

pour la classe de

9^e

Biologie et éducation à la santé

Galina Petkova, Tatyana Koleva



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА

„Разработване на учебни помагала за обучение по общообразователни учебни предмети на чужд език, оценяване и одобряване на проекти на учебни помагала за подпомагане на обучението, организирано в чужбина, на проекти на учебници и на проекти на учебни комплекти“

МОДУЛ

„Разработване на учебни помагала за обучение по общообразователни учебни предмети на чужд език“

9.
клас

Биология и здравно образование на френски език

Учебно помагало

Разработено от авторски екип
към Профилирана езикова гимназия
„Екзарх Йосиф I“ – Ловеч

АЗ·БУКИ

Национално издателство за образование и наука

Биология и здравно образование за 9. клас на френски език

Учебно помагало, разработено от авторски екип

към Профилирана езикова гимназия „Екзарх Йосиф I“ – Ловеч, 2021 г.

Автори на текста: Галина Цанкова Петкова и Татяна Симеонова Колева, 2021 г.

Преводач: Десислава Петрова Трифонова, 2021 г.

Графичен дизайн: Мирослав Цанков Петков, 2021 г.

Автор на корицата: Мирослав Цанков Петков, 2021 г.

С експертната подкрепа на Френския институт в България

Национално издателство за образование и наука „Аз-буки“

1113 София, бул. „Цариградско шосе“ 125, бл. 5,

тел. 02/4250470; E-mail: azbuki@mon.bg; web: www.azbuki.bg; www.azbuki.eu

Графично оформление: Мая Стоянова

Първо издание, 2021 г.

Формат: 210x280 мм; 130 страници

e-ISBN: 978-619-7065-00-8

Sommaire

I. Organisme humain

1. CELLULE et TISSUS.....	7
2. SYSTÈME DIGESTIF.....	11
Composition de la nourriture.....	11
Structure et fonctions du système digestif.....	13
3. SYSTÈME RESPIRATOIRE.....	18
Structure et fonctionnement du système respiratoire.....	18
Mouvements respiratoires et échanges gazeux.....	21
4. SYSTÈME EXCRÉTEUR.....	23
5. SYSTÈME CARDIOVASCULAIRE.....	25
Structure et fonctionnement du système cardiovasculaire.....	25
Activité cardiaque.....	28
Sang.....	30
Groupes sanguins.....	32
Système immunitaire. Immunité.....	34
6. SYSTÈME LOCOMOTEUR.....	35
Structure des os et des articulations.....	35
Squelette.....	37
Muscles squelettiques.....	41
Physiologie des muscles squelettiques.....	44
7. SYSTÈMES REPRODUCTEURS.....	46
Structure et fonctions du système reproducteur masculin.....	46
Structure et fonctions du système reproducteur féminin.....	48
8. FÉCONDATION ET DÉVELOPPEMENT DE L'INDIVIDU.....	51
Régulation et homéostasie.....	53
9. SYSTÈME NERVEUX.....	54
Informations générales sur la structure et les fonctions du système nerveux.....	54
Arc réflexe. Réflexes.....	56
Moelle spinale.....	57
Encéphale.....	59

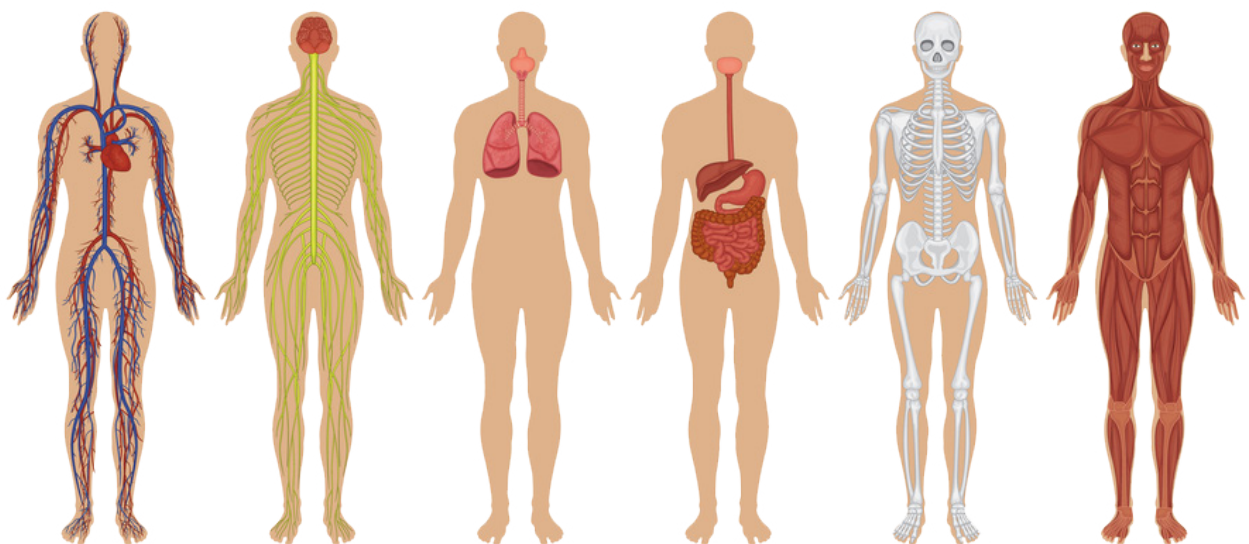
10. SYSTÈME ENDOCRINIEN.....	62
11. SYSTÈMES SENSORIELS.....	65
Système visuel.....	65
Système auditif, système vestibulaire, système musculo-squelettique.....	68
Autres systèmes sensoriels.....	70
12. STRUCTURE ET FONCTIONS DE LA PEAU.....	72
Systèmes sensoriels : exercices pratiques.....	74

II. Cellule

13. COMPOSITION CHIMIQUE DE LA CELLULE. COMPOSÉS INORGANIQUES.....	78
14. GLUCIDES ET LIPIDES.....	79
15. PROTÉINES.....	82
16. ENZYMES.....	84
17. ACIDES NUCLÉIQUES.....	87
18. ASSEMBLAGES (COMPLEXES) SUPRAMOLÉCULAIRES. VIRUS.....	90
19. THÉORIE CELLULAIRE.....	93
20. CELLULE PROCARYOTE.....	94
21. CELLULE EUCARYOTE.....	97
22. MEMBRANE PLASMIQUE.....	99
23. ORGANITES CELLULAIRES.....	102
24. CHROMOSOMES.....	105
25. MÉTABOLISME.....	106
Catabolisme.....	109
Anabolisme. Photosynthèse.....	112
26. PROCESSUS GÉNÉTIQUES.....	115
Réplication.....	115
Transcription et traduction.....	116
27. CYCLE CELLULAIRE. CYCLE DE DIVISION CELLULAIRE.....	119
28. DIVISION CELLULAIRE.....	121
Mitose.....	121
Méiose.....	123
GLOSSAIRE.....	125

Organisme humain

Structure, fonctions vitales,
santé

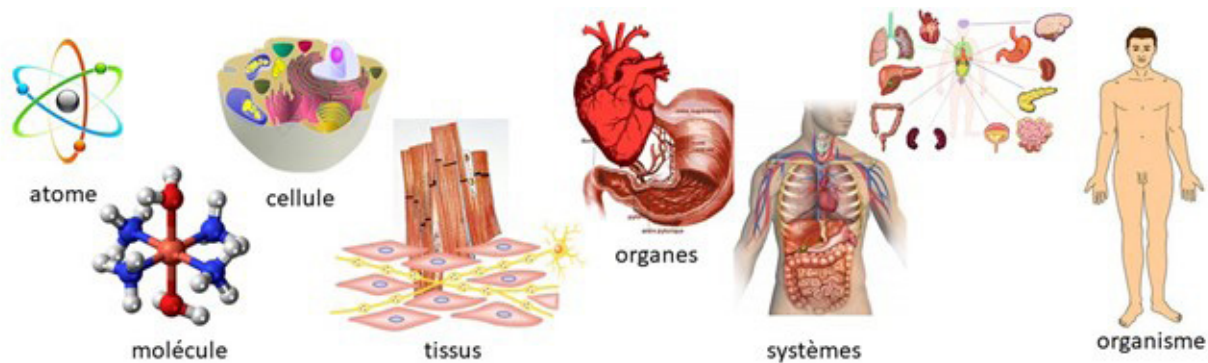


1. CELLULE et TISSUS

Le corps humain, comme tous les organismes pluricellulaires, est constitué d'atomes et de molécules qui forment différentes structures constituant les cellules.

La cellule est la plus petite unité structurale et fonctionnelle de tous les organismes vivants.

Les cellules sont regroupées en **tissus**, les tissus en **organes**, les organes en **systèmes d'organes** (digestif, respiratoire, excréteur, cardiovasculaire, locomoteur, reproducteur, endocrinien, sensoriel). Le corps se compose de tous ces systèmes qui collaborent et assurent son fonctionnement.



Les cellules du corps humain sont de taille, de forme et de fonctions différentes mais présentent des similitudes en termes de composition chimique et structure.

Chaque cellule contient des substances organiques comme les glucides, les lipides, les protéines et les acides nucléiques, et des substances inorganiques telles que l'eau et les sels minéraux.

Bien qu'il existe différents types de cellules, toute cellule est composée de trois éléments fondamentaux : une *membrane plasmique*, qui délimite la cellule et effectue l'échange de substances avec le milieu ambiant, un *cytoplasme*, qui contient des organites réalisant des fonctions biologiques spécialisées, et un *noyau*, qui abrite le programme génétique de la cellule.

De nouvelles cellules se forment suite aux divisions de cellules préexistantes. Les cellules filles sont identiques entre elles et à la cellule mère.



Niveaux d'organisation du corps humain

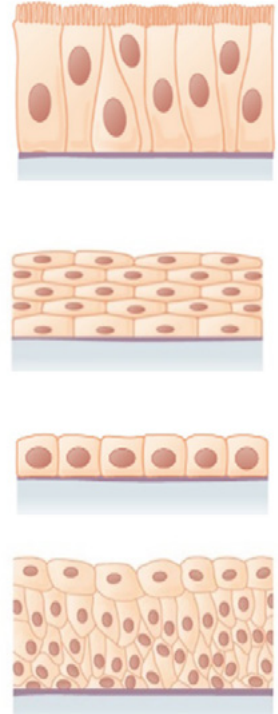
Le corps humain est constitué de cellules spécialisées dans la réalisation de certaines fonctions particulières.

Chez les organismes pluricellulaires, les cellules sont regroupées en tissus. **Le tissu** est un ensemble de cellules de même origine, de structure similaire et remplissant une fonction spécifique ainsi qu'une substance intercellulaire spécifique.

Le corps humain, comme tous les organismes animaux, est constitué de quatre types principaux de tissus : épithélial, conjonctif, musculaire et nerveux.

Tissu épithélial (épithélium). Il est composé de petites cellules mononucléées de différentes formes, juxtaposées (avec une petite quantité de substance intercellulaire), disposées en une ou plusieurs couches (épithélium simple ou stratifié). Il existe deux types d'épithélium : *de revêtement* (construit la surface de la peau, recouvre la surface interne de tous les organes creux comme les vaisseaux sanguins, la vessie, les intestins, et *glandulaire* (forme les glandes). Selon le type de sécrétion et le lieu où elle est déversée, les glandes sont de trois types : les *glandes exocrines* (à sécrétion externe) libèrent leurs sécrétions à la surface de la peau (glandes sudoripares, sébacées, mammaires, lacrymales) ou à l'intérieur des organes creux (glandes salivaires, gastriques, intestinales) ; les *glandes endocrines* (à sécrétion interne) sécrètent des substances appelées hormones directement dans le sang et les *glandes à double sécrétion* (mixte) comme le pancréas et les glandes sexuelles (les gonades).

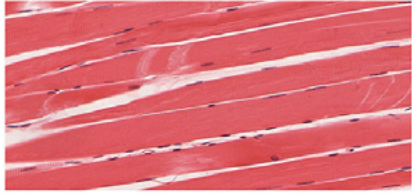
Le tissu épithélial (épithélium) remplit diverses fonctions : revêtement, protection, sécrétion.



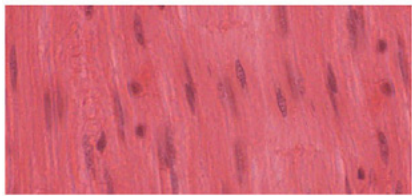
Tissu conjonctif. Il est formé de cellules mononucléées, de formes différentes et d'une grande quantité de substances intercellulaires. Elles correspondent à des fibres de collagène et d'élastine, qui assurent la résistance et l'élasticité du tissu. Selon le type de cellules et la structure de la substance intercellulaire, le tissu conjonctif se divise en plusieurs types comme : réticulé, lâche, dense, adipeux (ou gras), cartilagineux, osseux. Le sang est également un type du tissu conjonctif car il relie les organes internes, les muscles, les vaisseaux sanguins et les nerfs et remplit différentes fonctions. Il confère de l'élasticité aux organes, c'est une réserve d'énergie, un isolant thermique, un support, une protection mécanique, un transport).

Niveaux d'organisation du corps humain

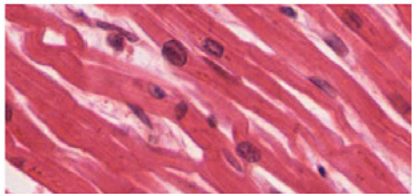
Tissu musculaire. Il se caractérise par la capacité de recevoir, de transmettre et de répondre aux irritations provenant de l'environnement ou de l'intérieur du corps. Il possède les propriétés d'excitabilité, de conductivité et de contractilité. Ses cellules (appelées fibres musculaires) sont longues. Les cellules contiennent une grande quantité de fibres constituées de protéines contractiles.



(a)



(b)



(c)

Selon la structure et la localisation des cellules, le tissu musculaire est de trois types :

Transversalement strié : il constitue les muscles squelettiques. Il se compose de longues cellules multinucléées. Au microscope, en raison de la disposition particulière des fibres protéiques, il apparaît une striation transversale. Ce tissu se contracte volontairement.

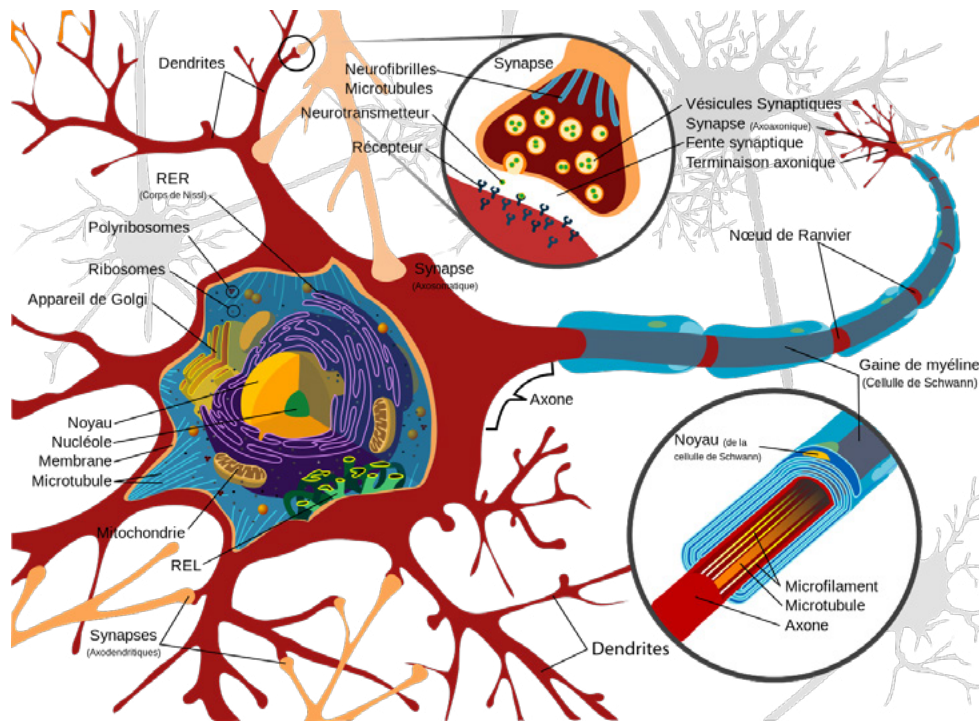
Lisse : il participe à la construction des parois des organes creux. Il est composé de cellules plus courtes, mononucléées et fusiformes. Au microscope, on n'observe pas de striation. Sa contraction est involontaire.

Cardiaque : il constitue la couche musculaire du cœur (le myocarde). Ses cellules sont courtes, mononucléées, possèdent une striation transversale et sont reliées entre elles par des disques spécifiques. Sa contraction est involontaire.

Tissu nerveux. Il constitue le système nerveux et réalise la liaison entre l'organisme et l'environnement (reçoit et analyse les informations venant de l'extérieur et de l'intérieur de l'organisme). Il possède les propriétés d'excitabilité et de conductivité et se compose de deux types de cellules spécialisées : les neurones et les cellules gliales.

Le neurone est composé d'un corps en forme d'étoile d'où partent un grand nombre de courts prolongements appelés dendrites et un long, nommé axone. Il est recouvert d'une gaine de substance blanche, *la myéline*, et peut atteindre une longueur de 1 m. Le neurone possède la capacité d'excitabilité sous l'action de divers stimuli (mécanique, chimique, lumineux, thermique). À travers les dendrites, il reçoit des signaux sous forme d'impulsions nerveuses qui sont transmises ensuite par l'axone et ses ramifications à une autre cellule nerveuse, musculaire ou glandulaire. Une substance (neurotransmetteur) est libérée de l'axone, pénètre dans l'espace intercellulaire et sert d'excitant à la cellule suivante. L'endroit où s'effectue la transmission s'appelle une *synapse*.

Niveaux d'organisation du corps humain



Les cellules gliales forment l'environnement des neurones et sont de plusieurs types. Elles jouent un rôle important dans le support structural et la nutrition des neurones, la formation de la gaine de myéline, la destruction des neurones morts.



PARTIE PRATIQUE :

1. Quelles sont les différences entre le tissu épithélial et le tissu conjonctif ?
2. Pourquoi le sang est-il considéré comme un tissu et fait partie des tissus conjonctifs ?
3. Comparez les trois types de tissu musculaire en complétant le tableau :

Tissu musculaire	Cellules	Contraction	Organes qu'il constitue

4. Trouvez les similitudes et les différences entre le tissu musculaire et le tissu nerveux.
5. Quel est le rôle de la synapse ?
6. Effectuez une recherche et répondez à la question : Lequel des tissus contient la plus grande quantité d'eau ?

Le métabolisme s'effectue à travers les processus vitaux de base des organismes : la nutrition, la respiration et l'excrétion.

Grâce à la *nutrition*, le corps obtient des nutriments. Par la *respiration*, il absorbe de l'oxygène et libère du dioxyde de carbone. L'oxygène est nécessaire pour la décomposition des nutriments ce qui libère de l'énergie pour les besoins du corps. Par l'excrétion sont éliminées les substances inutiles.

La circulation sanguine assure le bon fonctionnement des systèmes digestif, respiratoire, excréteur et la liaison entre eux.

2. SYSTÈME DIGESTIF

Composition de la nourriture

La *nutrition* englobe des processus de transformation des *aliments à partir* desquels l'organisme obtient les nutriments nécessaires tels que glucides, protéines, graisses, ainsi que des vitamines, eau, sels minéraux, fibres alimentaires.

La quantité et la qualité des aliments sont déterminées par le régime alimentaire typique de chaque âge et des caractéristiques individuelles.



Nutriments	Aliments	Importance pour l'organisme
Glucides 1. Simples (glucose, saccharose) 2. Complexes (amidon, cellulose)	fruit, sucre, miel pommes de terre, riz, pâtes, céréales	Principale source d'énergie En grande quantité, ils sont transformés en graisses et s'accumulent dans les muscles, le foie, le tissu adipeux sous-cutané
Protéines	lait, viande, œufs, pois, haricots, lentilles	Constituent les cellules, les tissus, les organes ; assurent la croissance et le développement de l'organisme ; possèdent de différentes fonctions : protectrice, de transport, catalytique.
Graisses	huile, huile d'olive (graisses végétales) ; beurre, saindoux (graisses animales) ; lait, viande, poisson, graines	Réserve d'énergie, isolation thermique ; impliquées dans la construction des membranes cellulaires

Échange de substances

Les vitamines sont des substances organiques qui stimulent le fonctionnement normal du corps, bien qu'elles ne soient pas une source de nutriments et d'énergie. Des lettres latines majuscules sont attribuées aux vitamines. Elles sont de deux types – hydrosolubles (B, C) et liposolubles (A, D, E, K).

L'eau est le composant principal des liquides corporels, un solvant universel et un milieu interne où ont lieu toutes les réactions chimiques au sein de la cellule.

Les sels minéraux sont nécessaires à l'organisme humain car ils contiennent des éléments chimiques importants (sodium, chlore, potassium, calcium, phosphore, iode, magnésium) et participent à la régulation des processus chimiques.

Les fibres alimentaires comme la cellulose, la pectine, les fibres d'origine végétale, etc. ne sont pas digérées dans le système digestif humain mais elles sont importantes pour l'amélioration du péristaltisme intestinal. Les aliments riches en fibres sont la citrouille, les pommes de terre, le blé, le seigle, le pain complet, le blé.

Une nutrition complète et l'apport d'une variété d'aliments sont une condition importante pour la santé de tout organisme.



PARTIE PRATIQUE :

1. Créez un exemple de menu journalier pour un élève de votre âge. Quels sont les nutriments les plus importants et pourquoi ?
2. Que signifie l'expression « alimentation équilibrée » ?
3. Dressez une liste d'au moins 5 règles d'une alimentation saine et équilibrée.
4. Effectuez une recherche sur les vitamines et remplissez le tableau suivant :

Vitamine	Aliments	Importance pour le corps
A		
B (B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ , B ₅ , B ₆ , B ₁₂)		
C		
D		

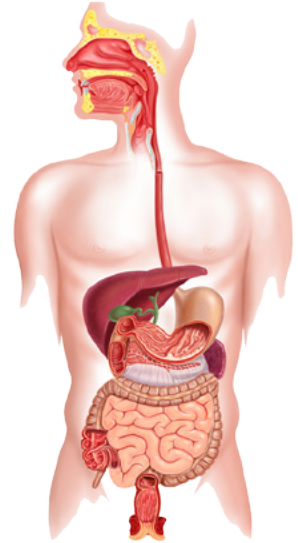
5. Essayez d'expliquer l'adage qu'Hippocrate a légué à l'humanité il y a plus de 2400 ans : « Tu es ce que tu manges ».

Structure et fonctions du système digestif

Le *système digestif* remplit les fonctions suivantes : prise de nourriture, digestion, absorption des substances nécessaires, élimination des résidus.

Le processus de digestion peut être mécanique (déchiquetage et humidification des aliments) et chimique (décomposition des aliments). La digestion s'effectue à l'aide de substances chimiques sécrétées par les glandes digestives.

Le système digestif est composé d'organes digestifs (cavité buccale, pharynx, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, anus) et de glandes digestives. Il atteint une longueur de 8 à 9 m.



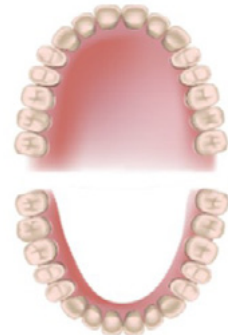
1. CAVITÉ BUCCALE

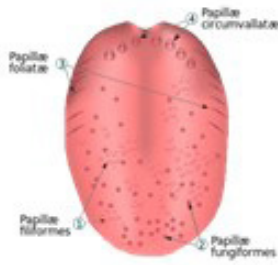
La nourriture ingérée pénètre d'abord dans la **cavité buccale** où se trouvent les dents et la langue qui effectuent son traitement mécanique.

Les dents sont situées sur les deux mâchoires et se composent d'une couronne, d'un collet (la partie la plus étroite de la dent) et d'une ou plusieurs racines implantées dans la mâchoire. La couronne est la partie visible recouverte d'émail (la substance la plus dure du corps humain), sous lequel est disposée la substance dentaire – la *dentine*. À l'intérieur de la dent se trouve la *pulpe dentaire* constituée de tissu conjonctif contenant des vaisseaux sanguins et des nerfs.



Il existe deux dentitions qui se succèdent. *Les dents temporaires* (dents de lait) sont au nombre de 20. Elles commencent à pousser vers l'âge de 6 mois et existent jusqu'à l'âge de 6 ans. *Les dents permanentes* (définitives) sont au nombre de 32 chez l'adulte. Elles se divisent en 8 incisives, 4 canines, 8 prémolaires et 12 molaires. Les 4 derniers molaires, les dents de sagesse, apparaissent après l'âge de 18-20 ans.





