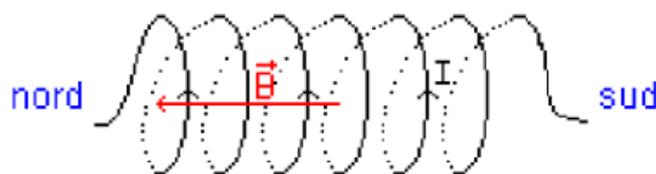
$$B = 2\pi 10^{-7} \cdot \frac{NI}{R}$$

Sur l'axe de la bobine, le champ magnétique B est perpendiculaire au plan de la bobine. Sens du champ : Un bonhomme d'Ampère placé sur la bobine, le courant entrant par ses pieds et sortant par sa tête, indique le sens du champ magnétique par son bras gauche lorsqu'il regarde le centre de la bobine.

2 Champ magnétique créé par un solénoïde infiniment long

Un solénoïde est dit « long » si sa longueur L est supérieure à dix fois son rayon r ($L > 10R$)

Sens du champ : un bonhomme d'Ampère placé sur les fils du solénoïde, le courant entrant par ses pieds et sortant par sa tête, indique le sens du champ magnétique par son bras gauche lorsqu'il regarde le centre du solénoïde.



À l'intérieur d'un solénoïde long :

- Les lignes de champ sont parallèles (les vecteurs champs B sont colinéaires et de même sens).
- Le champ magnétique conserve la même valeur.

Dans un solénoïde long, le vecteur champ magnétique \vec{B} est constant. On dit que le champ magnétique est uniforme

$$B = K \frac{NI}{L} = 4\pi 10^{-7} \frac{NI}{L},$$

N : le nombre de spires Le rapport N/L représente le nombre de spires par unité de longueur. On le désigne souvent par la lettre n et la formule ci-dessus devient :

$$B = 4\pi 10^{-7} nI.$$

Remarques

- Le coefficient $4\pi 10^{-7}$, que l'on note μ_0 , est appelé perméabilité magnétique du vide. Ce coefficient est pratiquement le même dans l'air.
- La formule $B = 4\pi 10^{-7} nI$ n'est valable que pour un solénoïde infiniment long, c'est-à-dire pour une bobine dont la longueur est supérieure à 10 fois son rayon.

3 - Action d'un champ magnétique sur un élément de circuit parcouru par un courant : loi de Laplace

Un conducteur traversé par un courant placé dans un champ magnétique est soumis à une force électromagnétique dite force de Laplace :

$$F = \vec{I} \cdot \vec{l} \wedge \vec{B}.$$

Mesure du champ magnétique : la balance de coton :

$$B = \frac{mgd'}{Il d}, \text{ si } d = d', \text{ alors } B = \frac{mg}{Il}.$$

3.1 L'action d'un champ magnétique sur un circuit fermé

Le moment du couple :

$$\Gamma = IN S \sin \theta,$$

avec I en A, N nombre de spires, S en m^2 , B en tesla (T), Γ en N.m.

En posant $M = INS$, on définit le moment magnétique d'un cadre de surface S comportant N spires et parcouru par un courant d'intensité I. l'unité du **moment magnétique** est l'ampère mètre carré ($A.m^2$).

On appelle sensibilité du galvanomètre (σ) le rapport de l'angle α de déviation du cadre à l'intensité I du courant qui le traverse :

$$\sigma = \frac{\alpha}{I} = \frac{NBS}{c},$$

avec σ en rad/A , C en $N.m.rad^{-1}$.

Pour mesurer l'angle α de rotation du cadre, on utilise une méthode optique dite de **Poggendorff**.

3.2 Les actions réciproques de deux conducteurs parallèles et infiniment

Parcourus par des courants de même sens, deux conducteurs rectilignes et parallèles s'attirent. Parcourus par des courants de sens contraires, ils se repoussent.

$$F_1 = F_2 = \frac{2 \times 10^{-7} I_1 I_2 l}{d}.$$

L'ampère est l'intensité de courant qui, passant dans 2 conducteurs rectilignes, parallèles, de longueur infinie, de section négligeable, placés à 1 m l'un de l'autre, produirait entre ces conducteurs une force de $2 \times 10^{-7} N$ par mètre de longueur.

4 - Flux magnétique - Travail des forces électromagnétiques

1 Flux d'un vecteur champ magnétique à travers une surface

Par définition, on appelle flux à travers la surface d'aire S le produit scalaire :

$$\varphi = B \cdot \vec{n} \cdot \vec{S} = BS \cos(\widehat{\vec{n}, \vec{B}}),$$

avec φ en webers (Wb).

2 Flux coupé par un élément de circuit rectiligne au cours de son déplacement

Ce flux coupé ou flux balayé est :

$$B \cdot \vec{n} \cdot \vec{S} = BS \cos(\widehat{\vec{n}, \vec{B}}).$$

3 Travail des forces électromagnétiques

- Cas particulier : \vec{B} est perpendiculaire au plan des rails :

$$W = I \cdot \varphi,$$

avec W en joule (J).

- Cas où, \vec{B} est toujours uniforme n'est plus perpendiculaire au plan des rails :

$$W = I \cdot (\varphi_2 - \varphi_1).$$

- Généralisation (La loi de Maxwell) : lorsqu'un circuit se déplace dans un champ magnétique le travail des forces électromagnétiques qui s'exerce sur lui est égal au produit de l'intensité du courant par la variation du flux magnétique qui le traverse :

$$W = I \cdot (\varphi_2 - \varphi_1).$$

4 Règle du flux maximal

Un circuit plan parcouru par un courant, libre de se déplacer, placé dans un champ magnétique est en position d'équilibre stable lorsque le flux qui le traverse par la face sud est maximal.

5 - Induction électromagnétique - Auto-induction

5.1 Induction électromagnétique

Toute variation du flux magnétique à travers un circuit provoque la naissance dans celui-ci d'une force électromotrice d'induction e . Cette force électromagnétique, qui ne dure que tant que dure la variation du flux se manifeste par :

- Une tension aux bornes du circuit, égale à e si ce circuit est ouvert.
- La circulation d'un courant induit dans le circuit si ce circuit est fermé.

1 Sens du courant induit (loi de Lenz)

Le sens du courant induit est tel que, par ses effets électromagnétiques, il s'oppose toujours à la cause qui lui a donné naissance.

2 Force électromotrice d'induction

- Force électromotrice moyenne d'induction :

$$e_{\text{moy}} = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{t_2 - t_1},$$

avec $\Delta\varphi$ en weber, t en secondes.

- Force électromotrice instantanée : la f.é.m. à la date t est

$$e = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.$$

Définition

Le weber est le flux qui, traversant un circuit d'une seule spire, y produit une f.é.m. de 1 volt si on l'amène à 0 en 1 seconde par décroissance uniforme.

- Intensité du courant induit : $i = e/R$, avec R en ohms(Ω) et i en ampère (A).
- Quantité d'électricité induite

Par définition : $Q = |i_{\text{moy}}| \cdot \Delta t$. Or $i_{\text{moy}} = \frac{e_{\text{moy}}}{R}$ et $e_{\text{moy}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$; donc :

$$Q = \frac{\Delta\Phi}{R}.$$

Exemple

Application du phénomène d'induction magnétique : alternateurs, transformateurs.

5.2 Auto-induction

- Auto-inductance d'un circuit ou d'une portion de circuit :

$$\Phi_p = L \cdot i,$$

avec L : auto-inductance en henrys (H), Φ_p : flux propre en Wb, i en ampère (A).

- La force électromotrice d'auto-induction :

$$e = -\frac{Ldi}{dt}.$$

- Tension aux bornes d'une bobine :

$$u_{AB} = ri + L\frac{di}{dt}.$$

1 – Étude de quelques mouvements

1.1 Les lois de Newton

1.1.1 Première loi de Newton : Principe d'inertie

« Dans un référentiel galiléen, lorsque les forces extérieures qui s'exercent sur un solide se compensent, son centre d'inertie est soit au repos, soit animé d'un mouvement rectiligne et uniforme. Réciproquement, si un solide est au repos ou en mouvement rectiligne et uniforme, alors les forces extérieures qui s'exercent sur lui se compensent ».

1.1.2 Deuxième loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, si la somme vectorielle (résultante) \vec{F} des forces extérieures s'exerçant sur un solide est différente du vecteur nul ($\vec{0}$), alors la vitesse \vec{V} varie. La variation ΔV_G et la résultante \vec{V} des forces extérieures appliquées entre 2 instants ont même direction et même sens.

1.1.3 Troisième loi de Newton : Principe d'interaction

Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$, alors le corps B exerce sur le corps A une force $\vec{F}_{B/A}$ telle que :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} \implies \vec{F}_{A/B} + \vec{F}_{B/A} = \vec{0}.$$

1.2 Mouvement d'un point

Définitions

- On appelle **vitesse moyenne** d'un solide ponctuel le quotient de la distance parcourue par le solide par le temps mis pour la parcourir.
- On appelle **vitesse instantanée** d'un solide ponctuel à la date t la vitesse moyenne du solide pendant une brève durée autour de la date t.

La vitesse du mobile dépend du référentiel utilisé.

La vitesse instantanée est la valeur indiquée par le tachymètre (indicateur de vitesse) d'un véhicule.
 Le mouvement est dit uniforme si la valeur de la vitesse instantanée reste constante.
 Le mouvement est dit accéléré si la valeur de la vitesse instantanée augmente au cours du temps.
 Le mouvement est dit décéléré si la valeur de la vitesse instantanée diminue au cours du temps.

1.3 Vecteur vitesse

Un instant de date t , le mouvement d'un mobile est déterminé par :

- ① La position du mobile.
- ② Le vecteur vitesse \vec{V} du mobile caractérisé par :
 - sa direction : la tangente à la trajectoire ;
 - son sens : celui du mouvement ;
 - sa valeur : la vitesse instantanée du mobile.



1.3.1 Mouvements rectilignes

- Équations caractéristiques d'un mouvement rectiligne uniforme :

$$\begin{cases} \vec{a} &= \vec{0} \\ \vec{V} &= \overrightarrow{cste} \\ x &= V_x t + x_0 \end{cases}$$

- Équations caractéristiques d'un mouvement rectiligne uniformément varié :

$$\begin{cases} \vec{a} &= \overrightarrow{cste} \\ \vec{v} &= a_x t + V_{0x} \\ x &= \frac{1}{2} a_x t^2 + V_{0x} t + x_0 \\ V_2^2 - V_1^2 &= 2a_x(x_2 - x_1) \end{cases}$$

- Équations caractéristiques d'un mouvement rectiligne sinusoïdal :

$$\begin{cases} x &= X_m \cos(\omega t + \varphi) \\ T &= \frac{2\pi}{\omega} \\ f &= \frac{1}{T} \\ a_x &= -X_m \omega^2 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x \end{cases}$$

La valeur absolue de l'élongation maximale X_m est encore appelé amplitude.

1.3.2 Mouvements circulaires

- Équations caractéristiques d'un mouvement circulaire uniforme :

$$\begin{cases} \ddot{\theta} &= 0 \\ \dot{\theta} &= cste; \theta = \theta_0.t + \theta_0 \\ a &= a_n = R.\dot{\theta}^2 \\ x &= R \cos(\dot{\theta}.t + \theta_0) \\ V &= R\dot{\theta}, \dot{\theta} = \frac{v}{r} \end{cases}$$

- Équations caractéristiques d'un mouvement circulaire uniformément varié :

$$\begin{cases} \ddot{\theta} &= cste, \dot{\theta} = \frac{1}{2}\theta.t^2 + \theta.t + \theta_0 \\ \dot{\theta}_2^2 - \dot{\theta}_1^2 &= \ddot{\theta}(\theta_2 - \theta_1) \end{cases}$$

- Mouvement circulaire sinusoïdal :

$$\begin{cases} \dot{\theta} &= \dot{\theta}_m \cos(\omega t + \varphi) \\ \ddot{\theta} &= -\omega \dot{\theta}_m \sin(\omega t + \varphi) \\ \theta &= \omega^2 \theta = 0 \\ T &= \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f} \end{cases}$$

1.4 Mouvement d'un solide indéformable

On appelle **solide indéformable** un objet matériel dont la distance entre deux points quelconques ne varie pas au cours du temps. On appelle trajectoire d'un mobile l'ensemble des positions successives de ce mobile au cours du temps.

- Le mouvement d'un objet est dit curviligne si sa trajectoire est une courbe.
- Le mouvement d'un objet est dit rectiligne si sa trajectoire est une droite.
- Le mouvement d'un objet est dit circulaire si sa trajectoire est un cercle.

2 - Chute libre des corps

Définition

On appelle **chute libre**, le mouvement d'un corps soumis à la seule action de son poids, donc le mouvement de chute dans le vide. Dans l'air, tous les corps n'ont pas le même mouvement de chute.

Loi de Newton

Dans le vide, tous les corps ont le même mouvement de chute. Le mouvement de la chute libre d'un corps sans vitesse initiale est : de trajectoire verticale et rectiligne, de sens de haut vers le bas.

Caractéristiques

$$\begin{cases} a_x &= g \\ v &= gt \\ x &= \frac{1}{2}gt^2 + x_0 \\ v^2 &= 2gh \end{cases} \quad \text{Avec } v : \text{vitesse en } m/s ; g, \text{ intensité de la pesanteur en } N/kg \text{ et } h, \text{ hauteur de chute en } m. \text{ Les espaces}$$

parcourus par un corps en mouvement de chute libre pendant des intervalles de temps successifs et égaux à θ , forment une progression arithmétique de raison $r = g\theta^2$.

3 - Quantité de mouvement-moment cinétique

Soit un point matériel de masse m animé d'un mouvement de vitesse \vec{V} .

Définition

On appelle quantité de mouvement de ce point matériel la grandeur vectorielle : $\vec{P} = m \cdot \vec{V}$.

La quantité de mouvement d'un système de points matériels est égale à la somme des quantités de mouvements de chaque point du système.

3.1 Principe d'inertie

Énoncé

Le centre d'inertie G d'un système isolé ou pseudo-isolé reste au repos, s'il est initialement au repos ou animé d'un mouvement rectiligne uniforme, s'il est en mouvement.

3.2 Conservation de la quantité de mouvement

Énoncé

La quantité d'un mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé déformable ou non reste constante.

Exemple

- **Choc entre deux solides**

Les solides s'accroche après le choc (choc mou) $\vec{P} = \vec{P}'$, soit

$$m_1 \vec{V}_1 = (m_1 + m_2) \vec{V} \text{ et } \vec{V} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{V}_1.$$

- **Choc entre deux solides**

Les solides après le choc prennent des directions différentes (choc élastique).

3.3 Solide en rotation autour d'un axe : le moment cinétique

Définition

On appelle moment cinétique (σ) du point matériel A par rapport à l'axe (Δ) le moment par rapport à l'axe de son vecteur quantité de mouvement $\vec{P} = m\vec{V}$, $\vec{\sigma} = \vec{OA} \wedge \vec{P}$.

σ est porté par l'axe (Δ). Son module est

$$\sigma = \|\vec{OA}\| \cdot \|\vec{P}\| \cdot \sin(\widehat{\vec{OA}, \vec{P}}) = m \cdot r^2 \cdot \theta$$

σ en $kg \cdot m^2 \cdot rad \cdot s^{-1}$.

Le moment cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe $\sigma = J_{\Delta} \theta$ avec J_{Δ} le moment d'inertie du solide par rapport à l'axe (Δ). J_{Δ} en $kg \cdot m^2$.

Moment d'inertie de quelques solides par rapport à l'axe (Δ)

- Cerceau ou circonférence pesante de masse M , de rayon R par rapport à un axe (Δ) perpendiculaire à son plan et passant par son centre O :

$$J_{\Delta} = MR^2.$$

- Cylindre creux de masse M par rapport à son axe de révolution :

$$J_{\Delta} = MR^2.$$

- Poulie de masse M répartie sur la circonférence de rayon R :

$$J_{\Delta} = MR^2.$$

- Cylindre plein, disque de masse M et de rayon R :

$$J_{\Delta} = \frac{1}{2}MR^2.$$

- Sphère homogène de masse M et de rayon R :

$$J_{\Delta} = \frac{2}{5}MR^2.$$

- Tige homogène de masse M de longueur L par rapport à un axe (Δ) de symétrie perpendiculaire au plan de rotation de la tige :

$$J_{\Delta} = \frac{1}{12}ML^2.$$

Théorème de Huygens

Le moment d'inertie d'un solide de masse M par rapport à un axe (D) est égal à son moment d'inertie par rapport à l'axe (Δ) parallèle à (D) et passant par son centre de gravité augmenté du produit $M \cdot d^2$, d étant la distance entre les deux axes :

$$J_D = J_{\Delta} + M \cdot d^2.$$

4 - Énergie mécanique

4.1 Notion de travail d'une force

Partant d'exemples concrets de la vie quotidienne, on constate que des objets soumis à une force dont le point d'application se déplace peuvent : être mis en mouvement, changer d'altitude, voir leur température s'élever, se déformer temporairement ou définitivement. Dans tous ces cas, on dira que la force travaille.

- Travail d'une force constante : on définit le travail $W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$ d'une force constante \vec{F} pour un déplacement de son point d'application par la relation :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\vec{F}, \vec{AB}).$$

Le travail peut être négatif (travail résistant) ou positif (travail moteur).

- Cas général : $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \sum \vec{F} \cdot d\vec{l}$.

4.2 Énergie potentielle

- Énergie potentielle de pesanteur :

$$E_P - E_{P'} = mgh.$$

- Énergie potentielle élastique.

- ★ Énergie potentielle élastique d'un ressort :

$$E_P = \frac{1}{2}kx^2,$$

x est l'état de référence correspondant au ressort à vide, k est la constante de raideur du ressort.

- ★ Énergie potentielle élastique de torsion :

$$E_P = \frac{1}{2}C\theta^2,$$

C est la constante de torsion, et θ en *rad*.

4.3 Énergie cinétique

Définition

On appelle **énergie cinétique** l'énergie que possède un corps à cause de sa vitesse.

Énergie cinétique de quelques systèmes

- Cas d'un point matériel :

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2,$$

ceci n'est valable qu'en mécanique classique.

- Cas d'un système de points matériels en translation :

$$E_C = \frac{1}{2}mV^2,$$

avec M la masse totale du système.

- Cas d'un solide S en rotation autour d'un axe :

$$E_C = \frac{1}{2}J_{\Delta}\theta^2.$$

- Cas d'un solide animé d'un mouvement quelconque :

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J_{\Delta}\theta^2.$$

Théorème de l'énergie cinétique

$$\Delta E = E_{CB} - E_{CA} = \sum W_{AB}.$$

4.4 Énergie mécanique

Formule

258

$$E_M = E_C + E_P.$$

Au cours du mouvement de chute libre, lorsque l'énergie cinétique augmente, l'énergie potentielle diminue. Il y a transformation d'énergie potentielle en énergie cinétique.

5 - Chaleur et travail

5.1 Quantité de chaleur Q

- La chaleur se propage toujours d'une source chaude vers une source froide.
- La quantité de chaleur Q est un mode de transfert d'énergie et s'exprime comme l'énergie en joule. Quand un corps reçoit à la température constante une certaine quantité de chaleur :
 - ★ soit sa température augmente. on a : $Q = mc\Delta\theta$ avec m la masse du corps en kg , c sa chaleur massique en $J.kg^{-1}.K^{-1}$ ou en $J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ et $\Delta\theta$ en K ou $^{\circ}C$.
 - ★ soit il change d'état à température constante. La quantité de chaleur Q' nécessaire pour faire changer d'état un corps de masse m qui sera de la forme $Q' = mL$, L étant la chaleur latente de changement d'état. m en kg , L en $J.kg^{-1}$.

Quand plusieurs corps sont en contact dans une enceinte adiabatique c-à-d une enceinte telle que les échanges de chaleur avec l'extérieur soient nuls, la somme algébrique des quantités de chaleur échangées pour atteindre l'équilibre thermique est nulle : $\sum Q = 0$.

5.2 Transformation réciproque chaleur-travail

- Premier principe de la thermodynamique :

$$\Delta U = W + Q.$$

- Considérons un système subissant un cycle, c.-à-d. revenant à son état initial après une suite de transformation. Dans ce cas, nous savons que $\Delta U = W + Q = 0$ ($W \neq 0$, $Q \neq 0$); on en tire $W = -Q$ soit $|W| = |Q|$: on voit qu'il y a équivalence entre chaleur et travail. La chaleur et le travail étant deux modes de transfert d'énergie, on peut transformer l'une en l'autre. La transformation du travail en chaleur est très commune et très facile tandis que l'inverse est beaucoup très difficile. Dans un système non conservatif il n'y a pas conservation de l'énergie mécanique totale.

6 - Dynamique du solide en translation ou en rotation

6.1 La dynamique

La dynamique permettra de mettre en évidence les causes des mouvements. L'étude de tout système matériel conduit à l'existence :

- Des forces intérieures dont la somme vectorielle est nulle :

$$\sum \vec{F}_{\text{int}} = \vec{0}.$$

- Les forces extérieures dont la somme vectorielle n'est pas nulle dans le cas général.

Dans le cas particulier où les forces extérieures n'existent pas, on parle de système isolé. Dans le cas particulier où les forces extérieures sont telles que leur somme vectorielle est nulle, le système est dit pseudo-isolé et on notera :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}.$$

6.2 Relation Fondamentales de la Dynamique - Théorème du centre d'inertie

6.3 Dynamique du solide en translation

6.4 Dynamique du solide en rotation autour d'un axe fixe

$$\begin{aligned} \sum M_{\Delta} (\vec{F}_{\text{ext}}) &= \frac{d\sigma}{dt} \\ \sum M_{\Delta} (\vec{F}_{\text{ext}}) &= J_{\Delta} \dot{\theta} \\ \sum M_{\Delta} (\vec{F}_{\text{ext}}) = \vec{0} &\implies \ddot{\theta} = 0, \dot{\theta} = \text{cste} \end{aligned}$$

- $\dot{\theta} = 0$: immobilité
- $\dot{\theta} \neq 0$: mouvement de rotation uniforme

7 - La dynamique relativiste

On fait appel à la dynamique relativiste lorsque nous avons des particules de vitesse élevée ($> 0,14C$) où la mécanique classique ne s'applique plus.

7.1 Énergie d'une particule

Animée d'une vitesse V , la particule m possède de l'énergie E telle que :

$$E = \frac{mC^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}.$$

En posant $\beta = \frac{V}{C}$ et $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$, on obtient :

$$E = \gamma mC$$

Si la particule est immobile c'est-à-dire $v = 0$ et $\gamma = 1$, on a :

$$E = E_0 = mc^2.$$

Donc une particule au repos possède une énergie E_0 appelée énergie de masse. La masse m d'un corps ne varie pas quelque soit le référentiel.

7.2 Énergie cinétique d'une particule

$$E_C = E - E_0 = (\gamma - 1)mc^2.$$

E_C varie avec le référentiel.

E , E_0 et E_C s'expriment en eV ou en MeV , $1eV = 1,6 \times 10^{-13} J$.

La dynamique relativiste doit être utilisée lorsque la vitesse du corps étudiée est supérieure à $0,14c$.

7.3 Quantité de mouvement et invariant relativiste

En dynamique relativiste, la quantité de mouvement est :

$$P = \gamma mv \text{ et s'exprime en } MeV.c^{-1}.$$

Pour toute particule relativiste la relation :

$$E^2 - P^2C^2 = m^2C^4 = cste$$

est appelée invariant relativiste.

7.4 Interaction entre particules

Lors des interactions entre particules il y a conservation : du nombre de nucléons, de la charge électrique, de la quantité de mouvement totale, de l'énergie totale, il n'y a pas conservation de la masse. A la variation de masse m du système correspond l'apparition d'une énergie :

Relation de Einstein

$$\Delta E = \gamma mc^2.$$

7.5 Défaut de masse énergie de cohésion du noyau

La masse d'un noyau est toujours inférieure à la somme des masses de ses nucléons. La différence est le défaut de masse Δm . Δm correspond à la libération d'une énergie :

$$\Delta E = \Delta mc^2.$$

C'est l'énergie de cohésion du noyau, c'est aussi l'énergie qu'il faudrait à un noyau pour séparer les différents nucléons les uns des autres.

Energie de cohésion par nucléon :

$$E_A = \frac{|\Delta E|}{A}.$$

Plus cette énergie est grande, plus le noyau est stable.

7.6 Le photon

Le photon est une particule de masse et de charge nulles.

Une radiation électromagnétique peut être représentée :

- soit par une onde de fréquence ν et de longueur d'onde λ ;
- soit par un photon de quantité de mouvement p et d'énergie E telles que :

$$\|\vec{P}\| = \frac{h}{\lambda} \text{ et } E = pc.$$

8 – Application du théorème du centre d'inertie

8.1 Étude de mouvements dans le champ de pesanteur

Gravitation universelle

Deux corps ponctuels de masses m et m' exercent l'un sur l'autre des forces \vec{F} et \vec{F}' attractives de même valeur :

$$F = F' = G \cdot \frac{m \cdot m'}{d^2}$$

Avec G la constante de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$ et d la distance séparant les masses m et m' .

Exemple

Application aux corps célestes

$$F = F' = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d^2}.$$

$$g_h = \frac{K \cdot M_T}{(R + h)^2} \quad (1);$$

$$g_0 = \frac{K \cdot M_T}{R^2} \quad (2).$$

$$(1) \text{ et } (2) \text{ donnent : } g_h = g_0 \frac{R^2}{(R + h)^2}.$$

$$F = m \cdot \frac{G \cdot M_T}{d^2}$$

avec

$$\frac{G \cdot M_T}{d^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,980 \times 10^{24}}{(6380 \times 10^3)^2} = 9,8 N \cdot kg^{-1}.$$

On observe qu'à la précision choisie, le poids d'un corps peut être identifié à la force de gravitation exercée par la Terre sur ce corps. Avec une précision plus grande on s'apercevrait d'une légère différence entre les valeurs de ces deux forces. Nous dirons donc que ces deux forces sont égales en première approximation.

- **Mouvement d'un projectile dans un champ de pesanteur supposé uniforme :**

$$z = -\frac{1}{2} \cdot \frac{g}{V_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan^2 \alpha.$$

- **Mouvement d'un satellite**

La composante tangentielle a_t de l'accélération est nulle. Le mouvement du satellite est circulaire uniforme.

- ★ Vitesse du satellite :

$$V = R \sqrt{\frac{g_0}{R + h}}.$$

- ★ Période de révolution du satellite :

$$T = \frac{2\pi}{R} \sqrt{\frac{(R + h)^3}{g_0}}$$

Première loi de Kepler (loi des orbites)

Dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre d'une planète est une ellipse dont le centre du Soleil est l'un des foyers.

Deuxième loi de Kepler (loi des aires)

Le vecteur \overrightarrow{SP} qui relie le centre du Soleil à celui de la planète balaie des aires égales pendant des durées égales.

Troisième loi de Kepler (loi des périodes)

Le rapport $\frac{T^2}{a^3}$ est constant.

- **Mouvement d'un véhicule au virage :**

$$\tan \alpha = \frac{V^2}{r \cdot g}$$

- **Pendule conique :**

$$\cos \alpha = \frac{g}{\omega^2 l} \quad T = m \cdot \omega^2 l$$

8.2 Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme

Formule

$$\vec{a}_G = q \frac{E}{m}$$

- Cas où le vecteur initial \vec{V}_0 est colinéaire au vecteur champ électrostatique \vec{E}

$$\text{Composantes du vecteur position } \overrightarrow{OG} \begin{cases} x = -\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} \cdot t^2 + V_0 t \\ y = 0 \\ z = 0 \end{cases}$$

- Cas où le vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 est orthogonal au vecteur champ électrostatique \vec{E}

$$\vec{V}_0 \begin{cases} |x| = V_0 t \quad (1) \\ y = 0 \\ z = -\frac{1}{2} \cdot \frac{q}{m} \cdot t^2 \quad (2) \end{cases}$$

En éliminant la variable t entre (1) et (2), on obtient l'équation de la trajectoire :

$$z = -\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{mV_0^2} \cdot x^2,$$

le mouvement à l'intérieur des plaques est donc parabolique.

Déviations angulaire

$$\tan \alpha = -\frac{q \cdot l}{mV_0^2 d} U_{AC}$$

8.3 Mouvement d'une particule dans un champ magnétique uniforme

- **Force magnétique de Lorentz :**

$$\vec{F} = q \cdot \vec{V} \cdot \vec{B} \text{ soit } F = |q \sin \alpha| V \cdot B,$$

avec F en newton (N), q en coulomb (C), V en $m \cdot s^{-1}$ et B en tesla (T).

- **Cas où $\vec{B} // \vec{V}_0$ ($\vec{F} = \vec{0}$)**

D'après le théorème du centre d'inertie, $\vec{F} = m \vec{a}$ on a donc $a = 0$, le vecteur vitesse est donc constant en module, sens et direction au cours du mouvement de la particule. elle est alors animée d'un mouvement rectiligne uniforme.

- **Cas où $\vec{B} \perp \vec{V}_0$**

$R = \frac{m \cdot V_0}{|q|}$ la charge est animée d'un mouvement circulaire uniforme.

Déviations angulaire

$$\tan \alpha = \frac{P_0 P}{R}.$$

Déflexion magnétique

$$P_0 P = \frac{|q| \cdot l \cdot D}{m \cdot V_0}.$$

La déflexion magnétique est proportionnelle au champ magnétique qui la produit.

9 - Les oscillateurs mécaniques

9.1 Période propre

Le mouvement de l'oscillateur qui se reproduit identique à lui-même à des intervalles de temps égaux T_0 (durée d'une oscillation) est appelé période propre de l'oscillateur.

9.2 Étude d'un pendule élastique

9.2.1 Pendule élastique horizontal

Le pendule élastique horizontal non amorti est un oscillateur harmonique de translation.

L'équation différentielle de son mouvement est :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0.$$

Son équation horaire est de la forme :

$$x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi), \text{ avec } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Sa période propre est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}.$$

L'énergie mécanique totale d'un pendule élastique horizontale non amorti reste constante au cours des oscillations. Elle est proportionnelle au carrée de l'amplitude :

$$E = \frac{1}{2}kX_m^2.$$

9.2.2 Pendule élastique vertical

L'équation différentielle de son mouvement est :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0.$$

Son équation horaire est de la forme :

$$x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi), \text{ avec } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Sa période propre est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}.$$

L'énergie mécanique totale d'un pendule élastique vertical non amorti reste constante au cours des oscillations. Elle est proportionnelle au carrée de l'amplitude :

$$E = \frac{1}{2}kX_m^2.$$

9.3 Étude du pendule de torsion

Il est constitué d'un fil inextensible de constante de torsion C de masse négligeable supportant à son extrémité inférieure une barre homogène oscillant dans un plan horizontal. Le pendule de torsion non amorti est un oscillateur harmonique en rotation.

L'équation différentielle de son mouvement est :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{C}{J_\Delta}\theta.$$

Son équation horaire est de la forme :

$$\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi), \text{ avec } \omega_0 = \frac{C}{J_\Delta}.$$

Sa période propre est :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_\Delta}{C}}.$$

9.4 Étude d'un pendule pesant

Définition

On appelle **pendule pesant** tout solide en mouvement de rotation autour d'un axe ne passant pas par son centre de gravité.

- **Cas général**

Le pendule pesant n'est pas un oscillateur harmonique car l'équation différentielle de son mouvement s'écrit :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mga}{J_\Delta} \sin \theta = 0.$$

- **Cas particulier des oscillations de faible amplitude**

Le pendule se comporte comme un oscillateur harmonique de rotation dont l'équation différentielle peut s'écrire :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mga}{J_\Delta} \theta = 0.$$

L'équation horaire du mouvement est alors de la forme :

$$\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi), \text{ avec } \omega_0 = \sqrt{\frac{mga}{J_\Delta}}.$$

Sa période propre est :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{mga}},$$

elle est indépendante de l'amplitude.

L'énergie mécanique totale d'un pendule pesant non amorti reste constante au cours des oscillations. Dans le cas où les oscillations ont une amplitude faible, elle est proportionnelle au carrée de l'amplitude angulaire :

$$E = \frac{1}{2} mga \cdot \theta_m^2.$$

9.5 Étude d'un pendule simple

Un pendule simple est constitué d'un point matériel oscillant sous l'action de la pesanteur à une distance constante d'un axe fixe (Δ). Dans le cas des oscillations de faible amplitude,

L'équation différentielle est de la forme :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \theta = 0 \text{ et } \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}, T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Définition

On appelle pendule simple **synchrone** d'un pendule pesant un pendule simple de même période.

10- Les phénomènes périodiques

Définition

Un phénomène est dit **périodique** s'il se reproduit identique à lui-même à des intervalles de temps réguliers.

10.1 Etude expérimentale d'un phénomène périodique

C'est une méthode d'étude des phénomènes périodiques très rares. Soient f la fréquence de rotation du disque et f_e la fréquence des éclairs.

- $f_e = \frac{f}{k}$ ou $T_e = kT$ ($k \in \mathbb{N}^*$) : entre 2 éclairs consécutifs (intervalle de temps T_e), le disque effectue un nombre entier k de tours. Le rayon est toujours éclairé dans la même position. Le disque effectue le disque paraît immobile.
- $f_e = kf$ ou $T = kT_e$ ($k \in \mathbb{N}^*$) : entre 2 éclairs consécutifs, le disque effectue $\frac{1}{k}$ tour. Le rayon est éclairé k fois par tour, toujours aux mêmes endroits. Par suite de la persistance des impressions visuelles, l'observateur a l'impression de voir un disque immobile portant k rayons noirs.
- $f_e = \frac{f}{k}$ avec $f_e < \frac{f}{k}$: entre 2 éclairs consécutifs, le disque effectue un peu plus de k tours : $\left(k + \frac{1}{n}\right)$ tours. L'observateur a l'impression que le disque n'a effectué que $\frac{1}{n}$ tour. Le disque semble tourner lentement dans le sens réel. La fréquence du mouvement apparent est : $f_a = f - kf_e$.
- $f_e = \frac{f}{k}$ avec $f_e \geq \frac{f}{k}$: entre 2 éclairs consécutifs, le disque effectue un peu moins de k tours : $\left(k - \frac{1}{n}\right)$ tours. L'observateur a l'impression qu'il a effectué $\frac{1}{n}$ tour en sens inverse. Le disque semble tourner lentement dans le sens inverse du mouvement réel. La fréquence du mouvement apparent est : $f_a = kf_e - f$.

10.2 Phénomènes périodiques sinusoïdaux

• Différence de phase entre deux fonctions sinusoïdales de même période

Soient deux fonctions sinusoïdales :

$$x_1 = a_1 \cos(\omega t + \varphi_1), \quad x_2 = a_2 \cos(\omega t + \varphi_2).$$

$\varphi_2 - \varphi_1$ représente la différence de phase entre les fonctions x_1 et x_2 .

- ★ Si $\varphi_2 - \varphi_1 > 0$, x_2 est en avance de phase sur x_1 .
- ★ Si $\varphi_2 - \varphi_1 < 0$, x_2 est en retard de phase sur x_1 .

Au déphasage $\varphi_2 - \varphi_1$ correspond un décalage horaire θ tel que $|\varphi_2 - \varphi_1| = \omega\theta$.

Certains déphasages présentent un intérêt particulier :

- ★ $|\varphi_2 - \varphi_1| = 2k\pi$: les fonctions sont en phase.
- ★ $|\varphi_2 - \varphi_1| = \pi + 2k\pi$: les fonctions sont en opposition de phase.
- ★ $|\varphi_2 - \varphi_1| = \frac{\pi}{2} + 2k\pi$: les fonctions sont en quadrature de phase.

• Somme de deux fonctions sinusoïdales de même période

La somme de 2 fonctions sinusoïdales de même période est une fonction sinusoïdale de même période.

11 – Production et qualités du son

L'oreille humaine est sensible aux sons dont la fréquence est comprise entre 20Hz et 20000Hz . En dehors de cet intervalle de fréquence, le son est inaudible.

Pour que l'oreille perçoive un son dans le domaine audible, l'intensité sonore I doit être telle que :

$$10^{-12} \text{ W.m}^{-2} < I < 1100 \text{ W.m}^{-2}$$

où $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ (l'intensité de référence) est considéré comme la limite de sensibilité de l'oreille.

La borne supérieure de l'intensité sonore correspond à une destruction de l'oreille.

Le niveau sonore L est lié à l'intensité sonore I par une échelle logarithmique : $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$.

$[L]$ = decibel acoustique dBA.

Cette notion physiologique quantifie la sensation sonore : lorsque l'intensité sonore est multipliée par 2, le niveau sonore est augmenté de 3 *dB*A. La valeur de 90 *dB*A est considérée comme le seuil de danger. Une exposition prolongée à des niveaux sonores supérieurs entraîne des dégradations irréversibles de l'audition.

L'oreille distingue le son par 3 qualités :

- La **hauteur** : c'est la qualité qui distingue un son aigu d'un son grave.
- L'**intensité** : c'est la qualité qui nous permet de dire si le son est faible ou qu'il est fort.
- Le **timbre** : c'est la qualité qui nous permet de distinguer deux sons de même hauteur émis par des sources différentes.

11.1 Propagation d'un ébranlement et mouvement vibratoire sinusoïdal

11.1.1 Propagation d'un ébranlement

Définition

On appelle onde mécanique progressive le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière.

- **Propagation d'un ébranlement le long d'une corde élastique**

La propagation d'un ébranlement nécessite un milieu élastique c.-à-d. un milieu qui reprend sa forme initiale après avoir subi une déformation. L'ébranlement s'effectue à une vitesse constante :

$$c = \frac{d}{\theta},$$

avec c en $m.s^{-1}$, c dépend du milieu de propagation mais elle est indépendante de la forme de l'ébranlement. Il n'y a pas transport de matière le long de la corde mais propagation de l'ébranlement.

Pour une corde sans raideur :

$$c = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

avec F la tension de la corde en Newton (N), μ la masse de la corde par unité. c de longueur $kg.m^{-1}$, c la vitesse de propagation en $m.s^{-1}$.

- **Propagation d'un ébranlement à la surface libre d'un liquide**

Ici il y a apparition d'une ride circulaire à la surface de l'eau prouve que l'ébranlement se propage avec la même célérité dans toutes les directions. Les ébranlements étudiés ici sont des ébranlements transversaux car la déformation est perpendiculaire à la direction de propagation. Une onde est transversale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue perpendiculairement à la direction de propagation.