La langue est constituée de tissu musculaire transversalement strié et effectue des mouvements volontaires. Elle participe à la mastication (mélange des aliments à la salive), la déglutition et à la phonation. La langue est l'organe du goût. À la surface de la langue se trouvent les papilles gustatives qui abritent les récepteurs gustatifs par lesquels on perçoit et distingue les saveurs primaires tels que sucré, salé, acide et amer. La langue participe aussi à la formation de la parole.

Après le traitement mécanique dans la cavité buccale par les dents et la langue, l'aliment subit un traitement chimique grâce à la salive. Elle est sécrétée par deux types de glandes salivaires : de nombreuses petites et trois grandes paires (*sous-maxillaire, sublinguale, parotide*).

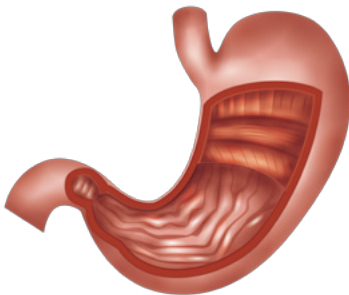
La salive contient de l'eau, des enzymes et du mucus. L'eau hydrate les aliments, l'enzyme *amylase* entame la décomposition des glucides en sucre simple, le glucose. *Le mucus* forme le bol alimentaire et facilite la déglutition.



De la bouche, le bol alimentaire passe dans le **pharynx**, qui le pousse vers l'œsophage par des contractions musculaires.

L'**œsophage** situé derrière la trachée a une longueur de 25 à 30 cm. Il effectue *des mouvements péristaltiques* qui font avancer les aliments solides et liquides vers l'estomac.

2. ESTOMAC



L'**estomac** est la partie la plus large du système digestif. Il est situé dans la cavité abdominale sous le diaphragme. Il est constitué de *cardia, corps et pylore*. Le pylore possède un muscle circulaire appelé sphincter qui régule le flux du contenu gastrique en petites quantités vers l'intestin grêle. La paroi de l'estomac contient du tissu musculaire et c'est grâce à ses contractions péristaltiques que les aliments se mélangent au suc gastrique et avancent vers l'intestin grêle. Un grand nombre de glandes de la *paroi* stomacale sécrètent le suc gastrique qui contient l'enzyme *pepsine*, l'*acide chlorhydrique* et le *mucus*. L'acide chlorhydrique a un effet antibactérien : il tue les bactéries qui pénètrent dans l'estomac avec la nourriture. De plus, il active la pepsine pour décomposer les protéines en molécules plus petites. *Le mucus* protège la muqueuse gastrique de l'action de l'acide chlorhydrique.

L'eau, l'alcool et certains médicaments sont absorbés dans l'estomac et passent dans le sang.



PARTIE PRATIQUE :



1. Décrivez les fonctions des différents types de dents et indiquez leur nombre sur chaque mâchoire.

2. Notez les noms des grandes glandes salivaires :

1.
2.
3.



3. Quels sont les trois composants de la salive et quels sont leurs rôles ?

4. Quelles sont les deux fonctions de l'acide chlorhydrique en tant que composant du suc gastrique ?

5. Lesquels des nutriments se décomposent dans la cavité buccale et lesquels dans l'estomac ?

Indiquez les enzymes impliquées dans leur décomposition.

Décomposition	Lieu	Enzyme
Glucides → glucose		
Protéines → plus petites molécules		

3. INTESTINS

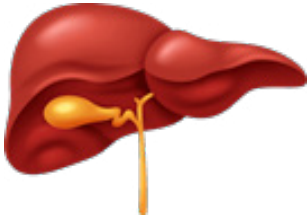
De l'estomac, le chyme (la bouillie alimentaire) passe dans l'**intestin grêle**. Il a une longueur de 5 à 7 m et occupe 2/3 de la cavité abdominale. Sa partie initiale d'une longueur de 25-30 cm s'appelle *duodénum*, où se déversent les sécrétions du pancréas, du foie et des glandes intestinales.

Le **pancréas** est une glande à double sécrétion. En tant que glande exocrine, elle produit un suc digestif de nature légèrement alcaline et contenant diverses enzymes : la *trypsine* qui décompose les protéines ; l'*amylase* et la *maltase* catalysent la décomposition des glucides tandis que la *lipase* celle les graisses en acides gras et en glycérol. En tant que glande endocrine, le pancréas sécrète dans le sang des substances appelées hormones.



Échange de substances

Le foie est la plus volumineuse glande du corps humain. Il est situé dans la partie droite de la cavité abdominale, à côté de l'estomac. Il produit de la bile qui s'accumule dans la vésicule biliaire et se déverse dans le duodénum en présence de nourriture. Le suc biliaire émulsifie les graisses (fragmentation des graisses en microgouttelettes) ce qui augmente leur surface et facilite ainsi l'action de l'enzyme lipase.



Le foie remplit de nombreuses autres fonctions : stockage du glycogène (substance de réserve pour l'organisme humain) ; élimination des substances toxiques obtenues au cours du métabolisme ; maintien de la température corporelle constante.

La muqueuse de l'intestin grêle constitue son revêtement interne. Elle possède des villosités qui assurent l'absorption des nutriments (leur passage dans le sang).

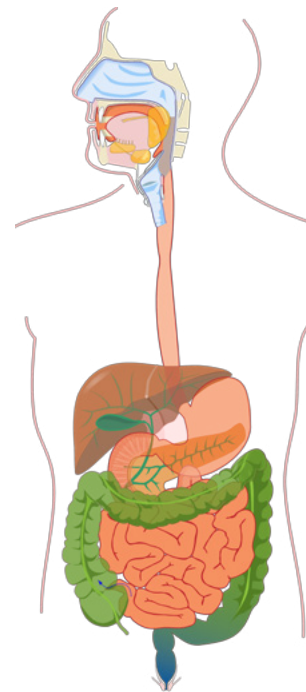
Le gros intestin est la dernière partie du système digestif d'une longueur d'environ 1,5 m. Sa partie initiale appelée *cæcum* possède une excroissance l'*appendice* (8-10 cm). Le côlon se divise en trois parties : ascendante, transverse et descendante. Le gros intestin se termine par le *rectum* et l'anus.

Le côlon se caractérise par la présence d'une flore intestinale (des bactéries) qui décomposent certains résidus alimentaires. En raison de l'absorption de l'eau, le contenu s'épaissit en formant la matière fécale qui, par des mouvements péristaltiques, est évacuée par l'anus (*défécation*). **L'anus** est constitué de deux sphincters : externe et interne, et contrôle l'expulsion des excréments lors de la défécation.



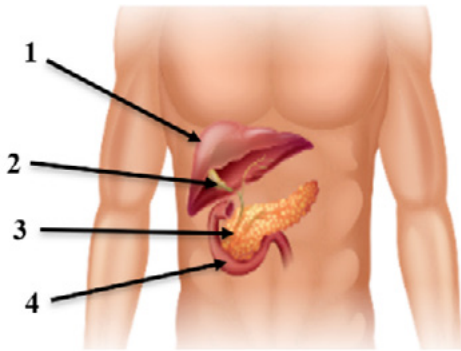
PARTIE PRATIQUE :

1. Légendez le schéma du système digestif.



Échange de substances

2. Identifiez les organes numérotés et expliquez leurs rôles :



1.
2.
3.
4.

3. Décrivez la séquence de dégradation des substances dans le système digestif en indiquant les organes respectifs.

4. Quels sont les organes du système digestif dans lesquels s'effectue l'absorption des nutriments dégradés ?

5. Un des sphincters de l'anus est constitué de tissu musculaire transversalement strié et l'autre de tissu musculaire lisse. Déterminez lequel d'entre eux est l'externe et lequel est l'interne. Justifiez votre réponse.

6. Quels sont les facteurs qui ont un impact négatif sur la structure et les fonctions du système digestif ?

7. Quelles sont les règles d'hygiène que nous devons respecter pour avoir des dents saines et un estomac sain ?

8. Recherchez de l'information sur les maladies du système digestif et remplissez le tableau :

Maladie ou trouble	Cause(s) et organe(s) affecté(s)	Symptômes	Prévention
Carie			
Pulpite			
Gastrite			
Colite			
Ulcère			
Hépatite			

3. SYSTÈME RESPIRATOIRE

Structure et fonctionnement du système respiratoire

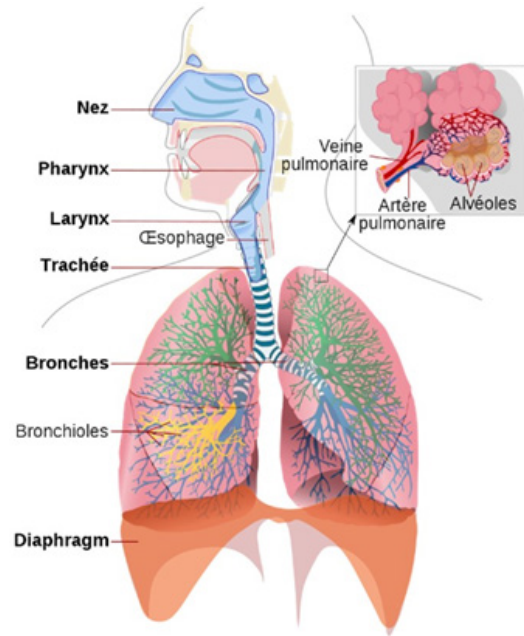
Le système respiratoire permet la respiration par laquelle les organismes récupèrent l'énergie nécessaire aux processus vitaux.

Le système respiratoire est composé de voies respiratoires et des organes respiratoires, les poumons.

Les voies respiratoires sont le nez, le nasopharynx, le larynx, la trachée et les bronches.

Le **nez** est constitué d'un squelette osseux et de cartilages recouverts de peau formant les deux narines. La *cavité nasale* est recouverte d'une muqueuse riche en : *glandes*, dont la sécrétion humidifie l'air qui y passe, *capillaires sanguins* (le sang réchauffe l'air), des poils et des cils filtrant les poussières fines.

Du nez, l'air passe dans le **nasopharynx** (partie supérieure du **pharynx**), où se trouve la troisième amygdale, et ensuite dans le larynx.



Le **larynx** est la partie supérieure de la trachée située au niveau de la gorge. C'est un organe constitué de cartilages (le plus gros est le cartilage thyroïde, qui chez l'homme est proéminent et s'appelle la pomme d'Adam) et de muscles. Le larynx abrite les *cordes vocales* (*plis vocaux*). L'air expiré provoque des vibrations des cordes vocales et de cette façon se forme la *voix* qui se caractérise par un timbre, une force et une hauteur spécifiques.

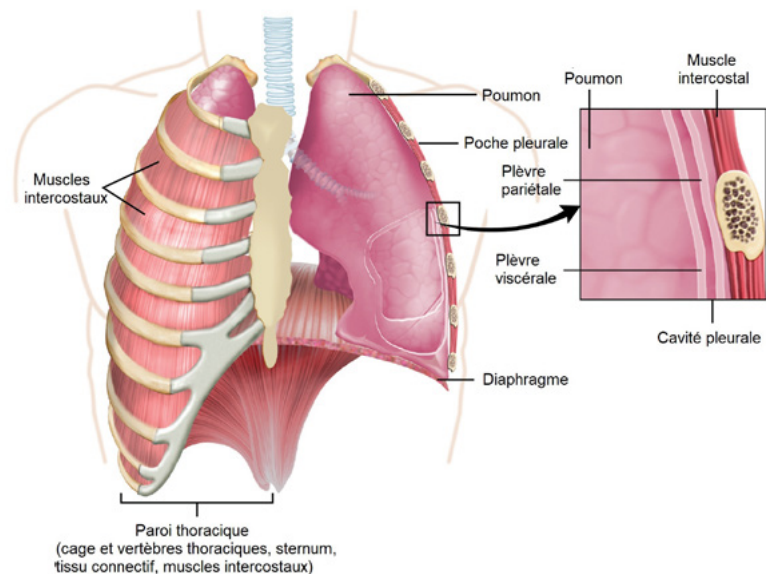
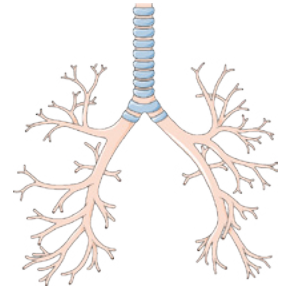
Au niveau du pharynx, se croisent les voies de l'air et de l'alimentation. Au-dessus du larynx se trouve une structure cartilagineuse : l'épiglotte qui ferme son ouverture lorsque la nourriture est avalée et empêche son entrée dans la trachée.

Échange de substances

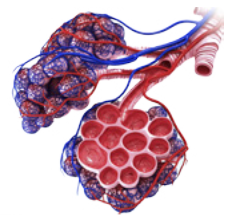
La **trachée** est un conduit situé devant l'œsophage qui mesure environ 12 cm de long. Elle est constituée de demi-anneaux cartilagineux dont la partie ouverte fait face à l'œsophage. La surface interne de la trachée est recouverte d'épithélium cilié qui capture les particules poussiéreuses de l'air inspiré et de glandes dont la sécrétion retient la poussière.

À son extrémité inférieure, la trachée se divise en deux plus petites branches : les **bronches**. Elles pénètrent dans les deux poumons et se ramifient en branches encore plus petites – les *bronchioles*. La trachée, les bronches et les bronchioles forment ce qu'on appelle *arbre bronchique*.

Les **poumons** sont situés dans la cavité thoracique. Leur base repose sur le diaphragme (muscle qui sépare les cavités thoracique et abdominale), et leurs extrémités supérieures arrondies montent au-dessus de la clavicule. Entre les deux poumons se trouvent le cœur, la trachée, l'œsophage, de nombreux vaisseaux sanguins et des nerfs. Les poumons sont recouverts de *plèvres* : deux membranes (feuillet) de tissu conjonctif entre lesquelles se forme une cavité remplie d'une petite quantité de liquide. Le rôle du liquide est de réduire le frottement des poumons lors des mouvements respiratoires.



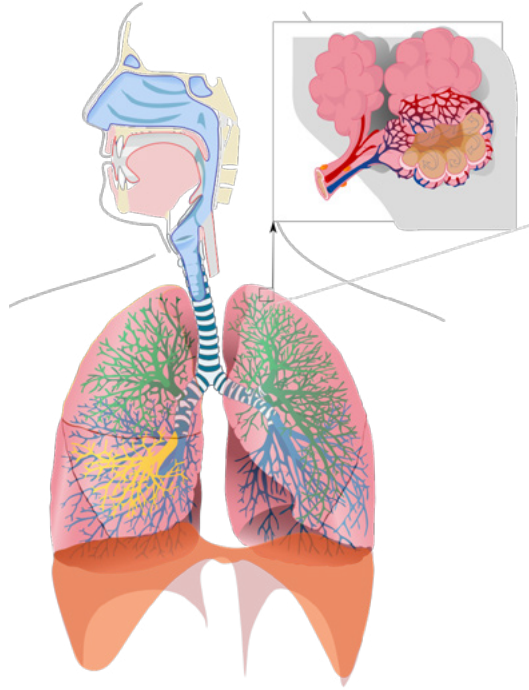
Les plus petites branches des bronchioles aboutissent à des sacs aériens minuscules (semblables à des amas) appelés **alvéoles**. Ils sont enveloppés d'un dense réseau capillaire et participent aux échanges gazeux.





PARTIE PRATIQUE :

1. Indiquez sur le schéma les organes par lesquels l'air passe jusqu'à ce qu'il atteigne les poumons.



2. Expliquez pourquoi il faut inspirer par le nez.
3. Comment et dans quel organe se forme la voix ?
4. Quel est le rôle de l'épiglotte ?
5. Quelle est la particularité structurale de la trachée qui permet le passage facile des aliments à travers l'œsophage et n'empêchent pas la respiration ?
6. Pourquoi le poumon gauche est un peu plus petit que le poumon droit ?
7. Pourquoi le liquide entre les deux plèvres est si important ?
8. Procurez-vous un chronomètre et comptez les mouvements respiratoires que vous ferez pendant une minute dans un état de repos. Faites 10-15 squats et comptez de nouveau le nombre de mouvements respiratoires pendant une minute. Écrivez les valeurs dans vos cahiers. Comparez les résultats obtenus et tirez la conclusion nécessaire sur le nombre de mouvements respiratoires au repos et après une activité physique.

Mouvements respiratoires et échanges gazeux

La respiration (la ventilation pulmonaire) est un processus par lequel le corps humain se procure du dioxygène nécessaire aux fonctions cellulaires et libère du dioxyde de carbone toxique formé dans les cellules. Cet échange s'effectue par deux mécanismes : l'inspiration et l'expiration.

L'inspiration est un processus actif dû à la contraction des muscles intercostaux externes et du diaphragme. La cage thoracique se soulève vers l'avant et vers le haut tandis que le diaphragme s'abaisse vers la cavité abdominale.

L'expiration est un processus passif lors duquel les muscles respiratoires se dilatent – la cage thoracique revient à sa position d'origine et le diaphragme se lève.

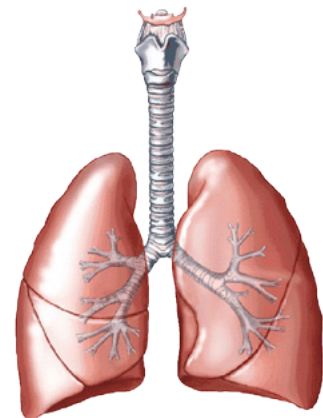
La respiration s'effectue de manière rythmique : chaque expiration est suivie d'une courte pause après laquelle l'inspiration et l'expiration se reproduisent.

Le nombre de mouvements respiratoires par minute est appelé *fréquence respiratoire*. Elle dépend de l'âge, du sexe, de l'état physiologique de l'individu, de la température ambiante. Chez le nouveau-né, la fréquence respiratoire est de 50-60 fois par minute, chez un adulte – 16-18 fois.

La quantité d'air qu'une personne inspire à l'état de repos est appelée *capacité pulmonaire* (respiration normale) et elle est d'environ 500 ml. Lors d'une inspiration forcée, le volume peut atteindre 5 litres : c'est la *capacité vitale* (capacité maximale). Dans les poumons, même après une expiration complète, il reste environ 1,5 litre d'air : on l'appelle *volume résiduel*.

La **capacité pulmonaire totale** est la somme de la capacité vitale et du volume résiduel. Elle désigne le volume d'air maximal que les poumons contiennent après une inspiration forcée.

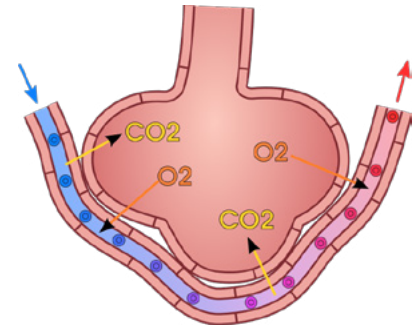
Au cours de l'inspiration, l' O_2 pénètre dans les poumons, traverse les parois fines des alvéoles et passe dans le sang grâce auquel il atteint les cellules. À la suite des processus vitaux, le CO_2 formé dans les cellules pénètre dans le sang, atteint les poumons et est évacué du corps par le processus d'expiration. Au sein du corps humain, les échanges gazeux ont lieu dans les poumons et dans les tissus. Ceci est facilité par la grande surface et les parois fines des alvéoles et des capillaires, ainsi que par le lent mouvement du sang au niveau des capillaires.





PARTIE PRATIQUE :

1. Faites l'exercice d'inspiration-expiration-pause plusieurs fois et prêtez attention à votre rythme respiratoire.
2. Expliquez le rôle du sang dans les échanges gazeux.
3. Recherchez de l'information sur les quantités d'O₂ et de CO₂ (en %) dans l'air inspiré et expiré. Tirez les conclusions nécessaires.
4. Effectuez une recherche sur le spiromètre. À quoi sert-il ?
5. À l'aide des flèches sur le schéma, décrivez la direction du mouvement du dioxygène et du dioxyde de carbone au niveau des alvéoles.
6. Quels sont les facteurs qui ont un impact négatif sur la structure et les fonctions du système respiratoire ?
7. Quelles sont les règles d'hygiène que nous devons respecter pour avoir un système respiratoire sain ?
8. Recherchez de l'information sur les maladies du système respiratoire et remplissez le tableau :



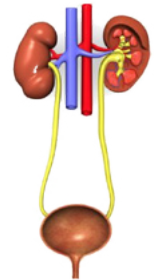
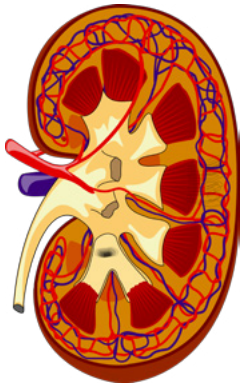
Maladie ou trouble	Cause(s) et organe(s) affecté(s)	Symptômes	Prévention
Rhume			
Rhinite			
Sinusite			
Pharyngite			
Laryngite			
Trachéite			
Bronchite			
Bronchopneumonie			
Pleurésie			
Tuberculose			
Asthme bronchique			

4. SYSTÈME EXCRÉTEUR

Le système excréteur effectue l'excrétion des produits inutiles du métabolisme ainsi que de l'excès d'eau et de sels minéraux. Grâce à ces processus, il participe au maintien de l'**homéostasie** (l'équilibre du milieu intérieur du corps).

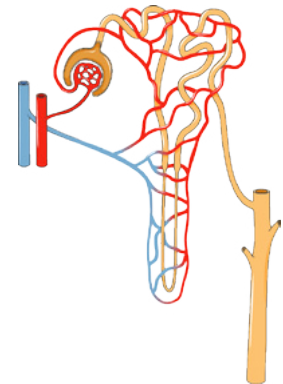
Les organes du système excréteur sont les reins, les uretères, la vessie et l'urètre.

Les principaux organes du système sont les **reins**. Ils sont situés sur la partie postérieure de la cavité abdominale. Leur forme ressemble à celle d'un haricot et ils mesurent environ 12 cm de long et 6 cm de large. À l'extérieur, ils sont recouverts d'une couche de graisse qui fixe et protège les reins. Une artère rénale pénètre dans la partie concave de chaque rein et une veine rénale en sort.



La coupe longitudinale d'un rein montre qu'il a deux couches : externe, d'une épaisseur de 4-5 mm, appelée écorce (ou cortex) et interne nommée *partie médullaire* où sont situées de 7 à 20 *pyramides rénales*. Leurs bases sont orientées vers le cortex et les pointes vers le *bassinnet rénal*.

L'unité structurale et fonctionnelle de base du rein s'appelle **néphron**. Chaque néphron se compose d'un *corpuscule rénal* constitué d'un peloton de capillaires appelé *glomérule*, entouré d'une capsule à double paroi, et d'un *système tubulaire* (des tubules contournés reliant le glomérule au tube collecteur qui se jette dans le bassin rénal). Il y a environ 1 million de néphrons dans chaque rein.



Le rôle principal des reins et des néphrons est la formation de l'urine à travers trois processus : la filtration, la réabsorption et la sécrétion.

La filtration est un processus passif (sans consommation d'énergie).

Des substances nocives telles que l'acide urique, et des substances utiles (de l'eau, des sels minéraux, des acides aminés, du glucose, des vitamines) passe du sang du glomérule dans la capsule. Le volume de l'urine primaire ainsi formée est d'environ 170 litres par jour chez l'adulte.

L'absorption inverse (réabsorption) est un processus actif (avec consommation d'énergie). Environ 99% de l'eau et d'autres molécules (glucose, acides aminés, sels) sont renvoyés dans le sang.

Par *la sécrétion* des tubules, des substances inutiles telles qu'ammoniac, urée, médicaments, etc. deviennent partie intégrante de l'urine.

Le volume de l'*urine définitive (finale)* est d'environ 1 à 1,5 litre par jour.

Échange de substances

À partir des tubules, l'urine s'accumule dans le *bassin* rénal, d'où elle pénètre dans les **uretères** : des formations tubulaires d'environ 30 cm de long à travers lesquels l'urine est acheminée vers la vessie.

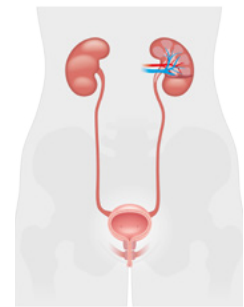
La vessie est située dans la partie inférieure de la cavité abdominale (dans le petit bassin). C'est un organe musculueux creux dans lequel s'accumule l'urine. Sa capacité de stockage est de 500-600 ml. L'envie d'uriner se fait ressentir à partir d'environ 300 ml.

L'urine est évacuée de l'organisme (miction) par l'urètre qui mesure 4 cm de long chez la femme et 20-22 cm chez l'homme.



PARTIE PRATIQUE :

1. Notez les organes du système excréteur sur le schéma.
2. Décrivez la structure de l'unité de base du rein.
3. Les reins sont les organes les plus vascularisés. Comment expliqueriez-vous ce fait ?
4. Décrivez les trois étapes de la formation de l'urine.
5. Quelle est la composition de l'urine ?
6. Un adulte en bonne santé produit environ 1,5 litres d'urine par jour. Dans quelles conditions ce volume augmenterait-il ?
7. Quels sont les facteurs qui ont un impact négatif sur la structure et les fonctions du système excréteur ?
8. Quelles sont les règles d'hygiène que nous devons respecter pour avoir un système excréteur sain ?
9. Recherchez de l'information sur les maladies du système excréteur et remplissez le tableau :

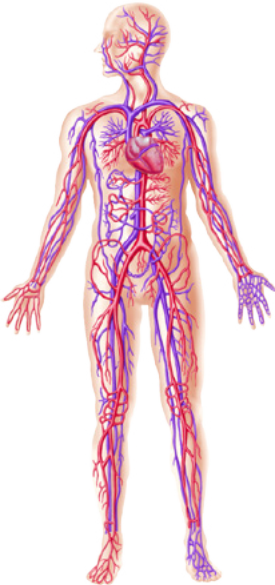


Maladie ou trouble	Cause(s) et organe(s) affecté(s)	Symptômes	Prévention
Cystite			
Urétrite			
Calculs rénaux ou sable des reins			
Pyélite			
Pyélonéphrite			
Goutte			

10. Expliquez pourquoi la cystite est plus fréquente chez les femmes.
11. Les calculs rénaux sont une maladie héréditaire qui peut être prévenue. Comment ?

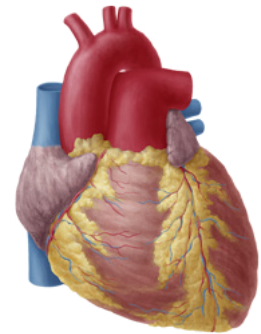
5. SYSTÈME CARDIOVASCULAIRE

Structure et fonctionnement du système cardiovasculaire



Le système cardiovasculaire (système circulatoire) est constitué du cœur qui joue le rôle d'une pompe et des vaisseaux sanguins à travers lesquels le sang circule. De cette façon, l' O_2 et les nutriments atteignent les cellules et le CO_2 et les substances inutiles en sont excrétés. Le système cardiovasculaire joue le rôle de médiateur entre les processus vitaux d'alimentation, de respiration, d'excrétion.

L'organe principal du système cardiovasculaire est le **cœur** - un organe musculéux creux qui par ses contractions rythmiques fait circuler le sang dans le corps. Le cœur est situé dans la cavité thoracique entre les deux poumons. Il a la forme d'un cône dont la partie pointue est orientée vers le bas et à gauche. Le cœur d'un adulte pèse environ 250-300 g.



La paroi du cœur comprend trois couches : l'*endocarde* (la couche interne), constitué d'une seule couche d'épithélium, le *myocarde* (la couche moyenne), constitué de tissu musculaire cardiaque et l'*épicarde* (la couche externe), constitué de tissu conjonctif. Le cœur est situé dans un sac de tissu conjonctif, le *péricarde*. Entre l'épicarde et le péricarde il y a un espace rempli de liquide qui empêche les frottements pendant le fonctionnement du cœur.

Par une épaisse cloison longitudinale, le cœur est divisé en deux moitiés : la moitié gauche, dans laquelle s'écoule le sang artériel (riche en O_2) et la moitié droite, dans laquelle s'écoule le sang veineux (riche en CO_2). Chaque moitié est divisée en 2 cavités : une plus petite appelée *oreillette* (atrium) et une plus grande, le *ventricule*, qui communiquent par une *valvule auriculo-ventriculaire*.

Il existe trois types de vaisseaux sanguins qui transportent le sang :

- **Artères** : ce sont les vaisseaux sanguins qui exportent le sang du cœur. La paroi des artères est composée de trois couches : externe (de tissu conjonctif possédant de nombreuses fibres élastiques), moyenne (de tissu musculaire lisse) et interne (de tissu épithélial). Les artères se ramifient en artérioles, dont le diamètre est plus petit et les parois contiennent moins de fibres élastiques, et en capillaires.

Échange de substances

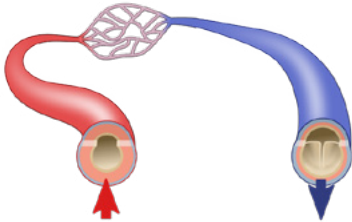
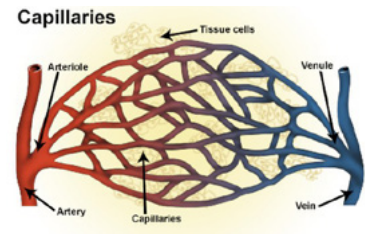
● **Capillaires** : ils jouent un rôle important dans les échanges gazeux. Ceci est facilité par : leur paroi fine (constituée d'une seule couche d'épithélium), leur grande surface commune et la faible vitesse du flux sanguin.

Les capillaires s'unissent et forment les veinules et les veines.

Veines : ce sont les vaisseaux sanguins qui importent le sang

dans le cœur. Leur paroi est constituée

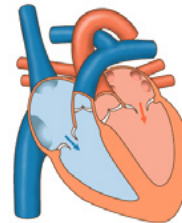
des mêmes couches que celles des artères mais possède moins de fibres élastiques et la couche musculaire est plus mince. Les veines des membres inférieurs possèdent *des valvules anti-reflux* (en forme de poche).



Les plus grands vaisseaux sanguins sont : les 4 *veines pulmonaires* transportant le sang vers l'oreillette gauche ; la *veine cave supérieure et la veine cave inférieure*, ramenant le sang vers l'oreillette droite ; l'*aorte* transportant le sang du ventricule gauche vers tous les organes ; l'*artère pulmonaire* transportant le sang du ventricule droit aux poumons. L'aorte et l'artère pulmonaire débutent par des *valvules semi-lunaires* qui ne permettent pas au sang de retourner vers le cœur. La paroi cardiaque est alimentée en O₂ et en nutriments par deux artères : les branches de l'aorte appelées *artères coronaires*.

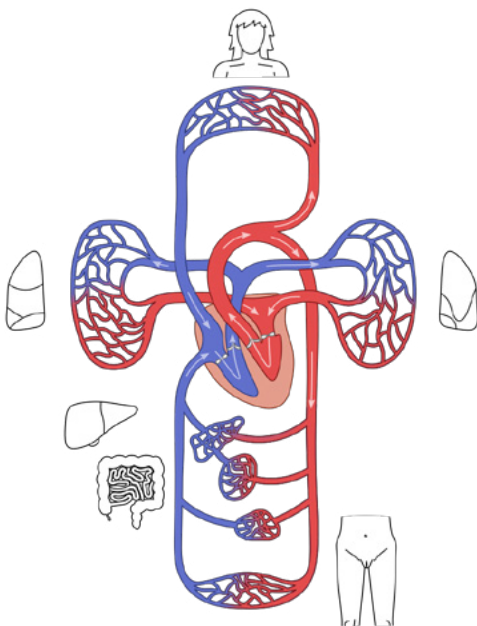
Le mouvement du sang dans le corps est appelé *circulation sanguine*. Le sang ne circule que dans un sens unique : des oreillettes aux ventricules et des ventricules à l'extérieur du cœur (révolution cardiaque).

[animation](#) →



On distingue : la circulation systémique (grande circulation) et la circulation pulmonaire (petite circulation).

La circulation systémique commence à partir du ventricule gauche : le sang artériel est exporté par l'aorte (le plus grand vaisseau sanguin), il atteint toutes les cellules et recueille le dioxyde de carbone qui s'y forme. Le sang veineux ainsi formé s'écoule dans l'oreillette droite par les veines caves supérieure et inférieure. *La circulation pulmonaire* débute du ventricule droit : le sang veineux est exporté par l'artère pulmonaire. Ses deux branches pénètrent dans les deux poumons. Après l'échange gazeux (libération du dioxyde de carbone et la pénétration de l'oxygène), le sang artériel est transporté dans l'oreillette gauche du cœur par quatre veines pulmonaires.

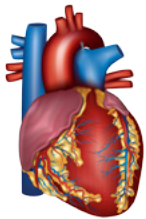
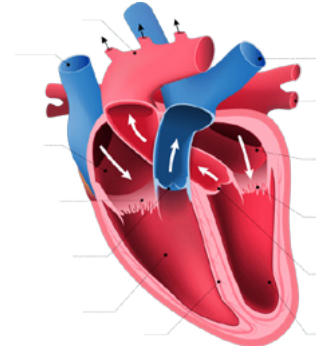




PARTIE PRATIQUE :

1. Légendez le schéma en utilisant les mots suggérés :

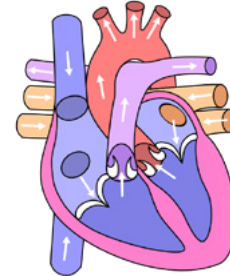
- oreillette gauche, oreillette droite,
- ventricule gauche, ventricule droit
- valvules auriculo-ventriculaires
- valvules semi-lunaires
- aorte, artère pulmonaire
- veine cave supérieure, veine cave inférieure
- veines pulmonaires, sang artériel, sang veineux



- 2. Où sont situées les artères coronaires et quel est leur rôle ?
- 3. Quel est le rôle du liquide entre l'épicarde et le péricarde ?
- 4. Quelles sont les similitudes et les différences dans la structure de la paroi des artères et des veines ?
- 5. Quelle est le sens de la circulation sanguine dans les artères et dans les veines ? Quel est le rôle des capillaires ?

6. Où sont situés les valvules anti-reflux et quel est leur rôle ?

7. À l'aide du schéma présenté, décrivez la révolution cardiaque.



8. Faites une *brève* conclusion sur l'importance de la grande et de la petite circulation sanguine. Notez-les dans le tableau.

	Importance
Circulation systémique	
Circulation pulmonaire	

Activité cardiaque

La circulation sanguine est due à l'*activité cardiaque* qui s'effectue par des contractions et des dilatations successifs et rythmiques du muscle cardiaque. Dans la couche musculaire de l'oreillette droite, il existe des cellules spécialisées qui génèrent des impulsions excitatrices. Ces impulsions sont transmises ensuite dans tout le muscle cardiaque. Cette propriété du cœur s'appelle *automatisme*. La contraction des oreillettes et des ventricules (la *systole*) suivie du relâchement du cœur (la *diastole*) représentent un *cycle cardiaque*.

La contraction du muscle cardiaque ainsi que le fonctionnement des valvules auriculo-ventriculaires et semi-lunaires assurent le mouvement unidirectionnel du sang.

La fréquence cardiaque est le nombre de battements cardiaques par unité de temps (le plus souvent en 1 minute) ; chez l'adulte, elle est d'environ 70 b./min tandis que chez le nouveau-né, elle est de 140 b./min. Elle peut être mesurée par auscultation au stéthoscope et l'enregistrement des bruits du cœur (*des sons cardiaques*).

La quantité de sang que le cœur éjecte dans l'aorte ou l'artère pulmonaire au cours d'une systole du ventricule respectif est appelée *volume d'éjection systolique* et il est d'environ 70 ml à l'état de repos. La quantité de sang expulsé du cœur en 1 minute s'appelle *le débit cardiaque* et est d'environ 4,5-5 litres. Lors d'un effort, ces valeurs augmentent.

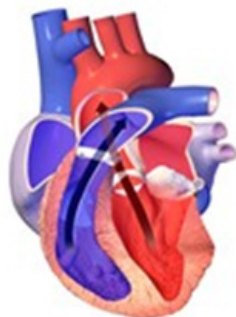
Au cours de sa circulation, le sang crée une certaine pression sur les vaisseaux sanguins – *la pression artérielle*. La pression systolique est enregistrée lorsque la tension artérielle est à son maximum au moment de la systole et elle est de 120 mm Hg (millimètres de mercure) chez un adulte. La pression diastolique est mesurée à son minimum au moment de la diastole et chez l'adulte, elle est de 80 mm Hg. La pression est la plus élevée au début de l'aorte et de l'artère pulmonaire et la plus basse dans les veines qui transportent le sang vers le cœur.

Le sang qui est poussé dans l'aorte provoque une dilatation de sa paroi qui est transmise aux branches artérielles : il se crée un *pouls*. Il est mieux ressenti en palpant les artères du cou, du poignet, etc. Les veines n'ont pas de pouls. La prise de pouls permet de mesurer la fréquence cardiaque et d'évaluer le rythme cardiaque.

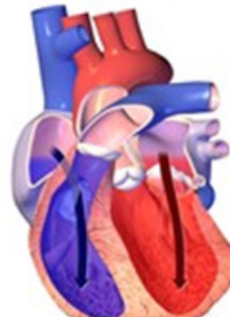


PARTIE PRATIQUE :

1. Donnez une définition de l'automatisme cardiaque. Quel est son rôle ?
2. Quel est le rôle des valvules cardiaques ?
3. Quelles sont les étapes du cycle cardiaque ?
4. Décrivez l'alternance de contraction et de relâchement du muscle cardiaque.
5. Dans un état normal, le cœur fait 70-75 contractions (battements) par minute. La durée d'un *cycle cardiaque* est de 0,8 seconde : la systole auriculaire en 0,1 s., la systole ventriculaire en 0,3 s. et la diastole auriculaire et ventriculaire totale en 0,4 s. Pourquoi la durée de la systole ventriculaire est plus longue ?



Systole



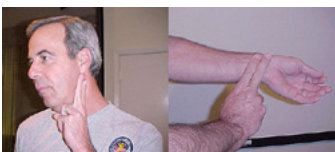
Diastole

6. Effectuez une recherche sur les différents types de tensiomètres, leur fonctionnement et mode d'emploi.
7. Prise du pouls et de la tension artérielle.



Travaillez en équipe de deux. Chacun de vous doit prendre le pouls et la tension artérielle de son camarade de classe au repos et après un effort physique, par exemple 10 squats. Notez les valeurs obtenues dans le tableau et tirez des conclusions.

État de	Pouls	Tension artérielle
repos		
effort physique		



On prend le pouls le plus facilement en appuyant légèrement avec l'index et le majeur sur l'artère radiale dans la zone au-dessus du poignet. Le pouls peut également être pris en appuyant légèrement l'artère carotide.

8. Pourquoi il n'est pas recommandé de prendre le pouls en utilisant le pouce bien qu'il bénéficie d'une sensibilité supérieure à celle des autres doigts ?

9. Quels sont les facteurs qui ont un impact négatif sur la structure et les fonctions du système cardiovasculaire ?

10. Quelles sont les règles d'hygiène que nous devons respecter pour avoir un système cardiovasculaire sain ?

11. Recherchez de l'information sur les maladies du système cardiovasculaire et remplissez le tableau :

Maladie ou trouble	Cause(s) et organe(s) affecté(s)	Symptômes	Prévention
Athérosclérose			
Crise cardiaque			
Accident vasculaire cérébral (AVC)			
Malformation cardiaque			

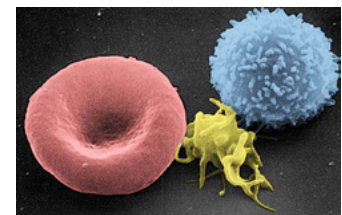
Sang

Dans les organismes pluricellulaires, l'échange entre les cellules et leur environnement se fait à travers *le milieu liquide intérieur du corps*. L'eau est le composant principal des cellules, de la substance intercellulaire et des fluides corporels. Il représente environ 65 à 70 % du poids corporel. Le milieu liquide intérieur est composé de :

Plasma sanguin – un liquide jaune pâle, représentant environ 55% du volume sanguin, composé d'environ 90% d'eau, 9% de solutés organiques (des protéines, des enzymes, des hormones, des glucides, etc.) et de 0,9% de sels minéraux.

Liquide tissulaire ou interstitiel (présent dans les espaces entre les cellules) – un liquide clair et incolore, formé à partir du plasma sanguin et ayant une composition qualitative et quantitative similaire.

Lymphe – un liquide organique translucide incolore formé par le liquide tissulaire, de composition comparable à celles du liquide tissulaire et du plasma sanguin mais plus riche en graisse, contenant des lymphocytes (un type de globules blancs).



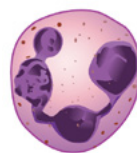
Dans l'organisme humain, il existe des mécanismes qui maintiennent la constance du volume, de la composition chimique et du pH du milieu liquide intérieur : ce phénomène s'appelle *homéostasie*.

Le sang représente environ 7 % de la masse corporelle de chaque personne. Il est composé de plasma sanguin et de cellules sanguines (des éléments figurés) telles que les érythrocytes, les leucocytes et les thrombocytes, qui sont produits dans les *organes hématopoïétiques* comme la moelle osseuse rouge, la rate, les ganglions lymphatiques.

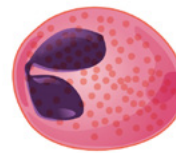


Les érythrocytes (globules rouges, hématies) sont en plus grande quantité – 4,5 à 5 millions par mm^3 ($1\mu\text{l}$) et vivent normalement environ 120 jours. Ils sont en forme de disques biconcaves et sont dépourvus de noyau. Leur cytoplasme contient le pigment rouge de l'hémoglobine qui peut se lier facilement aux gaz et les transporter. Dans les poumons, il se lie à l' O_2 pour former le composé instable d'*oxyhémoglobine* qui atteint les cellules par le sang. Le CO_2 des cellules se lie avec l'hémoglobine et il se forme le composé instable *carbaminohémoglobine* qui est transporté vers les poumons où le gaz est libéré dans l'atmosphère. Avec le CO, l'hémoglobine forme un composé stable, la carboxyhémoglobine, qui peut entraîner la mort.

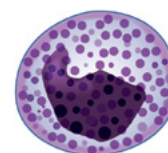
Les leucocytes (globules blancs) sont au nombre de 6000-9000 dans 1 mm^3 ($1\mu\text{l}$), leur durée de vie est d'environ 2-3 semaines. Ils ont un gros noyau de formes diverses et sont de plusieurs types. Certains d'entre eux forment des pseudopodes et effectuent le processus de phagocytose tandis que d'autres : les lymphocytes sécrètent des substances spécifiques tuant ou neutralisant ainsi les micro-organismes pathogènes et les cellules étrangères qui ont pénétré dans le corps, c.-à-d. qu'ils ont une fonction protectrice.



Neutrophil

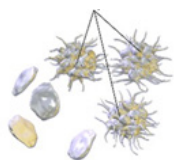


Eosinophil



Basophil

Les thrombocytes (plaquettes sanguines) sont les plus petites cellules sanguines de forme irrégulière et dépourvues de noyau. Ils sont environ 200 000-400 000 par mm^3 (μl) et vivent environ 3-5 jours. Ils contiennent une enzyme qui au contact de l' O_2 de l'air accélère la coagulation du sang.



La coagulation sanguine est une réaction importante protectrice lors d'une blessure. Il se forme un caillot qui permet d'éviter la perte du sang. Le facteur coagulant est le fibrinogène : une protéine soluble présente normalement dans le sang. Il se transforme en forme insoluble, la fibrine, dont les filaments forment un filet qui piège les autres cellules sanguines. Il est possible que le caillot se forme en absence de lésion, dans le système vasculaire. Dans ce cas, on l'appelle thrombus. Il peut bloquer la circulation sanguine et entraîner des troubles cardiovasculaires (thromboses) ainsi que la mort.



PARTIE PRATIQUE :

1. Quelle est la composition du milieu liquide intérieur du corps humain ?
2. D'où proviennent le liquide interstitiel et la lymphe ?
3. Calculez la quantité de sang (en litres) que vous avez dans votre corps.
4. Remplissez le tableau sur le rôle des trois types de cellules sanguines.

Cellules sanguines	Importance

5. Quelles cellules sanguines seront les premières à réagir lorsque des micro-organismes pathogènes pénètrent dans l'organisme ?
6. Expliquez comment le sang remplit sa fonction de « mise en relation » des organes des systèmes différents ainsi que de l'organisme avec le milieu extérieur.

Groupes sanguins

De nombreuses tentatives infructueuses de transfusion sanguine entre personnes ont été faites dans le passé. C'est en 1901 que Karl Landsteiner a pu en expliquer la raison : il a découvert le **système ABO**. Il constate que le sang des personnes diffère par des protéines spécifiques situées dans la membrane des globules rouges appelées **antigènes** qui sont identifiés par les lettres **A** et **B**. La présence ou l'absence de ces antigènes définit les 4 groupes sanguins – **A, B, O et AB**.

De plus, le plasma sanguin contient d'autres protéines qui peuvent interagir avec les antigènes : elles sont appelées **anticorps** et sont notées α (**anti-A**) et β (**anti-B**).

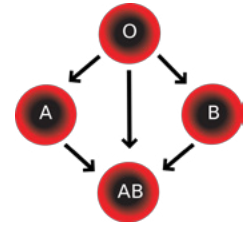
Les antigènes et les anticorps dans le sang d'un même individu sont de type opposé.

Si l'antigène **A** interagit avec l'anticorps α ou si l'antigène **B** interagit avec l'anticorps β , les érythrocytes s'agglomèrent, se décomposent et précipitent : c'est l'agglutination des globules rouges.

	Groupe A	Groupe B	Groupe AB	Groupe O
Globule Rouge				
Anticorps	Anti-B	Anti-A	Aucun	Anti-A et Anti-B
Antigène	Antigène A	Antigène B	Antigène A et B	Pas d'antigène

Échange de substances

Dans certains cas tels que les troubles hémorragiques, les chirurgies, les transplantations, il est nécessaire de transfuser du sang d'un individu à un autre. De règle générale, il est préférable d'utiliser du sang du même groupe sanguin – la transfusion isogroupe.



Si ce n'est pas le cas, il s'agit d'une transfusion compatible et il faut respecter la règle de la transfusion concernant la compatibilité des groupes sanguins. D'après cette règle, les personnes du groupe sanguin O peuvent donner du sang à tous les autres groupes et sont appelées *donneurs universels*. Les individus du groupe sanguin AB peuvent recevoir du sang de tous les groupes et sont des *receveurs universels*. La transfusion non-isogroupe n'est possible que jusqu'à 300-400 ml de sang.

Un autre facteur important pour la transfusion sanguine est *le facteur rhésus (Rh)*. C'est un antigène présent dans le sang de 85% des personnes et on les appelle Rhésus positifs (Rh+). Les 15% restants sont des Rhésus négatifs (Rh-).



PARTIE PRATIQUE :

1. Complétez le tableau sur la comptabilité des groupes sanguins :

Receveur	O	A	B	AB
Donneur				
O				
A				
B				
AB				

2. Pourquoi est-il possible de transfuser du sang du groupe A à une personne du groupe sanguin AB ?
3. Est-il possible de transfuser du sang du groupe AB à une personne du groupe sanguin O. Justifiez votre réponse.
4. Quelle est la raison pour laquelle le groupe sanguin O est un donneur universel ?
5. Effectuez une recherche et expliquez quel serait le résultat d'une transfusion sanguine d'une personne Rh+ à une personne Rh-. Que se passerait-il en cas de transfusion sanguine inverse ?

Système immunitaire. Immunité

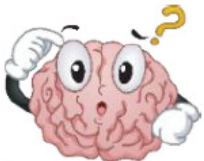
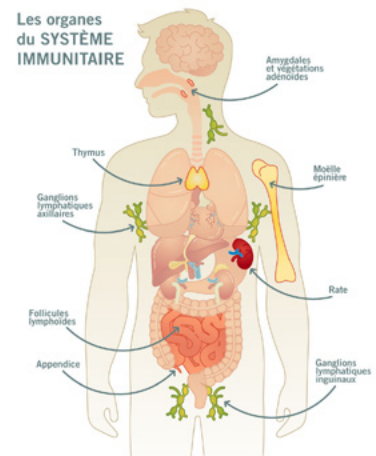
L'homme est entouré de nombreuses bactéries, virus, champignons que l'on trouve partout : dans l'air, l'eau, la nourriture, sur les vêtements, sur les surfaces qu'il touche. Ils sont communément appelés *antigènes*. Beaucoup d'entre eux peuvent pénétrer dans l'organisme et provoquer des maladies et des infections et on les appelle *agents pathogènes*. La défense de l'organisme contre eux est assurée par le *système immunitaire* : c'est l'ensemble de toutes les cellules et organes qui reconnaissent et neutralisent les agents pathogènes.