- **Propagation d'un ébranlement le long d'un ressort (ressort à spires non jointives)**

Les zones de compressions et de dilatation se propagent ainsi le long du ressort, chaque spire subissant tour à tour un petit déplacement de direction parallèle à l'axe du ressort. Un tel ébranlement est dit longitudinal. Comme dans le cas d'un ébranlement transversal, l'ébranlement longitudinal se propage à vitesse constante. Il n'y a pas transport de matière le long de la corde mais propagation de l'ébranlement. Une onde est longitudinale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue dans la même direction que celle de la propagation.

Remarque

- Les solides transmettent les deux types d'ébranlements (longitudinal et transversal) à des célérités différentes.
- Les fluides (liquides et gaz) ne transmettent que des ébranlements longitudinaux, exception faite de la surface libre d'un liquide qui transmet des ébranlements transversaux.
- Il ya amortissement de l'amplitude de l'ébranlement dans les milieux réels.

11.1. 2 Propagation d'un mouvement vibratoire sinusoïdal

● Propagation d'un mouvement vibratoire sinusoïdal le long d'une corde

La longueur d'onde apparait comme l'espace parcouru par le mouvement vibratoire pendant une période T de la source.

$$\lambda = CT = \frac{C}{f},$$

c en $m.s^{-1}$, f en Hz , T en s et λ en m .

Lorsqu'on diminue la fréquence du vibreur on voit la sinusoïde avancer sans se déformer : c'est une onde progressive.

Double périodicité du phénomène de propagation d'un mouvement vibratoire

Le mouvement de l'extrémité O de la corde est le même que celui du vibreur. L'équation du mouvement peut s'écrire :

$$y_0 = Y_m \cos\left(\frac{2\pi T}{T} \cdot \frac{2\pi x}{\lambda}\right).$$

Considérons un point P d'abscisse x , P reproduit le mouvement de la source avec un retard $\theta = x/c$, $x = \overline{OP}$; l'élongation de P à un instant quelconque est :

$$y_P = Y_m \cos\left(\frac{2\pi t}{T} \left(t - \frac{x}{C}\right)\right) = Y_m \cos\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right).$$

y_P est donc fonction des deux variables x et t .

Variation de y_P avec l'abscisse x

- ★ Considérons 2 points de la corde, M et Q , d'abscisses respectives x_M et x_Q distant d'un nombre entier de longueur d'onde ($MQ = d = k\lambda$), la différence de phase entre les mouvements de ces 2 points vaut :

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{X_Q - X_M}{\lambda} = 2\pi \times \frac{k\lambda}{\lambda} = \frac{2\pi k\lambda}{\lambda} = 2\pi k.$$

On dit que M et Q vibrent en phase.

- ★ Considérons 2 points M et S , d'abscisses respectives x_M et x_S distant d'un nombre impair de demi-longueur d'onde $MS = d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$.

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{X_S - X_M}{2\lambda} = 2\pi \times \frac{(2k + 1)\lambda}{2\lambda} = (2k + 1)\pi.$$

M et S vibrent donc en opposition de phase.

Le phénomène de propagation d'une vibration sinusoïdale le long d'une corde comporte une double périodicité :

- ★ **Périodicité de temps** : chaque point de la corde a le même mouvement, de période T que la source.
- ★ **Période dans l'espace** : à chaque instant la corde à la forme d'une sinusoïde de période appelé longueur d'onde λ ($\lambda = CT$).

● Propagation d'un mouvement vibratoire sinusoïdal à la surface d'un liquide

On observe des rides circulaires centrée en O et équidistantes de λ les unes des autres.

● Célérité du son

Les sons se propagent dans les liquides, les solides et les gaz. La célérité est indépendante de la fréquence. La célérité du son est plus grande dans les solides que les liquides, plus grande dans les liquides que dans les gaz. Dans les gaz, la célérité du son est indépendante de la pression, mais dépend de l'atomicité du gaz, de la densité et de sa température.

★ Célérité du son dans un gaz donné :

$$\frac{C_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{C_2}{\sqrt{T_2}}.$$

T représente la température absolue.

★ Pour les gaz de même atomicité, pris dans la même température, la célérité du son est /

$$C_1 \sqrt{d_1} = C_2 \sqrt{d_2}.$$

d représente la densité Un milieu est dit dispersif si la célérité des ondes qui se propagent dans ce milieu dépend de leur fréquence.

11.2 Interférences et ondes stationnaires

11.2.1 Interférence

Les élongations y_1 et y_2 des vibrations issues de S_1 et S_2 au point M , à l'instant t , l'onde issue de S_1 reproduit en M le mouvement qu'avait S_1 à l'instant $t_1 - \frac{d_1}{c}$.

$$y_1 = a \cos \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi d_1}{\lambda} \varphi_1 \right), \quad y_2 = a \cos \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi d_2}{\lambda} \varphi_2 \right)$$

$\lambda = CT$ est la longueur d'onde.

Les 2 mouvements se superposent au point M l'élongation y de la vibration résultante au point M à l'instant t est $y = y_1 + y_2$, elle peut se mettre sous la forme :

$$y = A \cos \left(\frac{2\pi}{T} t + \Phi \right).$$

En déterminant la valeur de A et de Φ par la construction de Fresnel ; on obtient :

$$\Phi = -\frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

$$A = 2a \cos \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1)$$

$$y = 2a \cos \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) \cos \left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right).$$

On remarque que l'amplitude A de la vibration dépend de la différence $\Delta = d_2 - d_1$ appelé différence de marche au point M .

Le rapport $p = \frac{d_2 - d_1}{\lambda}$ est appelé ordre d'interférence.

L'état vibratoire d'un point du milieu de propagation dépend donc de sa position par rapport aux sources, c'est-à-dire de sa différence de marche Δ . Ainsi donc :

● L'amplitude A est maximale au sens physique du terme lorsque $d_2 - d_1 = k\lambda$, $k \in \mathbb{Z}$. Donc :

$$p = \frac{d_2 - d_1}{\lambda} = k.$$

- Le point M vibre alors avec une amplitude maximale. Les vibrations qui arrivent en M sont donc en phase. On dit qu'il y a interférence constructive.
- L'amplitude A est nulle lorsque $\cos \frac{\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) = 0$, soit $d_2 - d_1 = \frac{2k\pi + 1}{2}$. Donc :

$$p = \frac{d_2 - d_1}{\lambda} = \frac{2k + 1}{2}.$$

Le point M est alors immobile. Les vibrations qui arrivent en M sont en opposition de phase : dit qu'il y a interférence destructive.

11.2. 2 Les ondes stationnaires

Le phénomène d'ondes stationnaires résulte de l'interférence de 2 ondes sinusoïdales progressive de même période et de même amplitude se propageant en sens contraire. La vibration résultante y_M au point M est :

$$y_M = 2a \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \cos \left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{\pi}{2} \right) = 2a \sin \left(2\frac{\pi x}{\lambda} \right) \sin \left(\frac{\pi t}{T} \right).$$

On remarque que l'amplitude A est une fonction de l'abscisse x .

A est nulle lorsque $x = k\lambda/2$; cette relation détermine la position des noeuds.

La distance séparant deux noeuds consécutifs est donc $d = x_1 - x_0 = \lambda/2$. La distance entre 2 noeuds consécutifs est égale à une demi-longueur d'onde $\lambda/2$.

A est maximale dans le sens physique du terme lorsque :

$$\sin \frac{2\pi x}{\lambda} = \pm 1, \text{ soit } \sin \frac{2\pi x}{\lambda} = (2k + 1) \frac{\pi}{2}.$$

Les positions des ventres sont donc données par la relation suivante :

$$2k + 1 = \frac{\lambda}{4}.$$

Donc $x_1 - x_0 = \frac{\lambda}{2}$: la distance entre 2 ventres consécutifs est égale à une demi-longueur d'onde.

On peut écrire :

$$N_1 N_2 = V_1 V_2 = \lambda/2.$$

À la résonance

$$l = n \frac{\lambda}{2}.$$

Formule des cordes vibrantes

$$l = \frac{n}{2N} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

avec μ la masse linéique en $kg.m^{-1}$, F le module de la tension du fil, N la fréquence de la corde vibrante, n le nombre de fuseaux.

1 – Radioactivité : décroissance radioactivité

1.1 Quelques définitions relatives aux noyaux d'atomes

La représentation symbolique du noyau d'un atome est :

- X est le symbole de l'élément chimique de numéro atomique Z .
- Z est le nombre de protons. Z est aussi appelé nombre de charge.
- A est le nombre de nucléons. A est aussi appelé nombre de masse.
- $N = A - Z$ est le nombre de neutrons présents dans le noyau.

Définitions

- Un **nucleide** est l'ensemble des noyaux ayant le même nombre de nucléons A et le même nombre de protons Z .
- Un **élément** est constitué par l'ensemble des particules, atomes et ions monoatomiques, ayant le même nombre de charge Z .
- Des noyaux sont appelés **isotopes** s'ils ont le même nombre de charge mais des nombres de nucléons A différents.

1.2 Stabilité et instabilité des noyaux

Au sein du noyau s'affrontent principalement deux types d'interactions :

- Des répulsions électriques qui ont tendance à détruire le noyau.
- Des interactions nucléaires fortes qui ont tendance à assurer la cohésion du noyau.

Sous l'action des différentes forces en présence, certains noyaux sont stables (ils ont une durée de vie considérée comme infinie à l'échelle géologique) et d'autres sont instables (ils se détruisent spontanément au bout d'une durée plus ou moins grande à la même échelle).

1.2.1 Radioactivité

Un noyau radioactif est un noyau instable dont la désintégration est aléatoire et s'accompagne de :

- L'apparition d'un nouveau noyau.
- L'émission d'une particule notée α , β^+ et β^- .

- L'émission d'un rayonnement électromagnétique noté γ . Cette émission de rayonnement ? n'est pas systématique mais extrêmement fréquente.

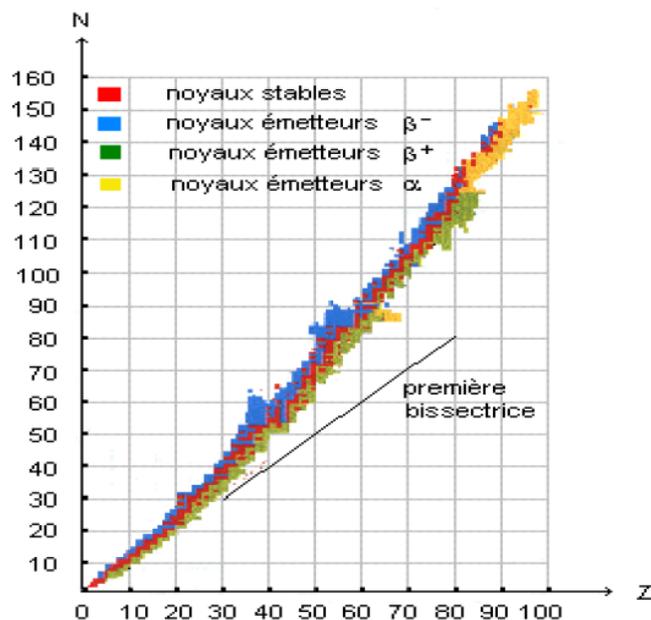
La radioactivité est une réaction dite nucléaire car elle concerne le noyau de l'atome par opposition aux réactions chimiques qui ne concernent que le cortège électronique sans modifier le noyau.

1.2. 2 Propriétés de la désintégration

La désintégration radioactive est :

- **Aléatoire** : il est impossible de prévoir l'instant où va se produire la désintégration d'un noyau radioactif.
- **Spontanée** : La désintégration se produit sans aucune intervention extérieure.
- **Inéluctable** : Un noyau radioactif se désintégrera tôt ou tard.
- Indépendante de la combinaison chimique dont le noyau radioactif fait partie.
- Indépendante des paramètres extérieurs tels que la pression ou la température.

1.2. 3 Vallée de stabilité des noyaux



Repère, il apparaît quatre zones :

- Une **zone rouge** dans laquelle apparaissent les noyaux stables. Cette zone est appelée **vallée de stabilité**. On remarquera que pour $Z < 30$ les noyaux stables sont situés sur la première bissectrice (ou dans son voisinage immédiat) ce sont donc des noyaux pour lesquels $N = Z$.
- Une **zone jaune** dans laquelle se situent des noyaux donnant lieu à une radioactivité de type β^- . Ce sont des noyaux lourds (N et Z sont grands donc A est grand).
- Une **zone bleue** dans laquelle se situent des noyaux donnant lieu à une radioactivité de type β^- . Ce sont des noyaux qui présentent un excès de neutrons par rapport aux noyaux stables de même nombre de masse A .
- Une **zone bleue** dans laquelle se situent des noyaux donnant lieu à une radioactivité de type β^+ . Ce sont des noyaux qui présentent un excès de protons par rapport aux noyaux stables de même nombre de masse.

1.3 Les divers types de radioactivités

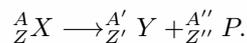
1.3.1 Lois de conservation

Les réactions de désintégration nucléaires obéissent à un certain nombre de lois. Cette année, par souci de simplification, nous n'en utiliserons que deux, dites **lois de Soddy**.

Lois de Soddy

Lors d'une désintégration radioactive α ou β , il y a conservation du nombre de charge Z et du nombre de nucléons A .

Considérons la désintégration d'un noyau X (appelé noyau père). Cette désintégration conduit à un noyau Y (noyau fils) et à l'expulsion d'une particule P (particule α ou β). L'équation de la désintégration s'écrit :



Les lois de conservation de Soddy imposent alors :

- Loi de conservation du nombre de nucléons A : $A = A' + A''$.
- Loi de conservation du nombre de charges Z : $Z = Z' + Z''$.

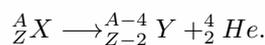
1.3.2 Radioactivité α

Des noyaux sont dits radioactifs α s'ils expulsent des noyaux d'hélium ${}^4_2 He$.

On notera qu'en toute rigueur le noyau de l'atome d'hélium porte deux charges positives. Mais dans ce domaine de la physique on convient de ne pas les représenter.

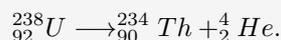
- **Equation de la réaction de désintégration α**

D'après les lois de conservation de Soddy :



Exemple

${}^{238}_{92} U$ est un radionucléide α . Son équation de désintégration s'écrit :



Le noyau fils obtenu est un noyau de thorium.

- **Caractéristiques de la particule α**

Les particules α sont expulsées avec des vitesses relativement modestes et sont arrêtées par quelques centimètres d'air ou par une feuille de papier, mais elles sont très ionisantes et donc dangereuses.

Si Z est le numéro atomique du noyau père, le numéro atomique du noyau fils est $Z - 2$. Le noyau fils se trouve donc deux cases avant le noyau père dans le tableau périodique des éléments.

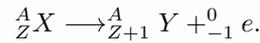
1.3.3 Radioactivité β^-

Des noyaux sont dits radioactifs β^- s'ils émettent des électrons notés ${}^0_{-1} e$.

On notera cette situation étrange où un électron qui, à priori, n'existe pas dans le noyau, est tout de même expulsé du noyau.

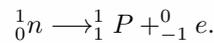
Cet électron ne peut provenir que de la transformation d'un nucléon.

- **Equation de la réaction de désintégration**



- **Origine de l'électron expulsé** Les radionucléides β^- sont des radionucléides qui possèdent trop de neutrons par rapport aux nucléides stables de même nombre de masse A (voir vallée de stabilité).

La transformation de ce neutron excédentaire produit un électron suivant le bilan :



Il apparaît aussi un proton. $Z = 27$ dans le cobalt devient $Z' = 28$ dans le nickel. Globalement Z augmente d'une unité et N diminue d'une unité. Alors A reste constant.

- **Caractéristiques de la particule β^-**

Les particules β^- sont assez peu pénétrantes. Elles sont arrêtées par quelques millimètres d'aluminium.

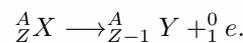
Si Z est le numéro atomique du noyau père, le numéro atomique du noyau fils est $Z + 1$. Le noyau fils se trouve donc dans la case qui suit celle du père dans le tableau périodique des éléments.

1.3.4 Radioactivité β^+

Elle ne concerne que des noyaux artificiels, c'est-à-dire des noyaux engendrés par des réactions nucléaires réalisées par l'homme.

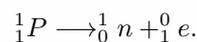
Des noyaux sont dits radioactifs β^+ s'ils émettent des positons ${}^0_1 e$.

- **Equation de la désintégration**



- **Origine du positon expulsé** Les radionucléides β^+ sont des radionucléides qui possèdent trop de protons par rapport aux nucléides stables de même nombre de masse A (voir vallée de stabilité).

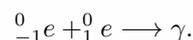
La transformation de ce proton excédentaire produit un positon suivant le bilan :



Il apparaît aussi un neutron. $Z = 15$ dans le phosphore devient $Z' = 14$ dans le silicium. Globalement N augmente d'une unité et Z diminue d'une unité. Alors A reste constant.

- **Caractéristique de la particule β^+**

Ces particules ont une durée de vie très courte. Lorsqu'elles rencontrent un électron, les deux particules s'annihilent pour donner de l'énergie sous forme d'un rayonnement électromagnétique γ suivant le bilan :

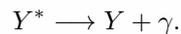


Si Z est le numéro atomique du noyau père, le numéro atomique du noyau fils est $Z - 1$. Le noyau fils se trouve donc dans la case qui précède celle du père dans le tableau périodique des éléments.

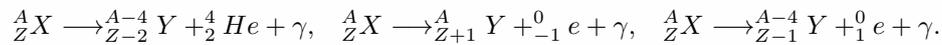
1.3.5 Désexcitation γ

Le noyau fils est en général obtenu dans un état excité (niveau d'énergie élevé). Ce noyau dans cet état excité est en général noté Y^* . Le noyau fils ne reste pas dans cet état instable. Il évacue cette énergie excédentaire en émettant un rayonnement électromagnétique γ : on dit qu'il se **désexcite**.

Cette émission γ apparaît donc comme un phénomène secondaire de la radioactivité. On écrira :



Dans certains livres on pourra trouver les équations de désintégrations radioactives sous la forme suivante qui tient compte de cette désexcitation :



1.4 Loi de décroissance radioactive

1.4.1 Notations utilisées

- N_0 = nombre de noyaux radioactifs à la date $t_0 = 0$.
- N = nombre de noyaux radioactifs (non désintégrés) encore présents dans l'échantillon à la date t .
- Pendant l'intervalle de temps dt très bref, un certain nombre de noyaux radioactifs se sont désintégrés, soit alors $N + dN$ le nombre de noyaux radioactifs encore présents dans l'échantillon à la date $t + dt$.

Compte tenu de ces notations, le nombre moyen (le phénomène est aléatoire) de noyaux qui se désintègrent pendant la durée dt est :

$$N_t - N_{t+dt} = N - (N + dN) \implies N_t - N_{t+dt} = -dN.$$

On écrira : $dN = \lambda N dt$, λ = constante radioactive, elle est caractéristique d'un radioélément.

D'après ce qui précède :

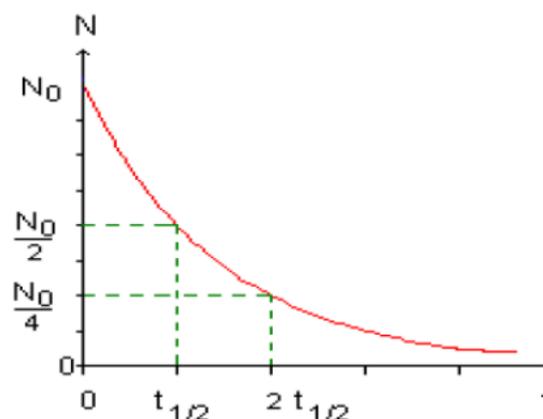
$$-dN = \lambda N dt \implies -\frac{dN}{N} = \lambda dt.$$

L'inverse de la constante radioactive est homogène à une durée (a la même dimension qu'une durée ou s'exprime avec la même unité qu'une durée). On écrira :

$$\tau = \frac{1}{\lambda},$$

τ est la durée de vie moyenne, c'est aussi une grandeur caractéristique d'un radionucléide.

1.4.2 Décroissance exponentielle



D'après ce qui précède, l'évolution du nombre de noyaux radioactifs présents dans un échantillon au cours du temps est donnée par :

$$dN = \lambda N dt \implies \frac{dN}{N} = -\lambda dt.$$

La fonction $N = f(t)$ qui vérifie cette propriété est :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

- N : nombre de noyaux radioactifs non désintégrés à l'instant t dans l'échantillon.
- N_0 = nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à l'instant initial $t = 0$.
- λ est la constante radioactive du radioélément considéré.
- t est le temps écoulé depuis l'instant initial

1.4.3 Dem-vie radioactive

Dans l'expression $N = N_0 e^{-\lambda t}$, le coefficient de t est négatif. N est une fonction décroissante du temps (il reste de moins en moins de noyaux radioactifs dans l'échantillon). Mais les propriétés de la fonction exponentielle font que $N \rightarrow 0$ lorsque $t \rightarrow +\infty$. En principe il reste donc toujours des noyaux radioactifs dans l'échantillon.

Plus la constante radioactive λ est grande, plus la décroissance est rapide. Ou, ce qui revient au même, plus la durée de vie moyenne τ petite, plus la décroissance est rapide.

Définition

La **demi-vie radioactive notée T** , d'un échantillon de noyaux radioactifs est égale à la durée nécessaire pour que, statistiquement, la moitié des noyaux radioactifs présents dans l'échantillon se désintègrent (voir la courbe de décroissance plus haut).

On a donc :

$$N_T = \frac{N_0}{2}.$$

Expression de la demi-vie T en fonction de λ ou de τ

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \text{ et } \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}, \text{ d'où}$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2.$$

1.5 Activité d'une source radioactive

Définitions

- L'activité A d'une source radioactive est égale au nombre moyen de désintégrations par seconde dans l'échantillon. Elle s'exprime en becquerels dont le symbole est Bq ($1\text{Bq} = 1$ désintégration par seconde).
- Le curie (Ci) est une autre unité de mesure d'activité. Il correspond à l'activité de 1,0g de radium et vaut $3,7 \times 10^{10} \text{Bq}$.

$$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\frac{dN}{dt}.$$

On a donc :

$$-dN = \lambda N, \text{ soit } A = \frac{dN}{dt} = \lambda N.$$

Cette dernière relation permet d'exprimer l'activité d'un échantillon en fonction du temps.

$$A = \lambda N \implies A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \implies A = A_0 e^{-\lambda t}.$$

L'activité suit la même loi de décroissance exponentielle que N.

1.5.2 Principe de la datation d'un objet très ancien (à l'aide d'un radioélément)

D'après ce qui précède :

$$\begin{aligned} A = A_0 e^{-\lambda t} &\implies \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \\ &\implies \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t \\ &\implies t = \frac{\ln\left(\frac{A_0}{A}\right)}{\lambda} \end{aligned}$$

Si l'on connaît le radioélément contenu dans l'objet (on connaît alors λ), si l'on connaît l'activité A_0 de l'échantillon et si l'on sait mesurer A , alors il est possible de connaître la date d'origine t de l'objet.

1.5.3 Dangers et effets biologiques

● Dangers et demi-vie

On admettra que plus l'activité d'une source est grande, plus elle est dangereuse. Or d'après ce qui précède :

$$A = \lambda N, \lambda = \frac{\ln 2}{T} \implies A = \frac{N \cdot \ln 2}{T}.$$

Il apparaît donc qu'une source radioactive est d'autant plus active, donc dangereuse, qu'elle comporte un grand nombre de noyaux radioactifs et que sa demi-vie est courte.

● Effets biologiques

L'action sur les tissus vivants dépend de plusieurs paramètres :

- * du nombre de particules reçues par seconde. Ce nombre dépend de l'activité de la source et de son éloignement.
- * De l'énergie et de la nature des particules émises et donc reçues.
- * Du fractionnement de la dose reçue.
- * De la nature des tissus touchés.

Les particules ionisantes et le rayonnement γ sont capables de provoquer des réactions chimiques et des modifications dans la structure des molécules constituant la matière vivante. En particulier, ils peuvent induire des mutations génétiques lorsque l'ADN se trouve modifié.

1.6 Familles radioactives

Au cours d'une désintégration, un nucléide se transforme en un autre nucléide, si ce dernier est radioactif, il donne naissance à un nouveau nucléide ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un isotope stable.

Une famille radioactive se compose du noyau père et de tous ces descendants. Les éléments radioactifs naturels sont classés en 4 familles : neptunium, uranium-radium, actinium et thorium.

2 - Masse et Energie - Reactions nucleaires

2.1 Équivalence masse énergie

En 1905, en élaborant la théorie de la relativité restreinte, Einstein postule que la masse est une des formes que peut prendre l'énergie.

Postulat d'Einstein

Un système de masse m possède lorsqu'il est au repos, une énergie :

$$E = m.c^2.$$

Avec E l'énergie du système en joules (J), m la masse du système en kilogrammes (kg) et c la vitesse de la lumière dans le vide ($c = 3,0 \times 10^8 m.s^{-1}$).

Conséquence

Si le système (au repos) échange de l'énergie avec le milieu extérieur, (par rayonnement ou par transfert thermique par exemple), sa variation d'énergie et sa variation de masse Δm sont liées par la relation :

$$\Delta E = \Delta m.c^2.$$

Remarque

- Si $\Delta m < 0$, alors $\Delta E < 0$: le système fournit de l'énergie au milieu extérieur.
- Si $\Delta m > 0$, alors $\Delta E > 0$: le système reçoit de l'énergie du milieu extérieur.

Le joule est une unité d'énergie inadaptée à l'échelle microscopique. On utilise plutôt à cette échelle l'électron volt (noté eV) :

$$1eV = 1,60 \times 10^{-19} J.$$

Remarque

On utilise aussi le MeV .

$$1MeV = 10^6 eV = 1,60 \times 10^{-13} J.$$

À cette échelle, il est possible d'utiliser comme unité de masse l'unité de masse atomique (notée u). L'unité de masse atomique est définie comme étant égale au douzième de la masse d'un atome de carbone $^{12}_6C$.

$$1u = \frac{M(^{12}_6C)}{12N} = \frac{12,0 \times 10^{-3}}{12 \times 6,02 \times 10^{23}} = 1,67 \times 10^{-27} kg.$$

2.2 Énergie de liaison du noyau

2.2.1 Défaut de masse du noyau

Expérimentalement, on a constaté que la masse du noyau atomique est inférieure à la somme des masses des nucléons qui le constituent. Dans le cas d'un noyau A_ZX , en notant m_p la masse du proton et m_n la masse du neutron, on peut écrire :

$$m_{\text{noyau}} < Z.m_p + (A - Z)m_n.$$

On pose :

$$\Delta m = Z.m_p + (A - Z).m_n - m_{\text{noyau}}$$

avec Δm le défaut de masse du noyau.

Remarque

$$\Delta m > 0.$$

2.2.2 Énergie de liaison du noyau

On appelle énergie de liaison d'un noyau (notée E_l) l'énergie que doit fournir le milieu extérieur pour séparer ce noyau au repos en ses nucléons libres au repos. Lorsqu'on brise le noyau, sa masse augmente de Δm et son énergie de $\Delta m.c^2$. On en déduit que l'énergie de liaison d'un noyau a pour expression :

$$E_l = \Delta m.c^2,$$

avec E_l énergie de liaison du noyau (en MeV), Δm le défaut de masse du noyau en kg et c célérité de la lumière dans le vide en $m.s^{-1}$.

Remarque

Inversement, lorsque le noyau se forme à partir de ses nucléons libres, le milieu extérieur reçoit l'énergie

$$E = |\Delta m|.c^2$$

(la masse du système diminue et $\Delta m < 0$).

2.2.3 Énergie de liaison par nucléon

C'est le quotient de son énergie de liaison par le nombre de ses nucléons. On la note E_A .

$$E_A = \frac{E}{A}.$$

Remarque

E_A permet de comparer la stabilité des noyaux entre eux. Les noyaux dont l'énergie de liaison par nucléon est la plus grande sont les plus stables.

2.2.4 Courbe d'Aston (la courbe $E_A = f(A)$)

C'est la courbe qui permet de visualiser facilement les noyaux les plus stables puisque ceux-ci se trouvent au bas du graphe.

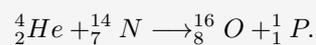
2.3 Fission et fusion nucléaire

2.3.1 Énergie de liaison par nucléon

Expérience de Rutherford

En 1919, Rutherford réalisa l'expérience suivante (la description donnée ci-dessous est simplifiée).

Une enceinte contenant des noyaux d'azote est bombardée à l'aide de particules α . Après éloignement de la source radioactive α , l'enceinte contient des noyaux d'oxygène ${}^8_{16}O$. La transformation ainsi réalisée des noyaux d'azote en noyaux d'oxygène est appelée transmutation. L'équation de la transmutation s'écrit :



Au cours d'une transformation provoquée, les lois de Soddy sont évidemment vérifiées. Une réaction nucléaire est dite provoquée lorsqu'un noyau cible est frappé par un noyau projectile et donne naissance à de nouveaux noyaux.

2.3.2 La fission nucléaire : réaction en chaîne

Définition

La **fission** est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle un noyau lourd "fissile" donne naissance à deux noyaux plus légers.

Les neutrons émis lors de la fission peuvent à leur tour provoquer la fission d'autres noyaux. Si le nombre de neutrons émis lors de chaque fission est supérieur à 1, il peut se produire une réaction en chaîne qui devient rapidement incontrôlable (principe de la bombe à fission). Dans les centrales nucléaires, la réaction en chaîne est contrôlée par des barres qui absorbent une partie du flux de neutrons.

2.3.3 La fusion nucléaire

Définition

La **fusion nucléaire** est une réaction au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.

Pour que la fusion soit possible, les deux noyaux doivent posséder une grande énergie cinétique de façon à vaincre les forces de répulsion électriques. Pour cela le milieu doit être porté à très haute température et se trouve alors sous forme de plasma. L'énergie libérée au cours d'une fusion est considérable, ce sont des réactions de fusion qui produisent l'énergie des étoiles. Dans la bombe thermonucléaire (appelée bombe H), la fusion nucléaire est incontrôlée et explosive. La très haute température nécessaire au déclenchement de la réaction est obtenue grâce à une bombe à fission (bombe A) portant le nom d'allumette". Ce type de réaction présenterait un grand intérêt pour la production d'énergie sur Terre, mais malheureusement, on ne sait pour l'instant pas la contrôler pour produire de l'électricité.

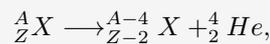
2.4 Bilan d'énergie

2.4.1 Cas des réactions nucléaires spontanées

Si la réaction se produit avec perte de masse, le milieu extérieur reçoit de l'énergie (généralement sous forme d'énergie cinétique des particules émises).

Exemple

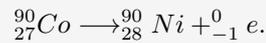
- Dans le cas d'une émission α :



l'énergie fournie au milieu extérieur est :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [m({}^{A-4}_{Z-2} X) + m({}^4_2 He) - m({}^A_Z X)] \cdot c^2.$$

- Désintégration β^- du cobalt 60 :



Masses des particules :

$$\star m({}^{90}_{27} Co) = 59,9190 u$$

$$\star m({}^{90}_{28} Ni) = 59,9154 u$$

$$\star m({}^0_{-1} e) = 5,49 \times 10^{-4} u$$

$$\begin{aligned} \Delta m &= m({}^{90}_{28} Ni) + m({}^0_{-1} e) - m({}^{90}_{27} Co) \\ &= 59,9154 + 5,49 \times 10^{-4} - 59,9190 \\ &= -3,05 \times 10^{-3} u \end{aligned}$$

Remarque

$\Delta m < 0$: la masse du système diminue et le système fournit de l'énergie au milieu extérieur.

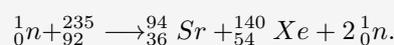
Cette énergie s'écrit :

$$\begin{aligned} E &= |\Delta m| \cdot c^2 \\ &= 3,05 \times 10^{-3} \times 1,6749 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 \\ &= 4,60 \times 10^{-13} J \\ &= 2,87 \times 10^8 eV \\ &= 2,87 MeV \end{aligned}$$

2.4.2 Cas des réactions de fission

Exemple

Dans le cas de la fission de l'uranium 235 :



Masse des particules :

- $m({}^{235}_{92} U) = 234,9935 u$

- $m({}^{94}_{36} Sr) = 93,894 u$

- $m_n = 1,0087 u$

- $m({}^{140}_{54} Xe) = 139,8920 u$

$$\begin{aligned}
 \Delta m &= m({}_{36}^{94}\text{Sr}) + m({}_{54}^{140}\text{Xe}) + 2m_n - m({}_{92}^{235}\text{U}) - m_n \\
 &= m({}_{36}^{94}\text{Sr}) + m({}_{54}^{140}\text{Xe}) + m_n - m({}_{92}^{235}\text{U}) \\
 &= 93,894 + 139,8920 + 1,0087 - 234,9935 \\
 &= -0,1983 u
 \end{aligned}$$

Remarque

$\Delta m < 0$: la masse du système diminue et le système fournit de l'énergie au milieu extérieur.

Cette énergie s'écrit :

$$\begin{aligned}
 E &= |\Delta m| \cdot c^2 \\
 &= 0,1983 \times 1,6749 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 \\
 &= 2,99 \times 10^{-11} J \\
 &= 186,8 MeV
 \end{aligned}$$

2.4.3 Cas des réactions de fusion

Ce paragraphe sera lui aussi traité à l'aide d'un exemple :



Masses des particules :

- $m({}_{2}^3\text{He}) = 3,0149 u$
- $m({}_{2}^4\text{He}) = 4,0015 u$
- $m_p = 1,0073 u$

$$\begin{aligned}
 \Delta m &= m({}_{2}^4\text{He}) + 2m_p - 2m({}_{2}^3\text{He}) \\
 &= 4,0015 + 2 \times 1,0073 - 2 \times 3,0149 \\
 &= 0,0137 u
 \end{aligned}$$

Remarque

$\Delta m < 0$: la masse du système diminue et le système fournit de l'énergie au milieu extérieur.

Cette énergie s'écrit :

$$\begin{aligned}
 E &= |\Delta m| \cdot c^2 \\
 &= 0,0137 \times 1,6749 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 \\
 &= 2,07 \times 10^{-12} J \\
 &= 12,9 MeV
 \end{aligned}$$

3 - Les rayons X

Ils ont été découverts par **Roentgen** en 1895.

Les rayons X sont émis par un métal soumis à un bombardement intense d'électrons animés d'une grande vitesse. Dans la pratique cette production se fait dans le tube de **Coolidge**.

Les rayons X ne sont pas constitués de particules chargées, Von Laue par son expérience sur la diffraction des RX par des cristaux, mis en évidence, en 1912 leur nature ondulatoire. Les RX sont donc les radiations de même nature que la lumière. Leurs longueurs d'ondes sont comprises entre 1 ? et 100 ?

$$\lambda_0 = \frac{hc}{eU}$$

Propriétés des rayons X

- Les rayons X impressionnent les plaques photographiques et excite leurs fluorescence.
- Ils ont la propriété de traverser un grand nombre de matériaux.
- Ils ionisent les gaz.
- Diffraction.

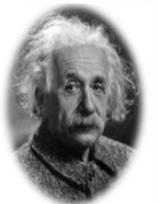
Partie

4

COURS CULTURE GÉNÉRALE

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein



Il est important de noter que le programme d'évaluation de culture générale, au concours d'aptitude à la formation médicale et pharmaceutique au Cameroun, est très vaste et compte tenu du fait que la culture générale n'est pas la seule épreuve à laquelle, vous serez soumis, nous nous limiterons à développer de manière brève tous les grands thèmes dudit programme. Il est donc très important de se servir des grands thèmes et compléter ses recherches.

1 - Les DYS

Les **DYS** sont des troubles de l'apprentissage ; Différents troubles de l'apprentissage se manifestent chez des enfants qui ont une intelligence et un comportement social normaux et qui ne présentent pas de problèmes sensoriels. Ces enfants éprouvent des difficultés à apprendre à lire, à écrire, à orthographier, à s'exprimer ou encore à se concentrer.

Les DYS comprennent :

- ★ Les troubles de la lecture : **dyslexie**.
- ★ Les troubles du développement moteur et de l'écriture : **dyspraxie**.
- ★ Les troubles des activités numériques : **dyscalculie**.
- ★ Les troubles du langage oral : **dysphasie**.
- ★ Les troubles de l'attention.

2 - L'autisme

L'**autisme**, le trouble autistique ou plus généralement les troubles du spectre autistique (TSA) sont des troubles du développement humain caractérisés par une interaction sociale et une communication anormales, avec des comportements restreints et répétitifs. Les symptômes sont généralement détectés par les parents dès les deux premières années de vie de l'enfant. On pense à une origine génétique et environnementale.

Selon les études épidémiologiques menées aux USA en 2010, l'autisme touche un enfant sur 68 dont 1 garçon / 42 et 1 fille / 189.

La journée mondiale de la sensibilisation à l'autisme se tient le 2 avril.

3 - L'addiction

C'est l'ensemble de phénomènes comportementaux, cognitifs et physiologiques, survenant à la suite d'une consommation répétée d'une substance psychoactive, associés à un désir puissant de prendre la substance, une difficulté à contrôler la consommation, une poursuite de la consommation malgré les conséquences nocives, un désinvestissement progressif des autres activités et obligations au profit de cette substance, une tolérance accrue.

Les troubles addictifs regroupent l'alcoolisme, la toxicomanie, le tabagisme, les addictions comportementales (jeu, internet). L'alcool, le tabac et l'héroïne sont les principales cause d'addiction car exerçant une dépendance physique et psychologique forte sur ceux qui en consomment.

On distingue 4 catégories d'utilisateurs :

- * Les **expérimentateurs** : ont utilisé une substance au moins une fois dans leur vie.
- * Les **occasionnels** : utilisent une substance au moins une fois l'année.
- * Les **réguliers** : consomment tous les jours
- * Les **consommateurs à problèmes** : ont des problèmes d'abus et de dépendance

4 - Les troubles mentaux

Les plus importants sont :

- * La **schizophrénie** : trouble cérébral qui affecte la capacité d'une personne à distinguer la réalité et sa propre perception des événements ; la pensée et les comportements, l'aspect émotionnel et l'humeur sont affectés. Elle touche 1% de la population et survient habituellement à l'adolescence.
- * Les **troubles bipolaires ou psychose maniacodépressive** : se caractérisent par une alternance de périodes extrêmes d'excitation (manie, réactions excessives, irritabilité) et de dépression (tristesse) entrecoupées de phases normales. Ils surviennent généralement à l'âge adulte et touche 2% de la population.
- * La **dépression** : condition émotionnelle caractérisée par une altération de l'humeur, avec tristesse, diminution de l'estime de soi.
- * Les **troubles de personnalité limite**.
- * Les **troubles obsessionnels-compulsifs**.