Les cellules hautement spécialisées qui assurent la défense de l'organisme contre l'invasion des agents étrangers sont les leucocytes.

Les organes du système immunitaire où s'effectuent la formation, la différenciation et l'augmentation du nombre de lymphocytes sont le *thymus*, la *moelle osseuse*, les *ganglions lymphatiques*, la *rate*, les *amygdales*.

La science qui étudie la structure et les mécanismes de défense du système immunitaire s'appelle l'*immunologie*. Le fondateur de l'immunologie moderne est Louis Pasteur.

La non-réceptivité du corps aux agents pathogènes s'appelle *immunité*. Elle est de plusieurs types : innée, acquise, naturelle, artificielle, passive, active.



PARTIE PRATIQUE :

1. Faites une grille de mots-mêlés avec les 10 *concepts marqués*. Proposez-la à vos camarades de classe.
2. Effectuez une recherche et présentez de manière convenable (présentation PowerPoint, affiche) devant la classe les différents types d'immunité.
3. Effectuez une recherche sur les différents types de vaccins et les maladies auxquelles ils sont destinés. Présentez-les de manière convenable devant la classe.

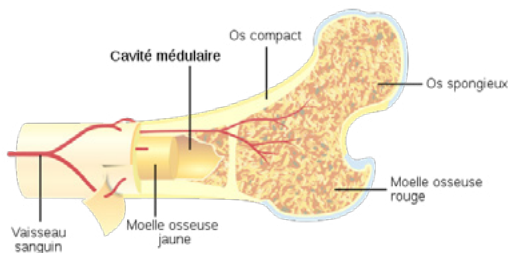
6. SYSTÈME LOCOMOTEUR

Le système locomoteur chez l'homme réalise plusieurs fonctions : assure de l'appui, effectue les mouvements du corps et de ses parties dans l'espace, détermine la forme et la taille du corps, protège les organes internes. Il comprend une *partie passive* : le **squelette** constitué des os et des articulations et une *partie active* : les **muscles**.

Structure des os et des articulations

Les os sont constitués du tissu osseux compact et du tissu osseux spongieux qui assurent leur solidité et leur légèreté.

Les os contiennent des substances organiques qui leur confèrent de l'élasticité et des substances inorganiques comme les sels de calcium et de phosphore qui assurent leur dureté. Avec l'âge, le rapport entre les substances organiques et inorganiques évolue au profit des sels minéraux ce qui explique la fragilité accrue des os.



À l'intérieur de tous les os du nouveau-né, il y a un tissu de fonction hématopoïétique (production des cellules sanguines) : la moelle osseuse rouge. Chez l'adulte, la moelle osseuse rouge des os longs se transforme en moelle osseuse jaune qui joue un rôle important dans la régulation de l'équilibre naturel interne du corps, l'homéostasie.

À l'extérieur, les os sont recouverts de tissu conjonctif appelé *périoste* riche en vaisseaux sanguins et nerfs.

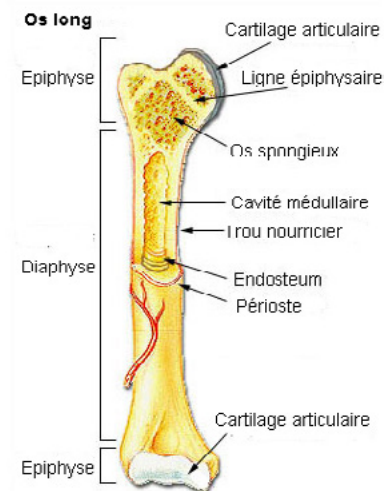
Selon leur forme, les os se divisent en :

- *os longs* : ils constituent le squelette des membres tels que l'humérus, le fémur et se déplacent lorsque les muscles squelettiques qui y sont attachés, se contractent ; ils possèdent un *corps (diaphyse)* et *deux extrémités (épiphyse)*

- *os courts* : ils forment des complexes d'os qui confèrent de la mobilité comme les os du poignet

- *os plats* : ils forment des cavités qui protègent les organes internes tels que les os du crâne, l'omoplate, les côtes, le bassin)

- *os de forme irrégulière* : ils servent à maintenir et à relier d'autres os (os à la base du crâne, certains des os du bassin)



Mouvements et soutien du corps

Pendant le développement embryonnaire dans les os constitués principalement de tissu cartilagineux, apparaissent des *noyaux d'ossification*. Ils grandissent progressivement et le tissu osseux remplace le cartilage. L'accroissement des os longs en longueur s'effectue par l'ossification des cartilages de croissance situés entre le corps et les extrémités. La croissance en épaisseur est assurée par le périoste dont les cellules ont la capacité de former de la substance osseuse.

Les nombreux os du squelette humain sont reliés entre eux de façons différentes :

1. **immobiles** : par des sutures (os du crâne cérébral) ou des soudures (os du crâne facial, os pelviens)
2. **semi-mobiles** : par du cartilage (vertèbres, la partie antérieure des os pelviens)
3. **mobile** : à travers les articulations

Chaque articulation se compose de :

- *surfaces articulaires* : les surfaces des os impliqués dans la formation de l'articulation qui sont recouvertes de cartilage

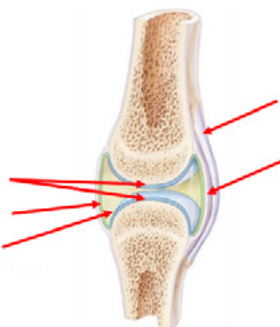
- *capsule articulaire* : c'est une enveloppe fibreuse et élastique hermétiquement scellée et remplie d'une petite quantité de liquide qui lubrifie et nourrit le cartilage et réduit le frottement des os lors du mouvement.

- *ligaments articulaires* : bandes de tissu conjonctif qui connectent deux os ensemble. Avec la capsule, ils contribuent au maintien et à la stabilité de l'articulation.



PARTIE PRATIQUE :

1. Expliquez le rôle du grand nombre de vaisseaux sanguins qui pénètrent dans le périoste ?
2. Quelle est la raison de la récupération plus rapide du tissu osseux chez les jeunes que chez les adultes lorsqu'un os est cassé.
3. Comment les os grandissent-ils en épaisseur et en longueur ?
4. Quel est le rôle de la combinaison du tissu osseux compact et du tissu osseux spongieux dans la composition des os ?
5. Notez les noms des parties d'une articulation et légendez le schéma.



1.
2.
3.
4.

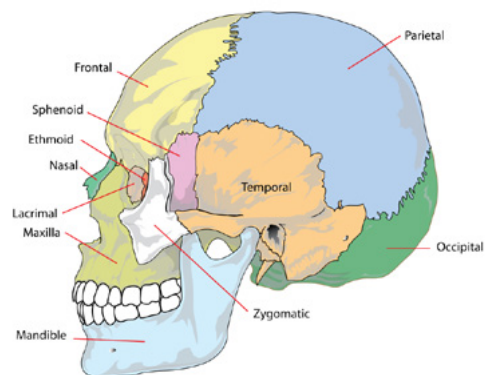
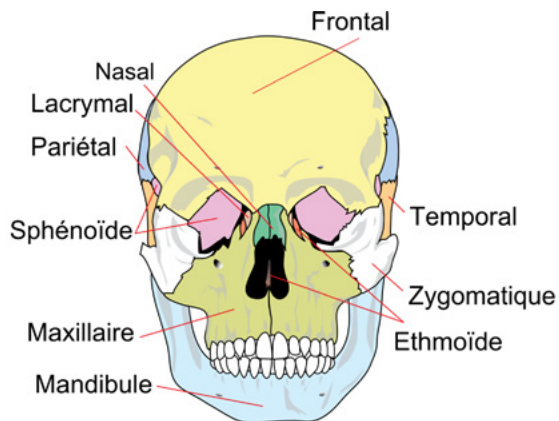
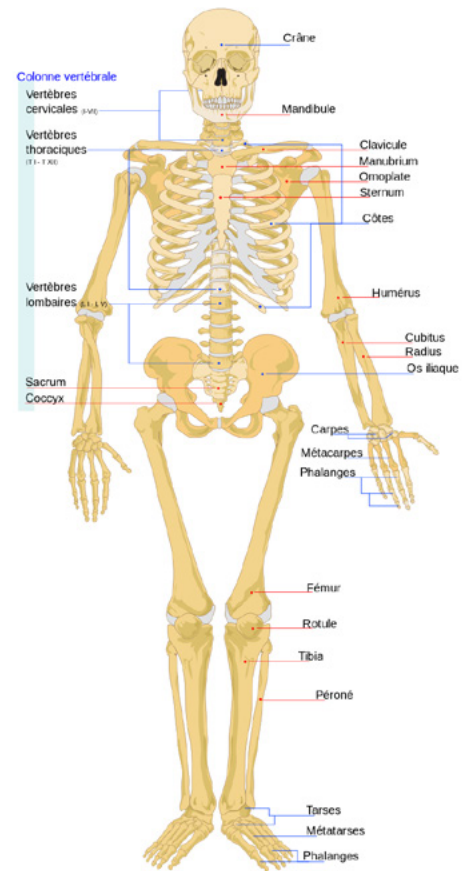
Squelette

Le **squelette** humain se compose de 206 os à l'âge adulte. Certains sont uniques (simples, impairs), d'autres sont des os pairs. Ils constituent le squelette axial formé du crâne et du tronc (la colonne vertébrale et la cage thoracique) et le squelette appendiculaire qui inclut les membres supérieurs et inférieurs.

Le **crâne** (os de la tête) comprend deux parties : le crâne cérébral et le crâne facial.

Le crâne cérébral est constitué de 8 os qui forment la boîte crânienne : 4 os impairs (simples) – *frontal*, *occipital*, *ethmoïde*, *sphénoïde* et 2 os pairs : *pariétal* et *temporal*. Ils sont reliés les uns aux autres de manière fixe par des sutures. L'os frontal, les deux os pariétaux et l'os occipital forment la voûte crânienne.

Le crâne facial comprend des os impairs tels que le *vomer*, l'os hyoïde (*os lingual*, le seul os du squelette humain qui n'est pas relié avec un autre os), la *mandibule* (maxillaire inférieur) et des os pairs comme les os *nasaux*, *zygomatiques*, *maxillaires*, *palatins*, *lacrymaux*. Tous sont reliés de manière fixe par soudures à l'exception du maxillaire inférieur (la mandibule). C'est le seul os mobile qui s'articule avec la partie inférieure de l'os temporal.



Mouvements et soutien du corps

Le tronc est composé de la colonne vertébrale et de la cage thoracique.

La colonne vertébrale (le rachis) est composée de 24 vertèbres, du sacrum et du coccyx.

Les vertèbres sont au nombre de 24 : 7 cervicales, 12 thoraciques (ou dorsales) et 5 lombaires. Chaque vertèbre se compose d'un corps, d'un arc et des apophyses de l'arc. Entre le corps et l'arc se forme un orifice. Les orifices de toutes les vertèbres forment un canal dans lequel se trouve la moelle spinale. Les vertèbres sont reliées les unes aux autres par des disques cartilagineux. Les deux premières vertèbres cervicales (*atlas et axis*) ont une structure particulière et assurent la mobilité de la tête.



atlas



axis



vertèbre thoracique

Le sacrum est composé de 5 vertèbres soudées.

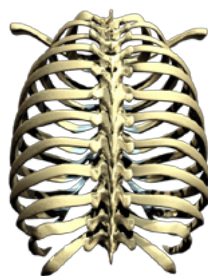
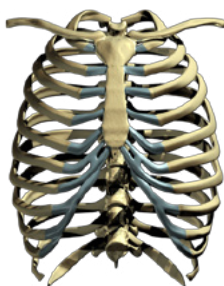
Le coccyx est composé de 3 à 5 vertèbres soudées et atrophiées. Chez l'homme, c'est une structure vestigiale (un organe relique).

Chez le nouveau-né, la colonne vertébrale a la forme d'un arc. Chez l'adulte, en raison de la posture droite se forment 4 courbures et la colonne vertébrale acquiert la forme d'un double S, ce qui assure le support et la stabilité au corps.



La cage thoracique est composée de 12 paires de côtes, du sternum et de 12 vertèbres thoraciques. Elle entoure la cavité dans laquelle se trouvent des organes internes importants bien protégés comme le cœur, les poumons, la trachée, l'œsophage, les vaisseaux sanguins et les nerfs.

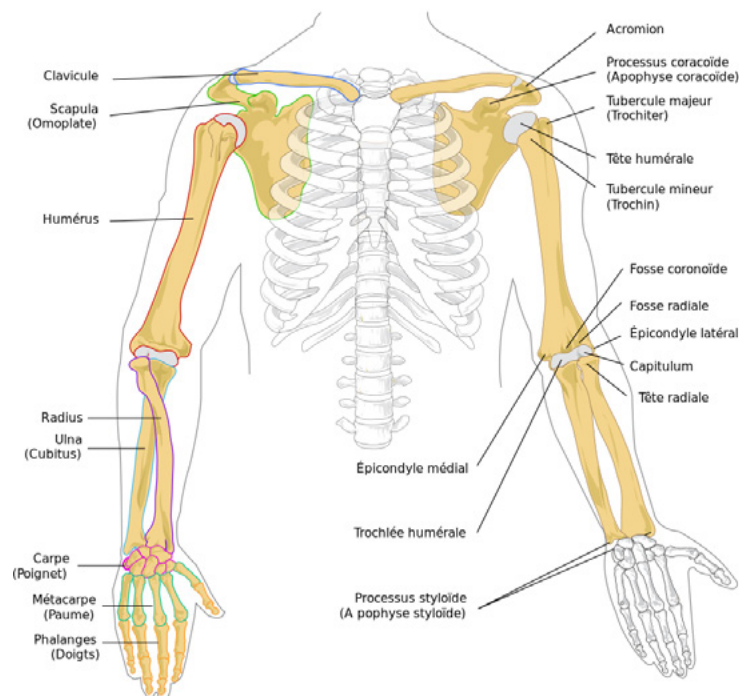
Les côtes sont des os plats en forme d'arc. Leurs extrémités antérieures sont reliées au sternum par de cartilages tandis que les extrémités postérieures par des articulations à la vertèbre thoracique respective. Les 2 dernières paires de côtes (11 et 12) sont appelées *côtes flottantes* car elles ne sont pas reliées au sternum.



Le sternum est un os plat sur lequel s'attachent les côtes.

Mouvements et soutien du corps

Le **membre supérieur** comprend le membre supérieur libre relié au tronc par la ceinture scapulaire.



D'après la structure osseuse du membre supérieur, on distingue 4 parties :

Partie du membre supérieur	Os qui la composent
Épaule	<i>Clavicule</i> : elle s'articule avec le sternum et la scapula <i>Scapula</i> (omoplate) : os plat et large de forme triangulaire
Bras	<i>Humérus</i> : os long qui s'articule avec l'épaule et les os de l'avant-bras ; son extrémité supérieure s'articule avec la scapula et forment l'articulation scapulo-humérale (de l'épaule), la plus mobile du corps humain
Avant-bras	<i>Radius et Ulna (cubitus)</i> : des os longs qui joignent l'humérus en formant l'articulation du coude ; le radius va de l'extérieur du coude et s'articule au poignet du côté du pouce formant l'articulation radio-carpienne (du poignet) ; l'ulna se lie au poignet par des ligaments du côté de l'auriculaire
Main (poignet et les os de la main)	<i>Carpe</i> : 8 osselets carpiens, disposés en 2 rangées de 4 osselets chacune 5 os <i>métacarpiens</i> qui relient le carpe avec les doigts 14 os des doigts appelés <i>phalanges</i> (3 pour chaque doigt excepté le pouce qui n'en a que 2)



Mouvements et soutien du corps

Le **membre inférieur** comprend le membre inférieur libre relié au tronc par la ceinture pelvienne. On distingue :

Partie du membre inférieur	Os qui la composent
Hanche (la ceinture pelvienne)	Elle est formée des deux <i>os coxaux</i> , du <i>sacrum</i> et du <i>coccyx</i> de la colonne vertébrale.
Cuisse	<i>Fémur</i> : le plus long et le plus solide os du corps humain ; son extrémité supérieure s'articule avec l'os coxal formant l'articulation coxo-fémorale (de la hanche).
Jambe	<i>Tibia</i> (plus grand) et <i>Fibula</i> (le péroné) : des os longs, disposés parallèlement ; ils s'articulent au fémur et forment l'articulation du genou devant laquelle se trouve la patella (la rotule) ; l'extrémité inférieure du tibia participe à la formation de l'articulation de la cheville.
Pied	<i>Tarse</i> : composé de 7 os courts disposés en deux rangées <i>Métatarse</i> : cinq petits os longs, semblables aux métacarpiens <i>Doigts</i> : ils possèdent 3 phalanges chacun, sauf le premier (le gros) orteil qui n'en a que deux.



PARTIE PRATIQUE :

1. Énumérez les différents types de vertèbres et d'os qui constituent la colonne vertébrale. Notez-les sur le schéma.

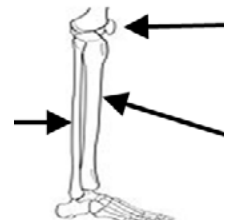


2. De quelles manières, les côtes sont-elles attachées aux autres parties de la cage thoracique ?



3. Lesquels des os présentés sur le schéma correspondent à la main gauche et lesquels à la main droite ? Quel sera votre point de repère ?

4. Notez les os marqués par des flèches sur le schéma.



5. Quelle est la différence entre les termes : membre supérieur - membre supérieur libre et membre inférieur - membre inférieur libre.

6. Répartissez les os énumérés en quatre groupes en fonction de leur forme (mettez le chiffre correspondant) :

1) humérus 2) os frontal 3) os du poignet 4) radius 5) os formants la base du crâne 6) côtes

Os longs : Os courts : Os plats :

Os de forme irrégulière :

7. Pourquoi il est recommandé aux petits élèves de porter un sac à dos et non un sac à porter d'une main ?

8. La plante humaine possède une caractéristique qui assure l'appui, l'équilibre, l'amortissement et la propulsion lors de la marche. Elle est le témoin de l'évolution adaptative de l'homme vers la bipédie et elle est individuelle pour chaque homme. Quelle est cette caractéristique ? Comment peut-on prouver son existence ? Comment appelle-t-on l'état physique de son absence ?



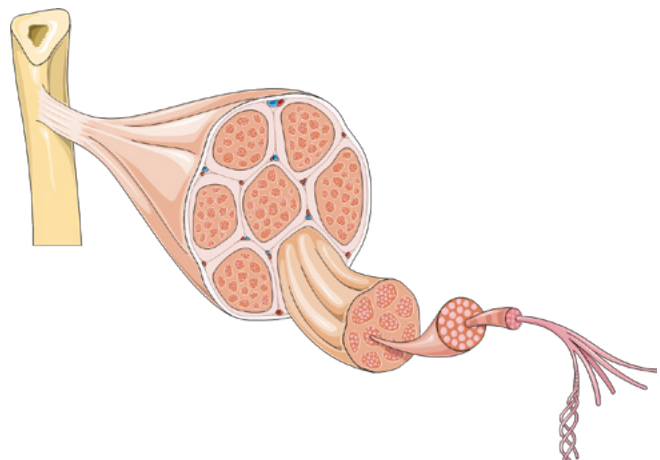
Muscles squelettiques

Les muscles squelettiques du corps humain sont au nombre de plus de 600 et représentent environ 35 à 40% du poids corporel de l'individu. Ils forment la partie active du système locomoteur.

Chaque muscle est constitué d'un corps et de tendons.

Le corps est composé de fibres musculaires transversalement striées regroupées en faisceaux.

Un grand nombre de vaisseaux sanguins et de nerfs pénètrent dans le corps. **Les tendons** sont constitués de fibres de collagène. Ils servent à attacher les muscles aux os : chaque muscle s'attache aux deux os adjacents. Les différents muscles ainsi que les groupes musculaires sont enveloppés de tissu conjonctif : le *fascia*.



Il existe différents types de muscles selon certains critères :

Critères	Types de muscles
Arrangement des fibres	fusiformes, plats, en éventail, circulaires, triangulaire
Nombre d'attaches	biceps, triceps, quadriceps
Fonction	fléchisseurs, extenseurs, pronateurs, supinateurs, adducteurs, abducteurs, rotateurs
Action	<i>synergistes</i> - muscles effectuant le même mouvement (rotateurs) <i>antagonistes</i> : muscles effectuant des mouvements opposés (muscle fléchisseur - muscle extenseur)

D'après leur emplacement, les muscles se regroupent en :

I. Muscles de la tête : *mimétiques* tels que les muscles orbiculaires de l'œil et de la bouche qui contrôlent les différentes expressions faciales et *masticateurs* qui mobilisent la mandibule lors de la mastication et de la parole. Par une de leur extrémité, les muscles mimétiques sont attachés à un os tandis que l'autre est enchevêtrée dans la peau.

II. Muscles du cou : ils jouent un rôle important dans la mobilité du cou et la rotation de la tête.

III. Muscles du tronc : ils se divisent en :

Muscles dorsaux : ils maintiennent la position debout, assurent les mouvements des membres supérieurs et de la tête. Ils sont *profonds* (des deux côtés de la colonne vertébrale) ou *superficiels*. Les plus grands muscles dorsaux sont *le grand dorsal* et *le muscle trapèze*.

Muscles thoraciques comme :

- le *grand muscle pectoral* (assure le mouvement du membre supérieur à l'articulation de l'épaule)

- les *muscles intercostaux* (participent à la respiration)

- le *diaphragme* (muscle plat qui sépare les cavités thoracique et abdominale)

Muscles abdominaux : ils maintiennent la position normale des organes abdominaux et sont impliqués dans le mouvement de la colonne vertébrale.



IV. Muscles du membre supérieur :

- muscles appartenant à la ceinture scapulaire : *le deltoïde* qui assure les mouvements de la ceinture scapulaire
- muscles du bras : *le biceps brachial* assure la flexion du membre supérieur à l'articulation du coude et *le triceps brachial*, l'extension de l'articulation du coude
- muscles de l'avant-bras : ce sont principalement des muscles rotateurs
- muscles de la main : des muscles fléchisseurs et extenseurs

V. Muscles du membre inférieur :

- muscles appartenant à la ceinture pelvienne : le grand fessier qui permet l'extension de la cuisse au niveau de l'articulation de la hanche
- muscles de la cuisse : le *quadriceps* qui assure l'extension de l'articulation du genou
- muscles de la jambe : le mollet (le triceps sural) joue un rôle important lors de la marche. Par l'intermédiaire de *tendon d'Achille*, il permet la flexion du genou et l'extension du pied
- muscles du pied qui permettent la flexion et l'extension des orteils



PARTIE PRATIQUE :

1. Comment s'appellent les muscles responsables de la capacité de sourire ?
2. Quels sont les deux muscles représentés sur le schéma ? A quels types de muscles correspondent par rapport à leur fonction et à leur action ?



[animation](#) →



3. Quel est le muscle qui, en se contractant, fait avancer la jambe pour frapper un ballon ?
4. Quels sont les 2 muscles permettant le maintien d'une posture droite grâce à leur contraction ?

Physiologie des muscles squelettiques

Les muscles squelettiques maintiennent la posture et sont le moteur des mouvements du corps. Nombre d'entre eux sont impliqués dans la régulation de la température corporelle. Les principales propriétés physiologiques des muscles sont l'*excitabilité* : la faculté de percevoir un stimulus et d'y répondre ; la *conductivité* : la capacité de conduire l'excitation le long des fibres musculaires, et la *contractilité* : la capacité à se raccourcir suite à l'excitation.

Les muscles ne sont jamais complètement détendus. Même au repos, ils sont dans un état permanent de tension (légèrement raccourcis), ce qui est appelé *tonus musculaire*. Ainsi, ils sont toujours prêts à réagir rapidement.

Lorsque le muscle se contracte, il effectue un travail. C'est un *travail dynamique* : le muscle se raccourcit ou s'allonge et effectue des mouvements (soulever ou déplacer une charge donnée, marcher, faire du jogging, etc.) ou un *travail statique* : le muscle ne modifie pas sa longueur malgré la contraction ; c'est le cas des muscles qui maintiennent la posture et la position du corps et de ses parties dans l'espace. Au quotidien, les muscles doivent toujours effectuer les deux types de travail. En cas d'efforts continus se produit la *fatigue musculaire*. Elle se caractérise par l'épuisement des réserves énergétiques de glycogène et l'accumulation d'acide lactique dans le corps. La fatigue disparaît après le repos et la reconstitution des réserves de glycogène.