On estime que 450 millions de personnes dans le monde sont atteintes d'affections neuropsychiatriques.

5 - Le handicap

Il désigne la limitation des possibilités d'interaction d'un individu avec son environnement, causée par une déficience provoquant une incapacité, permanente ou non, menant à un stress et à des difficultés morales, intellectuelles, sociales et/ou physiques. ... Il existe plusieurs types de handicap, physique, moral, financier, social ...

Le handicap affecte 650 millions voire un milliard de personnes dans le monde entier selon l'OMS ; la prévalence du handicap est estimée à 15% de la population mondiale.

6 - Les troubles visuels

Ce sont des problèmes qui affectent les yeux. On distingue principalement :

- * La **myopie** : vous voyez très bien de près mais mal de loin.
- * L'**hypermétropie** : vous voyez très bien de loin mais mal de près.
- * L'**astigmatisme** : défaut de courbure des milieux de réfraction des milieux de réfraction de l'œil empêchant les rayons lumineux de converger tous en seul foyer.
- * La **presbytie** : hypermétropie physiologique acquise avec l'âge.

- ★ La **cataracte** : opacité partielle ou totale du cristallin.
- ★ Le **glaucome** : affection oculaire appelée ainsi en raison de la couleur glauque que prend la pupille.

Il y a dans le monde près de 285 millions de personnes qui présentent une déficience visuelle, 39 millions d'entre elles sont aveugles et 246 millions ont une baisse de l'acuité visuelle. Près de 90% de celles qui présentent une déficience visuelle vivent dans les pays à faible revenu.

1 - Le cancer

Le cancer est une maladie caractérisée par une prolifération cellulaire anormalement importante au sein d'un tissu normal de l'organisme, de telle manière que la survie de ce dernier est menacée. Ces cellules dérivent toutes d'un même clone, cellule initiatrice du cancer qui a acquis certaines caractéristiques lui permettant de se diviser indéfiniment. Au cours de l'évolution de la maladie, certaines cellules peuvent migrer de leur lieu de production et former des métastases. Pour ces deux raisons, le dépistage du cancer doit être le plus précoce possible. Les cellules cancéreuses ne meurent pas et continuent de se développer.

L'oncologie (ou cancérologie) est la spécialité médicale d'étude, de diagnostic et de traitement des cancers.

On distingue généralement :

- * Les **carcinomes** : cancer d'un épithélium, c'est-à-dire une surface composée uniquement de cellules.
- * Les **sarcomes** : cancers proliférant dans des tissus « de support » comme les os.
- * Les **cancers hématopoïétiques** : cancer des cellules sanguines.

On peut les classer selon les organes touchés, avec par exemple types de cancer.

Exemple

Le cancer du sein, le cancer du côlon, le cancer du pancréas, les leucémies, les lymphomes ; le cancer de la prostate, le cancer du col de l'utérus.

Il existe presque autant de sources de cancer que de tissus dans l'organisme. Certains sont toutefois plus fréquents que d'autres.

Origine des cancers

Environ 15% des cancers humains peuvent être associés à des agents infectieux. Cela peut être des virus (HBV (Hépatite B Virus) et cancer du foie, HPV (Human Papilloma Virus) et cancer du col de l'utérus).

Facteurs de risque

- * Le risque génétique (ou risque endogène).
- * Risques environnementaux ou exogènes.
- * La pollution, le tabac, l'alcool, les radiations, dont les UV du soleil, sont cancérogènes, des virus, des bactéries .

Principes de traitement

La chirurgie, la chimiothérapie ou la radiothérapie.

2 - Maladie de Parkinson

La maladie de Parkinson est une maladie neurologique chronique affectant le système nerveux central responsable de troubles essentiellement moteurs d'évolution progressive. James Parkinson en fait la première description en 1817.

La maladie débute habituellement entre 45 et 70 ans. C'est la deuxième maladie neuro-dégénérative, après la maladie d'Alzheimer.

Signes

- ★ **Hypertonie musculaire.**
- ★ **Tremblement de repos des extrémités notamment du pouce** : le patient semble compter sa monnaie, ou rouler de la mie de pain.
- ★ **Akinésie** : elle consiste en une rareté et une lenteur des mouvements (bradykinésie).

Il n'existe pas de traitement curatif de la maladie. Les traitements médicamenteux restent donc aujourd'hui encore purement symptomatiques.

Personnes célèbres atteintes d'une maladie de Parkinson :

- ★ Le pape Jean-Paul II
- ★ Le boxeur américain Mohamed Ali
- ★ L'homme d'état Yasser Arafat
- ★ Le président chinois Mao Zedong

3 - Maladie d'Alzheimer

C'est une maladie neurodégénérative du tissu cérébral qui entraîne la perte progressive et irréversible des fonctions mentales et notamment de la mémoire. Elle fut initialement décrite par le médecin allemand Aloïs Alzheimer (1864-1915).

Généralement diagnostiquée à partir de l'âge de 65 ans.

Actuellement, il n'existe aucun traitement guérissant la maladie d'Alzheimer, ni même permettant de stopper son évolution. Quelques médicaments peuvent au moins apparemment retarder l'évolution de la maladie en atténuant les pertes de mémoires, du langage et du raisonnement.

4 - L'obésité

L'obésité humaine a été reconnue comme une maladie en 1997 par l'OMS. Cette organisation définit « le surpoids et l'obésité comme une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle qui peut nuire à la santé ». Sa prévention est un problème de santé publique. Elle peut avoir des répercussions importantes sur la santé de l'individu.

Les évaluations courantes de l'obésité font intervenir la masse (que l'on appelle souvent le « poids ») et la taille.

4.1 L'indice de masse corporelle

Le principal indicateur de mesure utilisé est l'indice de masse corporelle (IMC). Il tient compte de la morphologie de l'individu même s'il peut être exceptionnellement biaisé dans le cas de sportifs avec une masse musculaire très importante.

Pour les adultes, l'indice de masse corporelle est égal à la masse (exprimée en kilogrammes) divisée par le carré de la taille de la personne (en mètres).

Exemple

$$75\text{kg}/(1,75\text{m}^2) = 75\text{kg}/3.0625\text{m}^2 = 24,49$$

(le résultat est en kg/m^2 , mais la plupart du temps, on n'écrit pas l'unité).

Nota

- * Un IMC entre 18,5 et 25 est considéré comme normal chez un adulte.
- * Entre 25 à 30, on parle de surpoids (surcharge pondérale).
- * Au-delà de 30, on parle d'obésité.
- * De 35 à 40, on parle d'obésité sévère et, au-delà de 40, d'obésité morbide.

L'obésité résulte souvent d'un déséquilibre entre :

- * l'apport énergétique quotidien (ou AET : apport énergétique total, somme des calories) apportées par l'alimentation ;
- * la somme des dépenses énergétiques

Quand l'organisme reçoit plus qu'il ne dépense, il stocke une partie de l'apport, sous forme de graisses dans le tissu adipeux. Cependant le métabolisme, très différent selon les individus, joue un rôle important, et certaines personnes vont donc plus facilement devenir obèses que d'autres (facteurs génétiques notamment).

5 - Le cholestérol

Le **cholestérol** est un lipide de la famille des stérols qui joue un rôle central dans de nombreux processus biochimiques.

Le mot « cholestérol » désigne une molécule et ne doit pas être confondu avec les termes de « bon » et « mauvais cholestérol » faisant référence aux HDL et LDL, les transporteurs du cholestérol dans le sang.

Rôle

C'est un composant majeur des membranes cellulaires qui contribue à leur stabilité et au maintien de leurs structures en s'intercalant entre les phospholipides.

Le cholestérol est également un précurseur de nombreuses molécules :

- * La vitamine D3 qui intervient dans la calcification des os.
- * Les hormones stéroïdes : cortisol, cortisone, et aldostérone.
- * Les hormones stéroïdes sexuelles : progestérone, œstrogènes, et testostérone.
- * Les acides biliaires.

En tant que composé hydrophobe, le cholestérol n'est pas soluble dans le sang. Son transport est assuré par quatre types de lipoprotéines :

- * Les lipoprotéines à basse densité (ou LDL : Low Density Lipoprotein) transportent le cholestérol des lieux de sécrétion vers les cellules de l'organisme.
- * Les lipoprotéines à haute densité (ou HDL : High Density Lipoprotein) déchargent les artères et les tissus extra hépatiques du cholestérol, et le ramènent vers le foie où il est dégradé ; on parle alors de « bon » cholestérol.
- * Les chylomicrons, ces lipoprotéines assurent le transport des lipides (cholestérol inclus) de l'intestin vers les autres tissus .
- * Les lipoprotéines à très basse densité (ou VLDL : Very Low Density lipoprotein).

MESURE DE COUVERTURE SANITAIRE AU CAMEROUN, MALADIE CARDIOVASCULAIRE, DROGUES



1 - Mesure de couverture sanitaire au Cameroun

Le Cameroun a introduit progressivement, avec l'appui financier de l'Alliance Mondiale pour les Vaccins et la Vaccination (Gavi), de nouveaux vaccins dans le PEV, à savoir le vaccin contre la Fièvre Jaune en 2004, celui contre l'Hépatite Virale B en 2005, le vaccin contre l'Haemophilus influenzae type b en février 2009, le vaccin contre les infections à Pneumocoque en juillet 2011 et le vaccin contre les diarrhées à Rotavirus en mars 2014. - Le mercredi 08 juillet 2015, le Ministre de la Santé Publique, Monsieur André Mama Fouda a présidé la journée d'information des médias sur l'introduction du Vaccin Polio Injectable (VPI) dans le (PEV) du Cameroun.

2 - Les maladies cardiovasculaires : Chiffres clés et prévalence

Les maladies cardio-vasculaires sont la première cause de mortalité dans le monde. On estime à 17,5 millions le nombre de décès imputables aux maladies cardio-vasculaires, soit 31% de la mortalité mondiale totale. Parmi ces décès, on estime que 7,4 millions sont dus à une cardiopathie coronarienne et 6,7 millions à un AVC (chiffres 2012). Plus des trois quarts des décès liés aux maladies cardiovasculaires interviennent dans des pays à revenu faible ou intermédiaire. Il est possible de prévenir la plupart des maladies cardiovasculaires en s'attaquant aux facteurs de risque comportementaux – tabagisme, mauvaise alimentation et obésité, sédentarité et utilisation nocive de l'alcool – à l'aide de stratégies à l'échelle de la population.

Les personnes souffrant de maladies cardiovasculaires ou exposées à un risque élevé de maladies cardiovasculaires (du fait de la présence d'un ou plusieurs facteurs de risque comme l'hypertension, le diabète, l'hyperlipidémie ou une maladie déjà installée) nécessitent une détection précoce.

Les maladies cardiovasculaires constituent un ensemble de troubles affectant le cœur et les vaisseaux sanguins.

Les infarctus et les accidents vasculaires cérébraux sont principalement dus au blocage d'une artère empêchant le sang de parvenir au cœur ou au cerveau. Leur cause la plus courante est la constitution d'un dépôt gras sur les parois internes des vaisseaux sanguins alimentant ces organes. Les infarctus et les AVC sont généralement dus à la présence de plusieurs facteurs de risque associés comme le tabagisme, une mauvaise alimentation et l'obésité, la sédentarité et l'utilisation nocive de l'alcool, l'hypertension, le diabète et l'hyperlipidémie.

Pourquoi les maladies cardiovasculaires constituent-elles un problème de développement pour les pays à revenu faible ou intermédiaire comme le Cameroun ?

Plus des trois quarts des décès par maladie cardiovasculaire dans le monde surviennent dans des pays à revenu faible ou

intermédiaire. Les habitants des pays à revenu faible ou intermédiaire ne peuvent souvent pas bénéficier des programmes intégrés de soins de santé primaires pour la détection précoce et le traitement des personnes à risque par rapport aux habitants des pays à revenu élevé. De ce fait, ils meurent plus jeunes de maladies cardiovasculaires ou d'autres maladies non transmissibles, souvent dans leurs années les plus productives. Au niveau macroéconomique, les maladies cardiovasculaires prélèvent un lourd tribut sur les économies des pays à revenu faible ou intermédiaire.

3 – Les drogues

Une drogue est un composé chimique, biochimique ou naturel, capable d'altérer une ou plusieurs activités neuronales et/ou de perturber les communications neuronales. La consommation de drogues par l'homme afin de modifier ses fonctions physiologiques ou psychiques, ses réactions physiologiques et ses états de conscience n'est pas récente. Certaines drogues peuvent engendrer une dépendance physique ou psychologique. L'usage de celles-ci peut avoir pour conséquences des perturbations physiques ou mentales. Pour désigner les substances ayant un effet sur le système nerveux, il est plus généralement question de psychotrope. Les drogues appelées drogues licites désignent les substances psychotropes dont la consommation et la vente ne sont pas interdites par la loi d'un pays. Par drogue licite, en général l'alcool, le tabac, le café, les médicaments psychotropes ou les solvants organiques sont désignés. Une drogue illicite est une drogue dont la consommation et la vente sont interdites par la loi d'un pays. Le caractère illicite de certaines drogues varie d'une législation (et donc d'un pays) à l'autre. Drogue dure est un terme qui qualifie des substances à même de provoquer une dépendance psychique et physique forte. Ce terme désigne généralement les dérivés de cocaïne et d'héroïne. Le terme de drogue douce désigne presque exclusivement le cannabis, du fait que celui-ci induise une dépendance mentale très faible et que le risque de décès par surdose soit nul.

Liste des drogues

Stupéfiant, Opiacés, Opium, Héroïne, Cocaïne, Amphétamines, Hallucinogène, Chanvre, Cannabinoïdes, Tabac, Alcool, Benzodiazép

DÉMOGRAPHIE-NATALITÉ ET FÉCONDITÉ-MORTALITÉ ET LONGÉVITÉ



1 - Démographie

Définition

La **démographie** est l'étude qualitative et quantitative des caractéristiques des populations et leurs dynamiques dans l'espace et dans le temps, ceci en fonction de leurs milieux socio-économiques et culturels.

La population mondiale a connu, depuis la révolution industrielle, un boom ayant entraîné une série d'incidences sur l'évolution des sociétés et la mise en place de nouvelles politiques à l'instar de la limitation de naissances (Chine), les assurances sociales, l'immigration...

Définition

On appelle **transition démographique** le passage d'un régime où la fécondité et la mortalité sont élevées et s'équilibrent, à un régime où la natalité et la mortalité sont faibles tout en s'équilibrant toujours.

Le classement des pays les plus peuplés au monde a à sa tête la Chine, suivie de l'Inde, les USA, l'Indonésie, le Brésil, le Pakistan, le Nigeria, le Bangladesh, la Russie, le Japon ...

En ce qui concerne les continents, l'Asie est le plus peuplé avec environ 4,427 milliards d'habitants, suivi de l'Afrique 1,111 milliards, l'Europe 742,5 millions, l'Amérique 953,7 millions et l'Océanie 38,03 millions.

Dans l'optique d'étudier la population d'une région, on réalise une pyramide des âges. C'est la représentation par âge et par sexe de la population à un instant donné. Elle est constituée de 2 histogrammes (les hommes à gauche et les femmes à droite) ou les effectifs sont portés horizontalement et les âges verticalement. Elle peut prendre diverses formes : champignon, pyramide, poire, pagode, sablier, ballon de rugby... ceci en fonction de la fécondité, la natalité, la mortalité et les flux migratoires.

2 - Natalité et fécondité

Définitions

- ★ Le **taux de natalité** est le rapport entre le nombre annuel de naissances et la population moyenne totale sur une année ; il s'exprime en « pour mille ».
- ★ Le **taux de fécondité** peut se définir comme le nombre moyen d'enfants par femme en âge de procréer. Il permet de mesurer la tendance de la population à augmenter ou diminuer sans tenir compte des flux migratoires.

Jusqu'au début des années 80, ces taux se sont maintenus quasi constants d'où l'explosion démographique. A la suite de cela, plusieurs économistes ont émis des théories dont la plus célèbre, celle de MALTHUS, qui considère la croissance démographique comme un *handicap*, un *frein* au développement économique et ayant une influence *négative* sur le niveau de vie d'une population.

Au début des *années 50*, afin de permettre aux couples de limiter volontairement les naissances, la **pilule**, méthode de contraception hormonale féminine, voit le jour. La pilule a pour rôle d'empêcher toute grossesse non désirée même en cas de rapports sexuels. Il existe une grande variété s'adaptant à chaque femme : les pilules **séquentielles**, les pilules **combinées** (*plus utilisées*), les pilules **micro-progestatives**. Son principe est le *blocage de l'ovulation* obtenu en modifiant l'équilibre hormonal normal et naturel.

3 - Mortalité et longévité

3.1 Mortalité

Le **taux de mortalité** est le rapport entre le nombre annuel de décès et la population totale moyenne sur une période et un territoire donnés. Il renseigne en particulier sur les méthodes sanitaires de la population ; il peut être étudié par classes d'âge : mortalité infantile, juvénile, sénile... Il permet d'évaluer l'**espérance de vie** et ne doit être confondu à la létalité ou la morbidité. Les principales causes de mortalité reconnues par l'OMS sont l'**absence d'eau potable** à l'origine de maladies : cholera, typhoïde, hépatite, diarrhée tuant à elle seule 1,8 millions d'enfants/an ; les **maladies infectieuses** (17 millions de décès) représentant un tiers de la mortalité : SIDA, paludisme, rougeole (1 million d'enfants décédés/an) ; les **malformations** ; les **troubles mentaux** ; les **causes externes** (agressions, guerres, accidents...) ; les **causes liées à la grossesse**.

3.2 Longévité

La **longévité** désigne l'augmentation au fil du temps de la proportion des personnes âgées appréhendée comme le résultat de la maîtrise de la fécondité et de l'allongement de la vie. En 2000, la longévité humaine était estimée à 115 ans ; mais le record pour une personne décédée reconnu et légalement prouvé est à ce jour détenu par la **française JEANNE CALMENT** qui a atteint l'âge de **122 ans**. Il a été prouvé que l'arrêt du tabac, la consommation modérée d'alcool, l'activité physique régulière et une grande consommation de fruits et légumes sont des facteurs sur lesquels on peut agir pour augmenter sa longévité.

1 – Politique et protection Sociale

1.1 Généralités

- * La **protection sociale** est un ensemble de dispositifs permettant de garantir aux individus un minimum de sécurité économique lorsqu'ils sont confrontés à certains risques sociaux
- * La **politique** c'est l'ensemble de décisions stratégiques (choix de priorité) et de mesures d'application.
- * Les **politiques de protection sociale** permettent de faire face aux conséquences des risques sociaux, le risque social étant l'exposition à un événement qui conduirait à la diminution du niveau de vie et pris en charge par la collectivité

1.2 Sécurité sociale

Historique

Au Cameroun, la sécurité sociale entendue comme un système de garantie contre les risques sociaux qui menacent la capacité de travail ou le revenu du travailleur, voit le jour au Cameroun avant l'indépendance, avec la promulgation le 15 décembre 1952, du code du travail des territoires français d'outre-mer; ce code assurant aux français travaillant au Cameroun l'octroi des prestations sociales est en fait l'embryon de protection sociale qui sera ensuite étendu aux travailleurs salariés camerounais.

La caisse nationale de prévoyance sociale du Cameroun a été créée en 1967 par deux lois dont l'une instituant le code des prestations et l'autre portant organisation de la prévoyance sociale; elle venait ainsi succéder à la caisse de compensations de prestations familiales qui existait depuis 1956.

Objectifs et moyens

L'objectif de sécurité sociale qui incombe principalement à l'état est celui de l'amélioration des conditions de vie des populations par le service des prestations sociales adéquates en nature et en qualité avec le niveau de vie dans le pays. Or les prestations sociales prévues par la législation et servies par le régime actuel ne semblent plus répondre aux besoins réels des populations. Ceci n'est possible que si les ressources financières à cet effet sont suffisantes et pérennes, d'où la problématique du financement du régime camerounais de sécurité sociale.

Incidences et problèmes de sécurité sociale

Malgré les efforts de promotion des mutuelles de santé depuis une décennie et l'existence d'une vingtaine de compagnies privées proposant des polices d'assurance maladie à peine 1% de la population camerounaise bénéficie d'une couverture

du risque maladie. Cette situation exprime en partie que la dépense de sante des ménages s'effectue à 94,6% sous cette forme de paiements directs au point de délivrance lors des épisodes de maladie.

Ce mode d'achat des soins et services de santé est inefficent, les indicateurs de santé du Cameroun sont moins bons que ceux des pays africains allouant moins de ressources a la santé des populations, la dépense de sante au Cameroun porte a plus de 75% sur les examens médicaux et les médicaments de marque alors que l'état subventionne les médicaments generiques.d'autres prestations subventionnes par l'état sont sous utilisées en raison de l'obligation d'un paiement cash préalable pour y accéder.

Les facteurs influençant la faible couverture du risque maladie sont entre autres :

- * La méfiance des ménages vis-à-vis des mutuelles de santé et des compagnies privées d'assurance.
- * L'absence d'obligation d'être assuré contre le risque maladie qui transforme l'assurance maladie en un service réserve e une Elite.
- * L'ignorance des avantages inhérents a l'assurance maladie par une large frange de la population.
- * La pauvreté et le montant élevé des primes d'adhésion et des cotisations annuelles.
- * La forte prévalence de l'emploi dans le secteur informel.

Organisation de la sécurité sociale

La caisse nationale de prévoyance sociale (CNPS) gère le régime de protection sociale sous la tutelle du ministère du travail et de la sécurité sociale.

Les prestations

La sécurité sociale camerounaise comporte 3 branches :

* Prestations familiales

Elles sont servies a tout allocataire travailleur salarié dont la rémunération est au moins égale au SMIG.il doit justifier chaque mois de 18 jours ou 120 heures de travail. Le droit aux prestations est ouvert en priorité au titre de l'activité du père, puis en défaut de la mère. le conjoint survivant d'un bénéficiaire même s'il n'exerce aucune activité professionnelle, continue à percevoir les prestations familiales à condition qu'il assure la garde et l'entretien des enfants qui étaient à la charge de l'allocataire décédé.

Comme prestation :

- Allocations prénatales.
- Allocation de maternité.
- Allocations familiales.
- Indemnités journalières versées aux femmes salariées en congé de maternité.
- Prestations de frais médicaux de grossesse et de maternité.
- Action sanitaire et sociale.

* Accidents du travail, maladies professionnelles

Sont considères comme risques professionnels :

- Les accidents survenus par le fait ou à l'occasion du travail.
- Les accidents survenus pendant le trajet entre le domicile de l'assuré et son lieu de travail.
- Les maladies figurant sur la liste des maladies professionnelles indemnisables et résultantes de l'exercice d'une activité professionnelle.

Comme prestation :

- Soins.

- Incapacité temporaire.
- Incapacité permanente.
- Frais funéraires.
- Décès (survivants).

★ **Vieillesse, invalidité, décès (survivants)**

- Vieillesse.
- Invalidité.
- Décès (survivants).
- Frais funéraires.

1.3 La prophylaxie

En médecine, désigne le processus actif ou passif ayant pour but de prévenir l'apparition, la propagation ou l'aggravation d'une maladie. On a 4 types de prévention :

- ★ **Prévention primaire** : doit empêcher l'apparition d'une maladie chez une personne.
- ★ **Prévention secondaire** : vise à réduire la gravité d'un problème de santé, notamment par le dépistage, la prise en charge et l'éducation thérapeutique.
- ★ **Prévention tertiaire** : concerne l'évitement des complications de maladie déjà cliniquement manifestes et la mise en place de procédures de réhabilitation.
- ★ **Prévention quaternaire** : concerne
 - Soit l'ensemble des soins palliatifs auprès de malades qui ont dépassé le stade des soins curatifs et qui se trouvent en phase terminale.
 - Soit la prévention de la médecine non nécessaire ou la prévention de la surmédicalisation.

2 - Euthanasie - Soins palliatifs

2.1 Éthiques

Éthique de la conviction

- ★ Respect de la vie humaine : l'euthanasie est un acte intrinsèquement mauvais /les soins palliatifs sont une panacée universelle qui permet de lutter contre la souffrance physique et morale en fin de vie.
- ★ Droit à l'autodétermination : l'euthanasie est un geste qui respecte le choix, la liberté de chaque malade/ les soins palliatifs prolongent inutilement la souffrance du malade sans tenir compte de ses volontés.

Rôle d'une équipe spécialisée en soins palliatifs

- ★ Informer, clarifier le contenu de la demande :
 - S'assurer de l'absence de pression.
 - Vérifier le caractère réfléchi de la demande
 - Estimer le caractère persistant et immédiat de la demande.
- ★ Rechercher et mettre en œuvre des solutions pour soulager la souffrance du patient.

- ★ Accompagner le malade et son entourage (proches et soignants) dans la réponse qui sera donnée.
 - Le soutien des proches.
 - Le soutien du médecin.

SCIENTIFIQUES CONTEMPORAINS ET MONDE VÉGÉTALE



1 - Scientifiques contemporains

Nom	Découverte	Année
Christian Doppler	Echographie Doppler	
Louis Braille	L'écriture braille (pour les aveugles)	
Charles Robert Darwin	Théorie d'évolution des espèces	
Claude Bernard	Sur la méthode expérimentale	
Gregor Mendel	Lois de croisement en génétique	
Louis Pasteur	père de la microbiologie	
Robert Koch	Bacille de Kock	
Wilhelm Rontgen	Rayon x	
Karl Josef Bayer	Aspirine	
Paul Ehrlich	Bactériologiste allemand	
Pierre Curie	Travaux sur les radiations	
Alexander Graham Bell	Téléphone	
Marie Curie	Travaux sur le radium et le polonium	
Albert Einstein	Théorie de la relativité	1905
Alexander Flemming	La pénicilline	1928
Luc Montagnier	VIH	1983
Françoise Barré Sinousi	VIH	1983
Antonie Van Leeuwenhoek	Les protozoaires	
Christian Neethling Barnard	La première transplantation cardiaque en Afrique du sud	Le 3 Décembre 1997
René LAENNEC	STETHOSCOPE	17 Février 1816

2 - Les Cellules souches.

Introduction

En biologie, une cellule souche est une cellule indifférenciée se caractérisant par la capacité à engendrer des cellules spécialisées par différenciation cellulaire et une capacité à se maintenir par prolifération dans l'organisme (auto-renouvellement) ou, indéfiniment, en culture. Les cellules souches sont présentes chez tous les êtres vivants multicellulaires. Elles jouent en effet un rôle très important dans le développement des organismes ainsi que dans le maintien de leur intégrité au cours de la vie.

Les cellules souches animales concentrent l'attention de la recherche, en particulier celle de l'homme pour leurs applications en médecine. Mais les cellules souches sont au centre de toutes les formes de vie pluricellulaire et on les retrouve, par exemple, dans les méristèmes des plantes.

2.1 Potentiel

Les cellules souches peuvent se distinguer en fonction de leur potentiel de différenciation :

- ★ Les cellules souches **totipotentes** : pouvant donner tout type cellulaire, et donc un organisme entier.
- ★ Les cellules souches **pluripotentes** : capables de donner tous les types cellulaires sauf les annexes embryonnaires.
- ★ Les cellules souches **multipotentes** : susceptibles de donner différents types de cellules, mais spécifiques d'un lignage cellulaire donné.
- ★ Les cellules souches **unipotentes** : qui ne peuvent donner qu'une seule sorte de cellule (elles peuvent cependant, comme toute cellule souche, s'auto-renouveler, d'où l'importance de les distinguer des précurseurs).

2.2 Caractéristiques

Les cellules souches sont souvent capable d'effectuer deux types de division cellulaire : une, classique, symétrique (qui génère 2 cellules souches) et une asymétrique, qui génère d'un côté un progéniteur, cellule plus différenciée, et de l'autre une cellule souche. Ainsi, c'est l'utilisation de la division asymétrique qui permet à une population souche de maintenir son nombre plus ou moins constant lors de la production de cellules différenciées.

Il existe deux étapes dans la création d'une cellule différenciée :

- ★ La différenciation, durant laquelle une cellule subit un changement qualitatif de phénotype. Par exemple, l'apparition de nouvelles protéines membranaires, due à l'activation de l'expression d'un gène donné. Une différenciation stricto sensu est donc un événement ponctuel.
- ★ La maturation où la cellule subit un changement quantitatif de phénotype. Cela correspond à l'augmentation de la production de certaines protéines, et donc nécessairement plus ou moins long.

On pourra ainsi distinguer trois phases lors de la formation d'un tissu différencié :

- ★ **Une première** dans laquelle les cellules souches se divisent et soit se renouvellent, soit créent des cellules déterminées. Cette phase ne comprend que des divisions mitotiques.
- ★ Dans la **phase suivante**, qualifiée d'intermédiaire, les cellules déterminées sont des cellules de transit, elles subissent à la fois des mitoses et une maturation/différenciation. Elles deviennent donc de plus en plus matures, tout en continuant à se diviser.
- ★ La **dernière phase** est une phase de maturation : les cellules ne se divisent plus mais ne font plus que se différencier et mûrir, jusqu'à donner des cellules matures, dotées de tout le matériel nécessaire à leur fonction.

Entre la première phase (prolifération sans différenciations) et la troisième (différenciations sans prolifération), la phase intermédiaire est très flexible, permettant des périodes de maturation plus ou moins longues, différent selon les lignées cellulaires.

Les cellules souches existent durant toute la vie de l'organisme, mais on peut distinguer, chez les mammifères notamment, les cellules souches embryonnaires et les cellules souches adultes.

2.3 Fonctions

Les cellules souches embryonnaires sont les cellules centrales du développement, puisqu'elles vont générer progressivement toutes les autres cellules de l'organisme, grâce à des étapes de différenciation et de prolifération finement orchestrées pour créer, au final, un individu pluricellulaire viable.

Organisme adulte

Human embryonic stem cells

A : Cellules souches humaines encore indifférenciées.

B : Cellules nerveuses.

Les cellules souches adultes sont beaucoup plus rares, puisqu'une fois le développement terminé, la nécessité de proliférer peut devenir dangereuse. Les cellules souches perdurent donc en des endroits restreints dans chaque tissu ; ces *niches* ont des mécanismes de maintien complexes et sont régulées pour ne produire que les cellules nécessaires au maintien d'un organisme fonctionnel.

Ces cellules souches sont moins « pluripotentes » que celles constituant l'embryon : elles ne peuvent produire que des cellules spécifiques de leur tissu. Par exemple, chez les mammifères adultes, les cellules souches hématopoïétiques régénèrent en continu les cellules du sang. Il existe également des cellules souches intestinales ainsi que des cellules souche neurales. Ces dernières ne sont présentes que dans deux régions distinctes du cerveau : l'hippocampe et la zone sous-ventriculaire (zone bordant les ventricules latéraux).

La présence de cellules souches peut servir différents mécanismes en fonction du tissu :

- * Les cellules souches seraient en partie responsables de la régénération des membres chez certains animaux. Ce phénomène existe ainsi chez certains vertébrés (comme le lézard, le triton ou la salamandre).
- * L'organe contenant le tissu doit grandir soit durant la croissance, soit pour pouvoir assurer une fonction, par exemple le cœur des athlètes est plus gros, l'utérus grossit durant la grossesse, etc.
- * Les cellules vieillissent et meurent (exemple des globules rouges dont la durée de vie est de 120 jours ou encore les kératinocytes de la surface de la peau) et celles-ci doivent se renouveler.
- * Un traumatisme, une ischémie, ou d'autres phénomènes peuvent créer la mort de cellules qui doivent être régénérées ; cette régénération est parfois imparfaite soit par manque de cellules souches, soit parce que l'architecture du tissu est trop bouleversée (ce qui dépend à la fois du tissu et du dommage qu'il a subi).

2.4 Découvertes

Les travaux engagés par **Leroy Stevens et Barry Pierce** dans les années 1950 sur l'étude des tératocarcinomes murins ont permis d'isoler les cellules souches embryonnaires (en abrégé **ES pour embryonic stem**). Des cellules capables de générer toutes les cellules sanguines sont découvertes dans la moelle osseuse. La **première greffe de moelle osseuse est effectuée en 1958**.

En **1981**, les cellules souches embryonnaires ont été identifiées **chez la souris par Martin Evans, Kaufman et Martin**, et en **1998** chez l'homme par les équipes de l'américain **James Alexander Thomson**, de Joseph **Istkovitz-Eldor** et de l'israélien **Benjamin Reubinoff**. En **2000**, ce dernier transforme des cellules ES en neurones.

2.5 Application médicale

En médecine, les cellules souches animales et humaines font l'objet de nombreuses recherches depuis les années 1990, avec l'espoir de régénérer des tissus, voire d'en créer de toute pièce, et idéalement de reconstruire des organes (thérapie cellulaire). Ces avantages potentiels ont suscité des expérimentations de clonage thérapeutique pour en maîtriser la fabrication en grand nombre.

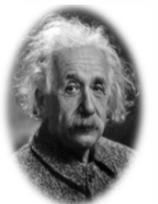
Le premier médicament fabriqué à base de cellules souches est approuvé en mai 2012 par les autorités canadiennes. Il s'agit du *Prochymal*, une préparation obtenue à partir de cellules souches adultes mésenchymateuses.

Partie
5

COURS D'ANGLAIS

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein



1 - Verbs

In English we have two classes of verbs ; namely : auxiliary or helping verbs and ordinary or main verbs.

1.1 Auxiliary or helping verbs

They are those which help others verbs to be conjugate. They are subdivided into : primary auxiliaries and modal auxiliaries.

Primary auxiliaries

As primary auxiliaries we have : **do ; have ; be.**

It is very important for each learner to know first of all about : the present simple tense (third person of singular « s ») ; the past form ; the present participle « ing » form ; and the past participle.

Base	Do	Have	Be
« s » form	Does	Has	Is
« ing » form	Doing	Having	Being
Past participle	Done	Had	Was/were

Madal auxiliaries

As modal auxiliaries we have :

Can/ could	can't couldn't
May/ might	(mayn't) mightn't
Shall/ should	shan't shouldn't
Will /'ll	won't
Would/'d	wouldn't
Must	mustn't
Ought to	oughtn't to
Used to	didn't use to
Need	Needn't
Dare	daren't

2 - Tenses

We notice two categories of ordinary verbs : **regular verbs and irregular verbs** ; they are conjugate in many tenses. According to EWA MICHAEL (1984 :28-30) tenses in English can be classified into four main groups, namely :

2.1 Basic tenses

Present simple tense

Personal pronoun + the main verb.

Example

- * To eat : I eat. The verb takes « s » in the third person of singular.
- * To eat : he ; she ; it eats bananas.

When to use the present simple tense

- To describe habitual action.

Example

- * John **reads** everyday.
- * Mary **goes** to school.

- After time expressions as : **When ; as soon as ; until.**

Example

When peter comes I shall go home.

- Impossible conditions after « if » and « unless ».

Example

if Eto'o plays Cameroon shall win.

- To show future or planned action.

Example

Mathew **goes** to France **next year**.

Past tense

Regular verbs take **ed**.

Example

To walk : I **walked** slowly.

Irregular verbs are called irregular because they change form in the past.

Example

To write : He **wrote** a letter .

When to use the Past tense

- To describe a completed past action when the time is mentioned or when the time of the action is known by the speaker and the listener.

Example

John **gave** his book to Simon.

- After the expressions : it is time ; **would sooner** ; **would rather**.

Example

I **would rather** you opened the door.

- After **wish**.

Example

I **wish** I owned that luxurious car.

- After **only**.

Example

If **only** I owned that land.

- When we are talking about repeated actions or events in the past.

Example

Barbara **visited** Cameroon three **times last year**.

- With : before, for, recently.

Example

Simon **had** the car **for** ten years.

Future tense

Both regular and irregular verbs form the future with : shall/ will+ the main verb.

Example

- * I **shall eat** plantain.
- * He **will swim** in the pool.

When to use the future tense

The expression going to can also express the future ; but it is used when a future action has been planed already.

Example

Peter **is going to** buy a house next year.

2.2 Continuous tenses

As far as continuous tenses are concerned, they are formed with the auxiliary « **be** » the « [ing] » of the verb. There are :

- * The present continuous tense : I am **eating** rice.
- * The past continuous tense : She **was drinking** milk.
- * The future continuous tense : My mother **will be dancing with my father**.

2.3 Perfect tenses

All the perfect tenses are conjugated with the auxiliary **have** + the **past participle** of the verb. They are :

- * The present perfect tense : my junior brother **has broken** the glasses.
- * The past perfect tense : Mary and Paul **had burnt** their notebooks.
- * The future perfect tense : we **shall have drunk** this dirty water.

3 - Perfect continuous tenses

They are formed with the auxiliary **have + been + ing** form of the verb.

- * The present perfect continuous tense : I **have been living** in Paris for over two years now.
- * The past perfect cont. tense : it **had been raining** for an hour when we left home.
- * The future perfect cont. tense : john will **have been living** in this house for ten years.

4 - Practice

Fill the spaces with the appropriate tense of the verb.

- 1 The barracks full of soldiers eager to go out and fight. (to be)
- 2 The news quite good today. (to be)
- 3 The shambles reigning in that country going to last long. (to be)
- 4 My family been away for two weeks(have ; has)
- 5 It is high time you that I am your boss(know ; knew ; knowing)
- 6 The summons to report to the police station sent through his neighbor. (Was ; were)
- 7 There several possibilities (exists ; exist)
- 8 Her whereabouts a mystery to everybody. (to be)
- 9 We look forward to from you (hear ; hearing)
- 10 Five kilogram's of meat a lot (is ; are)
- 11 I here since 8 o' clock (was ; have been)
- 12 Ten bags of cement insufficient (is ; are)
- 13 I have come to inform you that I to Douala tomorrow (shall ; will ; would)
- 14 If they received their salaries, they their contribution (will pay ; would pay ; would have paid)
- 15 If they received their salaries, they their contribution (will pay ; would pay ; would have paid)
- 16 If they had received their salaries, theytheir contribution (will pay ; would pay ; would have paid)
- 17 If I him, I would have given him the message (met, have met, had met)
- 18 My husband told me last week that he back by yesterday, today or tomorrow (will come, would come)
- 19 When Mary she will be in a mad rush to try on her dress (comes, will come)
- 20 The discipline master asked them what (was the matter, the matter was)

1 - Reported speech

1.1 Direct speech

We use direct speech to report the exact words a person says :

Example

« She comes from Germany », he said.

I, she, we, they said can come before or after the speaker's words

Example

- * They said, « We're going home now. »
- * « We're going home now, » they said.

Punctuation is important when we write direct speech.

Example

He said, (comma) (quotation marks) (capital letter)« she comes from Germany ». (Full stop)(Quotation marks).

1.2 Reported statements

We use reported speech to what someone said earlier.

Example

« The train is late, » he said.(direct speech)
He said that the train was late. (Reported speech)

We usually change the pronouns and possessive and possessives adjectives :

Example

- ★ « I'm from Russia, » she said. ⇒ She said that she was from Russia.
- ★ « Our son's a dentist », they said. ⇒ They said that their son was a dentist.

After a past tense reporting verb like **said**, the of verb also changes.

Direct speech	Reported speech
Present simple « I live in brazil, » she said	Past simple She said that she lived in brazil
Present continuous « She's shopping , » they said	Past continuous They said that she was shopping
Present perfect « They've left , » he said	Past perfect He said that they had left
Past simple « I saw a film, » she said	Past perfect He said that she had seen a film
Past perfect « They'd finished, » he said	Past perfect He said that they had finished
Am /is/are going to « I'm going to stay , » he said	Was/were going to He said that he was going to stay
Will + infinitive « I'll help you , » he said	Would+ infinitive She said that she would help me

2 - The changes of pronouns and adverbs

2.1 The change of pronouns

Personal		Possessive		Demonstrative	
Direct speech	Indirect or reported speech	Direct speech	Indirect or reported speech	Direct speech	Indirect or reported speech
I	He, She	Mine, My	His, Her, Hers		
He	He, Him	His	His		
It	She, It	Her	Her		
We	They	Its	Its		
You	He, I, We, She, Me, Us, Her	Ours, our, yours, your	Their, theirs, our, my, mine, ours, their	This, these	It, they, them, that, those

2.2 The change of adverbs

Indirect speech	Reported speech
Last week	The previous week
Last year	The previous year
Today	That day
Tomorrow	The following day
Here	Here
Now	Then
Next month	The following month
Next year	The following year

3 - Practice

Part A

Complete the sentences using the following verbs into present simple tense : cause, connect, drink, live, open, speak, and take.

- ① Tania German very well.
- ② I don't often coffee.
- ③ The swimming pool at 7.30 every morning.
- ④ Bad driving many accidents.
- ⑤ My parents in a very small fat.

Part B

Complete the sentences with the following verbs in the correct form : get, happen, look, lose, make, start, stay, try, and work.

- ① You' hard today.
- ② I for Christine. Do you where she ?
- ③ It..... dark. Shall I turn on the light ?
- ④ They don't have anywhere to live at the moment. They with friends until they find somewhere.
- ⑤ Things are not so good at work. The company money.

Part C

Are the underlined verbs right or wrong ? Correct them necessary.

- ① Water boils at 100 degrees Celsius.
- ② The water boils. Can you turn it off ?
- ③ Look ! That man tries to open the door of your car.
- ④ "Hurry up ! It's time to live". "Ok, i come."

Part D

Match the two parts of the zero conditional sentences

① Water turns into steam	Ⓐ If you want cheap air tickets
② If you want to visit the USA	Ⓑ If you have a good internet connection
③ You have to book early	Ⓒ when you heat it to 100°C
④ When babies are hungry	Ⓓ if you drive fast
⑤ I get cold feet	Ⓔ they cry
⑥ Cars use more petrol	Ⓕ if I don't wear woollen socks in winter
⑦ Downloading music is quite	Ⓖ you need a visa

Part E

Re-write the sentences. Use correct punctuation.

- ① Jane said my computer is broken
- ② I'm sorry to hear that said is Ann
- ③ It was working yesterday tony said
- ④ What's wrong with it asked Ann

Part F

Report the statements

- ① « We are worried about peter », they said.
- ② « I work in an office », Jane said.
- ③ The weather man said, « It's going to rain ».
- ④ « I've won the lottery ! » the old lady said.
- ⑤ James said, « I broke my leg playing football ».

PREPOSITIONS AND PHRASAL VERBS



1 - Prepositions

1.1 Definition

A **preposition** is a word that expresses the relationship between two entities. It governs a noun or a pronoun and indicates the relation of time or place to some other word in the sentence. Prepositions are function words it means words that have no content in themselves. In fact, there are only fifty words that can be used as prepositions in English.

The commonly used are : **above, about, across, after, against, around, at, before, behind, below, besides, between, by, during, down, for, from, in, near, of, on, off, over, since, through, to, towards, upon, with, within** etc.

1.2 Identify prepositions in the following passage

He stood on the bridge high above the river and looked towards the lights of the city in the distance. He smiled with happiness and thought of all the days he had spent in that city with his many friends. He had lived there since the day he was born, but now he was going to a new job in a distant country. Behind him were memories and before him many years of hard work and excitement.

1.3 Types of prepositions

We have **simple** and **complex** prepositions.

- ★ **Simple prepositions** include words such as in, at, to, for, from, and by.
- ★ **Complex prepositions** have more than one word and can be formed as follows :
 - Prep/adverb + prep : up to, as for, along with, away from, out of, ever since, into.
 - Prep + noun + prep : by means of, in comparison to, in front of, in spite of, as result of, in the light of, etc.

2 - Phrasal verbs

Phrasal verbs are group of words made up with a **verb** and a **preposition**.

Example

The teacher asks the lazy student to **go out**.

Example of some verbal phrases with the verb to look : Look about, look after, look ahead, look around, look at, look away, look back, look behind, look down, look for, look forward to, look in , look into, look on, look out, look over ,etc.

3 - Practice

Part A

Complete the sentence with the appropriate preposition.

- ① The blackboard is the classroom.
- ② The ant is walking the floor.
- ③ There was a sign the restaurant to say that it was closed.
- ④ Students sometimes wear a T-Shirt their uniform.
- ⑤ It is colder 7a.m than the afternoon.

Part B

Form phrasal verbs from the following infinitive verbs and construct full sentences with each of them : To go, to run, to press, to sort and to hurry.

Définition

Voice is a quality in verbs that shows whether a subject is the actor or is acted upon.

There are the active and the passive voices.

1 - Active voice

A verb is in the **active voice** if the subject performs the action described by the verb.

Example

Peter saw the thief.

2 - Passive voice

A verb is in the **passive voice** if the subject is instead affected by the action described by the verb. The **object** of the active voice becomes the **subject** of the passive voice and acted upon.

Example

The thief was seen by peter.

THOMSON and MARTINET are united in opinion that the passive of an active tense is formed by putting the verb "to be" into the same tense as the active verb and adding the past participle of the active verb.

The various forms of the verb « to be » used in the passive voice are : is, be, am, was, were, been being.

2.1 The passive of the basic tenses

★ The present simple tense

Active : We keep the butter here.

Passive : The butter is kept here.

★ **The past tense**

Active : They broke the window.

Passive : The window was broken.

★ **The future tense**

Active : Peter will eat a mango.

Passive : A mango will be eaten by peter

2.2 The passive of continuous tenses

★ **The present continuous tense**

Active : They are repairing Wouri Bridge.

Passive : The Wouri Bridge is being repaired by them.

★ **The past continuous tense**

Active : They were repairing Wouri Bridge.

Passive : The Wouri Bridge was being repaired by them.

2.3 The passive voice of past perfect tenses

★ **The past perfect tense**

Active : The teacher has marked the exams.

Passive : The exams have been marked by the teacher.

★ **The past perfect tense**

Active : The teachers had marked the exams.

Passive : The exams had been marked by the teachers.

2.4 Auxiliary + infinitive combinations

These combinations are made passive using a passive infinitive.

Example 1

Active : You must shut the window.

Passive : The window must be shut.

Example 2

Active : You ought to open the door.

Passive : The door ought to be opened.

Example 3

Active : Peter should have told Johnson.

Passive : Johnson should have been told.

The passive gerund (the passive of the participle). It is formed with **being + the past participle**.

Example

Active : I remember my father taking me to the zoo.

Passive : I remember being taken to the zoo (by my father).

The passive « with going to »

Example

Active : The teachers are going to mark the exams.

Passive : The exams are going to be marked by the teachers.

3 - Question tags

Définition

Question tags are questions we add to the end of the statements.

We use them :

- ★ When we are not sure about something and want the other person to agree.

Example

It's cold outside, isn't it?—yes, it is.

- ★ When we are not sure about something and want to make sure that our information is correct.

Example

They live in Manchester, don't they?—yes, they do. /no, they don't.

We form question tags with the **auxiliary or modal verb from the statement + pronoun**.

If there is no auxiliary **be** or **have** in a statement ; we use **do**.

Positive statement + negative tag	Negative statement+ positive tag
You play tennis, don't you	They didn't understand, did they?
I've failed, haven't I?	He couldn't sing, could he

Notice

The negative question tag of I am =aren't I?

4 - Practice

4.1 Notion of Voice

Part A

Put the following sentences in the passive form.

- ① Microsoft company builds computers.
- ② The mechanics are repairing Mr. Nebo's car.
- ③ Terry ate all the food in the pot.
- ④ The theatre group was performing a play by Shakespeare.

Part B

Put the following sentences in the active form.

- ① She was nicknamed "cinta" by her friends.
- ② The work would have been completed if they had started earlier.
- ③ The best player will be chosen by the jury.
- ④ The crops had been harvested when the rains started.

4.2 Question tags

Part A

Underlined the correct answer.

- ① It wasn't very warn at the weekend, wasn't/was it.
- ② Chloe's invited you to the party, isn't/hasn't she?
- ③ I didn't pass the exam, isn't/ did/didn't I?

Part B

Give the appropriate question tag.

- ① He should speak to the director.
- ② Mary watches TV most evenings.
- ③ She is very beautiful.
- ④ Eto'o plays well.

1 - Corpus

- 1 I don't know who always tears my dress.
My sister has tears of joy in her eyes.
- 2 The franc cfa is a currency used in all the countries of central Africa.
I will be very quite frank with you. I am not your friend.
- 3 She has always tried to do what was right.
Children have the right to live in a family.

We observe that :

- * In sentences 1 words are similar in writing but different in pronunciation.
- * In sentences 2 words are similar in pronunciation but different in spelling.
- * In sentences 3 words have the same spelling and the same pronunciation.

Notice

Despite the changes or similarities of the words, they don't have the same meaning.

What is a homonym ?

It is when two or more words may sound alike but, have different spellings. When they may look the same but sound differently or when they look the same and also have the same sound.

According to the definition of homonyms, these are different types of homonyms. We have :

- * Homograph
- * Homophone
- * Homograph/ homophone

2 - Pracrice

Look at these words. Give if possible "their homophone, homograph or homophone/homograph.

- 1 File.....
- 2 Team.....

- ③ Feel.....
- ④ Holy.....

3 - Homework

- ① Construct four (4) full sentences and use the different types of homonyms you have learnt.
- ② List 15 homonyms and classify them (homophone, homograph, homophone/homograph).

DECEPTIVE COGNATES



1 - Corpus

The English teacher resumes his week each Monday.

During the fight, Oumarou injures the policeman.

The minister of basic education lectures about the evaluation of children in the society.

The meaning of these underlined words

- ★ **To resume** means to restart.
- ★ **To injure** means to wound.
- ★ **To lecture** means :
 - To make a speech given to teach a class.
 - To talk about a topic to an audience.

What is a deceptive cognate ?

We observe that some words are written the same in English and in French ; the others are also near of French words. These words are called **Deceptive cognates**.

This expression is formed by two words :

- ★ **DECEPTIVE** which means causing a wrong idea.
- ★ **COGNATE** means a word which is the same or almost the same, in two languages. **Deceptive cognate** can be defined as the misunderstanding or the misuse of a word from one language to another because they are written or almost written the same.

2 - Practice

- 1 Give the meaning of the following word.

License

Rude

To reclaim

Actually

2 Construct full sentences using them.

(a)

(b)

(c)

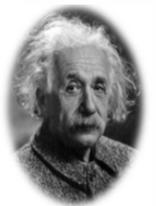
(d)

Partie
6

ÉPREUVES EXAMEN
NATIONAL

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein





3 – Épreuve de Biologie-Chimie-Physiques 2013

Condition de performance

| Durée : 03 heures

Partie 1 : Biologie

Instructions

| Pour les questions 1 à 37 choisir la lettre correspondant à la bonne réponse.

- 1 La valeur normale du pH pour le fluide corporel est la suivante
 - a. 7.15 - 7.25
 - b. 7.35 - 7.45
 - c. 7.55 - 7.65
 - d. 7.00 - 7.35
 - e. 6.5 - 7.52
- 2 La jonction entre un neurone et le suivant ou entre un neurone et un effecteur est appelée
 - a. Une synapse
 - b. Une dendrite
 - c. Un neurotransmetteur
 - d. Un ventricule
 - e. Une jonction gap
- 3 La rétine effectue les opérations suivantes :
 - a. Permet la vision dans la lumière et l'obscurité en utilisant les cônes et les bâtonnets
 - b. Donne la perception de profondeur en utilisant la vision binoculaire
 - c. Contient les muscles ciliaires qui contrôlent la forme de la lentille
 - d. Protège et soutient la forme de l'oeil la vision dans la lumière et l'obscurité en utilisant uniquement les cônes
 - e. Aucune de ces réponses
- 4 Quel composant sanguin joue le plus grand rôle dans le maintien de la pression osmotique du sang
 - a. L'albumine
 - b. Le dioxyde de carbone
 - c. Les globules blancs
 - d. Le fibrinogène
 - e. Le plasma
- 5 La pression artérielle est la mesure de
 - a. La pression exercée par le sang sur les parois des vaisseaux sanguins
 - b. La pression exercée par le sang sur les artères
 - c. La pression exercée par le sang sur les veines
 - d. La pression exercée par le sang sur l'aorte pression exercée par le sang sur les capillaires
 - e. Aucune de ces réponses
- 6 Voici le stimulateur du coeur
 - a. Le noeud AV
 - b. Les fibres de Purkinje
 - c. Le faisceau AV
 - d. Le noeud SA
 - e. Aucune de celle-ci , un stimulateur cardiaque est chirurgicalement inséré

- 7 Un antigène est
- Un messenger chimique qui est libéré par les cellules infectées par un virus
 - Un lymphocyte responsable de l'immunité à médiation cellulaire
 - Quelque chose qui tapisse l'intérieur des poumons provoquant une infection
 - Une substance organique ou chimique qui suscite dans l'organisme la formation d'un anticorps liquide jaune-blanc épais
 - Aucune de ces réponses
- 8 Le contrôle direct de l'excrétion de l'eau dans les reins est contrôlé par :
- L'hormone anti-diurétique
 - Le bulbe rachidien
 - Le plasma sanguin
 - Les quantités de sodium dans le sang
 - Aucune de ces réponses
- 9 Le monoxyde de carbone est dangereux car
- Il se lie fortement à l'hémoglobine, le rendant indisponible à l'oxygène
 - Il se lie fortement au plasma, le rendant indisponible pour le dioxyde de carbone
 - Il augmente le niveau de pH du sang, provoquant une personne à l'hyperventilation
 - Le monoxyde de carbone n'est pas dangereux, nous l'avons dans notre corps normalement se lie fortement au plasma donnant une forte production de globules rouges
 - Aucune de ces réponses
- 10 Le foie s'occupe
- Du stockage du glycogène
 - De la synthèse des protéine du plasma
 - De la production de bile
 - De la désintoxication
 - Toutes les réponses ci-dessus
- 11 Cette enzyme digestive est produite dans les glandes salivaires et le pancréas
- La maltase
 - L'amylase
 - La nucléase
 - La lipase pepsine
 - Pepsine
- 12 La fonction de l'iléon est de
- Absorber les éléments nutritifs
 - Absorber la vitamine B12 et les sels biliaires
 - Introduire la bile et les sucs pancréatiques
 - Absorber l'alcool et les l'aspirine les lipides
 - Toutes les propositions ci-dessus sont exactes
- 13 Les acides aminés non essentiels
- Sont stockés dans le corps
 - Ne sont nécessaires que de temps en temps
 - Peuvent être produits dans le corps
 - Peuvent être pris dans les compléments sont pas important
 - Ne sont pas importants
- 14 Le rôle de l'iode dans le sel est :
- De prévenir le diabète
 - D'éviter le goitre simple
 - De prévenir la maladie d'Addison
 - D'éviter le syndrome de cushing prévenir l'hypertension artérielle
 - Prévenir l'hypertension artérielle
- 15 Le sucre dans l'ARN est, le sucre dans l'ADN est

- a. Le désoxyribose, le ribose
b. Le ribose, le désoxyribose
c. Le ribose, le phosphate
- d. Le ribose, l'uracile
e. Aucune de ces propositions
- 16) Dans les cycles cellulaires des mammifères, la synthèse de l'ADN se produit lors :
- a. De la phase S
b. De la phase G1
c. De la phase mitotique
- d. De la phase G2
e. Aucune de ces propositions
- 17) Les propositions suivantes sont des comparaisons entre les reproductions mâles et femelles, choisir l'énoncé qui est incorrect
- a. Les organes reproducteurs des deux sexes sont homologues
b. Les deux sexes ont des capacités de reproduction à l'âge adulte
c. Les deux systèmes expérimentent le développement latent
d. Les deux systèmes ont des gonades qui produisent des gamètes et des hormones sexuelles
e. Aucune de ces affirmations
- 18) De quelle substance sont faits les ongles ?
- a. L'élastine
b. La cuticule
- c. La kératine
d. La plastine
- e. Aucune de ces propositions
- 19) Combien de poumons le corps humain a-t-il ?
- a. Un
b. Une paire
- c. Deux paires
d. Quatre
- e. Aucune de ces propositions
- 20) Il y a quelques acides aminés qui ne peuvent pas être synthétisés par le corps humain et doivent donc être inclus dans l'alimentation. Ils sont appelés :
- a. Les acides aminés de bases
b. Les acides aminés essentiels
c. Les acides aminés non essentiels
- d. Les acides gras
e. Aucune de ces propositions
- 21) Les seuls organites cellulaires visibles au microscope électronique sont :
- a. Le noyau
b. Les ribosomes
- c. Appareil de Golgi
d. Le chloroplaste
- e. Aucune de ces propositions
- 22) Au cours de la mitose la condensation maximale des chromosomes se situe
- a. En début de prophase
b. A la télophase
- c. A la métaphase
d. A l'interphase
- e. A la phase G2
- 23) Le test de biuret permet d'identifier :
- a. Les glucides
b. Les acides aminés
- c. Les dipeptides
d. Les protéines
- e. L'amidon
- 24) Chez l'homme les enzymes sont

- a. Apportés par l'alimentation
- b. Synthétisés dans le corps
- c. Très actifs à 0 degré Celsius

- d. Détruits de manière réversible
- e. A 100 degrés à tout âge

25 Le cycle de Krebs se déroule dans :

- a. L'espace intermembranal de la mitochondrie
- b. Le stroma de la mitochondrie
- c. Le cytoplasme

- d. Le stroma du chloroplaste
- e. Noyau

26 La mutation :

- a. Ne peut affecter les cellules germinales
- b. Modifie la séquence d'un gène
- c. Est toujours transmise à la descendance

- d. A toujours un avantage sélectif
- e. Aucune de ces réponses

27 Le génome d'un individu :

- a. Correspond à tous ces gènes cytoplasmiques
- b. Correspond à l'ensemble de son ADN
- c. Caractérise les anomalies génétiques

- d. Est totalement transmise à sa descendance
- e. Aucune de ces réponses

28 Laquelle de ces variations physiologique suivantes est liée au sexe

- a. L'albinisme
- b. Les groupes sanguins
- c. L'anémie falciforme

- d. Etat hémophile
- e. Aucune de ces réponses

29 La réponse cellulaire à médiation cellulaire affecte :

- a. Les lymphocytes B
- b. Les anticorps circulants
- c. Les macrophages

- d. Les lymphocytes T cytotoxiques(cellules tueuse)
- e. Aucune de ces réponses

30 Laquelle des structures suivantes occupent le canal médullaire de la colonne vertébrale ?

- a. Le cervelet
- b. L'hypothalamus
- c. Le bulbe rachidien
- d. La moelle épinière

- e. Aucune de ces réponses

31 L'hormone qui accentue les contractions utérines pendant le cycle menstruel est :

- a. La progestérone
- b. L'oestrogène
- c. L'ocytocine
- d. La chorionique

- e. Aucune de ces réponses

32 Le glucagon est :

- a. Hypoglycémique
- b. Hyperglycémique
- c. Une hormone qui favorise la synthèse des lipides

- d. Une hormone qui favorise la glycogénèse
- e. Sécrété par les cellules beta des ilots de Langerhans

33 La glycosurie :

- a. Est un excès de glucose dans le sang
- b. Est un manque de glucose dans le sang
- c. Est la présence de sang dans les urines
- d. La présence de glucose dans les urines
- e. La présence de l'acide urique dans le sang

34) Chez l'homme , la spermatogenèse :

- a. A lieu dans les cellules interstitielles
- b. Commence à la puberté et se termine tout à fait à l'âge de 60 ans
- c. Est continue à partir de la puberté
- d. A une durée de 30 jours
- e. Est centrifuge dans le tube séminifère

35) Chez une femme ,l'ovogenèse

- a. Commence à la puberté et se termine à la ménopause
- b. Est discontinue
- c. A lieu dans l'utérus
- d. Est centripète dans l'ovaire

36) Les Composants de la molécule d'ADN sont :

- a. Le phosphate
- b. Le glucose
- c. L'adénine
- d. La guanine
- e. La cytosine

37) Les sont impliqués dans la réponse immunitaire humorale spécifique

- a. Macrophage
- b. Lymphocytes T cytotoxiques (cellules tueuses)
- c. Lymphocytes T (cellules helper)
- d. Plasmocytes
- e. Lymphocytes B

Instruction

Le schéma ci-dessous est valable pour les questions 38 et 40.

38) L'allèle responsable de la maladie est

- a. Dominant
- b. Récessif
- c. Codominant
- d. Mortel
- e. Aucune de ces réponses

39) Le gène concerné dans la transmission de cette maladie est situé sur :

- a. Une portion spécifique du chromosome X
- b. Une partie spécifique du chromosome Y
- c. Un autosome
- d. Chromosome 23
- e. Aucune de ces réponses

40) La propriété que l'individu III.3 est porteur de l'allèle responsable de la maladie

- a. 1/3
- b. 2/3
- c. 1/4
- d. 3/4
- e. 1

**Instruction**

Pour les questions 41 à 45 répondre :

- a.** Si i, ii et iii, sont vrais **c.** Si ii et iv, sont vrais **e.** Si i, ii, iii et iv, sont vrais
b. Si i ,et iii, sont vrais **d.** Si iv est seul vrais

- 41 La séquence qui suit fait référence au déroulement de la synthèse des protéines : triplets, anticodons, acides aminés, protéines, réactions chimiques de la cellule .Lesquels, parmi les énoncés suivants , sont justes ?
- Triplets devrait venir en premier
 - Acides aminés n'a pas sa place
 - Enzymes devrait être présent au cours des réactions chimiques de la cellule
 - Tout est correct
- 42 Lesquels des fonctions qui suivent peuvent être associées aux glycoprotéines de la membrane plasmique ?
- La détermination des groupes sanguins
 - Les sites de liaison pour les toxines ou les bactéries
 - La contribution à l'union du spermatozoïde et de l'ovule
 - L'augmentation de l'efficacité de l'absorption
- 43 Le glucose est à l'amidon ce :
- Qu'un acide animé est à une protéine
 - Qu'un stéroïde est à un lipide
 - Qu'un nucléotide est à un acide nucléique
 - Qu'un polypeptide est à l'acide animé
- 44 Choisissez le(ou les bon(s) énoncés
- L'ATP peut libérer de l'énergie quand il se transforme en ADP
 - L'ATP contient des liaisons phosphates riches énergie
 - L'ATP contient de l'adénine
 - L'ATP contient le désoxyribose
- 45 Pour que l'osmose ait lieu il doit y avoir :
- Une membrane à perméabilité sélective
 - Des quantités égales de solutés de part et d'autre
 - Un gradient de concentration
 - Un transporteur quelconque

**Instruction**

De 46 à 50 choisir les bonnes réponses.

- 46 Le génotype
- Correspond à l'ensemble des gènes portés par les chromosomes
 - Est le même chez les jumeaux identiques
 - Est transmis inchangé aux cellules filles lors de la mitose
 - Correspond à l'ensemble de la molécule d'ADN
- 47 Le métabolisme
- Représente toutes les réactions enzymatiques qui se déroulent dans la cellule
 - Est composé des réactions de dégradation et de synthèse
 - Utilise métabolites et énergies
 - Correspond à toutes les activités des cellules

- 48) La mitose
- est un processus de reproduction sexuée
 - conduit à la formation de deux cellules filles identiques à partir d'une cellule mère
 - n'existe pas dans les procaryotes
 - distribue les chromosomes entre les cellules fille en deux groupes identiques
- 49) Un clone :
- Est composé de toutes les cellules ayant la même fonction
 - Est composé de tous les organismes ou les cellules issues de la même souche et ayant la même information génétique
 - Est obtenue exclusivement à partir des vertébrés
 - Ne peut être obtenu que par greffage d'un noyau dans une cellule somatique énuclée
- 50) L'immunodéficience causée par l'infection a VIH
- Permet l'apparition d'infection opportuniste
 - Est une conséquence des infections opportunistes
 - Est due à la diminution des lymphocytes T4
 - Est due à la diminution des lymphocytes T8

Partie 2 : Chimie

Instruction

Choisir la bonne réponse.

- 51) Dans l'atome de cuivre ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ il y a :
- 27 neutrons, 36 protons, 31 électrons
 - 63 nucléons, 27 protons, 27 électrons
 - 27 neutrons, 63 nucléons, 27 protons
 - 27 neutrons 36 protons, 36 électrons
- 52) Les isotopes du carbone ${}^{12}\text{C}$ et ${}^{13}\text{C}$ ont :
- La même masse moléculaire
 - Le même nombre de protons
 - Le même nombre d'électrons même nombre de neutrons
- 53) L'anion bromure ${}^{80}_{35}\text{Br}^-$
- Possède 35 protons et 45 neutrons
 - A une masse moléculaire de 80 g/mol
 - Possède 81 nucléons et 36 électrons
 - Possède 36 électrons et 45 neutrons
- 54) Combien d'électrons possède le dernier atome de la deuxième période ?
- 6
 - 10
 - 12
 - 18
 - 8
- 55) Dans quelle famille peut-on classer l'élément de numéro atomique $Z=35$?
- Dans les métaux de transition
 - Dans les actinides
 - Dans les halogènes
 - Dans les alcalins
 - Dans les gaz rares
- 56) Dans la molécule de PCl_5 ,
- Le phosphore est entouré de 10 électrons
 - L'atome de chlore respecte la règle de l'octet
 - Le phosphore respecte la règle de l'octet
 - Au moins un des atomes de chlore ne respecte pas la règle de l'octet
- 57) Combien de liaisons peut-on au maximum former dans une molécule comportant 4 atomes de carbone et 10 atomes d'hydrogène

a. 4 b. 6 c. 9 d. 13 e. 15

- 58) Parmi les expressions suivantes, laquelle permet de déterminer le pH à l'équilibre d'une solution d'acide fort de concentration C.
- a. $pH = 1/2(pke + pka + \log C)$ c. $pH = -\log C$ e. $pH = 1/2(pka - \log C)$
 b. $pH = 14 + \log C$ d. $pH = pka + \log[-A]/[AH]$
- 59) Dans l'équilibre suivant, $HCOOH + NH_3 \rightleftharpoons HCOO^- + NH_4^+$, il y'a deux acides et deux bases conjugués. Les deux acides et les deux bases sont :
- a. $HCOOH, NH_3$ et $HCOO^-$ et NH_4^+ c. $HCOO^-, NH_3$ et $HCOOH, NH_4^+$
 b. $HCOOH, NH_4^+$ et $HCOO^-, NH_3$ d. $HCOOH, HCOO^-$ et NH_3, NH_4^+
- 60) Parmi les couples acides bases proposes quel est celui qui convient le mieux à la préparation d'une solution tampon à pH =5
- a. $NH_4^+/NH_3, pka = 9,25$ c. $HCO_3^-/CO_3^{2-}, 10,30$ e. $HCN/CN^-, pka = 9,20$
 b. $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}, pka = 4,3$ d. $H_2CO_3/HCO_3^-, pka = 6,35$
- 61) La valine est un des 20 acides aminés naturels et possède une fonction acide $-COOH$ ($pka_1 = 2,6$) et une fonction amine $-NH_2$ ($pka_2 = 9,6$).si on considère une solution de valine de $pH = 10,6$, quelle proportion (%) de forme zwitterionique de la solution.
- a. 2,4 b. 3,6 c. 5,7 d. 9,1 e. 10,2
- 62) Quelle(s) est (sont) la (les) proposition(s) exacte parmi les suivantes ?
- a. K_a et k_b sont deux grandeurs indépendantes
 b. $Pka + Pkb = 0$
 c. $Pka + Pkb = 14$
 d. On peut caractériser un couple acide/base indifféremment par le K_a de sa base ou le K_b de son acide.
 e. Les valeurs de K_a et K_b étant en général très grandes, on passe à une échelle logarithmique pour les utiliser.
- 63) Quelle(s) est (sont) la (les) proposition(s) exacte parmi les suivantes ?
- a. Le quotient d'autoprotolyse de l'eau est noté K_e et appelé produit ionique de l'eau.
 b. A $25^\circ C$, $k_e = 10^{-14}$
 c. $Pke = pke - pkb$.
 d. Dans une solution neutre, H_3O^+ et OH^- sont équimolaire à $10^{-7} mol/l$.
- 64) Le phénol (C_6H_5OH) et l'acide hexanoïque (C_6H_5COOH) ont des K_a respectifs égaux à $1,3 \times 10^{-10}$ et $1,26 \times 10^{-5}$. On peut donc dire que :
- a. La dissociation du phénol est moins importante que celle de l'acide hexanoïque
 b. Le phénol est un acide plus fort que l'acide hexanoïque
 c. La dissociation du phénol est plus importante que celle de l'acide hexanoïque
 d. L'acide hexanoïque est un acide plus fort que phénol.
 e. On ne peut pas comparer ces acides sans calculer leur pka .
- 65) Parmi les solutions aqueuses suivantes dont le contenu est décrit, la(les) quelle(s) possède(nt) un pouvoir tampon ?
- a. $HCOON$ et $HCOONH_4$ c. H_2SO_4 et H_2SO_3 e. HCN et $CaCN_2$
 b. HCl et $NaOH$ d. $KB(OH)_4$ et $KB(OH)_3$
- 66) La mesure du pH d'un patient montre qu'avant le traitement médicamenteux, il est de 6,7, et qu'après il est de 7,3. La concentration en H_3O^+ dans le sang du fait du traitement a donc été : (données : $\log 2 = 0,3$, $\log 5 = 0,7$)

- a. Divisée par 2
- b. Multipliée par 4
- c. Divisée par 4
- d. Multipliée par 2
- e. Divisée par 3

- 67) On dose $V_1 = 100\text{mL}$ d'un monoacide faible ($pka = 5$) de concentration $C_1 = 4 \times 10^3\text{m}$ par une monobase forte ($pkb = 8$) de concentration $C_2 = 4 \times 10^{-2}\text{mol/L}$
- a. A la demi-équivalence, $pH = pKb$
 - b. A l'équivalence, $pH = 7 + 1/2pka + 1/2 \log C_2$
 - c. La base est majoritaire donc $pH = pka + \log(((acide) - [base])/[base])$
 - d. A la demi-équivalence, $pH = 8$
 - e. Juste après l'équivalence, le pH est encore légèrement acide.

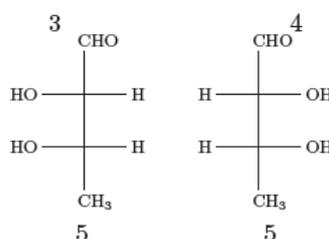
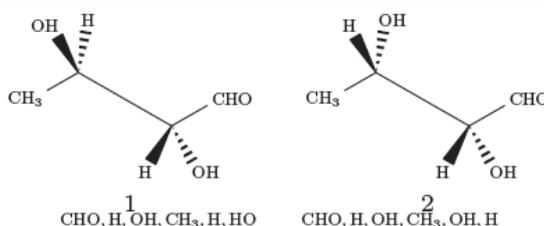
- 68) Quel est le nombre d'oxydation du soufre dans le composé $S_2O_3^{2-}$?
- a. 6
 - b. 4
 - c. 2
 - d. 0
 - e. -2

- 69) Le brome de BrO_3^- est réduit en Br_2 avec un échange de :
- a. 2 électrons et 1 proton
 - b. 5 électrons et 6 protons
 - c. 10 électrons et 12 protons
 - d. 15 électrons

- 70) Voici le diagramme simplifié d'énergie du mercure (sans souci d'échelle) : Données : Constante de Planck $h = 6,62 \times 10^{34}\text{J.s}$. Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,108\text{m} = \text{s}$, $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19}\text{J}$. Cocher la ou les bonnes réponses
- a. Les transitions indiquées correspondent à des radiations absorbées
 - b. Les fréquences des trois radiations indiquées sont : $8 \times 10^4\text{Hz}$; $1,2 \times 10^{15}\text{Hz}$; $6 \times 10^{15}\text{Hz}$;
 - c. Les longueurs d'ondes des transitions sont : 405nm ; 410nm ; 434nm .
 - d. La plus petite longueur d'onde vaut 390nm

- 71) La réaction $CH_3 - CH_2 - OH \rightarrow CH_2 = CH_2 + H_2O$ en présence de Al_2O_3 à 400°C est une :
- a. Réaction de substitution
 - b. Réaction d'addition
 - c. Réaction de polymérisation
 - d. Réaction de combustion d'élimination

- 72) On considère les représentations ci-dessous : Soient les affirmations suivantes :



- a. 1 et 2 sont stéréo-isomères.
- b. 5 et 6 sont identiques
- c. 3 est la représentation exacte de 1 en projection de Newman
- d. 4 est la représentation exacte de 2 en projection de Newman
- e. 5 est la représentation exacte de 2 en projection de Fischer
- f. 6 est la représentation exacte de 1 en projection de Fischer
- g. 6 appartient à la série L

Choisissez parmi les combinaisons suivantes celle regroupant toute les affirmations exactes.

- a. $a + d + f + g$
- b. $c + d + e + f$
- c. $a + c + d + f$
- d. $a + b + c + e$

73 Quel volume de 10mol/L d' H_2SO_4 est nécessaire pour préparer 600ml de 0,5M H_2SO_4 ?

- a. 3mL
- b. 30mL
- c. 6mL
- d. 600mL

74 Si le ka de $AgCl$ est A et la concentration de Cl^- dans le récipient est B molaire, quelle est la concentration de Ag^+ en mole par litre ?

- a. $A \text{ mol/L}$
- b. $B \text{ mol/L}$
- c. $6A/B \text{ mol/L}$
- d. $BouC$

75 Si 8A passent pendant 2min a la cathode (ou la réaction suivante a lieu $Ag^+ + e \rightarrow Ag(s)$) combien de gramme d' $Ag(s)$ se plaquent sur la cathode ? ($Ag=108g/mol$)

- a. 0,96g
- b. 1,02g
- c. 1,07g
- d. 1,12g

Partie 3 : Physiques



Instruction

Choisir la bonne réponse.