PARTIE PRATIQUE :

1. À quoi est due la capacité des muscles à réagir immédiatement aux besoins ?
2. Les muscles de quelle personne se fatigueront-ils plus vite - du sportif ou de l'employé ? Et en cas de fatigue, chez qui la récupération musculaire sera plus rapide ?
3. Soulignez les muscles qui agissent dans la posture représentée :
le deltoïde droit, le deltoïde gauche, le grand pectoral droit, le grand pectoral gauche, le biceps brachial droit, le biceps brachial gauche, le grand fessier gauche, le grand fessier droit, le quadriceps droit, le quadriceps gauche.
4. Expliquez à quel type de travail est due la fatigue de votre corps et de vos muscles à la fin de la journée scolaire.





5. Lesquels des muscles du cycliste effectuent un travail dynamique et lesquels un travail statique ?
6. Décrivez ce qui se passe avec un muscle en se confrontant à une charge insupportable.
7. De quelle manière doit-on entraîner ses muscles pour éviter la fatigue musculaire ?
8. Quels sont les facteurs qui ont un impact négatif sur la structure et les fonctions du système musculo-squelettique ?

9. Quelles sont les règles d'hygiène que nous devons respecter pour avoir des os, des articulations et des muscles sains ?

10. Recherchez de l'information sur les maladies du système locomoteur et remplissez le tableau :

Maladie ou déformation	Cause(s) et organe(s) affecté(s)	Symptômes	Prévention
Hernie discale			
Rachitisme			
Scoliose			
Lordose			
Cyphose			
Pied plat			
Traumatismes : luxation, entorse, fracture			

11. Quelles sont les règles de contention en cas de différentes fractures ?

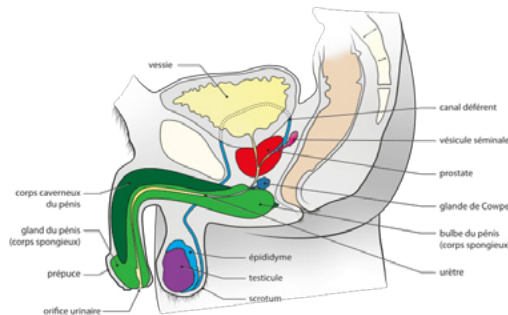
7. SYSTÈMES REPRODUCTEURS

La capacité des organismes à créer de la progéniture est appelée **reproduction**. La *croissance* et le *développement* du nouvel individu sont associés à des changements quantitatifs et qualitatifs. La reproduction humaine est une reproduction sexuée et s'effectue à travers les systèmes reproducteurs masculin et féminin. Les individus des deux sexes diffèrent par leurs *caractères sexuels primaires* : les organes qui rendent la reproduction possible et *les caractères sexuels secondaires* : des caractères spécifiques qui se forment lors du développement individuel à la puberté.

Structure et fonctions du système reproducteur masculin

Le système reproducteur masculin se compose d'organes génitaux internes et externes qui permettent à l'individu de se reproduire. Ils représentent les *caractères sexuels primaires*.

Les organes génitaux mâles internes sont :

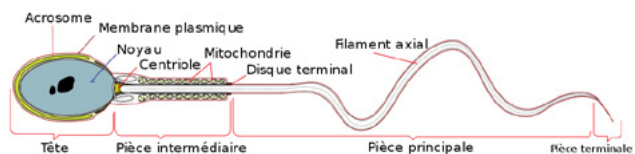


Les testicules (les gonades mâles) sont des organes pairs situés à l'extérieur du corps dans un sac cutané appelé *scrotum*. En tant que glandes à sécrétion externe, elles ont pour fonction de former et de sécréter des gamètes mâles – les spermatozoïdes. En tant que glandes endocrines, elles forment et sécrètent dans le sang, la principale hormone sexuelle masculine – la testostérone. Chaque testicule est constitué de longs canaux enroulés qui en sortent dans un tubule qui constitue l'épididyme.

L'épididyme est l'endroit où les spermatozoïdes se stockent et subissent une maturation.

Chaque spermatozoïde mature se compose d'une tête (contenant le noyau), d'un collet, d'une pièce intermédiaire (contenant des mitochondries produisant de l'énergie) et d'un flagelle qui assure la motilité de la cellule.

La production des spermatozoïdes débute à la puberté.



A partir de l'épididyme, les spermatozoïdes matures pénètrent dans le **canal déférent** : c'est un canal d'environ 30 cm de long qui relie l'épididyme au canal éjaculateur. Celui-ci est formé par l'union du canal déférent et du canal de sortie de la vésicule séminale dans la cavité abdominale. Le canal éjaculateur passe au sein de la prostate et rejoint l'urètre au niveau du pénis.

Les vésicules séminales sont deux petites glandes situées au-dessus de la prostate. Leur sécrétion contient des glucides (fructose) qui fournissent de l'énergie supplémentaire aux spermatozoïdes.

La prostate est située sous la vessie et produit une sécrétion blanchâtre et visqueuse.

Les spermatozoïdes ainsi que les sécrétions des vésicules séminales et de la prostate forment *le sperme*.

Les organes génitaux externes sont le scrotum et le pénis.

Le pénis est constitué d'une racine et d'un corps formé de deux *corps caverneux* et d'un *corps spongieux* dans lequel passe l'urètre. La partie antérieure du corps spongieux s'élargit et constitue le *gland* du pénis. Le pénis est de même origine fœtale que le clitoris chez la femme et présente une structure identique.

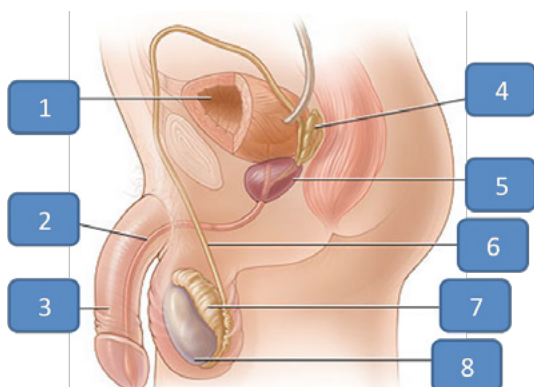
Il existe un grand nombre de récepteurs dans la peau recouvrant le corps et le gland du pénis. Lorsqu'ils sont stimulés mécaniquement lors d'un rapport sexuel, une grande quantité de sang gorge les corps caverneux du pénis, ce qui augmente sa taille et sa dureté. Dans cet état d'érection, le pénis peut remplir sa fonction d'organe *copulateur* : d'amener les spermatozoïdes dans le corps féminin. L'expulsion du sperme de l'urètre, qui sert également à la miction, s'appelle éjaculation.

Chez les garçons, entre 12 et 14 ans, sous l'influence de l'hormone sexuelle masculine (la testostérone), commence le processus de maturation sexuelle : la puberté. Elle se caractérise par le développement des organes génitaux, l'éjaculation involontaire le plus souvent pendant le sommeil – *pollution*, la formation de caractères sexuels secondaires et d'autres changements physiques et mentaux. L'activité de la testostérone diminue progressivement jusqu'à un âge avancé.



PARTIE PRATIQUE :

1. Chez l'homme, le système reproducteur et le système excréteur sont liés anatomiquement, voilà pourquoi on les appelle également système uro-génital. Légendez le schéma :

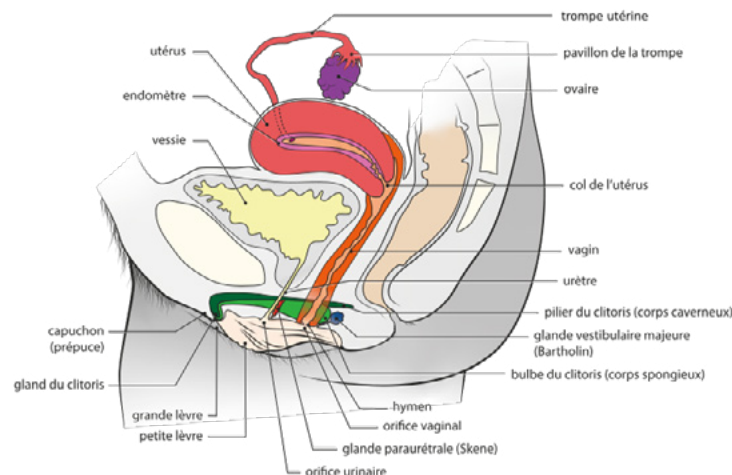


1. 5.
2. 6.
3. 7.
4. 8.

2. Dans quels organes les spermatozoïdes se forment et acquièrent-ils leur maturité ?
3. Quelle est la composition du sperme ?
4. Énumérez les caractères sexuels secondaires chez l'homme.
5. Quel est le rôle du pénis ?
6. Quel est le signe indiquant le début de la maturation sexuelle (la puberté) chez les garçons ?

Structure et fonctions du système reproducteur féminin

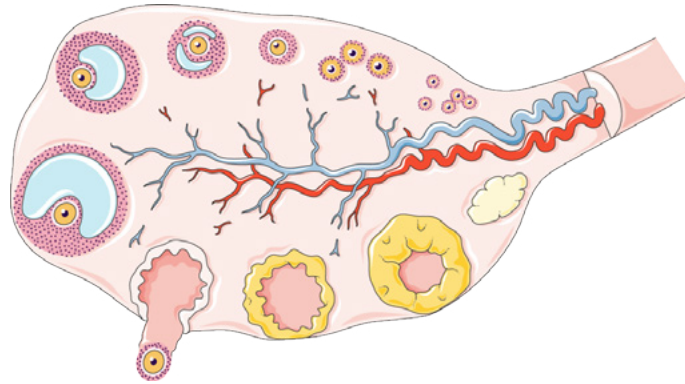
Le système reproducteur féminin se compose des organes génitaux internes et externes. Les organes internes correspondent aux ovaires, à l'utérus et au vagin.



Les ovaires, les gonades femelles à sécrétion mixte, sont situés des deux côtés de l'utérus et ont une forme d'amande. Leur sécrétion externe est associée à la formation de gamètes femelles : les ovules, et leur sécrétion interne à la production d'hormones sexuelles féminines. Ce sont les œstrogènes, plus précisément l'œstradiol, et la progestérone mais aussi de petites quantités de testostérone. L'ovule mature pénètre dans le **tube utérin** (trompe utérine ou de Fallope) capté par son pavillon. La fécondation s'effectue à l'intérieur des trompes. C'est la fusion de l'ovule avec le spermatozoïde et la formation d'une cellule-œuf appelée *zygote*.

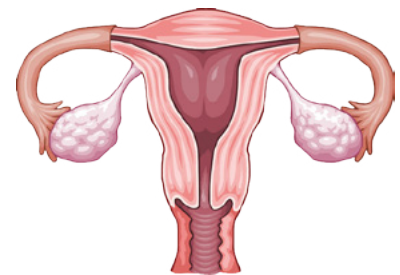
Reproduction, croissance et développement

Chaque mois, tous les 28 jours, un ovule mûrit dans les ovaires sous l'influence de l'œstradiol (généralement les ovaires alternent). L'ovule est entouré d'un grand nombre de cellules formant une structure appelée *follicule de De Graaf*. La période de maturation de l'ovule est d'environ 14 jours. Le follicule de De Graaf se déplace vers la surface de l'ovaire et se rompt. L'ovule expulsé pénètre dans la trompe utérine. Le processus de libération d'un ovule mature de l'ovaire s'appelle l'*ovulation*. L'ovule séjourne dans la partie initiale de la trompe de 24 à 48h et dégénère s'il ne rencontre pas de spermatozoïde.



En cas de fécondation, le zygote s'y multiplie pendant 2-3 jours et gagne l'utérus. Le follicule de De Graaf se transforme en *corps jaune* qui sécrète une autre hormone sexuelle, la *progestérone* (appelée aussi l'hormone de la grossesse) qui prépare la muqueuse de l'utérus à la nidation du jeune embryon, lui assurant un environnement favorable et la réussite de la grossesse.

L'utérus est un organe musculéux creux dans lequel se développe l'embryon et puis le fœtus. Il a la forme d'une poire inversée qui à son extrémité inférieure présente une zone rétrécie appelée *col de l'utérus* qui s'ouvre sur le vagin. Les muscles utérins sont solides et extensibles ce qui est important pour la croissance et le développement du fœtus. L'intérieur de l'utérus est tapissé d'une muqueuse riche en vaisseaux sanguins. Sous l'influence de l'hormone progestérone, la muqueuse s'épaissit et se remplit de sang.



Si l'ovule n'est pas fécondé, le corps jaune ne produit plus de progestérone et disparaît progressivement. La muqueuse de l'utérus commence à se dégrader. En raison de la rupture d'une grande quantité de capillaires sanguins se produit un écoulement du sang : appelé *menstruation* (les règles). Sa durée est de 3 à 7 jours au cours desquels 80 à 100 ml de sang sont éliminés ainsi que l'ovule non-fécondé. Les changements de la muqueuse utérine s'effectuent tous les 28 jours. C'est ce qu'on appelle le *cycle menstruel*.

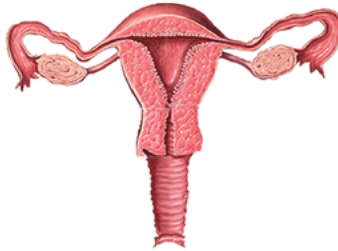
Le **vagin** est un organe tubulaire avec une paroi musculaire extensible. Il est important pour la pénétration du pénis lors des rapports sexuels (*coïts*) et le passage du bébé à la naissance. L'entrée du vagin des jeunes filles est recouverte d'une membrane de tissu conjonctif appelée *hymen* qui est déchirée lors du premier rapport sexuel.

Les organes génitaux externes sont les **grandes** et les **petites lèvres** de la vulve qui recouvrent et protègent l'entrée du vagin et le clitoris. Le **clitoris** a une structure, une origine foetale et une sensibilité similaire à celles du pénis chez l'homme.

La puberté chez les filles survient entre 11 et 13 ans. Pendant cette période, augmente l'activité des hormones, apparaît la première menstruation, les caractères sexuels secondaires se forment, des changements mentaux se produisent. Les ovaires fonctionnent activement jusqu'à l'*âge climatérique* habituellement vers la cinquantaine chez la femme. Après cet âge, ils arrêtent leur sécrétion hormonale : c'est la période de la *ménopause*. Dans certains cas, elle se produit avec une diminution progressive de l'activité ovarienne tandis que dans d'autres cas, soudainement. Des changements physiques et mentaux accompagnent la ménopause.



PARTIE PRATIQUE :



1. Légendez le schéma.
2. Comparez les hormones sexuelles féminines : les œstrogènes et la progestérone en fonction de leur rôle.
3. Décrivez les changements qui se produisent dans l'ovaire jusqu'au moment de l'ovulation.
4. Dans quel organe a lieu la fécondation ?
5. Décrivez la structure spécifique de l'utérus en tant qu'organe dans lequel se développe le fœtus.
6. Expliquez ce qui cause les menstruations chaque mois.
7. Quelle est la différence entre la menstruation et le cycle menstruel ?

8. FÉCONDATION ET DÉVELOPPEMENT DE L'INDIVIDU

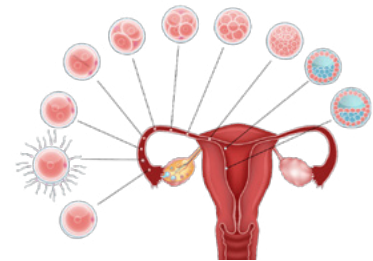
Suite aux rapports sexuels, il est possible d'avoir une fécondation. La fertilité des gamètes est d'environ 48 heures. Sur les millions de spermatozoïdes contenus dans le sperme, un seul pénètre dans l'ovule. **La fécondation** est le processus de fusion de deux gamètes matures spécialisés – un ovule et un spermatozoïde. La formation de la cellule œuf (le zygote) débute le développement de l'individu.

Le développement d'un homme passe par deux périodes : embryonnaire et post-embryonnaire.

La période embryonnaire (ou prénatale) commence avec la formation du zygote et se termine avec la naissance de l'individu. Le développement a lieu dans l'utérus pendant la grossesse. La grossesse dure 280 jours ou 10 mois lunaires (à compter du premier jour des dernières règles). L'ovulation ne se produit pas pendant la grossesse.

L'œuf commence à se diviser activement : 2, 4, 8, 16, etc. cellules sont obtenues et n'augmentent pas en taille. La structure pluricellulaire qui en résulte est implantée dans la muqueuse de l'utérus (vers le 6ème jour après la fécondation). Les trois feuillets germinaux se forment : l'*ectoderme* (extérieur), le *mésoderme* (moyen) et l'*endoderme* (intérieur) et à partir d'eux, tous les tissus et les organes.

Jusqu'à la dixième semaine de la grossesse, l'individu est appelé *embryon*. Il est protégé par deux enveloppes. L'externe en commun avec la muqueuse utérine construit *le placenta*. Cela commence à partir de la troisième semaine de grossesse et dure jusqu'à la fin du troisième mois. C'est à partir de ce moment que l'embryon devient le *fœtus*. Le placenta est un organe temporaire qui protège le fœtus et à travers lequel le fœtus reçoit l'oxygène et les nutriments nécessaires du sang de la mère et libère des substances inutiles. Il n'y a pas de contact direct entre le sang du fœtus et celui de la mère. Le lien entre le fœtus et la mère se fait par le *cordon ombilical*. L'enveloppe interne de l'embryon forme un liquide amniotique dans lequel le fœtus « baigne » et où il est protégé des chocs.



Au septième mois de la grossesse se forment les poumons, ce qui explique le fait qu'un bébé né prématurément survive. Il pèse environ 1000-1200g.

L'accouchement commence sous l'influence d'une hormone spécifique qui provoque des contractions rythmiques de l'utérus. Il comporte trois phases :

L'accouchement commence sous l'influence d'une hormone spécifique qui provoque des contractions rythmiques de l'utérus. Il comporte trois phases :

1. La dilatation du col de l'utérus
2. L'expulsion du fœtus par le vagin et la coupe du cordon ombilical
3. La délivrance : l'expulsion du placenta

Reproduction, croissance et développement

La période post-embryonnaire commence avec la naissance du bébé, passe par 3 étapes principales et se termine avec sa mort :

1. *Enfance et adolescence* (y compris la puberté) : elle se caractérise par une croissance et un développement intensif

2. *Maturité* (adulte) : la période d'âge actif et créatif

3. *Vieillesse* : des changements structurels et fonctionnels irréversibles se produisent

La fin normale de la vie est la mort.



PARTIE PRATIQUE :

1. Remplissez les mots manquants :

La période embryonnaire commence par et se termine par

La période post-embryonnaire commence par et se termine par

2. De quelle manière s'effectue la liaison entre le fœtus et la mère ?

3. Pourquoi un bébé né à 7 mois de grossesse peut-il survivre ?

4. Décrivez les étapes de l'accouchement.

5. Effectuez des recherches et présentez devant la classe la façon dont se forment et se développent les « vrais » jumeaux (monozygotes) et les « faux » jumeaux (dizygotes).

6. Décrivez les changements physiques et psychologiques chez les filles et les garçons de votre âge.

7. Quels sont les facteurs qui ont un impact négatif sur la structure et les fonctions du système reproducteur chez les hommes et chez les femmes ?

8. Quelles sont les règles d'hygiène que nous devons respecter pour avoir un système reproducteur sain ?

9. Qu'est-ce que la contraception ? Effectuez des recherches sur les différents types de contraceptifs et les présentez de manière convenable (présentation PowerPoint, poster) devant la classe.

10. Recherchez de l'information sur les maladies du système reproducteur masculin et féminin et remplissez le tableau. Lesquelles d'entre elles sont sexuellement transmissibles ?

Maladie	Sexe (H/F)	Cause(s)	Symptômes	Prévention
Écoulement vaginal				
Prostatite				
Syphilis				
Gonorrhée				
Herpès génital				
Stérilité				
SIDA				

Régulation et homéostasie

L'organisme humain est le niveau le plus élevé d'organisation de la matière vivante.

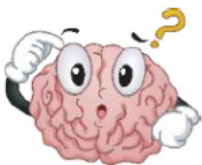
Au cours de l'évolution, s'est créé un milieu liquide intérieur composé de liquides extracellulaires tels que le sang, la lymphe et le liquide interstitiel. Ce milieu fournit et maintient les conditions optimales nécessaires au fonctionnement cellulaire. Ainsi, l'organisme s'est perfectionné en tant que système biologique qui peut fonctionner et exister indépendamment. Le corps s'autorégule et se renouvelle, s'adapte aux facteurs environnementaux changeants et maintient son intégrité grâce aux mécanismes complexes existants dans l'organisme. La capacité du corps à maintenir le milieu intérieur dans un état stable et constant est appelée **homéostasie**. L'effet (renforcement ou affaiblissement) sur une fonction perturbée jusqu'à son retour à la normale est appelé **régulation**. Grâce à elle, les cellules, les tissus, les organes et les systèmes du corps fonctionnent simultanément, de façon connectée et coordonnée. La régulation est nécessaire à l'existence indépendante de l'organisme et à son adaptation à l'environnement.

Dans l'organisme humain, la régulation se réalise par voie nerveuse : régulation nerveuse et par voie humorale : régulation humorale.

La régulation nerveuse s'effectue par le système nerveux qui sert de liaison entre tous les organes et systèmes du corps et contrôle leurs activités. Elle s'est créée en relation avec la complication des facteurs environnementaux et le besoin de réactions plus rapides de l'organisme.

La régulation humorale est plus ancienne du point de vue évolutif et agit plus lentement. Elle se réalise par des substances chimiques transportées vers les organes par le sang, la lymphe et le liquide interstitiel. Ces substances peuvent être des ions, des sels, des vitamines, ainsi que des sécrétions des glandes endocrines : des hormones.

Les régulations nerveuse et humorale se complètent. Ensemble, elles assurent l'interaction et la cohérence du fonctionnement de tous les organes et systèmes. Lorsqu'un des indicateurs du milieu intérieur change, les mécanismes correctifs appropriés s'activent. Par exemple, si la concentration de CO_2 dans le sang augmente, les muscles respiratoires se contractent et l' O_2 pénètre dans les voies respiratoires.



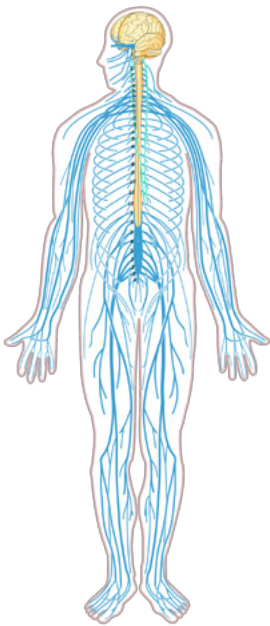
PARTIE PRATIQUE :

1. Quels paramètres du milieu liquide intérieur du corps humain doivent être maintenus constants ? Quel est le rôle de l'homéostasie pour l'existence de l'organisme humain ?
2. Quels systèmes du corps humain sont les plus actifs dans le maintien de l'homéostasie. Donnez des exemples.

3. Comparez le type de régulation et la vitesse avec laquelle elle s'effectue en : A. Mouvement du bras en cas de douleur inattendue B. Maturation sexuelle d'un individu.
4. Que veut dire l'affirmation : « L'organisme humain s'autorégule » ?
5. Donnez des exemples de facteurs qui peuvent influencer les paramètres du milieu intérieur de l'organisme.

9. SYSTÈME NERVEUX

Informations générales sur la structure et les fonctions du système nerveux



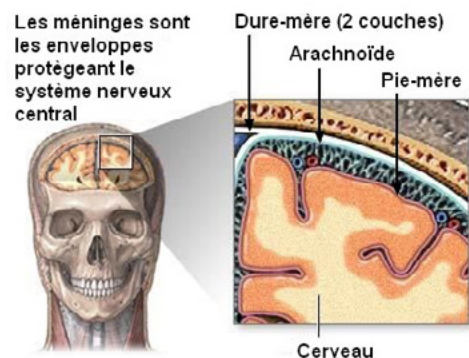
Le système nerveux assure le fonctionnement coordonné des organes et des systèmes ainsi que la liaison de l'organisme humain avec l'environnement et son adaptation à l'évolution constante des conditions environnementales. Chez l'homme, le système nerveux est du type le plus évolué : tubulaire.

Selon son emplacement et sa structure, le système nerveux se divise en système nerveux central et système nerveux périphérique.