76 On dispose de 4 conducteurs ohmiques identiques de résistance $R = 47ohms$, d'un générateur de tension idéal de f.e.m $E = 8,0V$. l'intensité débitée par le générateur est $I = 0,17A$ la tension aux bornes de chaque résistor est égale a :

- a. 1V
- b. 4V
- c. 8V
- d. 12V
- e. 16V

77 On analyse tous les ans une source radioactive de césium 137. On déterminer à l' instant t de l'analyse, l'activité A(t) de la source On constate que $A(t)/A(t + 1) = 1,023$ avec t en années. le temps de demi-vie du césium 137 est :

- a. 10
- b. 20
- c. 30
- d. 40
- e. 50

78 Une lentille convergente de distance focale $f=25cm$ donne d'un objet réel A, situé sur l'axe optique a 105cm devant le foyer principal objet une image A'. la distance (en cm) qui sépare A' du foyer principal image

- a. 6,0
- b. 8,0
- c. 12
- d. 16
- e. 18

79 Un coup sec est appliqué à une canalisation en acier dans laquelle circule du pétrole. Un capteur situé a la distance $d = 480m$ du point d'application du coup, enregistre deux signaux sonore très brefs séparés par une durée $\Delta t = 224ms$. Vitesse de propagation du son dans l'acier $Va = 5,00km = s$. La vitesse (en km/s) de propagation du son dans le pétrole est :

- a. 0,85 b. 1,20 c. 1,50 d. 1,70 e. 2,10

- 80) La seconde, le mètre, le kilogramme et l'ampère sont les unités du système international. L'unité équivalente du joule est :
- a. $kg.m^{-1}.s^{-2}$ b. $kg.m.s^{-1}$ c. $kg.m.s^{-2}$ d. $kg.m^2.s^{-1}$ e. $kg.m^2.s^{-2}$
- 81) Lorsque la vitesse d'un objet double, son énergie cinétique :
- a. Est réduite au quart c. Triple
b. Double d. Quadruple de ces réponses.
- 82) Une personne désire voir 5 fois plus grands les caractères d'un livre. La vergence de la lentille est $C = 7\delta$. Déterminer à quelle distance (en cm) le lecteur doit placer sa loupe.
- a. 2,8 b. 11,4 c. 14,2 d. 17,8 e. 21,2
- 83) Une onde sonore de fréquence 400Hz se propage dans une tige métallique avec une célérité de 3000m/s. deux points distants de 26,25m sont :
- a. En phase c. En quadrature avance
b. En opposition de phase d. En quadrature retard bonne réponse
- 84) Unité de la puissance P :
- a. $W.s^{-1}$ b. W c. $W.s$ d. $V.A.h$ e. $N.kg^{-1}$
- 85) Deux billes de masse M et m ($M > m$), assimilables a des points matériels, sont lâches sans vitesse initiale a une hauteur h du sol, dans une région ou le champ de pesanteur est constant. on néglige la résistance de l'air.
- a. La bille M atteint le sol en premier
b. La bille m atteint le sol en premier
c. Les deux billes atteignent le sol simultanément
d. L'ordre d'arrivée au sol dépend de la latitude du lieu de l'expérience bonne réponse
- 86) L'énergie électrique WE reçue par un récepteur dont la tension à ses bornes est 3,0V lorsqu'il est parcouru par un courant d'intensité 1A pendant une durée de 20ms vaut :
- a. 3W c. $6 \times 10^{-2}J$ e. Aucune bonne réponse
b. $6 \times 10^{-1}J$ d. 6J
- 87) L'énergie cinétique d'une brique de masse 25,0kg dont la vitesse est de 36 km/h est de :
- a. $1,62 \times 10^4J$ c. $1,25 \times 10^3J$ e. Aucune bonne réponse
b. $1,25 \times 10^4J$ d. $1,62 \times 10^3J$
- 88) La résistance R dans un circuit est utilisé pour :
- a. Augmenter la sensibilité de l'ampèremètre
b. Augmenter la capacité du condensateur
c. Diminuer la capacité du condensateur
d. Réduire la f.e.m. dans le circuit éger l'ampèremètre de surchauffe et de dommages consécutifs.
- 89) Dans un alternateur, il y a transformation de :
- a. L'énergie électrique en énergie mécanique
b. L'énergie mécanique en énergie électrique
c. L'énergie mécanique en énergie chimique
d. L'énergie chimique en énergie mécanique réponse
e. Aucune réponse n'est correcte
- 90) Un fer à repasser (220V, 1000W) fonctionnant sans interruption de 16h à 18h30 consomme une énergie électrique de :

- a. $15 \times 10^4 J$ c. $22 \times 10^4 J$ e. Aucune bonne réponse
b. $9 \times 10^6 J$ d. $9 \times 10^4 J$
- 91) Un moteur électrique de force électromotrice 12V et de résistance interne 2 Ω est alimenté par une tension de 15V. son rendement est de
a. 25% c. 80% e. Aucune bonne réponse
b. 12,5% d. 0,8%
- 92) Le caractère corpusculaire de la lumière est mis expérimentalement en évidence par :
a. Dispersion c. Interférence lumineuse e. Aucune bonne réponse
b. Diffraction d. Réfraction
- 93) Deux charges électriques ayant des valeurs $10^{-5} C$ et $2 \times 10^{-5} C$ exercent l'une sur l'autre respectivement entre elles une force d'intensité $0,2 \times 10^4 N$. On donne : $k = 9 \times 10^9 U SI$. La distance séparant les deux charges est :
a. 3,1cm b. 17,2cm c. 3,0cm d. 8,9cm e. 0,09cm
- 94) Le spectre de la lumière visible se compose des longueurs d'ondes dont la portée est comprises entre
a. 0,4nm et 0,75nm c. $4\mu m$ et $7,5\mu m$ e. Aucune bonne réponse
b. 0,4pm et 0,75pm d. 4nm et 5nm
- 95) Le caractère corpusculaire de la lumière est mis expérimentalement en évidence par :
a. Diffraction d. Dispersion photoélectrique
b. Interférence lumineuse e. Aucune bonne réponse
c. Réfraction
- 96) Les rayons X et les rayons γ sont utilisés en :
a. Archéologie c. Traçage isotopique e. Toutes les réponses sont bonnes
b. Médecine d. Contrôle des épaisseurs
- 97) Un élément radioactif a une demi-vie de 150 jours. Si initialement il y'avait 100g de ce produit, combien reste t'il après 600 jours ?
a. 0g b. 12,5g c. 33,3g d. 6,25g e. 3,12g
- 98) L'origine de la force de Laplace est :
a. Thermodynamique c. Electromagnétique
b. Atomique d. Mécanique nucléaire
- 99) La direction de la force de Laplace est :
a. Parallèle au conducteur c. Perpendiculaire au champ magnétique
b. Oblique au conducteur d. Parallèle au champ magnétique de ces réponses
- 100) Dans le vide et dans la même région :
a. Les corps lourds tombent moins vite que les corps légers
b. Les corps légers tombent moins vite que les corps lourds
c. Les corps de lumière tombent plus vite que les corps lourds
d. Les corps lourds tombent plus vite que les corps légers les corps tombent de la même manière
e. Les corps lourds et les corps légers tombent à la même vitesse



4 - Épreuve de Culture Générale 2013

Partie 1 : Connaissances médicales de base

Instruction

Choisir la bonne réponse.

- 1 Parmi les scientifiques ci-après, lequel a découvert la Pénicilline ?
 - a. John Bunyn
 - b. Alexander Flemming
 - c. Darwin
 - d. Louis Pasteur Newton
- 2 La première transplantation de coeur a eu lieu dans quel pays parmi les suivants ?
 - a. Nigeria
 - b. Egypte
 - c. Afrique du Sud
 - d. Kenya
- 3 Qu'est ce qui cause le cholera ?
 - a. Le Vibrio leprae
 - b. Le Vibrio cholera
 - c. Le Shigella shigella
 - d. Le Salmonella typhi Salmonella paratyphi
- 4 Le virus de l'immunodéficience humaine a été découvert en quelle année ?
 - a. 1993
 - b. 1983
 - c. 2003
 - d. 2001
 - e. 1973
- 5 Quel est l'agent responsable de la malaria ?
 - a. Le Trypanosoma
 - b. Le Plasmodium
 - c. Le Schistosoma
 - d. L'Onchocercus Ascaries
- 6 Lequel des vaccins suivants protège contre la tuberculose ?
 - a. Diphtenis
 - b. Polio
 - c. Tetanus
 - d. BCG
- 7 Parmi les insectes suivants, lequel est responsable de la maladie du sommeil ?
 - a. Le phlébotome
 - b. La mouche dragon
 - c. La Mouche tsé-tsé
 - d. Le Moustique anophèle grasshoper (sauterelle)
- 8 Dans la liste qui suit, qui est le vecteur de la malaria ?
 - a. La mouche dragon
 - b. Le phlébotome
 - c. La Mouche tsé-tsé
 - d. Le Moustique anophèle moustique Aèdes
- 9 Dans la liste qui suit, qui est le vecteur de la dengue et de la fièvre jaune

- a. Le moustique Aedes
- b. Le moustique anophele
- c. La mouche tsé-tsé
- d. La mouche Dragon

10 Parmi les propositions suivantes laquelle correspond à l'unité fondamentale de l'hérédité ?

- a. Le gène
- b. L'atome
- c. La molécule
- d. La cellule d'ADN

11 Parmi les propositions suivantes laquelle correspond à un système de prestation des soins de santé au Cameroun ?

- a. Les écoles
- b. Les églises
- c. Les départements
- d. Les centres de santé collège

12 Dans quel département de l'hôpital reçoit-on les malades ?

- a. Les urgences
- b. La médecine
- c. La chirurgie
- d. La maternité morgue

13 Qui n'est pas un professionnel de l'hôpital ?

- a. Le chirurgien
- b. Le médecin
- c. Le physicien
- d. L'infirmier sage-femme

14 Quelle activité humaine pourrait réduire la propagation du choléra ?

- a. Le lavage des mains
- b. Boire de l'eau potable et embouteillée
- c. Tuer les mouches
- d. Le lavage des légumes à l'eau de javel les victimes du choléra

15 On vous dit qu'un membre d'une maison a la tuberculose (TB). Que feriez-vous aux enfants pour savoir s'ils sont déjà infectés par le germe de la tuberculose ?

- a. Mettre les jeunes hors de la maison
- b. Faire un test cutané à la tuberculine (test de Mantoux)
- c. Faire un examen de crachat
- d. Ne rien faire parce que la tuberculose n'est pas contagieuse de ces réponses

Partie 2 : Test de motivation



Instruction

Choisir la bonne réponse.

- 16 a. L'humanisme fait de l'homme et de l'esprit humain les valeurs suprêmes
- b. L'homme n'est qu'un être vivant comme un autre sur la planète Terre
- c. Pour bien vivre, il faut ne rien voir, ne rien dire et ne rien entendre
- d. L'humanisme est pour les esprits faibles
- 17 a. Sans connaître son statut sérologique, on peut donner son sang par transfusion sanguine
- b. Le don de sang ne doit pas être gratuit
- c. Le don de sang est inutile
- d. Connaître son groupe sanguin est primordial

- 18
- Les ONG n'aident en rien les populations
 - Travailler dans les zones reculées n'aide pas le praticien dans sa carrière
 - Le 117 ou le 115 sont des numéros d'urgence à connaître
 - Le serment d'Hippocrate est serment des hypocrites
- 19
- En allant au mariage de votre frère, dont vous êtes le témoin, vous assistez à un accident avec mort d'hommes et plusieurs blessés graves.
- Vous vous arrêtez pour porter assistance
 - Vous appelez quelqu'un pour porter assistance
 - Vous vous empresses de partir pour être à l'heure au mariage
 - La vue du sang vous effraie et vous vous évanouissez
- 20
- La médecine soigne TOUT
 - S'engager pour des causes perdues signifie qu'on est illuminé
 - Recueillir des fonds pour une association est de l'escroquerie
 - Même en habit de ville, vous pouvez vous jeter spontanément dans l'eau pour sauver un bébé

Partie 3 : Culture générale et civisme

Instruction

Choisir la bonne réponse.

- 21
- Quel est le scientifique ayant formulé la loi de la gravitation ?
- Darwin
 - Isaac Newton
 - Boyle
 - Joule
- 22
- Quel logiciel utilise-t-on pour un document word ?
- Microsoft office word
 - Power point
 - Outlook
 - Publisher
- 23
- Parmi ces pays, lequel n'appartient pas à la commission du Bassin du lac Tchad ?
- Tchad
 - Niger
 - Nigéria
 - Cameroun ée Equatoriale
- 24
- Les changement et réchauffement climatiques s'expliqueraient
- La réduction de l'oxygène
 - La réduction du Nitrogène
 - La réduction de dioxyde de carbone
 - La réduction de la couche d'ozone déforestation
- 25
- Les éléments météorologiques peuvent être mesurés par des instruments. Laquelle des paires suivantes
- La pression atmosphérique et le baromètre
 - Humidité et l'anémomètre
 - Les précipitations et le pluviomètre
 - La direction du vent et la girouette températures minimale et maximale et le thermomètre du sexe
- 26
- La rotation de la terre n'est pas la cause de :
- l'existence du jour et de la nuit
 - L'existence des saisons
 - La déviation des courants océaniques
 - La déviation des vents 'inclinaison croissante du soleil entre le lever et le coucher du soleil.
- 27
- Parmi ces pays africains, lequel a la plus grande superficie ?

- a. Nigéria
- b. Egypte
- c. Mali
- d. République Démocratique du Congo

28) Quel est le pays africain le plus densément peuplé ?

- a. Afrique du sud
- b. Nigéria
- c. Kenya
- d. République Démocratique du Congo

29) A quelle date la catastrophe naturelle du Lac Nyos a-t-elle eu lieu ?

- a. 21 aout 1982
- b. 21 aout 1985
- c. 21 aout 1987
- d. 21 aout 1986
- e. 21 aout 1984

30) Parmi le gaz suivants, lequel a été la cause de la catastrophe naturelle du lac Nyos ?

- a. Le sulfure d'hydrogène
- b. L'hypochlorure de sodium
- c. Le dioxyde de carbone
- d. Le monoxyde de carbone

31) Quel est le fleuve responsable des récentes inondations dans la partie septentrionale du Cameroun ?

- a. Le Logone
- b. La Bénoué
- c. La cross river
- d. La cross river

32) Quelle est la compagnie aérienne impliquée dans le crash de Mbanga Pongo ?

- a. Cameroon airline
- b. Camair-Co
- c. Kenyan Airways
- d. Swiss airline airline

33) Dans laquelle de ces villes trouve-t-on le principal barrage hydroélectrique qui alimente la plupart des villes du Cameroun ?

- a. Douala
- b. Yaoundé
- c. Ndian
- d. Edéa

34) Dans laquelle de ces villes trouve-t-on le principal port en eau profonde qui est en cours de construction ?

- a. Edéa
- b. Ebolowa
- c. Kribi
- d. Douala

35) Combien de provinces le Cameroun avait-il avant la transformation en 1983 en 10 provinces ?

- a. 8
- b. 9
- c. 6
- d. 7
- d. 5

36) Il y a combien de membres dans la chambre haute du parlement camerounais (Sénat) ?

- a. 120
- b. 180
- c. 100
- d. 80
- d. 150

37) A quand remonte la dernière participation du Cameroun à la phase finale de la coupe du monde de football ?

- a. 2010
- b. 2006
- c. 2002
- d. 1994
- d. 1990

38) En 1972 Pour quel évènement les camerounais ont-ils voté ?

- a. La Réunification
- b. L'Indépendance
- c. La libération
- d. L'Etat Unitaire Fédération

39) Dans quelle région du Cameroun trouve-t-on la péninsule de Bakassi ?

- a. La région sud-ouest
b. La région du sud
c. La région du littoral
d. La région du nord-ouest région du nord

40 Laquelle des cultures suivantes ne peut pas être cultivée avec succès sous les tropiques ?

- a. Le tabac
b. Le thé
c. Le café
d. Le cacao

41 Dans lequel des pays suivants soupconne-t-on que des armes chimiques ont été utilisés contre des civils le 21 aout 2013 ?

- a. Irak
b. Libye
c. Iran
d. Syrie

Partie 4 : English

Instructions

Cette partie est réservée pour les candidats ayant choisi le français comme 1ère langue.

Tick the letter corresponding to the right answer.

42 Peter will not make that mistake again, ?

- a. Will he
b. Won't he
c. Will he not
d. Wouldn't he he

43 You can only travel abroad you have a passport.

- a. Unless
b. By
c. When
d. After

44 That boy is neither a criminal a highway robber.

- a. Either
b. Or
c. Nor
d. For

45 I always forget to lock the door. Can you please me each time ?

- a. Remember
b. Remind
c. Tell
d. Say

46 I can no longer the suffering I go through in my aunt's house

- a. Support
b. Put on
c. Put off
d. Endure with

47 We make bread from

- a. Flour
b. Flower
c. Floor
d. Florist

48 It is high time you your own ruler.

- a. Buy
b. Bought
c. Have bought
d. Had bought buy

49 Bob is the silliest boy I have met.

- a. Always
b. Never
c. Ever
d. Not

50 My father promised to send me some money as soon as he Yaoundé

- a. Reaches b. Reach c. Will reach d. Would reach reach
- 51 Never have I seen a clever woman.
a. So b. That c. This d. Such
- 52 Do not look down the needy.
a. To b. At c. On d. For
- 53 The crowd jeered at the thief and threw stones at him. The underlined word means :
a. Sighted b. Sighed c. Cheered d. Booed
- 54 These are orphans parents died from AIDS.
a. Whose b. Who's c. Who d. Whom
- 55 You will not be allowed to vote you have a voting card
a. If b. Unless c. Whether d. When
- 56 I saw him after I the shop.
a. Leave b. Left c. Had left d. Was leaving living
- 57 The students are having their football.
a. Practise b. Play c. Pleasure d. Practice
- 58 John me his book last week.
a. Borrowed b. Borrow c. Lent d. Lend
- 59 Will you be able to this baby ?
a. Look at b. Look after c. Look like d. Look out for
- 60 The handwriting of this doctor is
a. Illegible b. Ineligible c. Eligible d. Illegible



5 - Épreuve de Biologie-Chimie-Physiques 2014

Condition de performance

| Durée : 03 heures

Partie 1 : Biologie

Instruction

| Pour chaque question ci-dessous, choisissez la réponse juste.

- 1 Parmi les éléments suivants, lequel n'est pas essentiel à la survie de l'organisme ?
 - a. eau
 - b. oxygène
 - c. gravité
 - d. pression osmotique
 - e. nutriments
- 2 Quel type de lipide constitue le matériau de base de la membrane cellulaire ?
 - a. Triglycéride
 - b. Stéroïde
 - c. Vitamine D
 - d. Phospholipide
 - e. Prostaglandine
- 3 Lequel, parmi les énoncés suivants ayant trait aux enzymes, est faux ?
 - a. Une même molécule d'enzyme peut être utilisée plusieurs fois.
 - b. Une même molécule d'enzyme peut être utilisée plusieurs fois.
 - c. Pour qu'une réaction chimique ait lieu dans une cellule, il faut que l'enzyme spécifique à cette réaction soit présente.
 - d. Les molécules d'enzymes sont très résistantes à la chaleur et aux variations de pH.
 - e. Quelques parties seulement de la molécule d'enzyme servent à reconnaître le substrat sur lequel elle agit. ?
- 4 Quelle base azotée n'est pas un composant de l'ADN ?
 - a. L'adénine.
 - b. La cytosine.
 - c. La guanine.
 - d. La thymine.
 - e. L'uracil.
- 5 l'élément essentiel au bon fonctionnement de la glande thyroïde est :
 - a. L'iode.
 - b. Le fer.
 - c. Le cuivre.
 - d. Le sélénium.
 - e. Le zinc.
- 6 Quel élément chimique est présent dans toutes les protéines mais ne fait partie ni des glucides, ni des lipides ?
 - a. Le carbone.
 - b. L'oxygène.
 - c. L'hydrogène.
 - d. L'azote.
 - e. Aucune réponse n'est juste.
- 7 Laquelle, parmi les caractéristiques suivantes, n'est pas associée au muscle squelettique ?
 - a. Il se fatigue rapidement
 - b. Ses fibres sont striées
 - c. Il est soumis à la volonté
 - d. C'est un muscle à contraction lente
 - e. Il peut être activé par voie réflexe

- 8) Lorsqu'un muscle se contracte, un seul des éléments suivants ne raccourcit pas. Lequel ?
- a. La myofibrille
b. Le myofilament.
c. La fibre musculaire
d. Le sarcomère
e. Aucune réponse n'est juste
- 9) Quel organite, parmi ceux qui suivent, est le plus souvent absent des neurones ?
- a. Le noyau
b. Le centriole
c. Les microfilaments
d. Le réticulum endoplasmique
e. Aucune réponse n'est juste
- 10) Déterminer l'énoncé qui est faux parmi ceux qui suivent :
- a. L'axone du neurone unipolaire est particulier en ce sens qu'il conduit l'influx nerveux en direction du corps cellulaire.
b. Tous les neurones moteurs sont multipolaires.
c. Les neurones bipolaires ne se trouvent que dans certains organes des sens.
d. Les neurones unipolaires n'ont pas de dendrites.
e. Les neurones multipolaires sont les plus répandus dans l'organisme.
- 11) Lequel, parmi les éléments qui suivent, peut être absent dans un arc réflexe ?
- a. Un neurone sensitif
b. Un effecteur
c. Un centre d'intégration
d. Un neurone d'association
e. Un récepteur sensoriel.
- 12) Lequel, parmi les énoncés qui suivent, s'applique au système nerveux autonome mais non au système nerveux somatique ?
- a. Les axones libèrent de l'acétylcholine
b. Les axones sont myélinisés
c. Les effecteurs sont des myocytes
d. Entretien la vie des organes internes
e. Aucune réponse n'est juste
- 13) Quelle hormone est sécrétée par le cortex surrénal ?
- a. L'adrénaline
b. Le cortisol
c. L'aldostérone
d. La testostérone
e. Aucune réponse n'est juste
- 14) Quel est le meilleur indicateur de la capacité du sang à transporter l'oxygène ?
- a. Le nombre de globules blancs qu'il contient
b. Le nombre de globules rouges qu'il contient
c. La teneur en hémoglobine du sang
d. Le volume de sang total d'un individu
e. Aucune réponse n'est juste
- 15) Un nouveau-né qui possède un sang AB négatif :
- a. possède des agglutinines anti-A, anti-B et anti-Rh
b. ne possède aucune agglutinine dans son plasma
c. possède des agglutinines anti-O seulement
d. possède des agglutinines anti-Rh seulement
e. Aucune réponse n'est juste
- 16) Lequel des éléments qui suivent se dépolarise immédiatement après le nœud sinusal ?
- a. Le myocarde auriculaire
b. Le myocarde ventriculaire
c. Le faisceau auriculoventriculaire
d. Les myofibres de conduction cardiaque
e. Toutes les réponses sont justes ?
- 17) On pourrait attribuer l'élévation de la pression artérielle à toutes les causes qui suivent, sauf à

- 26 Laquelle des associations qui suivent est incorrecte ?
- a. Clitoris et pénis.
 - b. Testicule et ovaire.
 - c. Tubule séminifère et corps jaune.
 - d. Trompe utérine et canal déférent.
 - e. Aucune réponse n'est juste.
- 27 Une caractéristique des organismes vivants est la sensibilité. Ce terme est défini par
- a. Un changement international dans la position de l'organisme
 - b. Le changement des substances absorbées en des formes solubles
 - c. Une augmentation dans le nombre et/ou la taille de cellules
 - d. La capacité à réagir à une excitation
 - e. Aucune des réponses ci-dessus.
- 28 Dans un système de rétrocontrôle, les..... moniteurs changent de manière contrôlée et envoient les influx aux.....
- a. Centres de contrôle, récepteurs
 - b. Centres de contrôle, effecteurs
 - c. Récepteurs, centres de contrôle
 - d. Effecteurs, centres de contrôle
 - e. Aucune des réponses ci-dessus.
- 29 Quel système aide la régulation de la température et protège le corps ?
- a. Urinaire
 - b. Respiratoire
 - c. Tégumentaire
 - d. Squelettique
 - e. Toutes les réponses ci-dessus sont vraies.
- 30 Quelle structure se trouve dans la région inguinale droite de la cavité abdomino- pelvienne ?
- a. Le lobe droit du foie
 - b. Le caecum
 - c. La vésicule biliaire
 - d. La vessie urinaire
 - e. Aucune de réponses ci-dessus
- 31 L'ADN
- a. Est contenu dans le noyau de toutes les cellules vivantes
 - b. Est libre dans le cytoplasme de tous les organismes vivants
 - c. N'existe pas dans les procaryotes
 - d. Existe dans tous les organismes vivants
 - e. Est porteur de l'information génétique
- 32 Les cellules
- a. Possèdent toujours une membrane
 - b. Possèdent toujours un cytoplasme
 - c. Possèdent toujours une paroi cellulaire
 - d. Possèdent toujours un noyau
 - e. Ont toujours au moins un chromosome
- 33 Quel est l'ordre correct dans l'agencement des structures concernant le passage de l'air vers les poumons ?
- a. Larynx, trachée, bronches, bronchioles
 - b. Larynx, bronches, trachée, bronchioles
 - c. Larynx, trachée, bronchioles, bronches
 - d. Larynx, alvéoles, bronches, trachée
 - e. Aucune des réponses ci-dessus.
- 34 Lorsque le glucose est catabolisé en acide pyruvique, la grande partie de l'énergie obtenue :

- a. Est emmagasinée sous forme d'ATP
b. Est emmagasinée temporairement sous forme de $NADH_2$
c. Est retenue dans l'acide pyruvique
d. Est retenue sous forme de dioxyde de carbone
e. Aucune des réponses ci-dessus.
- 35 Une augmentation de la pression artérielle systémique dans le sinus carotidien entrainera
a. La modulation cardiaque
b. L'accélération cardiaque
c. Une augmentation dans le volume d'éjection
d. Une diminution dans le volume d'éjection
e. L'hypertension artérielle.
- 36 L'artère carotidienne et l'arc aortique :
a. Possèdent des barorécepteurs
b. Possèdent des chémorécepteurs
c. Sont des points vides
d. Sont des centres cholinergiques
e. Sont des effecteurs de vasopressine.
- 37 La création d'un potentiel post-synaptique dépend du :
a. neurotransmetteur seul
b. récepteur seul du neurotransmetteur
c. complexe neurotransmetteur/récepteur
d. toutes les réponses ci-dessus sont exactes
e. Aucune des réponses ci-dessus.
- 38 Concernant les différents types de nerfs
a. Trois types existent : spinal, thoracique et crânien
b. Les nerfs thoraciques quittent la moelle épinière à travers 2 racines
c. Il y a 32 paires de nerfs lombaires
d. Il y a 7 paires de nerfs lombaires
e. Le nerf radial est un nerf spinal.
- 39 Le cervelet a pour fonction :
a. La coordination des mouvements et de l'équilibre
b. La régulation cardiaque
c. La régulation du sommeil
d. Toutes les réponses ci-dessus sont correctes
e. Aucune des réponses ci-dessus n'est correcte.
- 40 La couche qui régénère les cellules de la peau s'appelle :
a. La couche cornée
b. La couche granuleuse
c. La couche basale
d. La couche épidermique
e. La couche interne.
- 41 La fonction d'équilibre de l'oreille est assurée par
a. L'oreille externe
b. L'oreille moyenne
c. L'oreille interne
d. Les trois ci-dessus alternativement
e. Les trois ci-dessus de façon simultanée.
- 42 La diurèse normale est approximativement de :
a. 1 litre/24 heures
b. 1,5 litres/24 heures
c. 3 litres/24 heures
d. 4 litres/24 heures
e. 5 litres/24 heures.
- 43 Le rein est couvert par une capsule surrénale qui secrète une hormone. Laquelle ?

- a. Glucagon
b. Somatostatine
c. Cortisol
d. Rénine
e. Stigmine.

44 La formation d'urine dans les reins de l'être humain commence dans

- a. La capsule de Bowman
b. La vessie urinaire
c. L'urètre
d. Le Glomérule
e. Aucune de ces réponses.

45 La néoglucogenèse

- a. Est la synthèse de glycogène par le foie
b. Est la synthèse de glucose à partir des substrats non-glucidiques
c. Est la libération du glucose à partir du glycogène
d. Est l'utilisation du glucose par les cellules
e. Existe surtout dans le foie.

46 Parmi les organes suivants, lequel ne peut pas oxyder le glucose ?

- a. Le foie
b. Le cerveau
c. Le coeur
d. L'érythrocyte
e. Aucune des réponses ci-dessus

47 La sécrétion de la glande exocrine du pancréas est contrôlée par laquelle des substances suivantes ?

- a. Le taux du sucre sanguin
b. La sécrétine
c. Un gène
d. Le taux du calcium sanguin
e. Insuline

48 La menstruation ?

- a. Est une destruction complète de l'endomètre
b. Est pourvue par un taux élevé des hormones ovariennes
c. Est précédée par une augmentation en hormones hypophysaires
d. Est enclenchée par une rupture d'un follicule mur
e. Est provoquée par une chute dans le taux des hormones ovariennes

49 Pendant le cycle sexuel, les œstrogènes :

- a. Sont responsables de la formation de la dentelle utérine
b. N'activent pas la fonction motrice du myomètre
c. Ne stimulent pas la sécrétion de GnRH
d. Sont produits par le corps jaune
e. N'entraînent pas un rétrocontrôle négatif pendant le cycle

50 La fécondation normale chez l'espèce humaine

- a. Correspond à l'union d'un gamète male normale 44 autosomes + X ou 44 autosomes + Y avec un gamète femelle normale 44 autosomes + X
b. Favorise l'établissement du diploïde caractérisé par 4n chromosomes
c. Peut avoir lieu entre un gamète de 22 chromosomes + X ou Y et un gamète de 44 autosomes + XH
d. Ne favorise pas la correction des erreurs chromosomiques survenant pendant la méiose
e. Aucune des réponses ci-dessus.

Partie 2 : Chimie

Instruction

Pour chaque question ci-dessous choisissez la réponse correcte parmi les options proposées.

51 Laquelle parmi les solutions ci-dessous possède la concentration la plus élevée d'ions hydroxyde ?

- a. Electrode en argent
- b. Electrode en cuivre
- c. Electrode en fer
- d. Electrode en or
- e. Aucune des réponses ci-dessus

59) Quelle est la valeur de la force électromotrice (fem) de cette batterie ?

- a. 1,26V
- b. 1,24V
- c. 1,23V
- d. 1,22V
- e. 0,76V

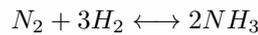
60) L'énergie d'ionisation d'un atome est :

- a. Le nombre d'électrons sur la couche la plus externe de l'atome
- b. La facilité avec laquelle un atome peut perdre un électron
- c. La facilité avec laquelle les atomes peuvent se combiner pour former des molécules
- d. La charge sur le noyau
- e. Aucune des réponses ci-dessus

61) Quelles particules élémentaires sont les contributeurs principaux de la masse d'un atome

- a. Protons et électrons
- b. Neutrons et électrons
- c. Protons et neutrons
- d. Tous les précédents
- e. Aucune des réponses ci-dessus

La réaction chimique suivante est exothermique dans sa phase gazeuse :



Que se passera-t-il dans les circonstances suivantes ?

62) Quand la température est augmentée

- a. L'équilibre est déplacé vers la droite
- b. L'équilibre est déplacé vers la gauche
- c. L'équilibre est déplacé vers la droite et vers la gauche
- d. Il y a une explosion
- e. Rien n'arrive ou rien ne se passe

63) Quand la pression est augmentée :

- a. La marche de réaction en avant est favorisée
- b. La marche de réaction rétrogradée est favorisée
- c. La réaction va de l'avant puis en arrière
- d. Il y a une explosion
- e. Rien ne se passe

64) Le numéro atomique de l'uranium est 92. Combien d'électrons et de protons respectivement sont présents dans l'ion U^{2+}

- a. 90 et 90
- b. 92 et 92
- c. 90 et 92
- d. 92 et 90
- e. 94 et 92

65) Le noyau de l'atome de plomb est représenté par le symbole ${}_{82}^{207,3}Pb$. On donne :

Particule	Particule	Charge
Proton	$m_p = 1,67 \times 10^{-27} kg$	$q_p = +1,60 \times 10^{-19} C$
Neutron	$m_n = 1,67 \times 10^{-27} kg$	$q_n = 0C$
Electron	$m_e = 9,11 \times 10^{-31} kg$	$q_e = -1,60 \times 10^{-19} C$

La charge de cet atome est :

- a. $82C$ b. $1,31 \times 10^{-17}C$ c. $1,312 \times 10^{-17}C$ d. $3,315 \times 10^{-17}C$ e. $0C$

66 Le niveau d'énergie de l'atome d'hydrogène est donné par la relation $E_n = \frac{13,6}{n^2}$ où n est un nombre entier non nul et E_n l'énergie en eV du niveau n . On donne :

- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} J.s$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8 m.s^{-1}$;
- $1eV = 1,6 \times 10^{-19} J$.

La plus courte longueur d'onde de la série de Balmer est :

- a. $365,6nm$ b. $91,4nm$ c. $658,1nm$ d. $121,9nm$ e. $487,5nm$

67 Le passage de l'atome d'hydrogène du niveau d'énergie n au niveau d'énergie n' inférieur à n correspond à :

- a. une émission de photon d. l'ionisation de l'atome
 b. une absorption de photon e. aucune réponse juste.
 c. une absorption ou une émission de photon

68 On donne les potentiels standards d'oxydoréduction de quelques couples :

- $Hg^{2+}/Hg(E^0 = 0,86V)$;
- $Pb^{2+}/Pb(E^0 = -0,13V)$;
- $Sn^{2+}/Sn(E^0 = -0,14V)$.

La réaction naturelle et totale que l'on peut avoir à partir de ces couples est :

- a. $Pb^{2+} + Sn \rightarrow Sn^{2+} + Pb$ d. $Sn^{2+} + Hg \rightarrow Hg^{2+} + Sn$
 b. $Sn^{2+} + Pb \rightarrow Pb^{2+} + Sn$ e. $Hg^{2+} + Pb \rightarrow Pb^{2+} + Hg$
 c. $Pb^{2+} + Hg \rightarrow Hg^{2+} + Pb$

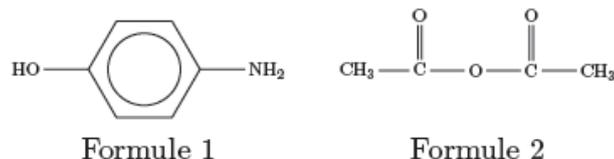
69 Au cours d'une réaction d'oxydoréduction :

- a. l'oxydant s'oxyde et le réducteur se réduit d. le réducteur s'oxyde en captant des électrons
 b. le réducteur et l'oxydant s'oxydent e. aucune réponse juste
 c. le réducteur et l'oxydant se réduisent

70 Une solution d'acide lactique de concentration $0,025 mol.L^{-1}$ a un pH de 2,75. Quelle est la constante d'acidité de l'acide lactique ?

- a. $1,26 \times 10^{-4}$ b. $1,36 \times 10^{-4}$ c. $1,78 \times 10^{-3}$ d. $7,11 \times 10^{-2}$ e. $7,66 \times 10^{-2}$

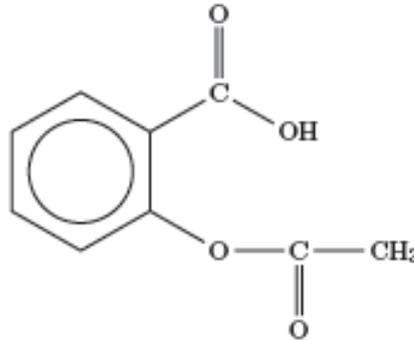
71 Le paracétamol est obtenu par action du paraaminophénol (formule 1) sur l'anhydride éthanoïque (formule 2). On suppose que le groupe -OH du paraaminophénol se comporte comme une fonction alcool et que la fonction amine réagit avant la fonction alcool.



Si l'anhydride éthanoïque est en excès dans le milieu réactionnel, en plus de la réaction de synthèse du paracétamol, il se produira aussi une réaction :

- a. Acido-basique
 b. D'hydrolyse
 c. De saponification
 d. D'oxydoréduction
 e. Aucune réponse juste

72 L'aspirine est un médicament très utilisé au Cameroun. Son nom scientifique est : acide acétylsalicylique. Sa structure est :



La molécule d'aspirine contient les fonctions chimiques suivantes :

- a. Acide carboxylique et alcool
 b. Acide carboxylique et anhydride d'acide
 c. Acide carboxylique et cétone
 d. Acide carboxylique et éther
 e. Acide carboxylique et ester

73 A l'équilibre, l'estérification de tout alcool et de l'acide éthanóïque donne :

- a. 70% d'ester
 b. 67% d'ester
 c. 60% d'ester
 d. 33% d'ester
 e. Aucune réponse juste

74 Quelle est la concentration en ions sodium, dans une solution aqueuse de sulfate de sodium obtenue en dissolvant 3,55 g de ce composé dans 200 mL d'eau distillée ? Données : $Na(23)$, $S(32)$ et $O(16)$.

- a. $0,125 \text{ mol.L}^{-1}$
 b. $0,500 \text{ mol.L}^{-1}$
 c. $0,250 \text{ mol.L}^{-1}$
 d. $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$
 e. $0,013 \text{ mol.L}^{-1}$

75 Au cours d'une réaction d'estérification, on fait réagir l'acide éthanóïque avec une mole d'éthanol. Le rendement d'estérification de l'éthanol :

- a. est de 67% car l'éthanol est un alcool primaire
 b. est de 67% car la réaction est lente, limitée et athermique
 c. est de 67% car il se forme de l'éthanoate d'éthyle
 d. peut être égal, supérieur ou inférieur à 67% suivant la quantité d'acide éthanóïque utilisée
 e. Aucune réponse juste

Partie 3 : Physiques

Instruction

Pour chaque question ci-dessous choisissez la réponse correcte parmi les options proposées.

76 Lequel des éléments suivants est un convertisseur capable de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique ?

- a. Une torche
b. Un four à gaz
c. Un nettoyeur à vide
d. Une lampe de table
e. Un poste de radio

77 Une résistance transforme l'énergie électrique en

- a. Energie chimique
b. Energie mécanique
c. Chaleur
d. Energie lumière
e. Toutes les formes d'énergie

78 Un moteur de 5Ω de résistance recevant un courant de $2A$ a une efficacité de 80% . Sa force électromotrice (fem)

- a. $50V$
b. $40V$
c. $5V$
d. $4V$
e. Aucune des réponses ci-dessus

79 Un véhicule circule à une vitesse de $36km$ par heure sur une route droite. Le temps pris pour couvrir $400m$ est :

- a. $0,67$ minutes
b. 40 minutes
c. $66,7$ minutes
d. 4 minutes
e. Aucune des réponses ci-dessus

80 Dans un endroit où $g = 10m.s^{-2}$, une balle en acier lors d'une chute libre couvre 20 mètres pendant ses dernières secondes de chute. La durée totale de la chute est

- a. 20 secondes
b. 2 secondes
c. 25 secondes
d. $2,5$ secondes
e. Aucune des réponses ci-dessus

81 Les oscillations sont dites synchronisées lorsque :

- a. Elles ont la même amplitude
b. Elles ont la même phase
c. Elles ont la même fréquence
d. Elles ont la même valeur initiale
e. Aucune des réponses ci-dessus

82 Pendant l'éclipse lunaire :

- a. Le soleil se trouve entre la terre et la lune
b. La lune se trouve entre le soleil et la terre
c. La terre se trouve entre le soleil et la lune
d. La lune se répand
e. La lune s'amincit

83 Un rayon de lumière traversant le centre optique d'un verre :

- a. Est réfracté
b. Est reflété
c. Est diffracté
d. Est dispersé
e. N'est pas dévié

84 Un oeil hypermétrope a une vision qui est

- a. Plus distincte pendant la journée que dans la nuit
b. Plus distincte la nuit que dans la journée
c. Plus distincte pour les objets proches que pour les objets distants
d. Plus distincte pour les objets distants que pour les objets proches
e. Aucune des réponses ci-dessus

85 La correction de la vision d'un œil myope est faite en utilisant :

- a. Un verre dont les faces sont parallèles
b. L'interface entre les médias
c. Un prisme
d. Un verre convergent
e. Un verre divergent

- 86 Le photon est une particule :
- a. Sans charge $300 \times 10^3 \text{ km.s}^{-1}$
 b. Avec une masse zéro d. Qui constitue la lumière
 c. Qui se déplace dans le vide avec une vitesse de e. Toutes les réponses ci-dessus sont justes
- 87 La période d'un pendule simple avec une faible amplitude est :
- a. Proportionnelle au carré de sa longueur d. Proportionnelle à la racine carrée de sa masse
 b. Proportionnelle au carré de sa masse e. Indépendant de l'accélération due à la gravité
 c. Proportionnelle à la racine carrée de sa longueur
- 88 Un astronaute dans un explorateur d'espace flotte (état sans pesanteur) parce que
- a. L'astronaute n'est pas soumis à une quelconque force d. L'explorateur d'espace n'est pas soumis à une force
 b. L'explorateur d'espace est en équilibre e. Aucune des réponses ci-dessus n'est vraie
 c. L'explorateur d'espace est en chute libre
- Un véhicule à moteur d'une masse $m = 1,3t$ circule sur une ligne droite sur une route horizontale. La résistance à la progression due aux frottements divers est égale à une force constante $f = 500N$. Le moteur est en marche avec une vitesse constante $V_0 = 72 \text{ km.h}^{-1}$.
- 89 Quelle est la valeur de la force F_1 où F_1 est la force de l'engin ?
- a. $100N$ b. $200N$ c. $300N$ d. $400N$ e. $500N$
- 90 Comme le véhicule circule avec une vitesse V_0 , le chauffeur freine pour arrêter la voiture, la force de freinage F_2 est supposée être constante. La valeur de l'accélération (a) est de $2,0 \text{ m.s}^{-2}$. Quelle est la valeur de la force de freinage F_2 qui est supposée être constante ?
- a. $1,1 \times 10^3 N$ b. $2,1 \times 10^3 N$ c. $3,1 \times 10^3 N$ d. $4,1 \times 10^3 N$ e. $5,1 \times 10^3 N$
- 91 Lorsqu'un rayon de lumière monochromatique traverse l'air et pénètre un bloc en verre de manière oblique par sa surface, il n'y a pas un changement dans :
- a. Sa fréquence c. Sa vitesse e. Son amplification
 b. Sa direction d. Son amplitude
- 92 Les rayons X et γ sont des radiations utilisés dans
- a. L'archéologie c. La recherche d'isotopes e. Toutes les réponses ci-dessus sont vraies
 b. La médecine d. Le contrôle de l'épaisseur
- 93 Quel est le nom donné aux domaines des ondes électromagnétiques qui se trouvent de part et d'autre du spectre visible ?
- a. Infrarouge, ultraviolet d. Infrarouge α , infrarouge β
 b. Ultraviolet, infrarouge e. Ultraviolet α , infrarouge α .
 c. Ultraviolet α , ultraviolet β
- 94 Laquelle des radiations suivantes nous donne l'information concernant les couches électroniques profondes d'un atome ?

- a. Infrarouge
b. Visible
c. Ultraviolet
- d. X
e. Gamma.
- 95 Les rayons X produits dans un cabinet dentaire ont typiquement une longueur d'onde de $0,3\text{nm}$. Supposons que la vitesse de la lumière laser dans l'air est de $3,0 \times 10^8\text{m.s}^{-1}$. La fréquence de ces rayons sera de :
- a. $1,2 \times 10^{18}\text{Hz}$
b. $1,5 \times 10^{18}\text{Hz}$
c. $1,0 \times 10^{18}\text{Hz}$
d. $2,0 \times 10^{18}\text{Hz}$
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 96 Parmi les effets d'un courant électrique l'effet Joule représente :
- a. L'effet d'échauffement
b. L'effet magnétique
c. L'effet chimique
d. L'induction électromagnétique
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 97 L'intensité du courant qui traverse un circuit pendant 40 minutes et produit 24100 C est :
- a. 603A
b. 10A
c. 0,1A
d. 5,8107A
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 98 Les indications suivantes sont gravées sur l'objectif d'un microscope : $\times 25$ Oculaire : $\times 10$. La puissance intrinsèque de ce microscope est :
- a. $P_i = 250$
b. $P_i = 500$
c. $P_i = 1000$
d. $P_i = 2500$
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 99 La radioactivité est un phénomène :
- a. Lié à la structure électronique d'un atome
b. Lié à la structure du noyau d'un atome
c. Modifié par les réactions chimiques
d. Principalement artificiel
e. Aucune des réponses ci-dessus n'est correcte
- 100 La capacité spécifique de chaleur d'un gaz idéal à une pression constante est supérieure à la capacité spécifique de chaleur à un volume constant. Ceci est dû à :
- a. Un travail externe fait lorsque le gaz se dilate
b. Un travail interne fait lorsque le gaz se dilate
c. L'énergie cinétique de ses molécules qui augmente lorsque le volume du gaz est augmenté à température constante
d. L'énergie cinétique de ses molécules qui diminue lorsque le gaz est chauffé à pression constante
e. Aucune des réponses ci-dessus



6 – Épreuve de Biologie-Physiques-Chimie 2015

Condition de performance

| Durée : 03 heures

Partie 1 : Biologie

Instructions

| Choisissez la meilleure réponse.

- 1) Quelle organelle est impliquée dans la production d'énergie d'une cellule procaryote ?
 - a. Le chloroplaste
 - b. Le noyau
 - c. La mitochondrie
 - d. Le réticulum endoplasmique
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 2) Les tissus du corps sont organisés en
 - a. Cellules
 - b. Systèmes corporels
 - c. Organes
 - d. Organelles
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 3) Laquelle des propositions suivantes distinguent les cellules eucaryotes des cellules procaryotes ?
 - a. La capacité à tolérer la présence d'oxygène
 - b. La présence d'organelles liées par les membranes
 - c. La capacité à effectuer la photosynthèse
 - d. La présence des ribosomes
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 4) Laquelle des structures ci-dessous ne sont pas retrouvée dans le noyau ?
 - a. Les ribosomes fonctionnels
 - b. La chromatine se condensant en chromosomes
 - c. Le nucléole produisant l'ARN ribosomique
 - d. Le nucléoplasme au lieu de cytoplasme
 - e. Toutes les réponses ci-dessus sont exactes
- 5) La mitochondrie
 - a. Poursuit la respiration cellulaire
 - b. Décompose l'ATP pour produire l'énergie pour les cellules
 - c. Contient les granules et les crêtes mitochondriales
 - d. Toutes les réponses ci-dessus
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 6) Pour les cellules où le dioxyde de carbone traverse la membrane plasmique par diffusion simple, qu'est-ce qui détermine la vitesse à laquelle le dioxyde de carbone pénètre dans la cellule ?
 - a. La concentration du dioxyde de carbone de chaque côté de la membrane
 - b. La quantité d'ATP produit par la cellule
 - c. La quantité de protéine porteuse dans la membrane
 - d. La concentration d'ions hydrogènes de chaque côté de la membrane
 - e. Aucune des réponses ci-dessus

- 7 Les protéines périphériques des membranes cellulaires
- Peuvent être dissociées ironiquement sans rupture de la membrane
 - Sont seulement localisées u dehors de la membrane
 - Sont aussi appelées les protéines transmembranaires sont les protéines porteuses des membranes cellulaires
 - Toutes les réponses ci-dessus
- 8 Lequel des éléments suivants est une partie structurelle de la membrane cellulaire des eucaryotes ?
- Les triglycérides
 - Les phospholipides
 - L'ATP
 - Plus d'un de ceux-ci-dessus
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 9 Laquelle des réponses suivantes décrit le mieux le transfert de l'ARN (tRNA) ?
- Le processus a lequel 'ARN est assemblé à partir d'un brin d'ADN
 - L'attraction d'une protéine de liaison (agglutinante) et les autres facteurs de transcription pour informer la polymérase d'ARN où s'attacher et débiter la fabrication d'ARN
 - L'enlèvement des introns du mRNA
 - L'addition étape par étape d'acides aminés à une chaîne croissante de polypeptide
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 10 Laquelle des propositions suivantes est vraie pour la traduction dans les cellules humaines ?
- Elle a lieu au niveau des ribosomes
 - Le mRNA est « lu » deux bases à la fois
 - Le processus a lieu avant la traduction
 - La polymérase d'ADN est nécessaire pour la traduction
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 11 L'enzyme pepsine qui aide à digérer les protéines est produite et excrétée dans l'estomac. Laquelle des propositions suivantes serait vraie de l'enzyme ?
- L'enzyme fonctionne mieux à 100°C
 - L'enzyme fonctionne mieux à un pH neutre (pH 7)
 - L'enzyme est aussi utilisée pour digérer les hydrates de carbone
 - Sans l'enzyme la digestion des protéines serait ralentie
 - L'enzyme est aussi utilisée pour digérer les lipides
- 12 Quel est le nom utilisé pour désigner un produit chimique qui entre en compétition avec un substrat pour une place au site actif d'une enzyme ?
- Le groupe prosthétique
 - L'inhibiteur réversible
 - L'inhibiteur compétitif
 - L'inhibiteur du produit fini
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 13 Laquelle des propositions suivantes affecterait le moins l'efficacité d'une enzyme ?
- La température
 - La concentration du substrat
 - La concentration de l'enzyme
 - L'énergie d'activation originale du système
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 14 Laquelle des propositions ci-dessous n'est pas vraie concernant l'inhibition d'enzyme ?
- Dans l'inhibition compétitive, l'inhibiteur se lie avec le site actif de l'enzyme
 - Dans l'inhibition non compétitive, l'inhibiteur se lie au site allostérique du substrat
 - Dans l'inhibition irréversible, un poison se lie à l'enzyme de sorte qu'elle ne peut plus jamais fonctionner
 - La plupart des inhibiteurs agissent de manière réversible
 - Les inhibiteurs compétitifs ressemblent habituellement le substrat
- 15 Une molécule organique non protéique solidement liée au site actif d'une enzyme est :

- a. Une apoenzyme
b. Une coenzyme
c. Une holoenzyme
- d. Un groupe prosthétique
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 16 Pour obtenir l'énergie de l'amidon et du glycogène, le corps doit commencer par
- a. Hydrolyser l'amidon en glucose et en glycose
b. Hydrolyser aussi bien l'amidon et le glycogène en glucose
c. Convertir aussi bien l'amidon et le glycogène en acide gras
d. Enlever les atomes d'azote de deux molécules
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 17 Lesquelles des propositions suivantes sont des organelles qui fonctionnent dans la conversion de l'énergie en une forme chimiquement utilisable dans les cellules ?
- a. Réticulum endoplasmique
b. Mitochondrie
c. Chloroplaste
- d. B et C à la fois
e. A et B la fois
- 18 Citez deux produits de la respiration aérobie qui sont considéré comme des déchets
- a. Carbone et oxygène
b. Dioxyde de carbone et acide carbonique
c. Dioxyde de carbone et vapeur d'eau
- d. Acide lactique et alcool
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 19 Laquelle des propositions suivantes produit de l'ATP par une phosphorylation du substrat ?
- a. La glycolyse
b. Le cycle de Krebs
c. Le système de transport d'électron
- d. Le cycle de Calvin
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 20 Les contractions qui propulsent la nourriture en avant dans le tube digestif sont appelées :
- a. Chyme
b. Péritalsis
- c. Reflux
d. Amylase
- e. Aucune des réponses ci-dessus
- 21 Lorsque le pyruvate est converti en acétyl-CoA, lesquelles des substances suivantes sont aussi produites ?
- a. NADH et dioxyde de carbone sont fabriqués
b. NADH et ATP sont fabriqués
c. Dioxyde de carbone tATP sont fabriqués
- d. NADH est fabriqué
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 22 Laquelle des propositions suivantes est l'objet principal du processus qu'on appelle respiration cellulaire ?
- a. Produire l'ATP
b. Produire des molécules réduites de NAD
c. Décomposer le glucose
- d. Fermenter l'alcool
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 23 Laquelle des propositions suivantes produit un déchet appelé acide lactique ?
- a. La glycolyse
b. La respiration anaérobie dans les cellules musculaires humaines
c. La respiration aérobie dans les cellules musculaires humaines
d. La fermentation d'alcool
e. Toutes les réponses ci-dessus
- 24 Le processus connu comme glycolyse a lieu dans quelle partie de la cellule ?

- a. Dans le noyau
b. Dans le cytoplasme liquide
c. Dans la mitochondrie
- d. Dans la surface extrême de la mitochondrie
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 25) Quelle partie de la respiration aérobie produit la quantité la plus importante d'ATP ?
- a. La chaîne de transport d'électron
b. Le cycle de Krebs
c. La fermentation alcoolique
- d. La fermentation d'acide lactique
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 26) Quel rôle joue le système nerveux dans la digestion ?
- a. Il stimule les neurones moteurs à emmener les impulsions du cerveau et de la moelle épinière
b. Il stimule la sécrétion de la salive, des acides de l'estomac et des hormones
c. Il stimule le pacemaker à accélérer ou à ralentir
d. Il régule la respiration
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 27) Les deux divisions du système nerveux autonome sont
- a. Parasympathique et somatique
b. Sympathique et somatique
c. Périphérique et parasympathique
- d. Sympathique et parasympathique
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 28) Le sens de l'équilibre est logé dans :
- a. L'oreille moyenne
b. L'appareil vestibulaire
c. L'oreille externe
- d. Les osselettes de l'oreille
e. Toutes réponses ci-dessus
- 29) Pour que les rayons lumineux tombent sur la rétine sous des conditions normales
- a. Le globe oculaire doit augmenter en diamètre
b. La lentille doit s'amincir
c. Tous les bâtonnets doivent être activés
- d. Tous les cônes doivent être activés
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 30) Laquelle des structures suivantes convertissent les vibrations du son en impulsions nerveuses ?
- a. La cochlée
b. Le tympan
- c. Les os de l'oreille
d. Le nerf auditif
- e. Aucune des réponses ci-dessus
- 31) Le terme qui décrit le mieux l'hormone embryonnaire qui maintient la sécrétion de la progestérone et de l'oestrogène par le corps jaune (pendant le premier trimestre de la grossesse) est :
- a. L'hormone lutéinisante (LH)
b. La progestérone
c. La gonadotrophine chorionique humaine
- d. La gonadotrophine releasing hormone (GnrH)
e. Aucune des réponses ci-dessus
- 32) Laquelle des propositions suivantes sont incorrectement appariée avec sa fonction ?
- a. Tubules séminifères – ajoutent du liquide contenant du mucus, du fructose et de la prostaglandine aux spermatozoïdes
b. Scrotum – enferme les testicules tenus au-dessus de la cavité abdominale
c. Epididyme – emmagasine le sperme
d. Glande prostatique – ajoute la sécrétion alcaline au sperme
e. Aucune des propositions ci-dessus n'est appariée de manière incorrecte
- 33) Au cours du cycle menstruel, quelle est la source principale de progestérone chez les femmes ?

- a. Le cortex surrénalien c. Le corps jaune e. L'ovaire
b. L'hypophyse antérieure d. L'utérus

34 Quelles sont les trois phases du cycle ovarien ?

- a. Embryon, foetus et nouveau-né d. Folliculaire, ovulatoire et lutéale
b. Première, deuxième et troisième trimestres e. Aucune des réponses ci-dessus
c. Menstruelle, proliférative et sécrétoire

35 L'hormone hypophysaire antérieure qui stimule la maturation du follicule dans l'ovaire au cours du début du cycle menstruel est :

- a. L'hormone lutéinisante (LH) d. Les oestrogènes
b. La follicule stimulating hormone (FSH) e. La progesterone
c. Le Gonadotrophin releasing hormone (GnrH)

36 En général, la du cycle de vie cellulaire requiert le moins de temps :

- a. Phase G1 c. Phase S e. Aucune des réponses ci-dessus
b. Phase G2 d. Phase M (division)

37 La phase la plus longue de la mitose est laquelle parmi celles-ci ?

- a. La prophase c. L'anaphase e. Aucune des réponses ci-dessus
b. La métaphase d. La télophase

38 Au cours de la méiose, le nombre diploïde de chromosomes es réduit au nombre haploïde dans

- a. Les ovules seulement d. Dans la production du sperme seulement
b. Les corps polaires seulement e. Aucune des réponses ci-dessus
c. Dans les spermatozoïdes et les cellules des ovules

39 Ce que vous voyez lorsque vous regardez est un moyen d'identifier :

- a. Le phénotype c. Le génome e. Aucune des réponses ci-dessus
b. Le génotype d. L'allotype

40 A quel processus est due une quelconque différence génétique dans un clone ?

- a. L'assortiment indépendant c. Le crossing over et recombinaison e. Aucune des réponses ci-dessus
b. La mutation d. Seulement A et C sont corrects

41 Chez les humains l'enlèvement et le stockage d'excès du glucose du sang est une des fonctions principales :

- a. Du foie c. Du pancréas e. Des muscles
b. Des reins d. Du gros intestin

42 Quelle structure de la peau de mammifères n'est pas impliquée dans la régulation de la température ?

- a. Les glandes sébacées c. Les muscles érecteurs e. Aucune des réponses ci-dessus
b. Les terminaisons nerveuses d. Les capillaires sanguins

- 43 Les sacs alvéolaires et les tubes contournés des néphrons sont semblables car :
- a. Les deux ont un approvisionnement sanguin riche
 - b. Les deux ont des cellules couvertes de cils
 - c. Les deux sont librement perméables aux substances dissoutes
 - d. Les deux ont des cellules avec un taux de métabolisme élevé
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 44 Quel est le processus par lequel les matières sont renvoyées dans le sang à partir du liquide dans les néphrons ?
- a. La filtration
 - b. L'ultrafiltration
 - c. La réabsorption
 - d. La sécrétion
 - e. La diffusion
- 45 Quel est le nom de la structure qui achemine le liquide du rein à la vessie ?
- a. Le bassinot
 - b. L'uretère
 - c. Le conduit collecteur
 - d. L'urètre
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 46 Laquelle des propositions suivantes décrivent le mieux des fonctions du sang ?
- a. Il aide à donner au corps humain une structure et un soutien (appui)
 - b. Il aide à excréter les déchets via le système urinaire
 - c. Il transporte l'oxygène dans poumons et les nutriments du système digestif aux cellules
 - d. Il aide dans la formation des caractères sexuels secondaires y compris la production du sperme et des ovules
 - e. Toutes les réponses ci-dessus
- 47 Quels vaisseaux sanguins sont directement impliqués à emporter le sang du Coeur ?
- a. Les veines
 - b. Les veinules
 - c. Les artères
 - d. Les capillaires
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 48 Quelle est l'énergie stockée nécessaire pour faire marcher la pompe sodium-potassium ?
- a. ATP
 - b. Kinésique
 - c. Energie de mouvement
 - d. B et C à la fois
 - e. A et B à la fois
- 49 Laquelle des phrases suivantes décrit le mieux la structure de la membrane cellulaire ?
- a. Deux couches de protéines avec les couches lipides entre les couches des protéines
 - b. Deux couches de lipides avec les protéines entre les couches de lipides
 - c. Une couche double des molécules de lipides formant une matrice avec des molécules de protéines suspendues dans la matrice des lipides
 - d. Une seule couche des protéines à l'extérieur et une seule couche des lipides à l'intérieur
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 50 Une artère a une paroi plus épaisse qu'une veine parce que l'artère
- a. Doit se contracter de manière rythmique pour pomper le sang en avant
 - b. Doit résister à la pression artérielle élevée
 - c. N'a pas de valve pour prévenir un reflux du sang
 - d. Doit se contracter de manière rythmique pour pomper le sang e avant et n'a pas de valves pour prévenir un reflux du sang
 - e. N'a pas de valve pour prévenir le reflux du sang et doit résisté à la pression artérielle élevée

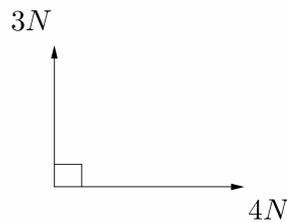
Partie 2 : Physiques



Instructions

Pour chaque question ci-dessous choisissez la meilleure réponse.

- 51 Une équation physique est dimensionnellement homologue lorsque :
- Elle a de bonnes unités
 - Les dimensions du côté gauche = les dimensions du côté droit
 - L'équation n'a pas de quantités (valeurs) sans dimensions
 - L'équation peut être divisée en se servant des dimensions
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 52 La résultante de deux forces dans la figure ci-dessous est



- 1 N
 - 7 N
 - 5 N
 - 12 N
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 53 Une pierre pesant 60 kg est tournoyée autour d'un cercle horizontal sur une corde longue de 5 m. Si elle s'accélère de $80m \cdot s^{-2}$, sa vitesse angulaire maximale est :
- $16rad \cdot s^{-1}$
 - $8rad \cdot s^{-1}$
 - $50rad \cdot s^{-1}$
 - $400rad \cdot s^{-1}$
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 54 La force gravitationnelle est une force conservative parce que :
- Le travail net qu'elle effectue sur un corps pour le déplacer autour d'un sentier fermé est égal à zéro
 - Le travail net qu'elle fait au repos est égal à zéro
 - Elle agit vers le bas (en descendant)
 - Elle agit vers le bas (en descendant)
 - Elle est une force sans contact
 - Toutes les réponses ci-dessus
- 55 Lorsque deux corps entrent en collision de manière élastique,
- Ils s'accrochent et s'éloignent avec une vitesse
 - Leurs énergies augmentent considérablement
 - La quantité de mouvement et l'énergie cinétique sont conservées
 - Le coefficient de restitution est inférieur à un
 - Toutes les réponses ci-dessus
- 56 Les zones dans le thermomètre qui sont définies ou spécifiées et séparées clairement par des points énoncés/standards sont :
- Les points fixes
 - Les échelles de température
 - Le pont thermique
 - L'échelle thermodynamique
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 57 Un gaz est comprimé par une force qui fait un travail de 20 J sur le gaz. Puis on le laisse se refroidir lorsque l'énergie de 15 J est transférée. Quelle est la variation de l'énergie interne du gaz ?

- a.** $-5J$ **c.** $+5J$ **e.** Aucune des réponses ci-dessus
b. $+10$ **d.** $-10J$

58 Une charge de $1,6 \times 10^{-10}C$ est placée dans un champ électrique homogène d'intensité $2,0 \times 10^5 N.C^{-1}$. Quelle est l'importance de la force électrique exercée sur la charge ?

- a.** $3,2 \times 10^5 N$ **c.** $3,2 \times 10^{-5} N$ **e.** Aucune des réponses ci-dessus
b. $1,8 \times 10^5 N$ **d.** $1,8 \times 10^5 N$

59 Une source d'énergie inépuisable peut être aussi appelée :

- a.** Source primaire **d.** Source non-renouvelable
b. Source secondaire **e.** Aucune des réponses ci-dessus
c. Source renouvelable

60 Quelle est la fonction des baguettes de contrôle dans un réacteur nucléaire ?

- a.** Réguler la réaction **d.** Contrôler le graphite
b. Ajuster l'utilisation de l'eau lourde **e.** Aucune des réponses ci-dessus
c. Réguler les neutrons

61 Deux molécules de gaz ont des vitesses respectivement de $1km.s^{-1}$ et $9km.s^{-1}$. Quelle est la racine carrée de la vitesse moyenne de ces deux molécules ?

- a.** $2km.s^{-1}$ **d.** $\sqrt{41}km.s^{-1}$
b. $\sqrt{3}km.s^{-1}$ **e.** Aucune des réponses ci-dessus
c. $4km.s^{-1}$

62 La théorie cinétique des gaz donne la formule $Pv = 1/3N.M.V^2$ pour la pression P exercée par un gaz enfermé dans un volume V. Le terme Nm représente :

- a.** La masse d'une mole du gaz **d.** Le nombre total des molécules présentes dans le volume V
b. La masse du gaz présent dans du volume V
c. La masse moyenne d'une molécule du gaz **e.** Aucune des réponses ci-dessus

63 Au cours de la fission nucléaire, l'énergie est libérée. Pourquoi ?

- a.** C'est dû à un défaut de masse qui est converti en énergie **d.** C'est parce qu'un neutron peut être converti en un proton
b. C'est dû à un effet de masse qui est converti en joules **e.** Aucune des réponses ci-dessus
c. C'est parce que le processus peut être radioactif

64 Les métaux ont des coefficients de température de résistances positives. Ceci veut dire que :

- a.** Leur résistance augmente avec une baisse de la température **c.** Leur résistance baisse avec la baisse de la température
b. Leur résistance augmente avec l'élévation de la température **d.** Leur résistance baisse avec l'élévation de la température
e. Aucune des réponses ci-dessus

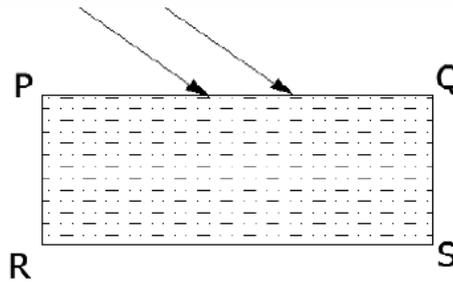
65 Un échantillon radioactif a une demi-vie de 15 minutes. Quel pourcentage de l'échantillon restera après 45 minutes ?

- a.** $\frac{1}{7} \times \frac{100}{1}$ **c.** $\frac{1}{8} \times \frac{100}{1}$ **e.** Aucune des réponses ci-dessus
b. $\frac{6}{7} \times \frac{100}{1}$ **d.** $\frac{7}{8} \times \frac{100}{1}$

66 Les ondes peuvent être classées sur la base du mode transmission comme :

- a. Les ondes transverses ou longitudinales telles que les ondes respectivement du son et de la lumière
- b. Les ondes mécaniques ou électromagnétiques
- c. Les ondes dont les particules vibrent dans une ligne de propagation d déplacement de l'onde
- d. Les ondes qui ont besoin d'un milieu matériel pour la propagation ou peut se déplacer dans le vide à la vitesse de la lumière
- e. Aucune des réponses ci-dessus

La figure ci-dessous montre un faisceau parallèle de lumière blanche qui arrive sur la surface PQ d'un bloc de verre rectangulaire. Le bloc a un indice de réfraction n_2 et est immergé dans un liquide clair avec l'indice de réfraction n_1 (Questions 67-69).



67 Laquelle des phrases suivantes est vraie ?

- a. Si n_1 est supérieur à n_2 , la lumière blanche serait réfléchié à la surface PQ
- b. Si n_1 est inférieur à n_2 , la lumière pourra être partiellement réfléchié à la surface PQ
- c. Le faisceau émergeant de la surface RS sera convergeant
- d. Le faisceau émergeant de la surface RS sera divergeant
- e. Aucune des réponses ci-dessus

68 Laquelle des phrases suivantes est vraie ?

- a. Les rayons émergeant de la surface RS sont un spectre allant du rouge au violet
- b. Les rayons frappant la surface PQ sont séparés en un spectre allant du rouge au violet
- c. Les rayons frappant RS sont séparés en un spectre allant du rouge au violet avec le rouge plus près du PR
- d. Les rayons frappant RS sont séparés en un spectre allant du rouge au violet avec le violet plus près du PR
- e. Aucune des réponses ci-dessus

69 La lumière blanche est remplacée par une source de lumière monochromatique. Si l'angle oblique sur la surface PQ est θ , lequel parmi les suivants est le sinus de l'angle de réfraction de la surface RS ?

- a. $n_2 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
- b. $\frac{n_1}{n_2} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
- c. $n_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
- d. $\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$
- e. $\frac{n_2}{n_1} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$

70 Laquelle des propositions suivantes montrent que les ondes du son sont des ondes longitudinales ?

- a. Les ondes peuvent être réfléchies
- b. Les ondes peuvent être réfractées
- c. Les ondes ne peuvent pas se déplacer dans le vide
- d. Les ondes ne peuvent pas être polarisées
- e. Aucune des réponses ci-dessus

STOP Instructions

Pour chaque question, choisissez la meilleur réponse parmi les options proposées.

71 Laquelle de ces phrases n'est pas vraie à propos du champ gravitationnel ?

- a. C'est un champ conservateur
b. C'est un champ vectoriel
c. Il ne peut pas être masqué

- d. Il n'obéit pas à la loi carré inverse
e. Il peut être masqué

72 Tous les satellites utilisés pour la communication ont une période de :

- a. 360 jours b. 24 jours c. 1 mois d. 10 jours e. 100 jours

73 Le potentiel gravitationnel d'une masse pesant 150kg à un certain point est de $6,0 \times 10^{107}\text{kg}$. Son énergie potentielle est de :

- a. $3,0 \times 10^7\text{J}$ b. $9,0 \times 10^9\text{J}$ c. $9,0 \times 10^7\text{J}$ d. $3,0 \times 10^9\text{J}$ e. $6,0 \times 10^7\text{J}$

74 Lorsqu'un ampèremètre est bien amorti :

- a. Les petits courants peuvent être mesurés d. Les grands courants peuvent être mesurés
b. La lecture peut se faire de manière rapide e. Aucune des réponses ci-dessus
c. Il est très précis

75 Les condensateurs en série ont chacun la même charge et la même différence potentielle à travers chacun d'eux lorsqu'ils sont en parallèle. L'énergie emmagasinée dans un condensateur chargé est donnée par :

- a. $1/2QV$ b. $1/2QV^2$ c. $1/2Q^2/C$ d. $1/2Q^2V^2$ e. $1/2Q^2/V^2$

Partie 3 : Chimie



Instructions

Pour chaque question ci-dessous, choisissez la meilleure réponse.

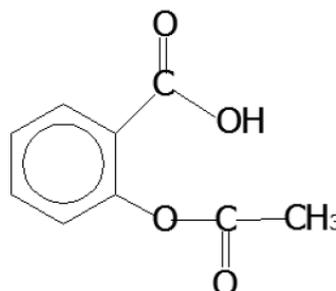
76 Arranger les acides suivants par ordre croissant d'acidité

1. Acide trichloro-éthanoïque 3. Acide dichloro-éthanoïque
2. Acide éthanoïque 4. Acide chloro-éthanoïque
- a. 2, 4, 3, 1 b. 1, 2, 3, 4 c. 1, 3, 4, 2 d. 4, 3, 2, 1 e. 4, 3, 1, 2

77 La réaction de Friedel et Crafts (alkylation) en présence d'un catalyseur approprié résulte dans la substitution d'un atome d'hydrogène par un groupe alkyle. Laquelle des équations ci-dessous représentent correctement la réaction de Friedel et Crafts ?

- a. $C_6H_{12} + C_2H_5Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_{11} - C_2H_5 + HCl$ d. $C_6H_6 + C_2H_4Cl_2 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_{11} - C_2H_5 + HCl$
b. $C_6H_{12} + C_2H_5Cl \xrightarrow{I_2} C_6H_{11} - C_2H_5 + HCl$ e. $C_6H_6 + C_2H_5Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_{11} - C_2H_5 + HCl$
c. $C_6H_6 + C_2H_5Cl \xrightarrow{Cl_2} C_6H_{11} - C_2H_5 + HCl$

78 L'aspirine est un médicament largement utilisé au Cameroun. Son nom scientifique est l'acide acétylsalicylique. Sa masse molaire est de 180g.mol^{-1} . Sa structure est :



La mole d'aspirine contient une fonction acide carboxylique et une :

- a. Fonction amide
- b. Fonction ester
- c. Fonction d'acide anhydride
- d. Fonction cétone
- e. Fonction éther

- 79) La différence entre un spectre d'émission et d'absorption est que :
- a. Le spectre d'émission a un fond sombre alors que le spectre d'absorption a un fond coloré
 - b. Le spectre d'absorption a un fond sombre alors que le spectre d'émission a un fond coloré
 - c. Le spectre d'émission est rouge alors que le spectre d'absorption est blanc
 - d. Le spectre d'absorption est rouge alors que le spectre d'émission est blanc
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 80) Quelle est la fréquence de la lumière de longueur d'onde 432 nm étant donné que $C = 3 \times 10^8 m.s^{-1}$?
- a. $1,44 \times 10^{-15} Hz$
 - b. $1,44 \times 10^3 Hz$
 - c. $1,30 \times 10^{20} Hz$
 - d. $8,39 \times 10^{11} Hz$
 - e. $6,94 \times 10^{14} Hz$
- 81) Laquelle des phrases suivantes est vraie concernant la titration d'un acide faible par une base forte ?
- a. Au pont d'équivalence le pH est 7
 - b. Le nombre de moles d'acide est plus grand que le nombre de moles de base au point d'équivalence
 - c. Le nombre de moles de base est plus grand que le nombre de moles d'acide au point d'équivalence
 - d. Le nombre de moles d'acide est égal au nombre de moles de base au point d'équivalence
 - e. La solution est acide au point d'équivalence
- 82) Lorsque des solutions de chlorure de baryum et de sulfate de sodium sont mélangées, les ions spectateurs dans la réaction qui en résulte sont :
- a. Ba^{2+} et SO_4^{2-}
 - b. Ba^{2+} et Cl^-
 - c. Na^+ et SO_4^{2-}
 - d. Na^+ et Ba^{2+}
 - e. Na^+ et Cl^-
- 83) Le produit ionique de l'eau (K_e) à $80^\circ C$ est $25,0 \times 10^{-14}$. Le pH de la solution neutre à cette température est de :
- a. 7,5
 - b. 7,0
 - c. 6,5
 - d. 6,3
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 84) 15mL d'une solution d'hydroxyde de sodium à $0,01 mol.L^{-1}$ est ajoutée à 10mL de solution de CH_3COOH à $0,01 mol.L^{-1}$. La solution finale obtenue est :
- a. Basique
 - b. Acide
 - c. Neutre
 - d. Un tampon
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 85) Quelle est la masse de sulfate d'aluminium $[Al_2(SO_4)_3]$ requise pour préparer 500mL des ions sulfate à $0,2 mol.L^{-1}$ dans une solution de sulfate d'aluminium étant donné $Al(27)$, $S(32)$ et $O(16)$?
- a. 11,4g
 - b. 34,2g
 - c. 102,6g
 - d. 5,0g
 - e. 15g
- 86) Quelle est la concentration des ions sodium dans une solution obtenue par dissolution de 3,55g de sel de Na_2SO_4 dans 200mL d'eau étant donné que : $Na(23)$, $S(32)$ et $O(16)$?
- a. 0,125M
 - b. 0,500M
 - c. 0,250M
 - d. 0,025M
 - e. 0,013M
- 87) 6,4g de soufre réagit avec 4,1g d'aluminium pour produire le sulfate d'aluminium, ($2Al + 3S \rightarrow Al_2S_3$). Étant donné que $S(32g.mol^{-1})$ et $Al(27g.mol^{-1})$, la masse du sulfate d'aluminium obtenue est de :

- a. 10,50g b. 10,00g c. 11,39g d. 8,20g e. 19,20g

88) Considérez les équations suivantes :

- i. $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$ iii. $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
 ii. $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$ iv. $ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$

- a. Toutes les équations ci-dessus sont des réactions d'oxydoréduction
 b. Aucune des équations ci-dessus n'est une réaction d'oxydoréduction
 c. Seule l'équation i) ci-dessus est une réaction d'oxydoréduction
 d. Les équations ii) et iv) ne sont pas des réactions d'oxydoréduction
 e. Les équations ii) et iii) ne sont pas des réactions d'oxydoréduction

89) Au cours d'une réaction d'oxydoréduction

- a. L'agent oxydant le plus puissant réagit toujours avec l'agent réducteur le plus faible
 b. L'agent oxydant le plus faible réagit toujours avec l'agent réducteur le plus faible
 c. L'agent oxydant le plus faible réagit toujours avec l'agent réducteur le plus puissant
 d. L'agent oxydant le plus puissant réagit toujours avec l'agent réducteur le plus puissant
 e. N'importe quel agent oxydant peut réagir avec n'importe quel agent réducteur

90) Quel est le nom du produit de la réaction au cours de laquelle une mole de C_2H_2 réagit avec deux moles de HBr ?

- a. Bromo-éthène c. 1,1-Dibromo-éthane e. Aucune des réponses ci-dessus
 b. 1,2-Dibromo-éthane d. 1,2-Dibromo-éthène

91) Étant donné les paires suivantes de composés isomériques :

- i. $CH_3 - CH_2 - COH$ et $CH_3 - CO - CH_3$
 ii. $CH_3 - C_6H_4 - NH_2$ et $C_6H_5 - CH_2 - NH_2$
 iii. Acide cis-butenedioïque et acide trans butenedioïque
 iv. Butenol et butanone

Quelle est la paire de stéréo-isomères ?

- a. i b. iii c. ii d. iv e. Aucune

92) L'énergie d'ionisation d'un atome est :

- a. Le nombre d'électrons sur la couche la plus externe de l'atome
 b. La facilité avec laquelle un atome peut perdre un électron
 c. La facilité avec laquelle les atomes peuvent se combiner pour former des molécules
 d. La charge sur le noyau
 e. Aucune des réponses ci-dessus

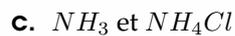
93) L'énergie d'ionisation d'un élément est de 1400 kJ/mol . Quelle est l'énergie d'ionisation d'un atome étant donné la constante d'Avogadro $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ et $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$?

- a. $2,32 \times 10^{-20} \text{ J}$ b. $8,75 \times 10^{-21} \text{ J}$ c. $2,32 \times 10^{-18} \text{ J}$ d. $1,45 \times 10^{-2} \text{ J}$ e. $2,32 \times 10^{-1} \text{ J}$

94) Laquelle des propositions suivantes décrit correctement la constante d'équilibre de la réaction au cours de laquelle H_2 et O_2 en phase gazeuse se combinent pour former H_2O gazeux ?

- a. $K_c = [H_2O]/[H_2][O_2]$ c. $K_c = [H_2O]^2/[H_2]^2[O_2]$ e. $K_c = [H_2O]$
 b. $K_c = [H_2O]^2/[H_2][O_2]$ d. $K_c = [H_2][O_2]/[H_2O]$

95) Laquelle des paires de solutions suivantes en quantité égale pourraient produire une solution tampon ?



96 Les nombre d'oxydation de l'azote dans les composés suivants : N_2O , HNO_2 , N_2H_4 et NH_3 sont respectivement

a. 1, -5, -2 et -3

c. +1, +5, -2 et -3

e. Aucune des réponses ci-dessus

b. +2, +1, -2 et -3

d. +2, -1, +2 et -3

97 Laquelle des substances suivantes contiennent un acide organique ?

a. Le vinaigre

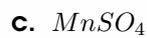
d. L'acide de batterie

b. L'eau de javel

e. Aucune des réponses ci-dessus

c. Le bicarbonate de sodium

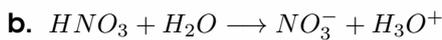
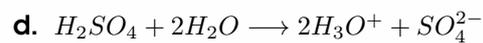
98 Dans lequel des composés suivant le Mn a-t-il un état d'oxydation de -4 ?



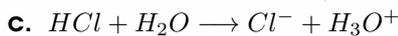
e. Aucune des réponses ci-dessus



99 Laquelle des équations chimiques ci-dessous est fausse ?



e. Aucune des réponses ci-dessus



100 Quelle quantité d'énergie en calorie est libérée si température de l'eau augmente de 6°C ?

a. $1,2 \times 10^2 \text{ cal}$

d. $4,5 \times 10^3 \text{ cal}$

b. $1,2 \times 10^3 \text{ cal}$

e. Aucune des réponses ci-dessus

c. $2,25 \times 10^3 \text{ cal}$



7 - Épreuve de Culture Générale 2015

Partie 1 : Domaine Scientifique

Instructions

! Pour chaque question ci-dessous, choisissez la réponse la plus appropriée parmi les réponses proposées.