Le système nerveux central (SNC) est constitué de l'encéphale et de la moelle spinale (anciennement appelée moelle épinière). Ils possèdent trois méninges : l'externe est résistante, disposée juste en dessous des os ; la médiane, appelée arachnoïde (ressemble d'une toile d'araignée d'où vient son nom), est molle et avasculaire, et l'interne, tendre, transparente et vascularisée, elle tapisse les organes du SNC. L'espace entre la méninge interne et la médiane est rempli d'un

liquide cérebrospinal qui protège le SNC d'endommagements lors de la marche, du saut, de la course, transporte les substances nécessaires et évacue les déchets.

Le système nerveux périphérique (SNP) comprend tous les nerfs crâniens et spinaux et les ganglions (nœuds nerveux) situés en dehors du SNC. *Les nerfs* sont des faisceaux de fibres nerveuses (axones de plusieurs neurones) enveloppés de tissu conjonctif. Ils transmettent l'influx



nerveux, relie l'encéphale et la moelle spinale aux organes et aux muscles. *Les ganglions* sont formés de groupement de corps neuronaux et reçoivent l'influx nerveux.

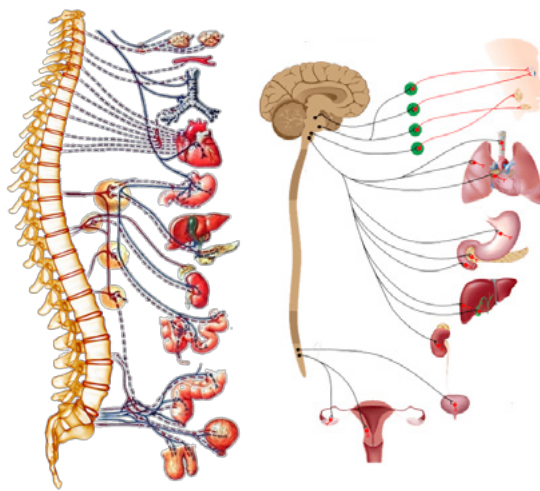
Selon les fonctions qu'il remplit, le système nerveux se divise en somatique et autonome (viscéral).

Le système nerveux somatique (SNS) contrôle les contractions volontaires des muscles squelettiques et les mouvements du corps et il est responsable du maintien de la posture.

Le système nerveux autonome (SNA) reçoit des informations du système nerveux central. Il exerce un contrôle sur les mouvements involontaires et le fonctionnement des organes internes. Il se subdivise en deux parties antagonistes qui fonctionnent en coordination : c'est la *double innervation* typique de la plupart des organes internes.

Le système sympathique, dans la plupart des cas, stimule l'activité des organes et mobilise le corps en situations de stress : il accélère le rythme cardiaque, augmente la pression artérielle et la température corporelle, dilate les pupilles et les voies respiratoires, réduit l'activité des organes digestifs.

Le système parasympathique a généralement l'effet inverse. Il économise l'énergie et maintient les fonctions vitales.



PARTIE PRATIQUE :

1. Faites un schéma dans vos cahiers qui correspond à la classification du système nerveux.
2. Décrivez, en donnant des exemples, de quelle façon le système parasympathique du système nerveux autonome affecte le fonctionnement des organes et du corps dans son ensemble ?
3. Répartissez les exemples donnés en mouvements volontaires ou involontaires. Mettez les réponses en chiffres.

1. transpiration, 2. soulèvement d'une charge, 3. sécrétions, 4. chair de poule, 5. squat, 6. marche
7. inclinaison du corps, 8. salivation, 9. exercice au fitness, 10. péristaltisme, 11. contraction de la pupille

Volontaires

Involontaires

Arc réflexe. Réflexes

Lors de l'interaction avec l'environnement, des impulsions nerveuses apparaissent dans le corps humain. Elles provoquent des réflexes : le principe de base de la régulation nerveuse, dont la voie anatomique s'appelle arc réflexe. C'est grâce aux réflexes que les changements indésirables liés à la coordination des fonctions des organes et des systèmes sont surmontés.

Le réflexe est la réponse adéquate de l'organisme, involontaire et inconsciente, envers un stimulus externe ou interne.

L'arc réflexe, le trajet précis d'un réflexe, comporte cinq parties :

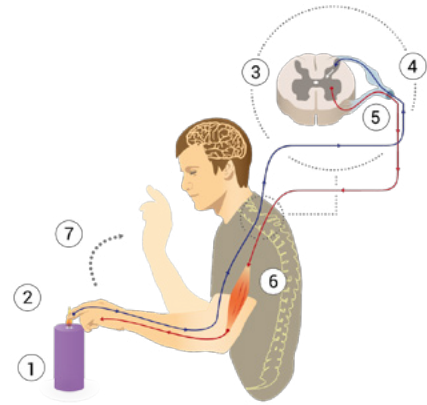
1. Récepteur(s) – des cellules sensorielles spécialisées dans la perception des stimuli venant de l'environnement ou du milieu intérieur sous l'influence desquels elles génèrent des impulsions nerveuses. Les récepteurs peuvent être isolés, dispersés à différents endroits du corps comme à la surface de la peau, dans les organes internes, dans les muscles, les tendons, les articulations, ou groupés formant des organes sensoriels tels que l'œil, l'oreille.

2. Neurone sensitif – la voie afférente (sensitive) qui transmet l'influx nerveux des récepteurs au centre nerveux respectif dans le SNC (l'encéphale ou la moelle spinale).

3. Centre nerveux – une aire dans le SNC qui traite les informations reçues et développe une « stratégie » de réponse à la stimulation.

4. Nerf moteur – la voie efférente (motrice) qui transmet « la réponse » (influx nerveux) à l'organe effecteur.

5. Organe effecteur – un muscle ou une glande qui effectue une réponse spécifique selon la nature du stimulus : mouvement ou sécrétion.



Les réflexes sont de deux types :

Inconditionnels (innés), existants dès la naissance. Ils contribuent à la survie de l'individu et persistent toute la vie. Ils sont spécifiques pour l'Homme en tant qu'espèce distincte. Les réflexes inconditionnels sont de type alimentaire, protecteur, pour la procréation, pour la protection de l'individu, pour l'orientation.

Conditionnels (acquis) – ils permettent à l'Homme d'acquérir des comportements adaptés aux situations et se développent à la base des réflexes inconditionnels existants. Les réflexes acquis sont individuels et temporaires.



PARTIE PRATIQUE :

1. Quelle est la différence entre un réflexe et un arc réflexe ?
2. Remplissez le schéma montrant l'arc réflexe.



3. Une augmentation de la salive est observée : A. quand on met des aliments en bouche et B. la vision d'un certain type d'aliment. Lequel des deux cas est un exemple de réflexe conditionnel (acquis) et lequel de réflexe inconditionnel (inné) ? En se basant sur votre expérience, donnez d'autres exemples liés aux fonctions de base de l'organisme.

Moelle spinale



La moelle spinale est située dans le canal de la colonne vertébrale formé par les orifices des vertèbres. Elle a une longueur d'environ 45 cm et un diamètre de 1 cm. Elle commence du bulbe rachidien (moelle allongée) et atteint le niveau de la deuxième vertèbre lombaire. Son extrémité inférieure a la forme d'un cône.

La moelle spinale est constituée de matières grise et blanche. En coupe transversale, on observe la substance blanche en périphérie et la grise au milieu.

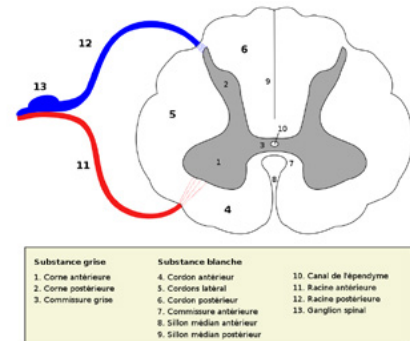
La substance blanche est formée par l'accumulation d'axones de neurones myélinisés dont les corps cellulaires sont situés dans la substance grise de la moelle spinale et de l'encéphale. Les axones forment des voies (ascendantes et descendantes) par lesquelles les deux parties du SNC échangent des informations et remplissent la *fonction conductrice* de la moelle spinale.

La substance grise a la forme d'un papillon aux ailes déployées ou d'un H, formé de deux cornes antérieures et deux cornes postérieures. La substance grise est constituée des corps cellulaires et des dendrites des neurones sensitifs et moteurs. Les neurones liés aux cornes postérieures sont des neurones sensitifs. Ils transportent des informations provenant de divers récepteurs du corps. À l'endroit où ils pénètrent dans la substance grise, se forment les racines postérieures des nerfs spinaux. Les racines antérieures des nerfs spinaux se forment à l'endroit où les neurones moteurs quittent la moelle spinale.

Il existe des réflexes monosynaptiques (participation d'un neurone sensitif et d'un neurone moteur) et des réflexes bisynaptiques qui s'opèrent par l'intermédiaire de neurones d'association à l'intérieur de la substance grise.

La moelle spinale est composée de 31 parties appelées segments d'où émergent 31 paires de nerfs spinaux mixtes. Les séquences récepteur, neurone sensitif, substance grise de la moelle spinale, neurone moteur et organe effecteur forment un certain nombre d'arcs réflexes à travers lesquels se réalise la *fonction réflexe* de la moelle spinale.

Certains arcs réflexes dont le centre nerveux se trouve dans la moelle spinale atteignent le tissu musculaire lisse des parois des organes internes comme la vessie, l'estomac, l'intestin grêle, le côlon et par les impulsions nerveuses régulent leur contraction involontaire et l'excrétion de leur contenu : c'est la *fonction végétative* de la moelle spinale.



PARTIE PRATIQUE :

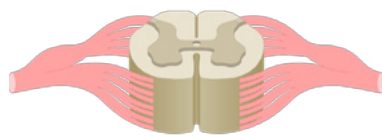
1. Dessinez un neurone dans vos cahiers et indiquez ses parties principales. Répondez aux questions :



A. Avec quelles parties, reçoit-il et avec quelles parties transmet-il des informations ?

B. À partir de quelles parties se forment la substance grise et la substance blanche de la moelle spinale ?

2. Il y a deux sillons le long de la moelle spinale dont l'antérieur qui en est mieux marqué (plus large).



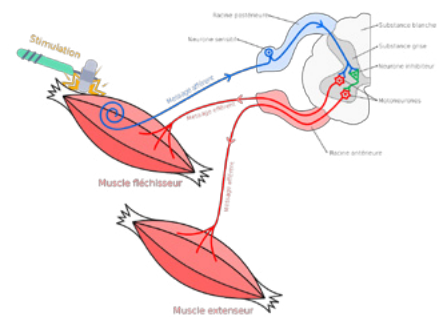
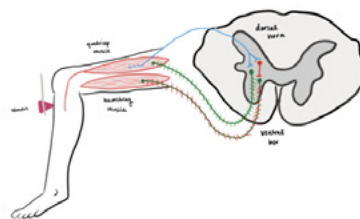
Le schéma montre un segment de la moelle spinale. Dessinez-le dans vos cahiers et indiquez les parties suivantes :

substance grise, substance blanche, racines antérieures, racines postérieures, neurone sensitif, neurone moteur.

3. Énumérez les fonctions de la moelle spinale et expliquez leur rôle.

4. Les schémas montrent le réflexe rotulien : Dans le tendon du muscle quadriceps fémoral, il y a des récepteurs qui sont excités par un coup sec sous la rotule.

Expérimentez avec votre camarade de classe et décrivez les influx nerveux (celui de l'excitation et celui de la réponse évoquée).



Encéphale



L'encéphale fait partie du système nerveux central et contrôle le fonctionnement de tous les organes. Il est situé dans la cavité crânienne. Son poids moyen est d'environ 1250-1400 g. Sa taille finale est atteinte vers l'âge de 20 ans et elle ne détermine pas les capacités intellectuelles de l'individu. L'encéphale est composé de substances *grise et blanche*.

La matière grise forme le cortex du télencéphale et du cervelet. La matière blanche constitue le reste de l'encéphale où à des endroits différents existent des noyaux de matière grise.

L'encéphale comprend le *tronc cérébral* composé du bulbe rachidien (la moelle allongée), du pont et du mésencéphale, le *cervelet*, le *diencephale* et le télencéphale (les deux derniers sont souvent dénommés *cerveau*). L'emplacement de la substance grise et de la substance blanche dans le tronc cérébral est semblable à celui de la moelle spinale. À l'intérieur de l'encéphale se trouvent 4 cavités remplies de liquide cébro-spinal appelées *ventricules*. Elles forment le système ventriculaire de l'encéphale qui le protège des chocs et des commotions cérébrales lors des mouvements du corps et de la tête. Au total, 12 paires de nerfs crâniens émergent du tronc cérébral, dont le plus long est le nerf vague.



Le bulbe rachidien (la moelle allongée) est le prolongement de la moelle spinale. Elle contient des centres nerveux qui régulent les fonctions vitales comme le rythme cardiaque, la pression artérielle, la circulation sanguine, la respiration, la déglutition. C'est à ce niveau que les voies sensitives et motrices se rejoignent et se croisent. Des dommages à ce niveau peuvent entraîner la mort.

Le pont est la partie centrale du tronc cérébral. C'est la partie par laquelle passent les voies nerveuses qui relient le cervelet aux autres parties de l'encéphale, d'où son nom. Le pont contribue à la motricité, la sensibilité du visage (il régule les muscles mimétiques et masticateurs), les maux de tête et plus encore.

Le mésencéphale (ou cerveau moyen) est situé au-dessus du pont. Il se compose de tubercules quadrijumeaux, d'une partie médiane et de pédoncules cérébraux. Le mésencéphale contrôle la vue et l'ouïe, le cycle « veille – sommeil », le maintien de la posture, le tonus musculaire mais régule également certains mouvements volontaires.

Le diencephale (ou cerveau intermédiaire) est situé entre le tronc cérébral en bas et le télencéphale en haut. Ces parties principales sont : deux thalamus et un hypothalamus. Le diencephale reçoit des informations des organes sensoriels et les envoie vers l'aire appropriée dans le cortex de l'encéphale, régule la température corporelle, la pression artérielle, l'appétit, la soif, contrôle le

comportement et les instincts. C'est dans le diencephale que les régulations nerveuse et humorale se rencontrent et s'influencent réciproquement : une des glandes endocrines, l'hypophyse, est reliée à l'hypothalamus. L'hypothalamus intervient dans la régulation du système nerveux autonome et des fonctions endocrines.

Le cervelet est situé derrière le tronc cérébral, sous les lobes occipitaux du télencéphale. Il se compose de deux hémisphères reliés par une partie étroite de substance blanche appelée vermis. Le cortex cérébelleux présente de nombreux replis et des sillons. Le cervelet est responsable de la régulation de : l'équilibre, du tonus musculaire, de la position du corps dans l'espace, la coordination motrice.

Le télencéphale est la partie la plus grande et la plus développée du système nerveux central et du cerveau humain. Il se compose de deux grands hémisphères reliés entre eux par un corps calleux. Le grand nombre d'axones (substance blanche) qui composent le corps calleux transportent des informations de l'hémisphère gauche à l'hémisphère droit et inversement.

Chez l'Homme, les hémisphères sont symétriques mais ne sont pas identiques du point de vue fonctionnel. On distingue un hémisphère dominant : celui qui est responsable du langage, et un hémisphère mineur. Chez environ 95% des personnes le dominant est l'hémisphère gauche.

Le cortex cérébral est la partie la plus importante du cerveau. Du point de vue évolutif, la partie la plus ancienne est responsable des émotions et des comportements simples et fonctionne sur la base des réflexes innés. La partie la plus récente, le néocortex, est responsable des fonctions cognitives appelées supérieures basées sur les réflexes acquis complexes. Ces fonctions sont plus développées chez l'homme : les perceptions sensorielles, les mouvements volontaires, le raisonnement spatial, la conscience, le langage, l'abstraction, la mémoire.

Le cortex cérébral a une épaisseur de 1,2 à 5 mm. Le grand nombre de plis et de sillons augmente sa superficie qui est de 2200 à 2600 cm² et forment les *circonvolutions cérébrales*. Trois sillons plus profonds divisent l'ensemble du cortex en 4 lobes : frontal, pariétal, occipital et temporal.

Les lobes abritent des aires spécifiques de nombreuses fonctions :

Dans le lobe frontal se trouve *l'aire motrice*. Elle contrôle toutes les contractions volontaires des muscles. Les impulsions nerveuses partantes de chaque hémisphère se dirigent vers les muscles de la moitié opposée du corps. Par conséquent, une perturbation de l'aire motrice dans un hémisphère entraîne une paralysie des muscles du côté opposé du corps. Dans le lobe frontal de l'hémisphère gauche des droitiers et d'une petite partie des gauchers se trouve les *centres nerveux du langage*.

L'aire de la sensibilité générale est située dans la partie antérieure du lobe pariétal. Elle reçoit des informations de la peau, des articulations, des tendons, des muscles et des organes internes.

Dans le lobe temporal se trouvent les aires *auditive* et de *l'équilibre* ainsi que les aires *gustative* et *olfactive*.

L'aire visuelle est située dans le lobe occipital.

L'encéphale est richement approvisionné en sang. C'est l'organe le plus sensible à la quantité d'oxygène.

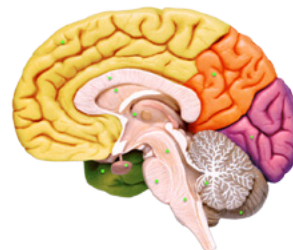


PARTIE PRATIQUE :



1. Le schéma montre en différentes couleurs les lobes du cortex : frontal (1), occipital (2), pariétal (3), temporal (4). Légendez-le. Indiquez dans quel lobe se trouvent l'aire de la parole, l'aire visuelle, l'aire de l'équilibre ?

2. Indiquez, sur le schéma, les parties de l'encéphale qui composent le tronc cérébral.



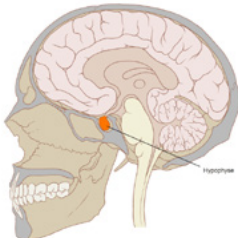
3. Quelle est la raison de la grande superficie du cortex cérébral ?
4. En cas de choc à l'arrière de la tête, on tombe inconscient. Quelle en est la raison ?
5. Pourquoi une lésion de l'hémisphère droit provoque une paralysie du côté gauche du corps et inversement ?
6. Effectuez des recherches sur les aliments les plus sains pour le cerveau.
7. Effectuez des recherches et présentez de manière appropriée (présentation, poster) quel est l'effet de la consommation d'alcool et/ou de drogues à long terme sur le système nerveux central.
8. Effectuez des recherches sur les maladies du système nerveux et remplissez le tableau :

Maladie	Cause(s) et organe(s) affecté(s)	Symptômes	Prévention
Névroses			
Poliomyélite			
Plexite			
Maladie d'Alzheimer			
Maladie de Parkinson			

10. SYSTÈME ENDOCRINIEN

Le système endocrinien comprend les glandes endocrines (glandes à sécrétion interne). Elles produisent des substances - des hormones, qui sont libérées directement dans le sang à travers lequel elles sont distribuées aux organes et contrôlent leurs fonctions : la régulation hormonale. La sécrétion excessive d'une hormone est appelée *hyperfonctionnement* de la glande tandis que la sécrétion diminuée - *hypofonctionnement*. Les glandes endocrines principales sont : l'hypophyse, la glande thyroïde, le pancréas, les glandes surrénales, les gonades - les ovaires (chez la femme) et les testicules (chez l'homme).

L'**hypophyse** est reliée à l'hypothalamus du diencephale et est soumise au contrôle du système nerveux central. Par ses



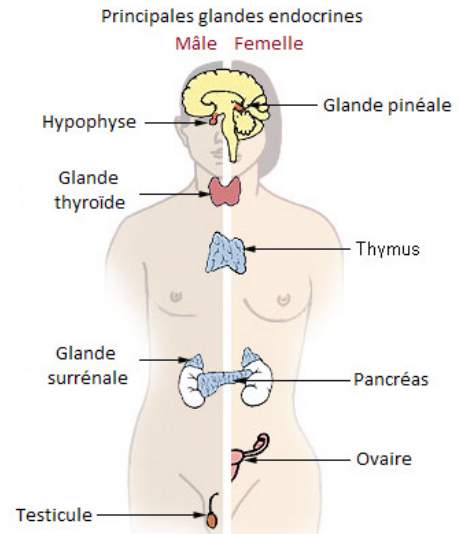
hormones, elle coordonne le fonctionnement des autres glandes endocrines. Elle possède deux lobes. *Le lobe antérieur* produit deux types d'hormones : l'un stimule la sécrétion de certaines glandes endocrines (gonadiques, surrénales, thyroïde) tandis que l'autre affecte directement les organes cibles. L'hypothalamus du diencephale produit des neurohormones qui sont détectées dans le lobe antérieur et d'autres stockées dans *le lobe postérieur* de l'hypophyse

avant d'être libérées dans le sang.

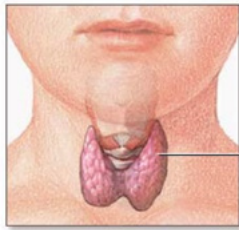
L'une des hormones du lobe antérieur est l'hormone de croissance - la somatotropine. L'hyperfonctionnement de la glande en bas âge mène au gigantisme : les personnes sont de très grande taille (220 cm) et assez maigres. *Le nanisme hypophysaire* survient en cas de déficience en hormone de croissance pendant l'enfance : les individus sont de très petite taille, mais de bonnes proportions du corps et des capacités mentales normales. La production excessive de l'hormone après la puberté conduit à l'*acromégalie* dont les symptômes les plus courants sont : élargissement des parties extrêmes corps (mains, poignets, pieds, menton, langue), augmentation du volume des organes internes, déformations osseuses.

Des hormones qui stimulent la formation et la sécrétion du lait maternel, la formation des ovules, la formation du pigment mélanine, principalement sous l'influence des rayons UV sont également libérées par le lobe antérieur.

Les hormones libérées par le lobe postérieur de l'hypophyse sont l'*ocytocine*, qui stimule les contractions utérines lors de l'accouchement, et l'hormone *antidiurétique*, qui stimule la réabsorption d'eau dans les reins et réduit ainsi la quantité d'eau dans l'urine.



La **glande thyroïde** est située à l'avant du cou, devant le cartilage thyroïde du larynx. La synthèse de la principale hormone de la glande, la *thyroxine*, nécessite de l'iode. La carence en iode dans l'eau et la nourriture provoque le goitre endémique. La



Glande thyroïde

déficience en thyroxine pendant l'enfance conduit au crétinisme (les enfants se caractérisent par une petite taille et un retard mental) et chez les adultes à la maladie du myxédème (métabolisme et activité mentale ralentis, faible fréquence cardiaque, pression artérielle basse). L'hyperfonctionnement de la glande thyroïde entraîne la *maladie de Basedow* – elle se caractérise par une saillie

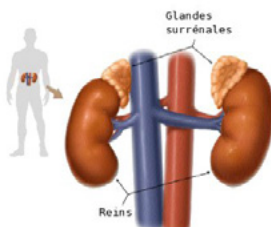
des globes oculaires, un métabolisme accéléré, une excitation nerveuse, un rythme cardiaque accéléré et irrégulier. La maladie peut être traitée par l'ablation chirurgicale d'une partie de la glande.

Les **glandes parathyroïdes**, situées sur la face postérieure de la glande thyroïde, sont au nombre de 4 et sont aussi grosses que des grains de riz. Elles régulent le métabolisme du calcium et du phosphore dans l'organisme. La sécrétion accrue de leur hormone mène à l'augmentation du taux de calcium dans le sang : elle provoque l'extraction du calcium des os et ceux-ci deviennent cassants. L'hypofonctionnement des glandes conduit à la *tétanie* : des contractions musculaires involontaires (convulsions), qui, si elles affectent les muscles respiratoires, peuvent entraîner la mort.



Le **pancréas** est une glande à double sécrétion (exocrine et endocrine). La partie endocrine occupe environ 1-2% de la glande et porte le nom d'îlots de Langerhans. Elle sécrète deux hormones principales : l'*insuline*, qui fait baisser la glycémie (la concentration de glucose dans le sang) et le *glucagon* dont l'effet est opposé. L'insuffisance de l'insuline mène au diabète sucré. Il provoque une émission d'urine excessive ce qui entraîne une déshydratation et une soif intense. Le diabète est une maladie aux conséquences graves pour le corps humain – incapacité à coaguler le sang, plaies non cicatrisantes, cécité, dommages à tous les organes internes, perte de poids malgré l'appétit augmenté.

Les **glandes surrénales** sont deux formations triangulaires situées au-dessus des reins, mais sans aucun lien fonctionnel avec eux. Une coupe longitudinale montre qu'elles sont constituées de deux parties : cortex et partie médullaire.