- 1 Quelle interaction illustre le mieux le concept de mutualisation ?
 - a. Les pucerons se nourrissent des feuilles roses
 - b. Les bactéries fixant l'azote dans les nodules des racines des légumes
 - c. Les bactéries infectieuses vivant sur le sang de l'hôte
 - d. Les loups et les renards arctiques se nourrissant des lapins de la neige
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 2 Dans le cycle du carbone, le carbone est transféré des animaux aux plantes par laquelle des substances suivantes ?
 - a. Le dioxyde de carbone
 - b. L'oxygène
 - c. Les sucres
 - d. L'eau
 - e. L'oxygène et l'eau
- 3 Par quel processus le dioxyde de carbone est-il enlevé de l'atmosphère ?
 - a. La combustion
 - b. La décomposition
 - c. La décomposition
 - d. La respiration
 - e. La photosynthèse
 - f. Toutes les réponses ci-dessus
- 4 Laquelle des propositions suivantes est la séquence retrouvée dans le cycle de l'azote ?
 - a. Azote dans la terre → air → plantes → animaux
 - b. Azote dans la terre → animaux → plantes → champignons
 - c. Azote dans l'air → plantes → animaux → bactérie
 - d. Azote dans l'air → bactérie → plantes → animaux
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 5 Laquelle des propositions suivantes est un exemple d'une succession écologique ?
 - a. Le printemps suivi par l'été
 - b. Le têtard devant une grenouille
 - c. La prairie remplaçant un étang
 - d. Le prédateur mangeant une proie
 - e. Toutes les réponses ci-dessus
- 6 Quel est le principal problème de l'environnement associé à la combustion du carburant fossile ?
 - a. L'épuisement de l'eau fraîche
 - b. L'épuisement e l'ozone
 - c. Le refroidissement global
 - d. Le réchauffement global
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 7 Pourquoi plusieurs espèces différentes peuvent-elles cohabiter dans un écosystème lorsqu'elles compétissent pour les ressources limitées ?
 - a. Chaque espèce se trouve dans un biome différent
 - b. Chaque espèce survient dans un habitat légèrement différent
 - c. Chaque espèce occupe une niche différente
 - d. Chaque espèce comprend une population différente
 - e. Aucune des réponses ci-dessus

- 8) Laquelle des propositions suivantes n'est ni un écosystème, ni la définition d'un écosystème ?
- a. Tous les organismes, parfois des centaines d'espèces, dans un lieu donné
 - b. Une feuille qui est tombée par terre
 - c. Une forêt pluviale tropicale
 - d. Les oiseaux varechs d'Australie du Sud, pays du dragon marin
 - e. Toutes les réponses ci-dessus
- 9) Les espèces qui ne sont pas natives d'un écosystème particulier et dont l'introduction a entraîné un préjudice économique ou environnemental s'appellent :
- a. Espèces pionnières
 - b. Espèces dégradées
 - c. Espèces invasives
 - d. Espèces secondaires
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 10) Le taux de croissance réelle d'une population est calculé par :
- a. L'addition de tous les facteurs de résistance environnementale
 - b. La soustraction du taux de mortalité et d'émigration des taux de naissance et d'immigration
 - c. La soustraction du taux de mortalité du temps de temps de génération
 - d. Le taux de naissance seul
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 11) Lequel des types d'organismes suivant serait classé de manière la plus appropriée comme un membre du règne des champignons ?
- a. Les algues
 - b. Les bactéries
 - c. Les poissons
 - d. Les moisissures
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 12) Un homme diagnostiqué avec la maladie de Parkinson a suspecté que la pollution dans son lieu de travail (usine) peut en être la cause. Laquelle des phrases suivantes pourraient apporter plus de poids à sa suspicion ?
- a. Une enquête auprès des travailleurs de l'usine révèle beaucoup de cas de maladie
 - b. Une enquête des travailleurs de l'usine et des usines similaires révèle beaucoup de cas de maladie
 - c. L'incidence de la maladie est plus élevée chez les travailleurs de l'usine que chez les travailleurs d'âge correspondant dans les lieux de travail non pollués
 - d. La moyenne nationale de la maladie de Parkinson est inférieure par rapport à celle des travailleurs de l'usine.
 - e. Toutes les réponses ci-dessus
- 13) Laquelle des propositions suivantes est un exemple d'exclusion compétitive ?
- a. Deux espèces de poissons ne peuvent pas vivre dans le même habitat
 - b. Une espèce de plante introduite va exclure une espèce native similaire
 - c. Deux espèces parasites ne peuvent pas occuper le même hôte
 - d. Les individus du territoire vont exclure les autres de la même espèce
 - e. Toutes les réponses ci-dessus
- 14) Lesquels des organismes suivant servent comme décomposeurs dans l'écosystème ?
- a. Les bactéries et les virus
 - b. Les champignons et les bactéries
 - c. Les virus et les protétes
 - d. Les champignons et les virus
 - e. Toutes les réponses ci-dessus
- 15) Parmi les organismes suivants, lequel est cause du choléra ?

- a. *Vibrio leprae*
- b. *Vibrio cholera*
- c. *Shigella shigella*
- d. *Salmonella typhi*
- e. *Salmonella paratyphi*

16) Lequel de ces vaccins protège contre la tuberculose ?

- a. BCG
- b. Polio
- c. Diphtheria
- d. Small pox
- e. Immunoglobulines

17) La plupart des antibiotiques sont isolés des :

- a. Virus
- b. Microorganismes
- c. Organes et tissus de certains animaux
- d. Plantes
- e. Terre

18) Quel est le nom de la protéine qui se trouve dans l'enveloppe virale ?

- a. Soikes
- b. Capside
- c. Capsomère
- d. Protéine globulaire
- e. Aucune des réponses ci-dessus

19) Laquelle des maladies suivantes n'est pas prévenue par la vaccination ?

- a. La rougeole
- b. La coqueluche
- c. La poliomyélite
- d. La syphilis
- e. La tuberculose

20) Le meilleur indicateur de la valeur centrale lorsqu'une ou plusieurs observations les plus basses ou les plus élevées sont largement éloignées ou ne sont pas distribuées de manière plus ou moins régulière s'appelle :

- a. Le mode
- b. La moyenne
- c. La médiane
- d. La fourchette
- e. L'écart-type

21) L'observation la plus fréquemment trouvée dans une série est :

- a. Le mode
- b. La moyenne
- c. La médiane
- d. La fourchette
- e. L'écart-type

Partie 2 : Culture Générale et Éducation Civique

Instructions

! Pour chaque question ci-dessous, choisissez la réponse la plus appropriée parmi les réponses proposées.

22) Quels sont les organes qui font la loi au Cameroun ?

- a. Le mode
- b. La moyenne
- c. La médiane
- d. La fourchette
- e. L'écart-type

23) Citez le mois et l'année où le Cameroun é été admis comme membre du Commonwealth :

- a. Février 1990
- b. Octobre 1993
- c. Octobre 1961
- d. Mai 1972
- e. Novembre 1995

- 24 L'institution créée par le gouvernement du Cameroun en 2002 chargée de surveiller des élections était
- La Commission Nationale des Droits de l'Homme et des Libertés
 - L'Observatoire National des Elections
 - La Commission Electorale Indépendante
 - Elections Cameroun
 - Transparency International
- 25 Quel organe des Nations Unies était principalement responsable de la résolution de la crise de Bakassi entre le Cameroun et le Nigeria en passant un verdict octroyant le territoire disputé au Cameroun ?
- Le Conseil de Sécurité
 - L'Assemblée Générale
 - La Commission de Résolution des Conflits
 - Le Secrétaire Général
 - La Cour Internationale de Justice
- 26 Quelle constitution a prévu la décentralisation au Cameroun ?
- La Constitution Fédérale de 1961
 - La Constitution Unitaire de 1972
 - La Constitution de 1996
 - La Constitution de 2008
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 27 Quel est le Ministère en charge de l'implantation de la décentralisation au Cameroun ?
- Ministère de la Décentralisation
 - Ministère de l'Administration Municipale
 - Ministère de l'Administration Territoriale
 - Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation
 - Aucune des réponses ci-dessus
- 28 Laquelle des propositions suivantes n'a pas d'importance en ce qui concerne l'Acte de Naissance au Cameroun ?
- Important dans l'établissement de la Nationalité Camerounaise
 - Déterminer l'âge du sujet
 - Permettre aux gens de participer aux élections
 - Requis aux points de contrôle de police
 - Requis pour l'obtention de la carte nationale d'identité
- 29 Par rapport à l'enregistrement des décès au Cameroun, toutes les propositions suivantes sont correctes sauf une. Laquelle ?
- Dossier légal attestant la mort
 - Donne aux membres de la famille la paix et la documentation de la cause du décès
 - Source des statistiques nationales de mortalités
 - Justification de divorce
 - Demande des bénéficiaires d'assurance
- 30 Lequel des pays suivants est l'émetteur mondial le plus important de dioxyde de carbone dans l'atmosphère ?
- La chine
 - Les Etats Unis d'Amérique
 - La Russie
 - L'Inde
 - La Grande Bretagne
- 31 Toutes les propositions suivantes sont des raisons pour étudier l'éducation civique sauf une. Laquelle ?
- Pour connaître vos devoirs
 - Pour connaître vos responsabilités
 - Pour connaître vos droits
 - Pour être patriotique
 - Pour accroître vos potentialités

- 32) Quelle institution judiciaire se trouve dans la constitution du Cameroun de 1996 mais n'est pas encore opérationnelle ?
- a. L'Assemblée Constitutionnelle
b. Le Conseil Constitutionnel
c. Le Senat
d. L'Assemblée Nationale
e. La Cour suprême
- 33) Qui était parmi les femmes suivantes la première femme Présidente en Afrique ?
- a. Ellen Johnson Serliff
b. Joyce Banda
c. Edith Kah Walla
d. Wangari Marthai
e. Foning Française
- 34) Quel parti politique avait formé une coalition avec le Gouvernement du Renouveau après les élections législatives de 1992 ?
- a. MDR
b. UNDP
c. UPC
d. CDU
e. CUP
- 35) Quel logiciel informatique est fréquemment utilisé pour les présentations ?
- a. Microsoft Office Word
b. Microsoft Office PowerPoint
c. Microsoft Office Outlook
d. Microsoft Office Publisher
e. Microsoft Office Excel

Partie 3 : Épreuve de Langue/ Language

Français

 **Caution / Mise en garde**

This part is only for holders of GCE/AL (partie réservée uniquement aux titulaires GCE/AL).

- 36) Les enfants de balayer la cour.
- a. viens
b. vient
c. venez
d. viennent
e. viendront
- 37) Tu ton travail avant de partir ; d'accord ?
- a. finis
b. finit
c. finissons
d. finissent
e. finiront
- 38) Les étudiants au cours de samedis matins.
- a. vais
b. allons
c. vont
d. allez
e. va
- 39) Elles Inès et Rita.
- a. s'appelles
b. s'appellent
c. s'appelle
d. s'appeler
e. s'appellerons
- 40) Son oncle travaille à hôtel Hilton. Il ne se plaint pas trop.
- a. le
b. la
c. les
d. l'
e. des
- 41) Le surveillant général doit trouver une punition élèves têtus.

- a. au b. pour les c. des d. aux e. les

42 Cette fille va Mozambique presque chaque année.

- a. à b. en c. au d. à la e. vers

43 Anna est née à Varsovie Pologne, et elle y vit.

- a. en b. au c. aux d. à e. dans

 **Instructions**
 Les chiffres dans le passage suivant correspondent aux mots qui manquent. Complétez le passage en choisissant les mots justes dans les listes proposées.

Alida44.... une bonne fille. Elle aime45.... aidé sa mère. Elle peut46.... tout le travail sans être fatiguée. Elle aime47.... joué avec48.... petit frère. Parfois, elle appelle49.... camarades de classe pour l'aider50.... cherché du bois pour sa mère.

- 44 a. es b. suis c. est d. était e. être

- 45 a. toujours b. quand c. de d. pour e. à

- 46 a. faite b. fait c. fais d. faire e. fera

- 47 a. aussi b. plus c. pour d. comme e. à

- 48 a. leurs b. ses c. son d. sa e. sont

- 49 a. tous b. quelques c. toutes d. tout e. quelles

- 50 a. tous b. en c. de d. à e. dans

English

 **Caution / Mise en garde**
 This part is only for holders of BACC / Partie réservée uniquement aux titulaires du BACC.

Section A : Fill the blank with the most appropriate

36 Sickle cell anaemia makes its victims live drugs throughout life.

- a. with b. for c. buy d. on e. at

37 A good judge never jumps conclusions.

- a. to b. at c. on d. for e. into

38 He was killed a high wayman a cutlass.

- a. by ; for b. by ; with c. in ; for d. with ; for e. for ; by

Section B : Pronoun Usage

- 39) Everybody in this class has completed homework already.
 a. his b. her c. his or her d. their e. our
- 40) The committee submitted four version, indicating that the committee members had acted as individuals.
 a. its b. it's c. their d. theirs e. those

Section C : Subject-verb / pronoun-antecedent agreement

- 41) Neither of us able to predict the outcome of today's game.
 a. where b. were c. had been d. is e. to be
- 42) The doctor to attend the convention along with three nurses.
 a. plan b. plans c. planed d. must plan e. were planning

Section D : Phrasal Verbs : select the corresponding lexical or phrasal verb to the underlined word(s)

- 43) This warrants that we call in a specialist.
 a. tell b. invite c. beg d. pay e. accept
- 44) See a doctor ; don't play down these symptoms.
 a. tolerate b. postpone c. minimize d. attribute e. stop
- 45) On February 14, some people found love while others broke up.
 a. stopped b. scattered c. separated d. split e. withdrew

Section E : Adjectives

- 46) Denis bought a sofa.
 a. new leather black shiny c. black shiny new leather e. none
 b. shiny new black leather d. leather black shiny new
- 47) Uncle Jack is really man.
 a. an old good c. a good old e. none of the above
 b. a good, old d. an old, good

Section F : Noun inflection

- 48) The emperor has thrown a party for the

- a. emperoress
- b. empresse

- c. empress
- d. female emperor

- e. emprice

49) You shouldn't behave like children.

- a. grows-up
- b. grown-ups

- c. growed-ups
- d. grow-ups

- e. None of the above

50) Here are all the report cards.

- a. students'
- b. student's

- c. students
- d. student

- e. studentes'

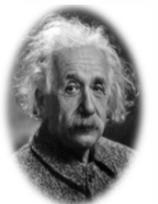
Partie

7

ÉPREUVE TYPE

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein





8 — Épreuve type de Biologie-Chimie-Physiques

Condition de performance

| Durée : 03 heures

Partie 1 : Biologie

Instructions

| Choisir la ou les réponses justes.

- 1 Le constituant majeur de la paroi bactérienne est
 - a. Le peptidoglycan
 - b. La cellulose
 - c. Les phospholipides
 - d. Le cholestérol
 - e. La myéline
- 2 La myéline est un
 - a. Un phospholipide
 - b. Un triglycéride
 - c. Une protéine
 - d. Un lipide ternaire
 - e. Une glycoprotéine
- 3 Une des fonctions suivantes est une caractéristique fonctionnelle importante de tous les organismes :
 - a. Mouvement
 - b. Croissance
 - c. Métabolisme
 - d. Excitabilité
 - e. Toutes ces réponses
- 4 La régulation de l'homéostasie du milieu interne repose principalement sur deux des systèmes suivants. lesquels ?
 - a. Système nerveux
 - b. Système digestif
 - c. Système cardiovasculaire
 - d. Système endocrinien
 - e. Système génital
- 5 Le terme qui désigne une solution dans laquelle les cellules perdent de l'eau au profit de leur milieu est :
 - a. Hypotonique
 - b. Isotonique
 - c. Hypertonique
 - d. Catatonique
 - e. Anionique
- 6 Une cellule végétale jeune activement mitotique est dite :
 - a. Subéreux
 - b. Méristématique
 - c. Souche
 - d. Totipotente
 - e. Aucune des réponses ci-dessus
- 7 Le mécanisme d'endocytose par lequel des particules sont entourées et amenées à l'intérieur de la cellule est :
 - a. Phagocytose
 - b. Pancytose
 - c. Exocytose
 - d. Englobissement
 - e. Avalément
- 8 La séquence d'information qui détermine la nature d'une protéine est :

- a. Nucléotide
- b. Gène
- c. Triplet
- d. Codon
- e. Anti-codon

9) La phase de la mitose pendant laquelle le noyau se divise est

- a. La prophase
- b. La métaphase
- c. L'anaphase
- d. Le téphopphase
- e. L'interphase

10) La phase de la mitose pendant laquelle les centrioles arrivent aux pôles et les chromosomes se fixent aux fuseaux mitotique est :

- a. Anaphase
- b. La métaphase
- c. Prophase
- d. Le téphopphase
- e. La télophase

11) Le brassage intra chromosomique :

- a. a lieu pendant la prophase 1 de méiose
- b. se produit entre deux chromatides d'un chromosome
- c. conduit à l'obtention de chromosomes dont les deux chromatides portent les allèles différents d'un même gène
- d. conduit à l'obtention de chromosomes dont les chromatides portent des gènes différents au même locus
- e. Aucune des propositions cidessus

Instructions

Choisir les réponses exactes.

12) Une enzyme est

- a. Toujours de nature protéique
- b. Toujours associé à un coenzyme
- c. Catalyseur chimique
- d. Apportée par l'alimentation
- e. Formé de nucléotides

13) Un parasymphomimetique peut être

- a. Un agoniste nicotique
- b. Un agoniste muscarinique
- c. Un agoniste cholinergique
- d. Un agoniste adrénérgique
- e. Aucune des propositions ci-dessus

14) Si deux parents présentant un phénotype normal, ont un enfant atteint d'une maladie héréditaire, alors les génotypes des deux parents sont :

- a. Homozygotes pour l'allèle responsable de la maladie
- b. Homozygotes pour l'allèle normal
- c. Hétérozygotes
- d. Toutes les propositions sont exactes
- e. Aucune réponse n'est exacte

15) Dans une espèce animale donnée, l'allèle d'un gène autosomique « taille longue T » est dominant sur l'allèle « taille courte t ». On croise un homozygote dominant avec un hétérozygote, on obtient 20 descendants. Combien de ces derniers peuvent être homozygotes ?

- a. 0
- b. 5
- c. 10
- d. 15
- e. 20

16) Lors de la spermatogenèse, si une spermatogonie humaine subit 3 mitoses et que 4 des cellules obtenues entrent en méiose, on obtient :

- a. 4 cellule haploïdes et 4 cellules diploïdes
- b. 4 cellule diploïdes et 16 cellules haploïdes
- c. 20 cellules haploïdes
- d. 20 cellules diploïdes
- e. 40 cellules diploïdes

17 Une molécule d'anticorps :

- a. Possède un site de fixation de l'antigène
- b. Est toujours spécifique d'un épitope donné
- c. Peut se fixer à 2 antigènes de nature différente
- d. Est souvent sécrétée par certains LT spécialisés
- e. Aucune des propositions n'est exacte

18 L'immunité à médiation cellulaire :

- a. Ne met en jeu aucune cellule
- b. Agit par le biais des immunoglobulines
- c. Agit par le biais des lymphocytes
- d. Met en jeu les plasmocytes
- e. Aucune des propositions n'est exacte

19 Les protéines gp 120 du VIH :

- a. Se fixent aux récepteurs CD4
- b. Se fixent aux récepteurs T
- c. Se fixent aux récepteurs B
- d. Sont nécessaires à la pénétration intracellulaire du virus
- e. Aucune des propositions n'est exacte

20 Lorsque les deux ovaires de la femme libèrent deux ovules qui sont simultanément fécondés, on obtient alors :

- a. De vrais jumeaux
- b. De faux jumeaux
- c. Des siamois
- d. Un avortement
- e. Des inaptes



Instructions

Choisir la réponse juste.

21 Parmi les caractéristiques suivantes, laquelle ne s'applique aux synapses chimiques :

- a. Libération d'un neurotransmetteur par les membranes présynaptiques
- b. La présence sur les membranes post synaptiques des récepteurs qui se lient aux neurotransmetteurs
- c. Un flux d'ions du neurone pré synaptique au neurone post synaptique à travers des canaux protéiques
- d. Un espace rempli de liquide qui sépare les deux neurones
- e. Neant

22 Parmi les substances suivantes, laquelle n'est pas une amine biogène :

- a. Noradrénaline
- b. Acétylcholine
- c. Dopamine
- d. Sérotonine
- e. Epiréphrine

23 Si le bouton synaptique d'un neurone A fait synapse avec l'axone d'un neurone B, on a quel type de synapse ?

- a. Axoaxonique
- b. Axodendritique
- c. Axosomatique
- d. Axoneuronique
- e. Plaque motrice

24 Un PPSI est inhibiteur parce que :

- a. Il hyperpolarise la membrane post synaptique
- b. Il réduit la quantité de neurotransmetteurs libérés par le corpuscule pré synaptique
- c. Il empêche l'entrée de calcium dans le corpuscule pré synaptique
- d. Il modifie le seuil d'excitation du neurone
- e. Toutes les propositions sont exactes

25 La méningite est :

- a. Une blessure dans les méninges
- b. Une inflammation des méninges
- c. Touche uniquement dure-mère
- d. N'existe que chez les eskimos
- e. Aucune des propositions n'est exacte

26 La méninge la plus profonde est :

- a. La pie-mère
- b. L'arachnoïde
- c. La dure-mère
- d. Le collagène dure
- e. L'épinièvre

27 AVC signifie :

- a. Avortement volontaire conseillé
- b. Accident vasculaire cérébral
- c. Accident valvulaire cardiaque
- d. Accident veineux central
- e. Néant

28 L'une des conséquences de l'AVC est :

- a. L'augmentation de l'intelligence
- b. La paralysie
- c. La prise de poids
- d. Les grossesses indésirables
- e. Les troubles digestifs

29 Dans un couple d'hétérozygotes pour l'albinisme, sachant que le gène est récessif, quelle est la probabilité d'avoir un enfant albinos :

- a. 1/3
- b. 2/3
- c. 1/4
- d. 1/2
- e. 1/16

30 L'intrus : liste des cellules impliquées dans l'immunité humorale

- a. Macrophage
- b. Lymphocyte T cytotoxique
- c. Plasmocyte
- d. Lymphocyte B
- e. LT auxiliaire

31 La maladie hémolytique du nouveau-né est due à :

- a. Une réaction auto-immune chez le nouveau-né par le stress de la naissance
- b. La lyse des hématies foetales provoquée par ses propres anticorps
- c. La production par la mère $[Rh^-]$ d'anticorps anti- Rh^+ suite au contact avec les hématies
- d. La production par le fœtus $[Rh^+]$ d'anticorps anti- Rh^+ chez la mère
- e. Néant

32 Les crossing-over :

- a. Ont lieu de manière aléatoire à n'importe quel moment de la méiose
- b. Peuvent dans certains cas se réaliser au cours d'une mitose
- c. Assurent le brassage interchromosomique au cours de la méiose
- d. Ne peuvent exister chez les organismes haploïdes
- e. Assurent un brassage allélique entre des chromosomes homologues

33 Quand les résultats du test cross donnent 50% d'un phénotype et 50% de l'autre :

- a. Le génotype recherché est homozygote pour le caractère considéré
- b. Le génotype recherché est hétérozygote pour le caractère considéré
- c. Le phénotype recherché est hétérozygote pour le caractère recherché
- d. Le phénotype recherché est homozygote pour le caractère recherché
- e. Néant

34 Quand le résultat d'un test-cross donne une génération F₂ présentant 4 phénotypes différents en proportions égale de 25%, les gènes sont :

- a. Liés
- b. Indépendants
- c. Portés par des paires différentes de chromosomes
- d. Portés par une seule paire de chromosomes

35 L'ATP est

- a. Un nucléotide triphosphate
- b. Un trinucleotide triphosphate
- c. Un trinucleotide monophosphate
- d. Une molécule inorganique
- e. Toutes les réponses sont exactes

36 La drépanocytose est une maladie de :

- a. La bouche
- b. De la poule
- c. Un trinucleotide monophosphate
- d. Toutes les réponses sont exactes
- e. Aucune réponse n'est exacte

37 Les organites cellulaires sont :

- a. Les réticulocytes
- b. Les plasmocytes
- c. Les ribosomes
- d. Toutes les réponses sont exactes
- e. Aucune réponse n'est exacte

38 La mitose est :

- a. Une division cellulaire
- b. Une division des êtres vivants
- c. N'existe pas
- d. Toutes les réponses sont exactes
- e. Aucune réponse n'est exacte

39 Le testicule ne peut fonctionner normalement qu'à la température de

- a. L'abdomen
- b. Le scrotum
- c. Le thorax
- d. La bouche
- e. Le vagin

40 Région de l'encéphale, centre responsable de l'équilibre et de la posture :

- a. Télencéphale
- b. Cervelet
- c. Hypophyse
- d. Épiphyse
- e. Aucune réponse n'est exacte



Instructions

Choisir la réponse fausse.

41 L'immunodéficience due au VIH :

- a. Facilite l'apparition des maladies opportunistes
- b. Est la conséquence des maladies opportunistes
- c. Affaiblit le système immunitaire
- d. Résulte de la diminution des lymphocytes T4
- e. Résulte de la diminution des lymphocytes B

42 La vaccination produit :

- a. Une immunité passive
- b. Une immunité active
- c. Une immunité retardé durable dans le temps
- d. Prévient de nombreuses maladies
- e. Une immunité non spécifique

43 Chez l'homme, la spermatogénèse :

- a. A lieu dans les tubes séminifères
- b. Commence à la puberté et s'arrête à 60 ans
- c. Est continue à partir de la puberté
- d. Produit 4 spermatozoïdes par spermatogonie
- e. Est indépendant des hormones

- 44) Chez les bactéries aérobie, la chaîne respiratoire a lieu dans
- a. La capsule b. La paroi c. Le mesosome d. Le cytoplasme e. Le nucléoïde
- 45) L'étape de la respiration qui produit le plus de CO_2 est :
- a. Le glycolyse d. La chaîne respiratoire
b. La décarboxylation oxydative e. Toutes les étapes produisent la même quantité de CO_2
c. Le cycle de Krebs
- 46) Le potentiel de membrane :
- a. Correspond à une différence de potentiel entre les milieux extra et intracellulaire
b. Existe dans toutes les cellules vivantes
c. Est modifié lors de la stimulation d'un neurone
d. N'existe que dans les cellules nerveuses
e. Toutes les étapes produisent la même quantité de CO_2
- 47) Un potentiel de récepteur :
- a. Est graduable c. Est propageable
b. Est sommable d. Obéit à la loi du tout ou rien



Instructions

Choisir la réponse exacte.

- 48) L'adénosine est :
- a. Une base de l'ADN d. Une association Adénine + Ribose
b. Une base de l'ARN e. Néant
c. Une association Adénine + Acide phosphorique
- 49) La phase biochimique de la photosynthèse
- a. Se déroule la nuit d. Produit l'ATP
b. Se déroule dans la thylakoïde e. Aucune proposition n'est exacte
c. Permet la libération de l' O_2
- 50) L'étape à la fermentation alcoolique et la respiration est
- a. La glycolyse d. La chaîne respiratoire
b. La décarboxylation oxydative e. Aucune proposition n'est exacte
c. Le cycle de Krebs

Partie 2 : Chimie



Instructions

Choisir la bonne réponse.

- 51) Une solution est un :

- a. Mélange entre un soluté et un solvant
b. Mélange homogène entre un soluté et un solvant
c. Est un mélange homogène entre un soluté et l'eau
d. Est un mélange hétérogène entre un soluté et l'eau
- 52 La molécule d'eau est polaire parce que :
a. Elle est formée d'oxygène électronégatif et d'hydrogène électropositif
b. Le barycentre des charges positives et négatives ne coïncident pas
c. Elle est linéaire
d. Elle est coudée
- 53 La concentration molaire d'une solution est :
a. Le nombre de moles de soluté par litre de solvant
b. Le rapport entre le volume de la solution par le nombre de moles de soluté
c. Donnée par la relation $nA = [A]V$, avec $[A]$ la concentration de l'espèce A, nA le nombre de moles de A et V le volume de la solution.
d. La masse de soluté par litre de solvant
- 54 Dans une solution aqueuse de sulfate de sodium de concentration $0,25\text{mol.L}^{-1}$ la concentration des ions sodium est :
a. $0,25\text{mol.L}^{-1}$
b. $0,50\text{mol.L}^{-1}$
c. $0,125\text{mol.L}^{-1}$
d. $0,50\text{mol.L}^{-1}$
- 55 Le produit ionique de l'eau à 60°C est de $9,6 \times 10^{-14}$. A cette température, le pH d'une solution neutre est :
a. 7
b. 6
c. 6,5
d. 7,5
e. 6,8
- 56 Une solution aqueuse d'acide sulfurique a une concentration de 10^{-2}mol.L^{-1} . Le pH de cette solution est de :
a. 2
b. 1,7
c. 2,3
d. 4
e. Aucune de ces réponses
- 57 Un acide AH de concentration 10^{-2}mol.L^{-1} a un pH de 3,4. A. son coefficient de dissociation est de :
a. 4%
b. 100%
c. 3,5%
d. 0,04%
- 58 Lors du dosage d'un acide faible AH par une base forte, l'expression donnant le pH avant le point d'équivalence est :
a. $\text{pH} = -\log(C_a V_a - C_b V_b) / C_b V_b$
b. $\text{pH} = -\log(C_b V_b) / (C_a V_a - C_b V_b)$
c. $\text{pH} = \text{pKa} + \log(C_b V_b) / (C_a V_a - C_b V_b)$
d. $\text{pH} = 14 + \log(C_b V_b) / (C_a V_a - C_b V_b)$
- 59 Lors d'un dosage colorimétrique :
a. On doit utiliser n'importe lequel des indicateurs colorés disponibles
b. On doit utiliser tout indicateur coloré dont la zone de virage est en milieu basique
c. On doit utiliser un indicateur coloré dont la zone de virage contient le pH à l'équivalence
d. On doit utiliser tout indicateur coloré dont la zone de virage est en milieu acide
e. On doit utiliser tout indicateur coloré dont la zone de virage est en milieu neutre
- 60 Lors des réactions d'estérification, pour un mélange d'une mole d'alcool et d'une mole d'acide, on obtient à l'équilibre 2/3 de mol d'ester et 2/3 de mole d'eau. Cette affirmation est valable :
a. Quel que soit l'alcool
b. Uniquement pour les alcools primaires
c. Uniquement pour les alcools secondaires
d. Uniquement pour les alcools tertiaires
- 61 La combustion de 184 mg d'un hydrocarbure ayant une masse moléculaire de 56 a donné 577 mg de CO_2 et 236 mg d' H_2O . Quelle est la formule moléculaire de ce composé ?

- a. C_4H_8 b. C_2H_4 c. C_8H_{16} d. C_6H_6 e. C_3H_8

62 L'alcootest procède par l'oxydation de l'éthanol en éthanal ou en acide éthanoïque en présence de l'acide sulfurique dans une solution aqueuse d'ion

- a. Chlorure b. Cuivreux c. Cuivrique d. Bichromate

63 L'oxydation en présence du cuivre du méthylpropan-2-ol donne

- a. Un aldéhyde b. Une cétone c. Un acide d. Aucun de ces corps

64 L'ion Fe^{3+} est appelé :

- a. Ion fer b. Ion ferreux c. Ion ferrique d. Ion fer (III)

65 L'ion calcium devant le calcium à un rayon :

- a. Plus petit c. Égal
b. Plus grand d. Impossible de comparer

66 Le nombre de protons de l'ion zinc $30Zn^{2+}$ est :

- a. 18 b. 30 c. 32 d. 2 e. 37

67 Parmi les halogénures d'hydrogène, le plus acide est :

- a. HF b. HCl c. HBr d. HI e. HAt

68 L'hydrocarbure $C_{20}H_{42}$ est appelé

- a. Éthane b. Décane c. Undécane d. Éicosane

69 Quelle masse de $FeSO_4 \cdot 5H_2O$ faut-il dissoudre dans un litre d'eau pure pour avoir une solution centimolaire de Fe^{2+} ?

- a. 242g c. 21,04g e. Aucune réponse exacte
b. 2,42g d. 21,22g

70 Combien existe-t-il d'isomères du dichloroéthane ?

- a. 1 b. 2 c. 3 d. 4 e. 5

71 On considère l'équilibre gazeux suivant obtenu dans une enceinte $N_2 + 3H_2 \xrightleftharpoons{(1)} 2NH_3$. Sachant que la réaction directe (1) est favorisée lorsque la température diminue ; cette réaction directe est :

- a. Exothermique b. Endothermique c. Athermique d. Aucune de ces réponses n'est juste

72 On mélange 10 mL d'une solution d'acide chlorhydrique de $pH = 1$ et 40 mL d'une autre solution d'acide chlorhydrique de $pH = 4$. Le pH du mélange est :

- a. 1 b. 1,7 c. 2 d. 2,5 e. 3

73 Laquelle de ces molécules n'est pas chirale : glycine, alanine, valine, bromochlorométhylamine et leucine ?

- a. Glycine
- b. Alanine
- c. Valine
- d. Bromochlorométhylamine
- e. Leucine

74) Dans les conditions normales de température et de pression, sous quel état physique ne trouve-t-on pas les alcools ?

- a. Gazeux
- b. Liquide
- c. Solide
- d. Gazeux et solide
- e. Liquide et solide

75) La liaison entre l'oxygène et l'hydrogène dans la molécule d'eau est polarisée parce que :

- a. L'oxygène est plus électronégatif que l'hydrogène
- b. L'hydrogène est plus électronégatif que l'oxygène
- c. L'oxygène et l'hydrogène ont la même électronégativité
- d. L'atome d'hydrogène a un volume plus petit que l'atome d'oxygène
- e. Toutes les propositions sont justes

Partie 3 : Physiques

Instruction

Choisir la bonne réponse.

76) Un solide est constitué d'une tige homogène de longueur l et d'une sphère de rayon $l/2$ fixée à une extrémité de la tige. La tige a une masse m et la sphère une masse $m/4$. Le centre de gravité de l'ensemble se trouve par rapport à l'extrémité libre à une distance de :

- a. $7l/10$
- b. $9l/10$
- c. $3l/5$
- d. $4l/5$
- e. Aucune réponse juste

77) Le moment d'inertie de l'ensemble par rapport à un axe passant par l'extrémité libre de la tige est de :

- a. $1/12ml^2$
- b. $1/3ml^2$
- c. $1/40ml^2$
- d. $11120ml^2$
- e. Aucune réponse juste

78) Le poids d'un corps est une force :

- a. Répartie un support
- b. Localisée au point de contact avec c. Localisée au centre de masse
- d. De contact
- e. À distance

79) Tous les dipôles représentés par un rectangle sur la figure cidessous sont identiques. L'intensité dans le générateur est I L'intensité du courant dans le dipôle (1) est de :

- a. $I/2$
- b. $I/3$
- c. $I/4$
- d. $I/6$
- e. Aucune réponse juste

80) Pour transformer un ampèremètre en voltmètre, il faut :

- a. Changer le cadrant de l'ampère- un résistor à l'ampèremètre
- b. Monté seulement en dérivation c. Monté seulement en série résistor
- d. Changer le cadrant de l'ampère- mètre et monté en série un résistor
- e. Aucune réponse juste

81) Le cadran d'un voltmètre à aiguille comporte 150 divisions ; le calibre utilisé est 3 V. on le branche aux bornes d'un dipôle. L'aiguille s'immobilise devant graduation 128. Quelle est la tension mesurée ?

- a. 2V
- b. 2, 56V
- c. 3V
- d. 1, 56V
- e. Aucun
- f. Aucune réponse juste

82 Il y a éclipse de soleil quand :

- a. Le cône d'ombre de la lune est coupé par la terre
- b. Le cône d'ombre de la terre est coupé par la lune
- c. La lune passe dans le cône d'ombre de la terre
- d. La terre passe par le cône d'ombre de la lune
- e. Aucune réponse juste

83 Entre une source S et un écran, on place un carré de carton opaque de côté 10 cm. La distance source - carton est de 20 cm et la distance carton - écran 80 cm. Le côté de l'ombre portée sur l'écran est de :

- a. 50cm
- b. 60cm
- c. 70cm
- d. 80cm
- e. Aucune réponse juste

84 Lorsque l'angle d'incidence i d'un rayon lumineux est supérieur à l'angle de réfraction, le milieu de départ :

- a. Est plus réfringent que le milieu d'arrivé
- b. Est moins réfringent que le milieu d'arrivé
- c. À un indice de réfraction plus élevé par rapport au milieu d'arrivé
- d. À un indice de réfraction moins élevé par rapport au milieu d'arrivé
- e. Aucune réponse juste

85 Un faisceau parallèle de lumière monochromatique tombe sur un prisme d'angle 6° . Sachant que l'angle de déviation minimale est de 30° ; calculer l'indice du prisme.

- a. 1, 3
- b. 1, 4
- c. 1, 5
- d. 1, 6
- e. Aucune réponse juste

86 Un chauffe-eau de puissance 5 kW contient 200 L d'eau à $25^\circ C$. Sachant que son rendement est $r = 80\%$. Calculer le temps nécessaire pour porter à ébullition l'eau qu'il contient.

- a. $1,6 \times 10^4$ s
- b. $2,6 \times 10^4$ s
- c. $1,6 \times 10^4$ s
- d. $2,6 \times 10^4$ s
- e. Aucune réponse juste

87 La demi-vie d'une substance radioactive est de 30 minutes. Si un échantillon contient initialement 240 g de cette substance, deux heures plus tard, il contiendra :

- a. 15g
- b. 30g
- c. 40g
- d. 60g
- e. 120g

88 Quelle est l'énergie libérée quand un noyau d'hélium est produit par la fusion de deux neutrons et de deux protons. On donne : $m_p = 1,00898\mu$, $m_n = 1,00759\mu$, $m_{He} = 4,0015\mu$ et $1\mu = 931MeV/C^2$.

- a. 25, 5MeV
- b. 29, 5MeV
- c. 30MeV
- d. 36MeV
- e. Aucune réponse juste

89 Une source radioactive est tombée au $1/128^{\text{ème}}$ de son activité initiale après 50 jours. Quelle est sa demi-vie ?

- a. 5 jours 1/5
- b. 6 jours 1/6
- c. 7 jours 1/7
- d. 8 jours 1/8
- e. Aucune réponse juste

90 On considère le noyau de fer ${}^{56}_{26}Fe$, $1\mu = 1,66054 \times 10^{-27}kg$, masse proton = $1,00728\mu$, masse neutron = $1,00866\mu$ et $m_{Fe} = 55,92068\mu$. Calculer l'énergie de liaison par nucléon, en MeV/nucléon, d'un noyau de fer.