Le cortex sécrète 3 groupes d'hormones : les *minéralocorticoïdes*, qui régulent le métabolisme de l'eau et des sels minéraux, les *glucocorticoïdes*, qui régulent le métabolisme des glucides, des protéines et des graisses, et les *hormones sexuelles*, qui influent sur le développement des organes génitaux, des caractères sexuels secondaires, le comportement sexuel.

Les hormones *adrénaline* et *noradrénaline* sont sécrétées par la partie médullaire. On les appelle hormones du stress.

Les gonades, les glandes sexuelles à sécrétion mixte, sont les *testicules* chez l'homme et les *ovaires* chez la femme. Elles jouent un rôle important pour le développement et la maturation sexuelle des jeunes individus.

Chez les jeunes garçons (avant la puberté) en raison d'un hypofonctionnement des testicules (quantité réduite de testostérone) ou de leur ablation chirurgicale urgente, on observe des caractères atypiques : croissance élevée et disproportions du corps, organes génitaux primaires sous-développés et absence de caractères sexuels secondaires. Cet état s'appelle l'*eunuchoïdisme*.

Chez les jeunes filles, des niveaux réduits d'œstrogènes, notamment d'œstradiol, entraînent un sous-développement des organes génitaux primaires et bloquent la formation de caractères sexuels secondaires. Chez la femme, la carence en progestérone est la cause principale d'une fausse couche.

La sécrétion d'hormones sexuelles est la plus active pendant la puberté. Avec l'âge, l'activité des gonades diminue ce qui accélère le processus de vieillissement : la ménopause ou l'andropause.



PARTIE PRATIQUE :

1. La sérotonine est une hormone qui, en l'absence de lumière, est convertie en mélatonine. La mélatonine inhibe le développement sexuel. Bien que rare, chez les jeunes, on observe « La puberté précoce ». Recherchez de l'information et répondez à la question : L'hyperfonctionnement de quelle glande endocrine est à l'origine de cet état ?
2. On a prouvé que si le diabète est au stade initial, il peut être contrôlé. Effectuez des recherches sur les causes et les symptômes de la maladie. Si vous êtes nutritionniste, quel type de régime proposeriez-vous aux personnes touchées par cette maladie ?
3. On sait que l'action des hormones adrénaline et noradrénaline est similaire à l'action du système sympathique (système nerveux autonome). Décrivez les changements qui se produisent dans le corps humain à la suite de la sécrétion accrue de ces hormones en situation de stress.
4. En quoi consistent la sécrétion externe et la sécrétion interne des gonades masculines et féminines ?

11. SYSTÈMES SENSORIELS

Pendant sa vie, l'homme est constamment influencé par des facteurs environnementaux. Le corps perçoit divers stimuli (son, lumière, chaleur, chimique, mécanique), traite l'information et « évalue » la condition spécifique. La capacité du corps humain à percevoir des stimuli de l'environnement est appelée *sensibilité* et elle se réalise par les systèmes sensoriels. Ils se divisent en sensibilité générale et en sens spécifiques : la vue, l'ouïe, le goût, l'odorat et le toucher. Les sens sont exercés par des systèmes sensoriels spécifiques qui sont hautement spécialisés non seulement pour percevoir des stimuli spécifiques, mais aussi pour les analyser : c'est pourquoi ils sont également appelés *analyseurs*. Chaque analyseur est constitué de *récepteurs* situés dans un organe sensoriel, de *voies nerveuses sensorielles* et de *l'aire* correspondante dans le cortex cérébral. Lors d'une activité prolongée et avec une force constante du stimulus sur les récepteurs leur sensibilité diminue alors : ils s'*adaptent*.

La perception accrue de l'environnement est possible grâce à la participation simultanée de tous les systèmes sensoriels.

Systeme visuel

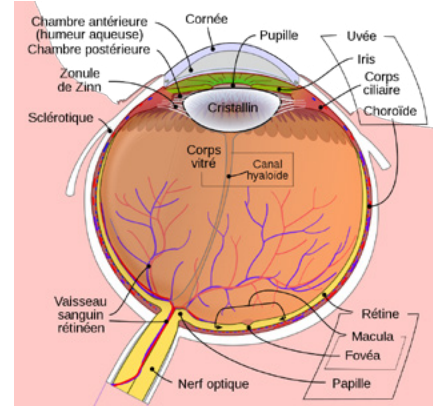
L'homme reçoit le plus d'informations (environ 85-90%) de l'environnement par le système visuel. Grâce à la vision, on effectue diverses activités – lire, écrire, communiquer. La *vision binoculaire* (voir avec les deux yeux simultanément) est une caractéristique évolutive du dispositif de l'analyseur visuel qui permet la perception visuelle tridimensionnelle des objets (3D).

Le système visuel est constitué de : 1. Récepteurs visuels ; 2. Nervef optique ; 3. Aire visuelle

L'œil est l'organe de la vision : c'est un organe pair de forme sphérique, situé dans les cavités oculaires du crâne. Il se compose du globe oculaire et d'organes annexes.

Le globe oculaire est formé de trois tuniques superposées :

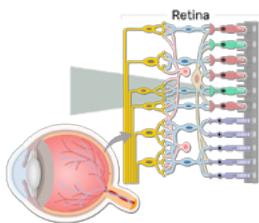
L'externe, appelée *sclérotique* (le blanc de l'œil), est constituée d'un tissu conjonctif dense : elle donne la forme et protège le globe oculaire. Sa partie antérieure est transparente et s'appelle la *cornée*. C'est le premier endroit par lequel la lumière pénètre dans le globe oculaire.



Régulation et homéostasie

La moyenne est appelée la *choroïde* car elle est riche en vaisseaux sanguins. Sa partie antérieure est occupée par l'*iris* qui contient des pigments et donne la couleur de l'œil. Dans son centre, il possède un orifice : la *pupille*. Sa taille est contrôlée par des contractions et des détentes des fins muscles lisses de l'iris. Derrière l'iris se trouve le *cristallin* : une lentille biconvexe reliée aux muscles ciliaires dont les contractions changent sa forme. Le cristallin est transparent ce qui contribue au passage de la lumière. Derrière, se trouve le *corps vitré* : une matière transparente qui remplit le globe oculaire.

Derrière la cornée et devant le cristallin, il y a deux chambres (antérieure et postérieure) remplies d'une substance aqueuse à travers laquelle passe la lumière.



La tunique interne s'appelle la *rétine*. Elle contient un grand nombre de cellules réceptrices appelées photorécepteurs : des bâtonnets et des cônes. *Les bâtonnets* sont répartis régulièrement dans toute la rétine et sont responsables de la vision en noir et blanc. *Les cônes* sont concentrés principalement dans la partie centrale de la rétine ; la zone de la plus nette vision est appelée *tache jaune*. Les cônes contiennent des pigments et sont responsables de la vision des couleurs. Les axones des cellules de la rétine forment le *nerf optique* qui débute au *point aveugle* : c'est l'endroit où il manque de bâtonnets et de cônes.

La vision se réalise à travers l'appareil optique de l'œil composé des parties transparentes du globe oculaire ayant la capacité de réfraction.

La lumière, en traversant les milieux réfractifs, se concentre sur la rétine et excite les récepteurs. Ils génèrent des impulsions nerveuses qui sont transmises à l'aire visuelle dans le cortex cérébral par le nerf optique. C'est l'endroit où les informations sont traitées. Sur la rétine se forme une image inversée et réduite.

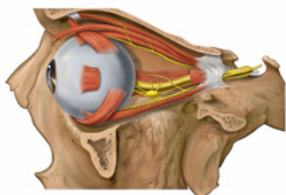
Les organes annexes de l'œil sont :

- *6 muscles oculaires* qui font mouvoir le globe oculaire
- *glande lacrymale* dont la sécrétion (les larmes) humidifie la couche externe du globe oculaire et élimine la poussière lors du clignement
- *paupière et cils* qui protègent le globe oculaire des substances irritantes mécaniques (poussière) et de la lumière forte. La surface interne

de la paupière et la sclérotique sont recouvertes d'une muqueuse appelée *conjonctive* qui lubrifie le globe oculaire.

Les fonctions du système sensoriel visuel sont diverses.

En fonction de l'intensité lumineuse, la pupille change de diamètre : lorsque la lumière est forte, la pupille se referme ; lorsqu'on est dans l'obscurité, la pupille s'ouvre. Cela est dû aux muscles de l'iris et s'appelle la *réaction pupillaire* (réflexe inné).

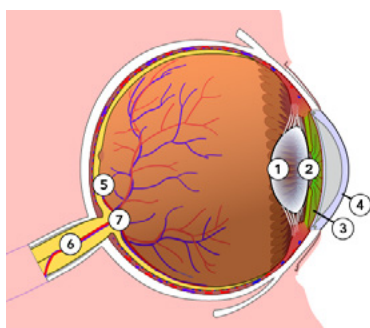


L'ajustement de l'œil pour une vision nette des images à des distances différentes s'appelle l'*accommodation*. Elle est due à la modification de la convexité du cristallin lorsque les muscles ciliaires se contractent et se relâchent. La capacité de l'œil à percevoir différents niveaux de lumière s'appelle l'*adaptation*.



PARTIE PRATIQUE :

1. Légendez le schéma :



1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.

2. Les scientifiques appellent l'œil un « système optique ». Examinez les images dans le texte et énumérez dans le bon ordre les parties du globe oculaire à travers lesquelles passe la lumière et l'endroit où se produit l'image :

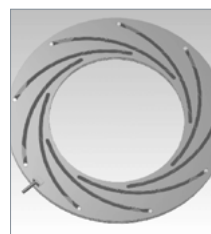
.....
.....

3. Comment les cellules et les tissus qui composent le globe oculaire sont-ils alimentés en nutriments et en oxygène ?

4. Qu'est-ce que l'œil humain et l'appareil photo ont en commun ?

À quelle partie de l'œil correspond [l'animation](#) présentée ?

5. Pourquoi le rouge, le jaune et le vert sont les couleurs choisies pour les feux de circulation tandis que les principaux pigments dans les cônes de la rétine sont le rouge, le jaune et le bleu ?



6. Comment expliqueriez-vous l'affirmation : « Nous voyons avec notre cerveau, pas avec nos yeux » ?

7. Expliquez pourquoi on ne peut pas distinguer les couleurs le soir ?

8. Expliquez pourquoi il n'est pas possible de voir nettement à la fois des objets proches et des objets éloignés.

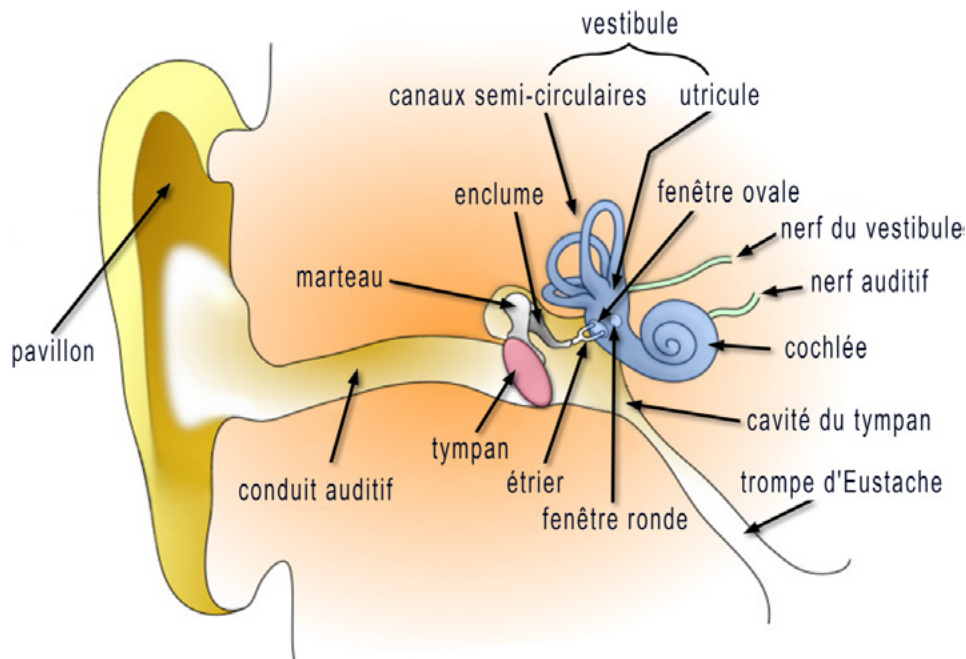
9. Comment expliquez-vous le fait que lors du port de lunettes à dioptries par une personne ayant une vision normale, l'objet observé sera flou ?

10. Sujet de discussion : « Pensez-vous que grâce au progrès technologique le fonctionnement de l'appareil photo ait la possibilité d'atteindre le perfectionnement de l'œil humain ? »

Système auditif, système vestibulaire, système musculo-squelettique

L'ouïe, l'équilibre et les mouvements sont indispensables à la vie de l'homme. L'audition est importante pour le développement de la parole, la communication, la perception des informations de l'environnement, la réponse aux stimuli, l'orientation dans l'espace, la protection. Le système vestibulaire est nécessaire pour corriger, en cas de besoin, la position de la tête par rapport au corps et du corps par rapport à la surface terrestre. Le système musculo-squelettique fournit des informations sur l'état des muscles et le niveau de tonus musculaire, l'état des tendons et la position du corps dans l'espace, la coordination des mouvements. Les trois systèmes fonctionnent interconnectés.

L'oreille représente l'organe de l'audition et elle est constituée de trois éléments :



L'oreille externe comprend le *pavillon* et le *conduit auditif externe*. Le pavillon est constitué de cartilage élastique recouvert de peau. Il capte les stimuli sonores et les transmet vers le conduit auditif externe qui atteint la *membrane tympanique* : elle est située à la limite entre l'oreille externe et l'oreille moyenne. La peau du conduit auditif externe possède des poils et des glandes qui sécrètent du cérumen. La poussière atmosphérique est piégée ici.

L'oreille moyenne comprend le tympan et la *cavité tympanique*, remplie d'air, dont le volume est de 1 cm³. Elle abrite les plus petits os du corps humain : le marteau, l'enclume et l'étrier qui s'enchaînent. La cavité tympanique est reliée au pharynx par la trompe d'Eustache ce qui permet l'égalisation de la pression de l'air des deux côtés de la membrane tympanique.

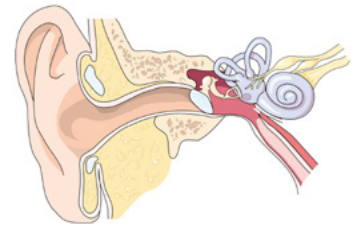
L'**oreille interne**, appelée aussi labyrinthe, est située dans l'os temporal. Une partie de celle-ci s'appelle le limaçon (ou cochlée). Le limaçon contient l'organe de l'audition : l'*organe de Corti* où sont disposées les cellules réceptrices auditives qui perçoivent les stimuli sonores. Leurs axones forment le nerf auditif qui conduit l'influx à l'aire auditive du cortex. L'autre partie de l'oreille interne est reliée au **système vestibulaire**. Les récepteurs d'équilibre sont localisés dans le *vestibule* et les *trois canaux semi-circulaires disposés* dans les trois plans (transversal, sagittal, frontal). Les récepteurs s'excitent lors des changements de la position de la tête et du corps dans l'espace et transmettent l'impulsion à l'aire d'équilibre.

Le **système musculo-squelettique** est constitué d'un grand nombre de récepteurs situés dans les muscles, les tendons et les articulations. Après avoir analysé les informations dans les aires respectives, les mouvements de la tête, du corps et des membres sont corrigés.



PARTIE PRATIQUE :

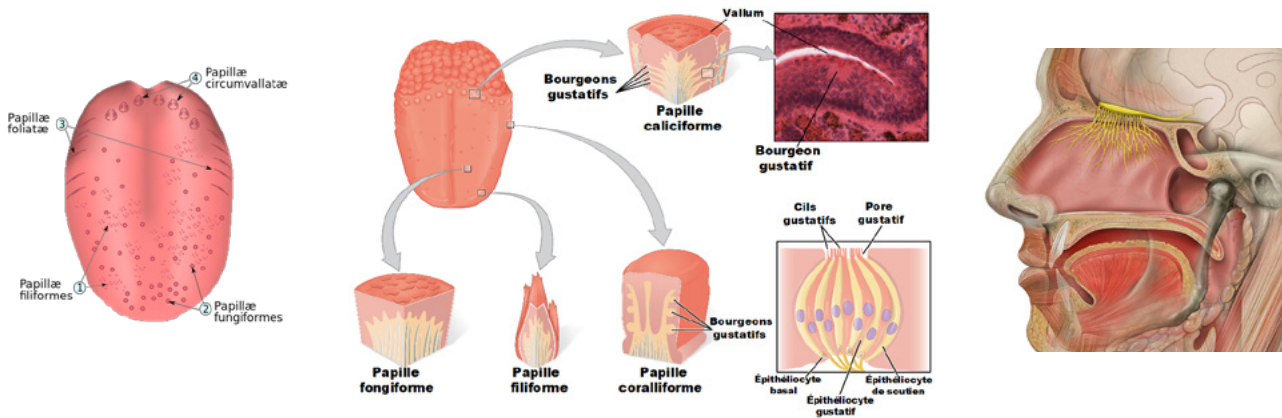
1. Utilisez le schéma du système auditif et décrivez le trajet du son.
2. Comment expliqueriez-vous le fait qu'il est possible qu'un processus inflammatoire de la gorge se transmette à l'oreille moyenne ?
3. Pourquoi lorsqu'on grimpe en montagne ou on voyage en avion, on ressent des pressions dans les oreilles et elles se « bouchent » ? Pourquoi quand on « déglutit » plusieurs fois, la différence de pression disparaît, bien que temporairement ?
4. Un enfant né sourd, perd également la capacité de parler plus tard. Comment expliqueriez-vous la relation entre l'audition et la parole chez l'homme ?
5. Effectuez une recherche sur le principe du fonctionnement de l'appareil auditif.
6. À quoi peut conduire l'écoute constante de musique forte ou le travail sans dispositifs de sécurité dans un endroit où le bruit est assez fort ?
7. Comment peut-on expliquer que certaines personnes souffrent du « mal de mer » ?



Autres systèmes sensoriels

Les systèmes **gustatif** et **olfactif** sont fonctionnellement connectés. Ensemble, ils améliorent la capacité d'une personne à percevoir et à apprécier le goût agréable des aliments, à éviter les aliments gâtés, à se protéger des substances toxiques présentes dans l'atmosphère. Souvent, les aliments savoureux sont perçus d'abord par l'odorat, qui provoque l'activation des sucs digestifs, et ensuite on apprécie leur goût. Les récepteurs du goût et de l'odorat sont des chimiorécepteurs qui s'adaptent facilement aux stimuli dissous ou volatils présents dans les aliments et l'air.

L'organe gustatif est la *langue*, à la surface de laquelle se trouvent les papilles linguales. Elles possèdent des bourgeons gustatifs qui abritent un grand nombre de récepteurs pour les 4 saveurs primaires – sucré, salé, acide, amer et leurs combinaisons.



L'organe olfactif est le *nez*. Les récepteurs olfactifs sont situés dans la partie supérieure de la cavité nasale. L'odorat est plus fort tôt le matin et diminue avec l'âge. Contrairement aux animaux, ce sens n'est pas très bien développé chez l'homme et il est le moins utilisé.

La sensibilité générale peut être superficielle et profonde.

La sensibilité superficielle est à la base de nos perceptions, provenant à la fois de l'environnement et de l'intérieur du corps. Elle permet de déterminer la température de l'environnement ; la forme, la taille et la surface des objets ; le degré de douleur. Ses récepteurs sont de 4 types – de toucher, de pression, de douleur, de température (chaud et froid). Ils sont répartis de manière inégale sur la peau de tout le corps mais la plupart d'entre eux se trouvent sur les doigts et les paumes, sur les lèvres et la langue, sur les paupières. Chez l'homme, la plus ancienne et la moins adaptative est la sensibilité à la douleur.

La sensibilité profonde (ou intérieure) assure des informations sur l'état des organes internes comme sensation de ballonnement (remplissage), spasmes, irritation chimique, inflammation.



PARTIE PRATIQUE :

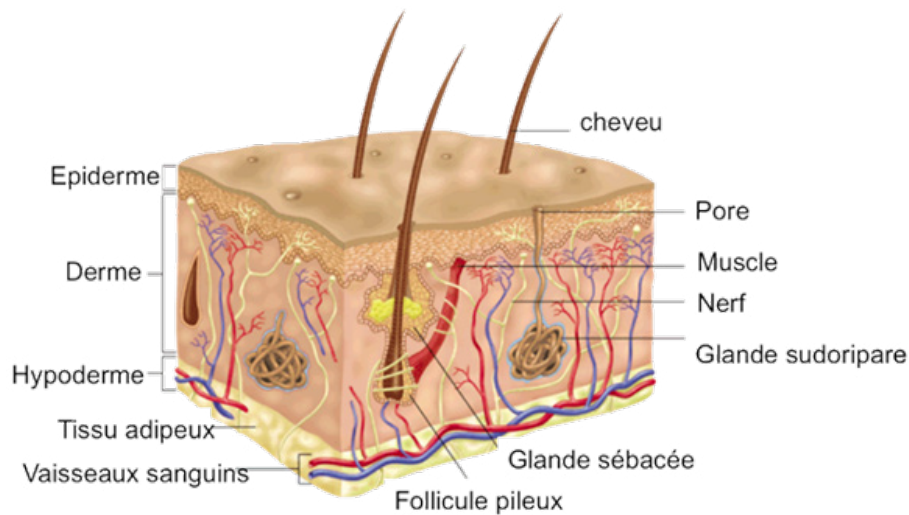
1. Est-il possible que chaque personne exerce le métier intéressant de dégustateur ? Justifiez votre réponse.
2. Il existe un métier rare « le nez ». D'après vous, dans quel domaine ce métier est exercé ?
3. Réfléchissez sur l'affirmation : On peut « éduquer » la douleur.
4. Pourquoi la douleur est-elle importante ?
5. Qu'en pensez-vous : en hiver, nous prenons froid plus rapidement ou nous nous réchauffons plus facilement ? Justifiez votre réponse.
6. Expliquez pourquoi il est possible de caractériser la surface d'un objet les yeux fermés.
7. À quel système sensoriel associe-t-on les coliques chez les bébés ainsi que le remplissage de la vessie, de l'estomac, du rectum ?
8. Recherchez des informations sur les maladies des analyseurs sensoriels et remplissez le tableau :

Maladie ou trouble	Cause(s)	Symptômes	Prévention
Astigmatisme			
Hypermétropie			
Myopie			
Daltonisme			
Conjonctivite			
Otite			
Maladie de Ménière			

12. STRUCTURE ET FONCTIONS DE LA PEAU

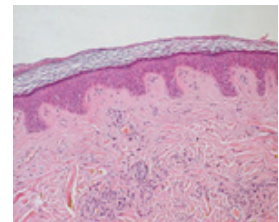
La peau est le tégument externe et le plus grand organe du corps humain. Chez un adulte, la peau a une superficie de 1,6 à 2 m² et une épaisseur différente selon les parties du corps : de 1 à 4 mm. Elle est la plus épaisse sur les pieds et les paumes et la plus fine sur les paupières et les lèvres.

La peau est composée de deux couches principales : l'épiderme et le derme, sous lesquelles se trouve une couche adipeuse sous-cutanée plus ou moins épaisse : l'hypoderme.



L'épiderme est la couche superficielle de la peau. Il est composé de plusieurs couches superposées d'épithélium stratifié. Les cellules de la couche la plus profonde se divisent constamment, de nouvelles cellules se forment et poussent les autres couches vers la surface. Les cellules de la couche supérieure perdent progressivement leurs noyaux et leur cytoplasme est remplacé par une substance cornée : la kératine. C'est une protéine insoluble dans l'eau qui assure à la peau sa propriété d'imperméabilité et de protection extérieure. Ces cellules mortes s'éliminent régulièrement par desquamation. L'épiderme possède des cellules qui produisent la mélanine : le pigment qui détermine la couleur de la peau et protège les couches inférieures des rayonnements ultraviolets (UV) nocifs. L'épiderme contient un grand nombre de terminaisons nerveuses et des récepteurs sensoriels (de toucher, de pression, de douleur, de température : chaud et froid).

Le derme est situé sous l'épiderme. Il est composé de tissu conjonctif et contient un grand nombre de fibres de collagène et d'élastine conférant à la peau souplesse et élasticité. Leur quantité diminue avec l'âge et des rides apparaissent. Le derme est richement irrigué par le sang et possède de nombreuses terminaisons nerveuses. La surface supérieure du derme, qui se



trouve à la limite avec l'épiderme, se caractérise par la présence d'excroissances charnues appelées papilles. Elles s'expriment mieux sur les plantes des pieds, les paumes et les doigts et présentent un dessin spécifique unique à chaque individu : les empreintes digitales. Le derme contient des phanères comme les ongles et les poils ainsi que les glandes sébacées et les glandes sudoripares.