- a. 6,79 b. 7,79 c. 8,79 d. 9,79 e. 10,79

- 91) Le long d'une corde vibrante, une onde se propage à la célérité de 20cm/s et de fréquence 100Hz . Deux points de la corde situés à 25cm l'un de l'autre sont :
- a. En opposition de phase c. En quadrature de phase e. Aucune réponse juste
b. En phase d. Toutes les réponses sont justes
- 92) Deux haut-parleurs P_1 et P_2 sont distants d'environ 2m . Ils émettent à la même fréquence, en phase, du son dans l'air. La fréquence est $f = 850\text{Hz}$ et la vitesse du son dans l'air est $C = 340\text{m/s}$. Comment est l'amplitude de vibration d'un point M situé à $8,10\text{m}$ de
- a. Maximale c. Nulle e. Aucune réponse juste
b. Minimale d. Toutes les réponses sont justes
- 93) Un oeil myope a son punctum proximum à 10cm et son punctum remotum à 80cm . La personne achète des verres de contact de vergence -1δ . Entre quelles limites verra-t-elle avec ses lunettes ?
- a. 4km et $11,1\text{m}$ b. 4m et $11,1\text{cm}$ c. 10m et 5cm d. 1cm et 5cm
- 94) Une particule dans un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) a pour coordonnées $x = \cos \omega t$ et $y = \cos(\omega t - \pi/2)$. Sa trajectoire est :
- a. Une droite b. Une parabole c. Une ellipse d. Un cercle
- 95) L'accélération d'un solide, en fonction du temps, est donnée par le graphique ci-contre :
La vitesse initiale du solide est nulle. Lequel de ces graphiques représente la variation de sa vitesse en fonction du temps ?
- 96) Une masse m est accrochée aux extrémités d'un dispositif constitué de deux ressorts montés en série. Les raideurs des ressorts sont K_1 et K_2 . La période T des oscillations de cette masse est :
- a. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K_1 + K_2}}$ b. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m(K_1 + K_2)}{K_1 + K_2}}$ c. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m(K_1 + K_2)}{K_1 \cdot K_2}}$
- 97) Un cube de bois de côté $a = 0,10\text{m}$ flotte sur l'eau, l'une de ses faces étant horizontale. La masse volumique du bois est $\rho_b = 750\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ et celle de l'eau est $\rho_e = 1000\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. La hauteur du cube émergeant de l'eau est :
- a. $20 \times 10^{-3}\text{m}$ b. $25 \times 10^{-3}\text{m}$ c. $47 \times 10^{-3}\text{m}$ d. $2,5 \times 10^{-3}\text{m}$
- 98) La bobine d'inductance emmagasine de l'énergie sous forme :
- a. Calorifique b. Chimique c. De chaleur d. Magnétique e. Cinétique
- 99) Un solénoïde à spires jointives, fait en fil de cuivre de résistivité $1,7 \times 10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$ et de section $0,2\text{mm}^2$, a un diamètre de 24cm et 1000 spires. La longueur du fil de cuivre utilisé pour fabriquer le solénoïde est :
- a. $1,37\text{km}$ c. 889m e. Aucune réponse exacte
b. 5305m d. $0,7536$
- 100) On relie directement les deux bornes d'un générateur de f.e.m $E = 24\text{V}$ et de résistance interne $r = 2\Omega$ par un fil métallique. Laquelle des propositions suivante est juste.
- a. Il se produit un coupe-circuit d. La tension s'annule
b. Il se produit une surtension e. Il se produit un court-circuit
c. Le courant s'annule



9 – Épreuve type de Culture Générale

Partie 1 : Connaissances médicales de base

Instructions

! Pour chaque question ci-dessous, choisissez la bonne réponse.

- 1 Parmi les scientifiques ci-après, lequel a découvert la Pénicilline ?
 - a. John Bunyn
 - b. Alexander Flemming
 - c. Darwin
 - d. Louis Pasteur
 - e. Isaac Newton
- 2 En quelle année l'a-t-il découvert ?
 - a. 1928
 - b. 1929
 - c. 1930
 - d. 1931
 - e. 1932
- 3 En quelle année a-t-il reçu le prix Nobel pour sa découverte ?
 - a. 1935
 - b. 1940
 - c. 1945
 - d. 1950
 - e. 1955
- 4 La première transplantation de coeur a eu lieu dans quel pays parmi les suivants ?
 - a. Nigeria
 - b. Egypte
 - c. Afrique du Sud
 - d. Kenya
 - e. Cameroun
- 5 En quelle année a-t-elle été faite ?
 - a. Le 3 décembre 1967
 - b. Le 3 décembre 1968
 - c. Le 3 décembre 1969
 - d. Le 3 décembre 1966
 - e. Le 3 décembre 1965
- 6 Qui l'a réalisé ?
 - a. Christiaan Barnard
 - b. Christian Cabrol
 - c. Emmanuel Vitria
 - d. Denise Darvall
- 7 Le virus de l'immunodéficience humaine a été découvert en quelle année ?
 - a. 1993
 - b. 1983
 - c. 2003
 - d. 2001
 - e. 1973
- 8 Qui l'a découvert ?
 - a. Montagnier
 - b. Sinoussi
 - c. A et B
 - d. Aucune réponse
- 9 Combien de type de VIH existe-t-il ?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5
- 10 Quel est l'agent responsable de la malaria ?

- 21 En allant au mariage de votre frère, dont vous êtes le témoin, vous assistez à un accident avec mort d'hommes et plusieurs blessés graves.
- Vous vous arrêtez pour porter assistance
 - Vous appelez quelqu'un pour porter assistance
 - Vous vous empresses de partir pour être à l'heure au mariage
 - La vue du sang vous effraie et vous vous évanouissez
- 22
- La médecine soigne TOUT
 - S'engager pour des causes perdues signifie qu'on est illuminé
 - Recueillir des fonds pour une association est de l'escroquerie
 - Même en habit de ville, vous pouvez vous jeter spontanément dans l'eau pour sauver un bébé

Partie 3 : Culture générale et civisme



Instructions

Choisir la bonne réponse.

- 23 Quel logiciel utilise des tableurs ?
- Microsoft office word
 - Power point
 - Outlook
 - Publisher
 - Excel
- 24 Parmi ces pays, lequel n'appartient pas à la commission du Bassin du lac Tchad ?
- Tchad
 - Niger
 - Nigéria
 - Cameroun
 - Guinée Equatoriale
- 25 Les changement et réchauffement climatiques s'expliqueraient par ?
- La réduction de l'oxygène
 - La réduction du Nitrogène
 - La réduction de dioxyde de carbone
 - La réduction de la couche d'ozone
 - La déforestation
- 26 Parmi ces pays africains, lequel a la plus grande superficie ?
- Nigéria
 - Egypte
 - Mali
 - République Démocratique du Congo
 - Cameroun
- 27 Quel est le pays africain le plus industrialisé ?
- Afrique du sud
 - Nigéria
 - Kenya
 - République Démocratique du Congo
 - Cameroun
- 28 A quelle date la catastrophe naturelle du Lac Nyos a-t-elle eu lieu ?
- 21 aout 1982
 - 21 aout 1985
 - 21 aout 1987
 - 21 aout 1986
 - 21 aout 1984
- 29 Parmi le gaz suivants, lequel a été la cause de la catastrophe naturelle du lac Nyos ?

- a. Le sulfure d'hydrogène c. Le dioxyde de carbone e. Le nitrogène
 b. L'hypochlorure de sodium d. Le monoxyde de carbone

30) Quelle est la compagnie aérienne impliquée dans le crash de Mbanga Pongo ?

- a. Cameroon airline c. Kenyan Airways e. Gabon airline
 b. Camair-Co d. Swiss airline

31) Dans laquelle de ces villes trouve le barrage hydroélectrique de Lom-Pangar ?

- a. Douala b. Yaoundé c. Bertoua d. Ebolowa e. Edéa

32) Dans laquelle de ces villes trouve-t-on le principal barrage hydroélectrique qui alimente la plupart des villes du Cameroun ?

- a. Douala b. Yaoundé c. Ndian d. Edéa

33) Dans laquelle de ces villes trouve-t-on le principal port en eau profonde qui est en cours de construction ?

- a. Edéa b. Ebolowa c. Kribi d. Douala e. Limbé

34) Combien de provinces le Cameroun avait-il avant la transformation en 1983 en 10 provinces ?

- a. 8 b. 9 c. 6 d. 7 e. 5

35) Il y a combien de membres dans la chambre haute du parlement camerounais (Sénat) ?

- a. 120 b. 180 c. 100 d. 80 e. 150

36) Il y a combien de membres dans la chambre basse du parlement camerounais (Sénat) ?

- a. 120 b. 180 c. 100 d. 80 e. 150

37) À quand remonte la première participation du Cameroun à la phase finale de la coupe du monde de football ?

- a. 1986 b. 1988 c. 1982 d. 1994 e. 1990

38) À quand remonte la dernière participation du Cameroun à la phase finale de la coupe du monde de football ?

- a. 2010 b. 2006 c. 2002 d. 1994 e. 1990

39) En 1961 quel évènement a marqué les camerounais ?

- a. La Réunification c. La libération e. La Fédération
 b. L'Indépendance d. L'Etat Unitaire

40) Dans quelle région du Cameroun trouve-t-on la péninsule de Bakassi ?

- a. La région sud-ouest c. La région du littoral e. La région du nord
 b. La région du sud d. La région du nord-ouest

Partie 4 : English

41) John me his book last week.

- a.** Borrowed **b.** Borrow **c.** Lent **d.** Lend **e.** Lended

42 She become fat, so she has weight.

- a.** Is/put on **b.** Was/put down **c.** Has/put on

43 The headmaster of our school dead.

- a.** Has **b.** Is **c.** Had

44 These are orphans parents died from AIDS.

- a.** Whose **b.** Who's **c.** Who **d.** Whom **e.** Which

45 You can only travel abroad you have a passport.

- a.** Unless **b.** By **c.** When **d.** After **e.** If

46 The population rate of our country is twenty million.

- a.** Than **b.** About **c.** Up to

47 Paul tennis each Monday.

- a.** Playes **b.** Plays **c.** Plaies

48 My father is sick. In this sentence, to be is :

- a.** A main verb **b.** A linking verb **c.** An auxiliary

49 When I was 8 I go and buy food alone.

- a.** Used not to **b.** Usen't to **c.** Didn't use to

50 We make bread from

- a.** Flour **b.** Flower **c.** Floor **d.** Florist **e.** Flower

51 Three quarters of an hour too short for that work.

- a.** Seem **b.** Seems **c.** Seemed

52 My family been away for two weeks.

- a.** Have **b.** Has **c.** Have/has

53 A series of meetings held in my absence.

- a.** Was **b.** Were **c.** Have

54 The past participle of « to beat » is :

- a.** Beaten **b.** Beat **c.** Bat

55 The odd letter is :

- a.** In front of/next to/in **b.** On/under/above **c.** Into/well/after

56 I you 7 o'clock.

- a.** Have being waiting to/for **b.** Have been waiting for/ since **c.** Have been waiting for/during

57 Mr. Tambo some research vaccin.

- a.** Has carried out/on **b.** Has carried up/on the **c.** Has carried through/of

58 The population rate of our country is twenty million.

- a.** Than **b.** About **c.** Up to

59 I always forget to lock the door. Can you please me each time ?

- a.** Remember **b.** Remind **c.** Tell **d.** Say **e.** Teach

60 I can no longer the suffering I go through in my aunt's house.

- a.** Support **b.** Put on **c.** Put off **d.** Endure **e.** Go with

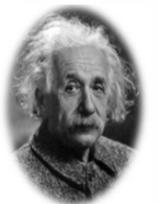
Partie

8

CORRIGÉS EXAMEN NATIONAL

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein





10- Corrigé de Biologie-Chimie-Physiques 2013

☀ Condition de performance

📏 Durée : 03 heures

Partie 1 : Biologie

1 b.

La valeur normale du pH pour le fluide corporel est compris entre 7,35 et 7,45

2 a.

3 a.

4 a.

La pression oncotique est la part de la pression osmotique due aux protéines.

5 b.

6 d.

Commentaire : Le stimulateur du coeur ou pacemaker est un noeud SA ou de Keith et Flack.

7 d.

8 a.

9 a.

10 e.

11 b.

12 b.

Commentaire : Sels biliaires absorbés à travers le cycle entérohépatique au niveau de l'iléon et la vit B12 transportée par le facteur intrinsèque.

13 c.

Commentaire : Par opposition aux acides aminés essentiels apportés uniquement par l'alimentation.

14 b.

15 b.

16 a.

17 e.

18 c.

19 b.

20 b.

21 b.

22 c.

Commentaire : La condensation commence en début de prophase, mais elle est maximum lors de la métaphase.

23 d.

Commentaire : Le test de Biuret n'est positif qu'en présence d'au moins quatre liaisons peptidiques.

24 b.

Commentaire : La température optimale d'action des enzymes est de 37 à 38 degré. A partir de 60 degrés elles subissent une dénaturation irréversible.

25 b.

26 b.

27 b.

28 d.

29 d.

30 d.

31 b.

32 b.

33 d.

34 c.

35 b.

36 a. c. d. e.

Commentaire : Le sucre dans l'ADN est le désoxyribose et non pas le glucose. Vu la consigne, l'énoncé de ce qcm devrait être « les composants de la molécule d'ADN sont, sauf : »

37 a. c. d. e.

Commentaire : La réponse à médiation humorale nécessite les étapes suivantes : présentation de l'antigène au lymphocyte T helper ou LT4 par le macrophage ; différenciation des lymphocytes B en plasmocytes sécréteurs d'anticorps sous l'effet des lymphokines produits par le LT4. Vu la consigne, l'énoncé de ce qcm devrait être « les. Sont impliqués dans la réponse immunitaire humorale spécifique, à l'exception de : »

38 b.

39 c.

40 d.

41 b.

42 a.

43 b.

44 a.

Commentaire : Adénosine c'est adénine (base) plus sucre.

45 b.

Commentaire : L'osmose est le passage de l'eau du milieu le moins concentré en solutés vers le milieu le plus concentré à travers une membrane à perméabilité sélective (semi-perméable).

46 a. b. c.

47 a. b. c.

48 b. d.

49 b.

50 a. c.

Partie 2 : Chimie

51 Aucune réponse n'est correcte car $Z=29$ et non 27.

52 b. c.

53 a. d.

54 b.

55 c.

56 a. b.

Commentaire : Un atome respecte la règle de l'octet s'il est entouré de 8 électrons.

57 d.

58 c.

59 b.

60 b.

Commentaire : Il faut choisir le couple dont le pK_a est le plus proche de la valeur du pH du tampon considéré.

61 d.

Commentaire :

P_A : pourcentage de la forme acide ;

P_B : pourcentage de la forme basique ;

P_C : pourcentage de la forme zwitterionique ;

$P_A + P_B + P_C = 100$ comme $pH = 10,6$, on a $P_A = 0$.

$P_B + P_C = 100(1)$

De plus,

$$pH = pka_2 + \log \frac{[C]}{[B]} \implies pH = pka_2 + \log \frac{[P_C]}{[P_B]}$$

$$\implies P_C = 10P_B(2)$$

(2) dans (1) : $11P_C = 100 \implies P_C = 9,1$.

62 b. c.

63 a. b. d.

Commentaire : Un acide est d'autant plus fort (donc se dissocie plus) que son K_a est grand.

64 a. d.

65 a. c.

66 b.

Commentaire : A l'équivalence, le pH est basique et la base en question est faible. Donc on utilise la formule du pH d'une base faible.

67 c.

68 c.

69 c.

Commentaire : L'équation de la réaction équilibrée est : $2BrO_3^- + 12H_3O^+ + 10e^- \longrightarrow Br_2 + 18H_2O$.

70 c.

Commentaire : Vérifier la relation $E = h\nu$. De plus il s'agit d'émission et non d'absorption.

71 Pas de réponse

72 c.

73 b.

74 b.

Commentaire : $Ks = [Ag^+][Cl^-]$.Or en solution, $[Ag^+][Cl^-]$ d'où $Ks = A$ et $[Ag^+][Cl^-] = B$.

75 c.

Commentaire : $n = \frac{It}{xF} = 1,07g$.

Partie 3 : Physiques

76 c.

Commentaire : $U = RI = 8V$.

77 c.

Commentaire :

$$\frac{A(t)}{A(t+1)} = e^\lambda = 1,023 \text{ avec } \lambda = \ln 2/T \implies T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

78 b.

Commentaire :

$$-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \implies p' = \frac{fp}{p+f} = 32,8cm.$$

$$\text{Or } d = p' - f = 7,8cm.$$

79 c.

Commentaire : Soit t_a : durée du parcours du son dans l'acier et t_p : durée du parcours du son dans le pétrole.

$$t_a = \frac{d}{v_a} = \frac{0,48}{5} = 0,036s.$$

$$\text{Or } \Delta t = t_p - t_a \implies t_p = \Delta t + t_a = 0,32s.$$

$$\text{On en déduit donc } v_p = \frac{d}{t_p} = \frac{0,48}{0,32} = 1,5km.s^{-1}.$$

80 e.

Commentaire : On peut partir de la formule de l'énergie cinétique. $E_C = \frac{1}{2}mv^2$.

81 d.

Commentaire : $E = \frac{1}{2}mv^2$ et $E' = \frac{1}{2}mv'^2$.Si $v' = 2v$, on a :

$$E' = \frac{1}{2}mv'^2 = \frac{1}{2}m(2v)^2 = 4 \times \frac{1}{2}mv^2 = 4E.$$

82 b.

Commentaire : $-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = C$

$$\text{Or } \gamma = 5 \implies p' = 5p$$

$$\text{donc } p = -\frac{4}{5}C = -11,42cm.$$

83 b.

Commentaire : L'ordre d'interférence est $p = \frac{d}{\lambda}$

$$\text{Or } \lambda = \frac{c}{f} \implies p = 26,25 \times \frac{400}{3000} = 3,5.$$

Donc il s'agit d'opposition de phase.

84 b.

85 c.

Commentaire : Si les frottements sont négligés, Newton prévoit que tous les corps ont le même mouvement de chute libre. En écrivant les équations horaires, on se rend bien compte qu'elles sont indépendantes de la masse.

86 c.

Commentaire : $W = UIt$.

87 c.

88 e.

89 b.

Commentaire : Un alternateur est un générateur électromécanique.

90 b.

Commentaire : $W = P.t$.

91 c.

Commentaire : Le rendement d'un récepteur, est donné par la relation :

$$n = \frac{E'}{U} \times 100 = 80\%.$$

92 e.

Commentaire : Il s'agit de l'effet photoélectrique

93 e.

Commentaire : Il s'agit de l'effet photoélectrique

94 c.

Commentaire : $F = \frac{k.q.q'}{d^2}$, on obtient $d = 0,03m$.

95 Aucune réponse

Commentaire : Les véritables valeurs sont 400nm et 750nm.

96 e.

97 d. $m = \frac{m_0}{2^4}$.

98 c.

Commentaire : $m = \frac{m_0}{2^n}$ avec $n = \frac{t}{T} = \frac{600}{150} = 4$.

99 c.

100 e.

Commentaire : Si les frottements sont négligés,

Newton prévoit que dans le vide et dans la même région, tous les corps ont le même mouvement de chute libre.



11 – Corrigé Culture Générale 2013

Partie 1 : Connaissances médicales de base

- 1 a.
Commentaire : Alexander Flemming en 1928 et il reçut le prix Nobel de médecine en 1945
- 2 b.
Commentaire : La première transplantation cardiaque a été faite par Christiaan Barnard, cardiochirurgien, au Cap en Afrique du Sud le 3 décembre 1967. Il est suivi par Norman Shumway aux États-Unis quelques mois plus tard.
- 3 b.
Commentaire : Le *Vibrio cholera*
- 4 b.
Commentaire : 1983. En 1983, l'équipe du Professeur Jean Claude Chermann de l'Institut Pasteur, sous la direction de Luc Montagnier, découvre et isole le VIH.
- 5 b.
Commentaire : Le plasmodium
- 6 d.
Commentaire : BCG. Le vaccin bilité de Calmette et Guérin (vaccin BCG) est un vaccin contre la tuberculose. Il est préparé à partir d'une souche atténuée de bacille tuberculeux bovin (*Mycobacterium bovis*) vivant qui a perdu sa virulence sur l'homme par culture spéciale sur des milieux artificiels pendant des années.
- 7 c.
Commentaire : La Mouche tsé-tsé
- 8 d.
Commentaire : Le Moustique anophèle
- 9 a.
Commentaire : Moustique *Aedes*
- 10 e.
Commentaire : L'ADN
- 11 d.
Commentaire : Les centres de santé
- 12 a.
Commentaire : Les urgences s'occupent de l'accueil et de l'orientation des malades
- 13 c.
Commentaire : Le physicien
- 14 a. b. d.
- 15 b.

Partie 2 : Test de motivation

- 16 a.
- 17 d.
- 18 c.
- 19 a.
- 20 d.

Partie 3 : Culture générale et civisme

- 21 b.
Commentaire : La loi de la gravitation de Newton, élaborée à la fin du XVIIe siècle, demeure cependant une excellente approximation dans la plupart des cas (vitesses faibles par rapport à celle de la lumière), et on l'utilise donc encore aujourd'hui pour sa simplicité.
- 22 a.
- 23 e.
- 24 d.
- 25 a.
- 26 e.
- 27 d.
- 28 b.

29 d.

Commentaire : Le 21 août 1986, dans la soirée, le lac Nyos, au nord-ouest du Cameroun, a explosé et libéré environ 1 kilomètre cube de dioxyde de carbone (CO_2).

30 c.

31 a.

32 c.

Commentaire : Le Vol 507 Kenya Airways était un vol affrété par la compagnie Kenya Airways reliant les villes de Douala (Cameroun) à Nairobi (Kenya) qui s'est écrasé le 5 mai 2007.

33 d.

34 c.

35 d.

Commentaire : Le 22 août 1983, le nombre de provinces passe à 10 suite à la division en trois de celle du Nord (province du Nord, province de l'Extrême-Nord et province de l'Adamaoua), et en deux de celle

du Centre-Sud (province du Centre et la province du Sud). En 2008, le président Paul Biya a aboli par décret l'appellation « provinces ». Les provinces du Cameroun sont désormais appelées « régions » (Décret n°2008/376 du 12 novembre 2008 portant organisation administrative de la République du Cameroun).

36 c.

37 a.

38 d.

Commentaire : 20 mai 1972, le président Ahidjo organisa un référendum pour mettre fin au système fédéral en vigueur jusqu'à cette époque. Le référendum fut largement gagné et le 20 mai devint la fête nationale d'un Cameroun qui s'appellera désormais « République Unie du Cameroun ».

39 a.

40 e.

41 d.

Partie 4 : English

42 c.

43 e.

44 c.

45 b.

46 d.

47 a.

48 a.

49 c.

50 a.

51 d.

52 c.

53 d.

54 a.

55 b.

56

57 d.

58 a.

59 b.

60 a.



12- Corrigé de Biologie-Chimie-Physiques 2014

☀ Condition de performance

⏱ Durée : 03 heures

Partie 1 : Biologie

1 c.

2 d.

Commentaire : Les phospholipides représentent 55% des lipides membranaires.

3 d.

Commentaire : Les hautes températures dénaturent irréversiblement l'enzyme. Par contre, les basses températures les inactivent réversiblement.

4 e.

Commentaire : L'uracil n'est présent que dans l'ARN.

5 a.

6 d.

Commentaire : L'azote est présent dans les protéines et les acides nucléiques.

7 d.

8 e.

Commentaire : Au cours de la contraction, la cellule musculaire se raccourcit à la suite du raccourcissement des sarcomères donc des myofilaments et par conséquent des myofibrilles.

9 b.

10 d.

Commentaire : Il n'existe pas de neurone sans dendrite, mais on a des neurones sans axones.

11 d.

12 d.

13 b. c.

14 c.

15 b.

16 c.

17 e.

18 c.

Commentaire : Car mode d'action proche des T8.

19 a.

Commentaire : Car spécifique des marqueurs CD4.

20 c.

21 d.

22 d.

23 a.

24 b.

25 d.

26 c.

27 d.

28 c.

29 c.

30 b.

31 e.

32 b.

33 a.

Commentaire : D'après l'anatomie des poumons.

34 c.

35 a.

Commentaire : Car les barorécepteurs régulent.

36 a.

37 c.

38 b.

Commentaire : Car dorsale et ventrale.

39 a.

Commentaire : Car centre de l'équilibre.

40 c.
Commentaire : Car possède les cellules souches des kératinocytes.

41 c.
Commentaire : Car formé du labyrinthe.

42 b.

43 c.
Commentaire : Car glucocorticoïde.

44 d.
Commentaire : Car première partie du rein.

45 b.

46 e.
Commentaire : Toutes les cellules du corps peuvent oxyder le glucose par glycolyse.

47 b.
Commentaire : Car stimule la sécrétion de suc pancréatique.

48 e.

49 d.
Commentaire : C'est la progestérone qui forme la dentelle.

50 d.
Commentaire : Car est un phénomène aléatoire.

Partie 2 : Chimie

51 d.

52 a.

53 a.
Commentaire :

$$nCO_2 = [CO_2]_T \cdot V_{\text{sang}} = \frac{V_{CO_2}}{V_m} \implies [CO_2]_T = \frac{V_{CO_2}}{V_{\text{sang}} \cdot V_m}$$

$$\text{A.N : } [CO_2]_T = \frac{5,91}{10 \times 22,4} = 0,0264 = 2,64 \times 10^{-2} M.$$

54 b.
Commentaire : En réalité, nous disposons de peu d'informations pour calculer. nous allons nous limiter à penser que le CO₂ se dissout très faiblement dans le sang et d'après l'équation de conservation de la matière, on a $[CO_2]_T = [CO_2]_D + [H_3O^+]$. Ces deux paramètres sont le mieux tenus en compte dans la proposition b.

55 Pas de solution.

Commentaire : D'après la loi des gaz parfaits, on a :

$$\begin{aligned} PV &= nRT \implies P = CRT \text{ avec } C = [CO_2]_D \\ &\implies P = 1,2 \times 10^{-3} \times 0,082 \times 298 \\ &\implies P = 0,0295 \text{ atm} \\ &\implies P = 0,0295 \times 760 = 22,47 \text{ mmHg} \\ &\text{car } 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

56 c.

57 d.

58 b.

59 e.

60 b.

61 c.

62 b.

63 b.

64 c.

65 e.

Commentaire : $Q = ne = 82 \times 1,6 \times 10^{-19}$.

66 a.

Commentaire : $\lambda_{\min} = \lambda n \rightarrow +\infty \implies \Delta E = E_{\infty} - E_n$ et $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$.

67 a.

68 a. e.

69 e.

70 a.

71 e.

72 e.

73 e.

74 c.

75 d.

Partie 3 : Physiques

76 c.

77 c.

78 b.

Commentaire :

$$\eta = \frac{E'}{U} \Rightarrow \eta = \frac{E'}{E' + r'I} \Rightarrow E' = \frac{\eta \cdot r'I}{1 - \eta}$$

79 a.

80 e.

Commentaire : Pas de précision sur la durée du parcours.

81 c.

82 c.

83 a.

Commentaire : Un verre n'est pas nécessairement une lentille.

84 d.

85 e.

86 a., b., c., d., e.

87 c.

88 a.

Commentaire : L'absence de pesanteur entraîne que $g = 0 \text{ m.s}^{-2}$, par conséquent même le poids est nul. Donc l'astronaute constitue un système isolé.

89 e.

Commentaire : $\vec{F}_1 + \vec{f} = \vec{0} \Rightarrow F_1 = f = 500 \text{ N}$

90 c.

Commentaire : D'après le TCI :

$$\vec{F}_2 + \vec{f} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow -F_2 - f = ma.$$

L'accélération est comptée négativement pendant le freinage.

91 a.

92 b., d.

93 b.

94 d.

95 c.

96 a.

97 b.

98 a.

99 b.

100 a.



13 – Corrigé de Biologie-Physiques-Chimie 2015

☀ Condition de performance

⌋ Durée : 03 heures

Partie 1 : Biologie

1 e.

2 c.

3 b.

Commentaire : Les organelles liés par les membres concernant surtout les ribosomes portés par les membranes du RE ou encore la liaison entre la membrane nucléaire et les membranes du BE.

4 a.

Commentaire : Le noyau contient les sous-unités du ribosome qui ne sont pas encore fonctionnel, c'est dans le cytoplasme qu'ils deviendront fonctionnels.

5 a.

6 a.

Commentaire : La diffusion simple ne nécessite ni ATP, ni protéines de transport, mais nécessite tout simplement une membrane perméable et un gradient de concentration.

7 a.

Commentaire : Les protéines périphériques sont localisées à la fois à la face externe et interne de la membrane plasmique. Les protéines internes ou transmembranaires sont des protéines porteuses (permeases).

8 b.

Commentaire : Les phospholipides forment une bicouche dans laquelle sont enchâssées les protéines.

9 e.

10 a.

11 d.

12 c.

Commentaire : Une inhibition réversible concerne les liaisons non covalentes entre l'inhibiteur et l'enzyme.

13 c.

Commentaire : Même si la concentration en enzyme est faible la réaction aura lieu car l'enzyme n'est ni détruite ni transformée. La température élevée de nature de manière irréversible l'enzyme. Le Ph modifie la force ionique du milieu réactionnel.

14 d.

Commentaire : Un inhibiteur est une molécule qui diminue l'activité d'une enzyme. L'inhibiteur peut se discuter le site actif avec le substrat normal, par ce que l'inhibiteur et le substrat ont la même forme (analogie structurel). On parle dans ce cas d'inhibiteur compétitif. Si par contre l'inhibiteur (I) et le substrat(s) n'ont pas le même site de fixation, on parlera d'inhibition non compétitive.

15 b.

Commentaire : Certaines enzymes ont deux parties : une partie protéique ou apoenzyme et une partie non protéique ou coenzyme. Coenzyme + apoenzyme forme l'holoenzyme.

16 b.

17 d.

Commentaire : La seule forme d'énergie utilisable directement par la cellule est l'ATP et les mitochondries sont responsables d'une production importante d'ATP. Le chloroplaste lors de la phase claire produit l'AP utilisée pendant la phase sombre.

18 c.

19 a.

20 e.

21 a.

22 a.

23 b.

24 b.

25 a.

26 b.

Commentaire : Le système nerveux orthosympathique diminue les sécrétions digestives, alors que le parasymphathique les augmente.

27 d.

28 b.

29 a.

30 a.

Commentaire : La cochlée contient l'organe de corti qui est le récepteur de l'audition. Un récepteur converti l'excitation (son, lumière) en message électrique transmis au nerf qui conduit vers le centre nerveux.

31 c.

32 a.

Commentaire : Dans le sperme on y trouve beaucoup d'éléments parmi lesquels les prostaglandines, le fructose sécrétés par les vésicules séminales.

33 c.

Commentaire : Pendant la phase pré ovulatoire, la thèque interne sécrète une petite quantité de progestérone. Cependant la source principale est le corps jaune.

34 d.

35 b.

36 d.

Commentaire : Le cycle cellulaire a 4 phases : G1S2 et M.

37 a.

Commentaire : La phase G1 est la plus longue et M plus courte.

38 e.

Commentaire : Les cellules qui entourent l'ovule sont toutes diploïdes.

39 a.

40 b.

Commentaire : La formation des clones cellulaires est un processus qui ne nécessite ni méiose, ni fécondation.

41 a.

42 a.

43

44 c.

45 b.

46 c.

47 c.

Commentaire : Par définition, une artère est un vaisseau qui transporte le sang du coeur vers les organes. Définir une artère comme un vaisseau qui transporte le sang oxygéné n'est pas toujours vrai.

48 a.

49 b.

50 b.

Partie 2 : Physiques

51 b.

Commentaire : Les équations n'ont pas d'unités.

52 c.

53 e.

Commentaire : $a_n = l.\omega^2$, on déduit $\omega = 4\text{rads.s}^{-1}$.

54 a.

Commentaire : Bien que les autres propositions soient vraies, elles ne justifient pas pourquoi la force gravitationnelle est conservative.

55 c.

56 a.

57 e.

58 c.

59 c.

60 c.

61 e.

Commentaire : L'unité ne peut pas rester la même sous la racine carré.

62 d.

63 a.

64 b. c.

65 c.

66 b. d.

67 b.

68 a.

69 b.

70 c.

71 a.

72 b.

73 e.

74 d.

75 a. c.

Partie 2 : Chimie

76 a.

77 a.

78 b.

79 b.

80 e.

81 d.

82 e.

83 d.

84 a.

Commentaire : Car n_b est supérieur à n_a .

85 a.

86 c.

Commentaire : $Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$.

$$\frac{[Na^+]V}{2} = \frac{m}{M} \Rightarrow [Na^+] = \frac{2m}{MV} = 0,25 \text{ mol/L.}$$

87 b.

Commentaire : Il faut poser les relations moles à moles en utilisant le réactif limitant qui ici est le soufre.

88 d.

89 d.

90 c.

91 b.

92 b.

93 d.

Commentaire : L'énergie donnée est celle d'une mole d'atome. Il suffit donc de trouver celle qui correspondra à un seul atome en divisant par le nombre d'Avogadro.

94 c.

95 c.

96 e.

97

98 b.

99 e.

100 e.

Commentaire : Aucune donnée.



14- Corrigé Culture Générale 2015

Partie 1 : Connaissances médicales de base

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
b	a	d	d	c	d	c	a	e	b	d
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	b	b	b	a	b	c	d	e	a	

Partie 2 : Culture générale et civisme

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	e	b	e	c		d	d	a	e	c	a	c	b

Partie 3 : Épreuve de Langue/ Language

Français

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

English

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

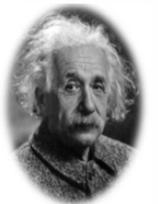
Partie

9

CORRIGÉ ÉPREUVE
TYPE

« La seule chose absolue dans un monde
comme le nôtre, c'est l'humour »

Albert Einstein





Corrigé Épreuve type

15- Corrigé Épreuve de Biologie-Chimie-Physiques

Partie 1 : Biologie

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a	a	c	a et d	c	b	a	b	c	c	a et c	a	a, b et c	c	c	b	a	c	a et d	b
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
a et b	b	a	a et d	b	a	b	b	c	a, c, d, e	c	e	b	b, c	c	c	a	b	b	
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50										
b	a	a, d	c	c	a	a	e	e	a										

Partie 2 : Chimie

51 b.

52 b.

53 a.

54 b.

Commentaire : $[Na^+] = 2C$.

55 c.

Commentaire : $pH_{neutre} = 1/2(-\log Ke)$.

56 d. $pH = -\log(2C)$.

57 c.

58 c.

Commentaire : Avant l'équivalence, l'acide est encore dominant dans le milieu. On a donc

$$pH = pka + \log[B]/[A].$$

59 c.

60 b.

61 a.

62 d.

63 b.

64 c. et d.

65 a.

66 b.

67 a.

Commentaire : L'acidité augmente avec la différence d'électronégativité entre les deux atomes qui forment la liaison.

68 d.

69 b.

Commentaire : $m = CVM$.

70 b.

71 a.

72 a.

73 a. Glycine

74 a.

75 a.

Partie 3 : Physiques

76 a.

Commentaire : D'après la relation du barycentre, on a :

$$\vec{AG} = \frac{m_t}{m_t + m_b} \vec{AG}_t + \frac{m_b}{m_t + m_b} \vec{AG}_b.$$

Or $m_t = m$, $m_b = m/4$, $AG_t = l/2$ et $AG_b = 3l/2$;

Donc : $AG = 7/10$.

77 e.

Commentaire : Le moment d'inertie total est égal à la somme des moments d'inertie

$$J = J_t + J_b$$

avec

$$J_t = \frac{1}{12}ml^2 + \frac{1}{4}ml^2$$

$$= \frac{1}{3}ml^2$$

et

$$J_b = \frac{2}{5}m_b R^2 + m_b \left(\frac{3l}{2}\right)^2$$

$$= \frac{2}{5} \left(\frac{m}{4}\right) \left(\frac{l}{2}\right)^2 + \left(\frac{m}{4}\right) \left(\frac{3l}{2}\right)^2$$

Tout calcul fait, on a :

$$J = \frac{221}{240}ml^2.$$

Aucune réponse n'est par conséquent juste.

78 c. e.

79 e. Pas de figure

80 d.

81 b.

82 d.

83 a.

84 b. d.

85 e.

Commentaire : $n = \frac{\sin \frac{D_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$

86 b. et d.

Commentaire : $rd = \frac{Q}{W} \times 100.$

Or $W = Pt$ et on déduit $t.$

87 a.

88 b.

89 c.

Commentaire : $A = A_0 \cdot \exp(-\lambda t).$

Or $\frac{A}{A_0} = \exp(-\lambda t) = \frac{1}{128}.$

On déduit $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = 7,014$ jours.

90 c.

91 b.

92 c.

93 b.

94 d.

95 e. Pas de graphe.

96 c.

Commentaire : Deux ressorts de raideurs respectives k_1 et k_2 associés en série correspondent à un ressort unique de raideur

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}.$$

97 b.

Commentaire : À l'équilibre,

$$P = F \implies \rho_{\text{cube}} \cdot V_{\text{cube}} \cdot g = \rho_e \cdot \rho_{\text{immergé}} \cdot g$$

$$\implies \rho_{\text{cube}} \cdot a^3 = \rho_e \cdot a^2 h'$$

$$\implies h' = \frac{\rho_{\text{cube}} \cdot a}{\rho_e} = 0,075 \text{ m (hauteur immergée)}$$

et $h = a - h' = 0,025 \text{ m}.$

$$l = \pi DN.$$

98 d.

99 d.

100 d. e.



Corrigés Épreuve type

16- Corrigé Épreuve type de Culture Générale

Partie 1 : Connaissances médicales de base

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
b	a	c	c	a	a	b	c	b	b	d
12	13	14	15	16	17					
c	d	a	d	a	b					

Partie 2 : Test de motivation

18	19	20	21	22
a	d	c	a	d

Partie 3 : Culture générale et civisme

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
e	e	d	d	b	d	c	c	c	d	c	d	c	b	c	a	a	a

Partie 4 : English

41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
a	c	b	a	e	b	b	a	c	a
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
c		b	a	c	b	a	b	b	d

Note de l'éditeur

As \TeX Edition est un groupe d'experts dans les traitements de textes à base du logiciel \LaTeX . Ce groupe, constitué de jeunes professeurs des lycées, a été mis sur pieds pour satisfaire de façon efficace tous ceux et celles qui désireraient monter des documents (livres, annales, magazines, journaux etc) de nature scientifique ou pas de qualité et unique en leurs genre.

Avec As \TeX Edition, donnez plus de couleur à vos documents, présenter votre modèle et nous ferons le reste !!!



La maison As \TeX Edition.

Note de l'imprimeur

Nous apportons une touche de créativité et attirons le regard sur vos projets tout en respectant vos exigences, vos besoins et votre image. Nous sommes disposés à être à vos côtés dans la réalisation de toutes idées nouvelles.

BP : 8234 Yaoundé Cameroun
Tel : 677 26 88 75 / 222 31 24 64 / 222 31 05 51
Email : temsonprint@yahoo.com