Les ongles et les poils sont des structures formées par la substance cornée de l'épiderme. Les ongles assurent la protection et la stabilité aux extrémités des doigts. Chaque poil est constitué d'une *racine* située dans le derme et d'une *tige pileuse* qui émerge à la surface de la peau. À la base du poil, il existe une extension : un bulbe, d'où pousse la racine. Elle est entourée par un *follicule pileux*.

Les glandes sébacées sont dispersées dans le derme. Leurs cellules se détruisent progressivement et produisent une sécrétion qui se déverse dans le follicule pileux. Elle rend les cheveux élastiques et protège la peau des gerçures.

Les glandes sudoripares sont situées dans le derme : ce sont des tubes enroulés à leur extrémité inférieure et la partie supérieure s'ouvre à la surface de la peau. Leur sécrétion forme la sueur et contient de l'eau, des sels minéraux (NaCl) et d'autres produits métaboliques. Les glandes sudoripares sont réparties inégalement dans le corps : la plupart d'entre elles se trouvent sur les paumes, les plantes des pieds, les aisselles, le front et l'aîne.

La couche sous-cutanée est composée principalement de tissu adipeux dont l'épaisseur varie en fonction de la partie du corps.

La peau remplit de nombreuses fonctions : protectrice, sensorielle, thermorégulatrice, sécrétoire, respiratoire. Elle est en contact permanent avec l'environnement. Sous l'influence du soleil, elle synthétise de la vitamine D. Avoir une peau saine est important pour une vie normale. Afin de maintenir sa structure et pour qu'elle puisse remplir ses fonctions, des règles d'hygiène doivent être respectées.

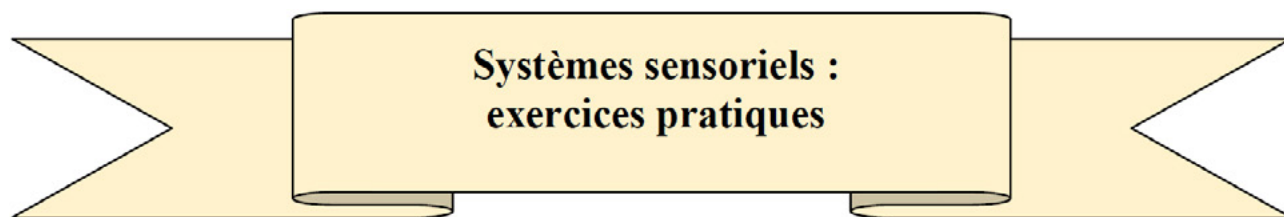


PARTIE PRATIQUE :

1. Décrivez le processus de restauration de la couche superficielle de la peau.
2. Pourquoi est-il utile de se masser souvent le cuir chevelu et de se brosser longtemps les cheveux de la racine à la pointe ?
3. Faites chez vous des empreintes de votre paume, de vos doigts et de votre pied. Comparez-les avec ceux de vos camarades de classe. Tirez des conclusions.
4. Quels sont les facteurs qui ont un impact négatif sur la structure et les fonctions de la peau ?
5. Quelles sont les règles d'hygiène que nous devons respecter pour avoir une peau saine ?

6. Recherchez de l'information sur les maladies de la peau et remplissez le tableau :

Maladie ou trouble	Cause(s)	Symptômes	Prévention
Acné			
Allergies			
Herpès			
Engelure			
Brûlure			
Cancer			



Étude des caractéristiques du système sensoriel visuel

1. Réflexe pupillaire : Travaillez en binôme. Tenez-vous face à face afin que vous soyez face à la lumière. Couvrez votre œil droit avec la main sans le fermer. À un moment donné, retirez votre main. Changez de place avec votre camarade de classe et répétez l'exercice. Décrivez le changement observé de la pupille de l'œil couvert sous l'effet de lumière forte et de lumière faible.

2. Accommodation : Observez un objet aussi près que possible pendant 2-3 minutes, puis changez brusquement d'objet par un, qui est plus éloigné. Quelle fonction de l'œil expliquera le fait que nous ne pourrions pas immédiatement voir clairement l'objet éloigné ?

3. Le point aveugle : Lisez les instructions et faites l'expérience.

(Source : <https://www.optic2n.com/slqpo-petno>)

Le point aveugle est l'endroit où le globe oculaire se connecte au nerf optique. Cette zone manque de photorécepteurs et ne réagit pas à la lumière, c'est pourquoi la vision est absente ou réduite. Le point aveugle fait partie de l'anatomie de l'œil et est également appelée zone physiologique morte ou scotome.

Pour trouver votre point aveugle, fermez votre œil gauche et tenez votre index (le bras tendu) devant votre œil droit. Regardez votre ongle puis commencez lentement à déplacer votre main vers la droite mais le regard doit rester en avant. Après avoir déplacé votre main d'environ 15 à 25 cm, vous remarquerez que vous ne voyez plus votre doigt. Si vous déplacez votre main encore 3-4 cm vers la droite, votre doigt apparaîtra soudainement. La même chose se produira si vous déplacez votre main à gauche devant votre œil gauche.

Le point où votre doigt disparaît est le point aveugle : lorsque son image se projette sur la zone du nerf optique.

Régulation et homéostasie

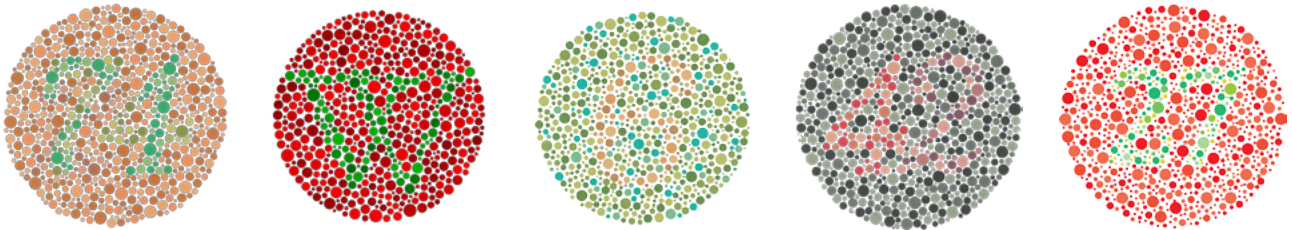
Voici une autre méthode pour détecter le point aveugle à l'aide d'une illusion d'optique :

Fermez votre œil gauche et focalisez votre œil droit sur le petit point fixe à gauche. À un moment donné, le gros point disparaît lorsqu'il traverse votre point aveugle.

Si vous ne pouvez pas voir l'effet, cela signifie que vous êtes assis trop près ou trop loin de votre moniteur. Essayez de vous asseoir plus près ou plus loin de votre moniteur et répétez le [test](#).



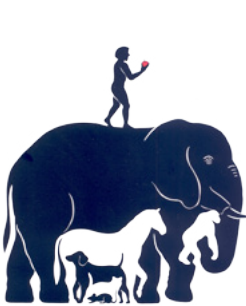
4. Vision des couleurs : Observez les tableaux colorés et répondez : A) Reconnaissez-vous l'image du tableau ? B) Dans quel cas (maladie) est-il impossible d'accomplir la tâche ?



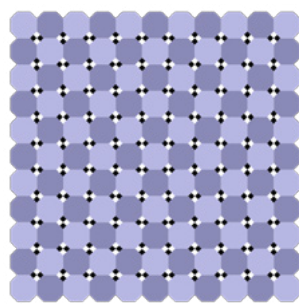
5. Convergence : Travaillez en binôme. Tenez-vous face à face. Choisissez un objet et rapprochez-le progressivement de vos yeux à 20 cm, 15 cm, 10 cm. Changez de place et réessayez. Décrivez ce qui arrive aux globes oculaires et expliquez quelle fonction oculaire est responsable de cet effet.

6. L'acuité visuelle est la capacité de l'œil à voir. Tous les élèves de la classe se dirigent vers un endroit dans la salle qui est le plus éloigné du tableau. Un élève dessine un certain nombre de points - un, deux, trois et plus. Les autres élèves doivent identifier le nombre des points.

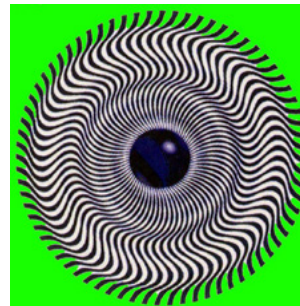
7. L'illusion optique est un phénomène qui ne correspond pas à la mesure physique de la source du stimulus, des images différentes de la réalité sont perçues. Convainquez-vous vous-mêmes de cela avec les exemples suivants : A) Combien d'animaux voyez-vous et de quel genre ? B) Toutes les lignes horizontales et verticales sont-elles parallèles ou non ? C) Y a-t-il des lignes mobiles ? D) Les rayons périphériques bougent-ils ? (Pour de meilleurs résultats, rapprochez les images de vos yeux)



A



B



C



D

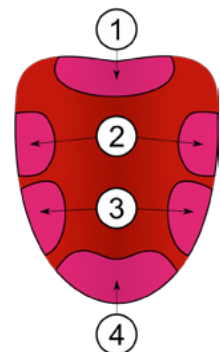
8. La vision simultanée à deux yeux s'appelle **vision binoculaire** ou convergence. Faites l'exercice suivant :
1. Couvrez votre œil gauche avec votre main et regardez avec l'œil droit un objet de votre choix.
 2. Changez de main et regardez l'objet seulement avec l'œil gauche.
 3. Regardez l'objet avec les deux yeux en même temps.
- Avec quelle caractéristique de l'organe visuel expliqueriez-vous le fait que la vision binoculaire est meilleure ?
9. Observez un objet en changeant rapidement l'œil gauche et l'œil droit. L'objet « saute » de gauche à droite et inversement. D'après vous, quelle en est la raison ?

Étude des caractéristiques du système auditif et du système vestibulaire

10. Faites l'expérience suivante : il est recommandable, si possible, que tous les élèves de la classe participent. L'un de vous doit aller à l'endroit le plus éloigné de la salle et se tenir dos à la classe. Demandez à plusieurs de vos camarades de produire des sons différents à partir de différentes parties de la pièce. Demandez à votre camarade de deviner d'où vient chaque son en acceptant les sons seulement par une oreille (la gauche, puis la droite) et par les deux oreilles. Sur la base des descriptions de ce qu'il a entendu, proposer une explication de cette expérience.
11. Essayez, les yeux fermés, de toucher votre nez (ou n'importe quelle partie de votre corps) avec les deux mains : vous réussirez. Quel système sensoriel est associé aux activités précises ?
12. Expliquez pourquoi nous ne pouvons pas rester longtemps sur une jambe.
13. Lorsqu'une personne glisse et risque de tomber, elle tourne son regard vers le lieu de la chute. À quel système sensoriel est liée cette action ?

Étude des caractéristiques du système sensoriel gustatif et olfactif

14. Les récepteurs des saveurs primaires sont situés dans 4 zones de la langue. Dessinez le schéma et écrivez aux bons endroits les zones où vous percevez le sucré, le salé, l'acide et l'amer. Pour effectuer cette tâche, vous devez : 1) Préparez à l'avance des produits aux goûts différents : une solution sucrée, une solution saline, vinaigre/citron, comprimé d'analgésique.



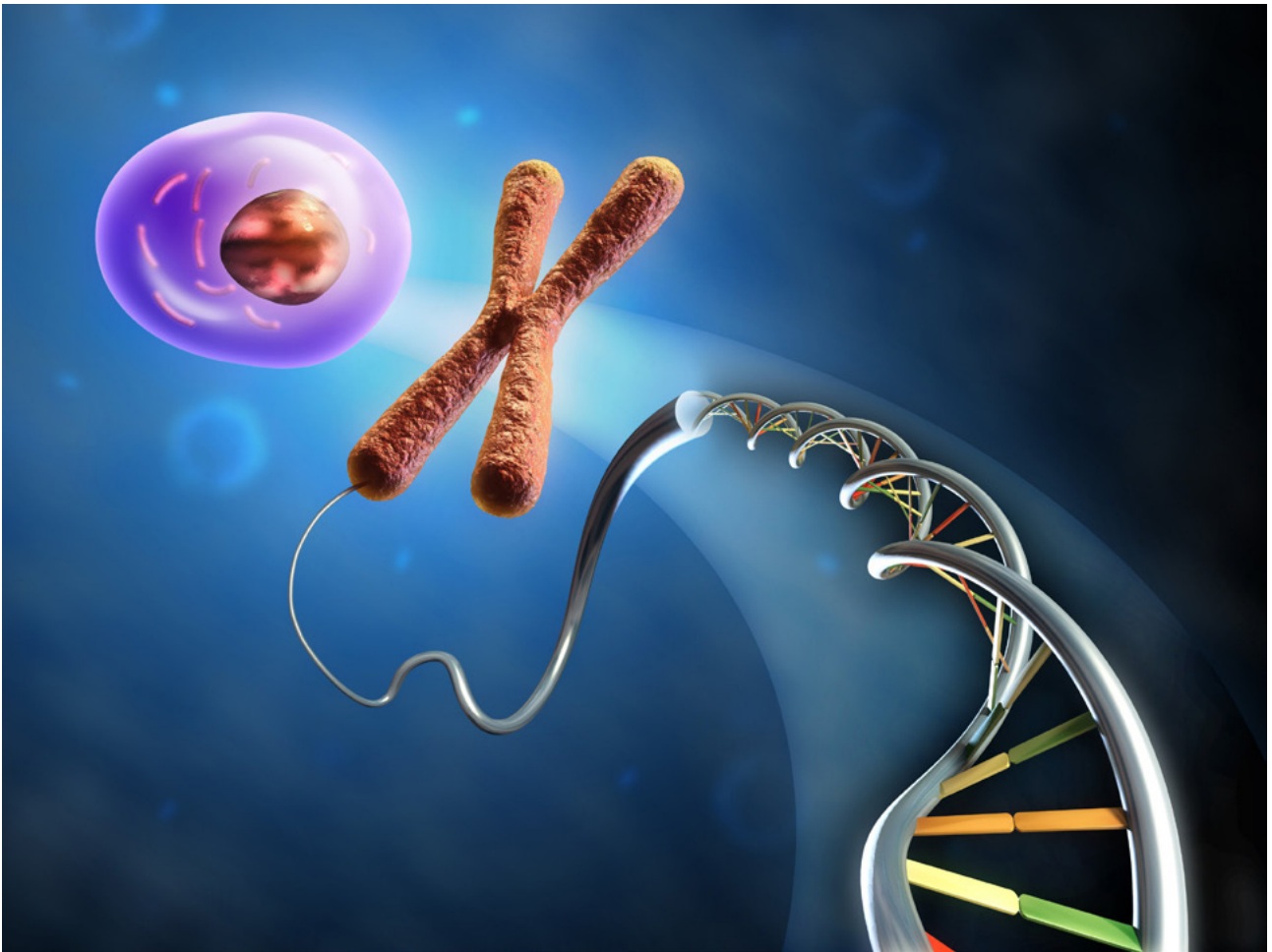
Mettez chaque substance, une par une, à l'endroit approprié sur votre langue. Par exemple, du sel sur la zone du salé. Répétez les étapes avec toutes les substances. Laquelle des saveurs gustatives dure le plus longtemps et laquelle le moins longtemps ? Avez-vous ressenti un goût sucré, salé, aigre, amer sur d'autres parties de votre langue en plus de cette zone ?

15. **Mémoire olfactive** : Des tasses avec différentes substances sont préparées à l'avance : plusieurs odeurs connues et 2 inconnues. A) Un élève ferme ses yeux et un autre présente une à une toutes les substances connues et une des substances inconnues. Le premier doit les identifier. B) On répète l'expérience mais cette fois-ci en plus des substances connues on lui présente la deuxième substance inconnue. Commentez les résultats obtenus.

Étude des caractéristiques de la sensibilité superficielle

16. Un élève touche la peau d'un autre en même temps avec un, deux et trois crayons aiguisés. L'élève sur qui on fait l'expérience doit deviner le nombre de crayons.

Cellule



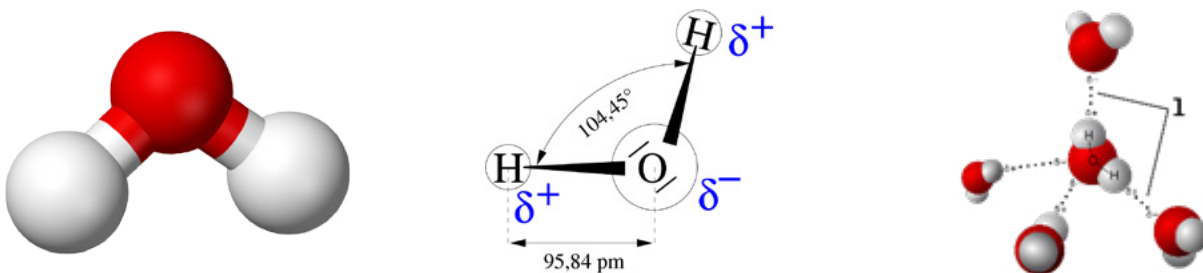
13. COMPOSITION CHIMIQUE DE LA CELLULE. COMPOSÉS INORGANIQUES

Toutes les cellules sont constituées d'éléments et de composés chimiques. Sur les 118 éléments chimiques connus, environ 30 se trouvent dans les organismes. Certains d'entre eux comme C, H, O, N, P, S sont en grande quantité (99% des cellules) et sont appelés biogènes et d'autres en plus petites quantités (1%) comme Na, Fe, Ca, Mg, etc.

Les éléments chimiques constituent les composés chimiques qui sont deux types principaux : **organiques** et **inorganiques** (eau et sels minéraux).

Les composés organiques ne sont caractéristiques que de la matière vivante. Les principaux éléments chimiques qui les composent sont le carbone et l'hydrogène. Le carbone possède des propriétés de liaisons à d'autres atomes ou aux groupes d'atomes ce qui permet aux êtres vivants de fabriquer des *macromolécules* de composition chimique, structure et propriétés différentes. Les molécules biochimiques constituant la cellule sont les glucides, les lipides, les protéines et les acides nucléiques. La plupart de ces composés ont de grosses molécules appelées **biopolymères**. Ils sont constitués de plus petites unités appelées monomères (motifs de répétition). Il existe deux types de biopolymères – *homopolymères*, constitués de monomères identiques interconnectés, et des *hétéropolymères*, constitués de différents monomères. Plusieurs de ces biomolécules sont susceptibles de former des complexes moléculaires de grande taille qui assurent des fonctions indispensables à la vie de la cellule.

L'eau représente environ 75 % de la masse de la cellule et possède des propriétés importantes en raison de sa molécule polaire (un dipôle). A l'état liquide, les molécules d'eau ont une forte cohésion entre elles grâce aux liaisons hydrogènes.



Une des propriétés les plus importantes de l'eau est qu'elle dissout les composés organiques et inorganiques ; on dit qu'elle est un solvant universel. L'eau joue un rôle important dans la thermorégulation des organismes. Elle ne change de température que lorsqu'elle absorbe ou émet une grande quantité de chaleur et possède une température d'ébullition élevée. L'eau régule également la vitesse des processus vitaux dans la cellule car elle y participe directement ou indirectement. L'eau constitue les substances liquides internes (le sang, la lymphe, le liquide interstitiel ; les sucs des plantes, etc.) et transporte les solutés.

Les **sels minéraux** dans la cellule se présentent sous forme d'ions dissous dans l'eau ou sous forme de précipités. Ils participent à la régulation des processus vitaux et remplissent des fonctions spécifiques, par ex. le fer dans la molécule d'hémoglobine se lie à l' O_2 et au CO_2 .



PARTIE PRATIQUE :

1. Notez lesquels des éléments chimiques énumérés sont appelés biogènes et pourquoi ?
C, Ca, Mg H, N, P, Na, Fe, S, O
2. Pourquoi les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques sont-ils appelés composés organiques ? Lesquels d'entre eux sont des biopolymères ? Justifiez votre réponse.
3. Quelles sont les propriétés spécifiques de l'eau ?
4. Comment l'eau participe-t-elle à la thermorégulation des organismes ?
5. Pour quels processus du corps humain l'élément chimique fer (Fe) est important ? Expliquez.

14. GLUCIDES ET LIPIDES

Les **glucides** sont des composés organiques contenant C, H et O. Selon le nombre de leurs monomères, ils se répartissent en oses (monosaccharides), oligosaccharides et polysaccharides. Les oses contiennent de 3 à 7 atomes de carbone. Ils sont une source majeure d'énergie pour la cellule (comme le glucose, un ose à 6 carbones, dit hexose) et un élément constitutif dans la biosynthèse de plus grandes molécules. Le ribose et le désoxyribose (des oses à 5 carbones, appelés pentoses) entrent dans la constitution des acides nucléiques.

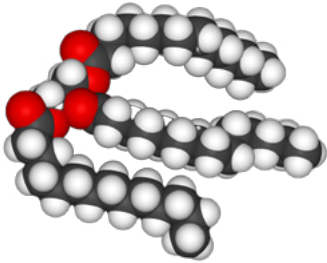
Les oses interagissent les uns avec les autres et forment des oligosaccharides et des polysaccharides ce qui libère de l'eau (condensation).

Les oligosaccharides sont composés de 2 à 10 monomères. Le saccharose, le maltose et le lactose sont des exemples de disaccharides. Les oses et les oligosaccharides sont solubles dans l'eau et à cause de leur saveur sucrée sont souvent appelés des sucres.

Les polysaccharides sont formés de plus de 10 monomères. Il existe deux catégories : les homopolysaccharides et les hétéropolysaccharides. Ils sont insolubles dans l'eau. Les homopolysaccharides les plus répandus sont des réserves d'énergie (comme l'amidon chez les plantes et le glycogène chez les animaux) et participent à des structures qui assurent la rigidité de certains organismes (telles que la cellulose et la chitine).

Composition chimique de la matière vivante

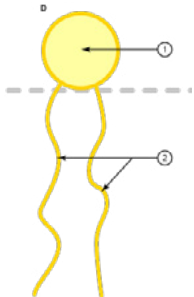
Les lipides sont des composés organiques assez hétérogènes. Ils sont regroupés en fonction de leur insolubilité dans l'eau mais ils sont solubles dans la plupart des solvants organiques. Ils ont de petites molécules et n'appartiennent donc pas aux biopolymères. Il existe plusieurs grands groupes de lipides :



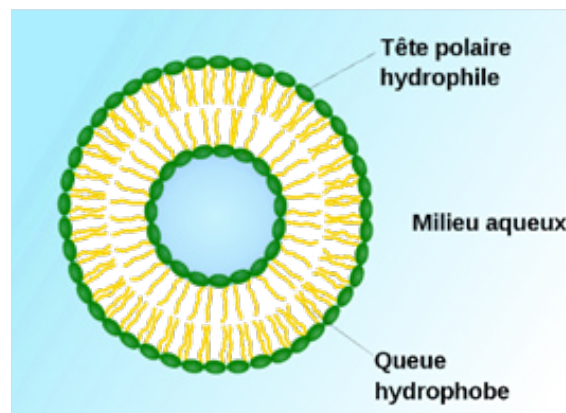
Les lipides simples englobent les graisses (d'origine animale), les huiles (d'origine végétale) et les cires. Les glycérides (le plus souvent appelés des graisses), dont les plus abondants sont les triglycérides, sont formés du glycérol (partie hydrophile de la molécule, nommée « tête ») lié à 3 acides gras (partie hydrophobe, nommée « queue »). Les graisses sont des réserves énergétiques pour l'organisme. Les glucides excessifs se transforment en graisses, sont stockés dans les cellules adipeuses sous-cutanées et jouent le rôle d'isolant thermique. Les graisses sont

également une source d'eau pour le corps et ont une fonction protectrice.

Les cires remplissent également une fonction protectrice en empêchant l'évaporation excessive d'eau des organismes.



Les phospholipides sont composés d'une molécule de glycérol, de 2 acides gras et d'un phosphate (un composé dérivé de l'acide phosphorique). Ils constituent les membranes biologiques. Dans la structure de la membrane, ils forment une bicouche (double couche) : leurs parties hydrophiles sont dirigées vers la surface de la membrane et les parties hydrophobes vers son intérieur.



Les stéroïdes tels que le cholestérol, la vitamine D et certaines hormones sont impliqués dans la structure des membranes et participent à la signalisation chimique dans les organismes.

Les caroténoïdes (vitamine A, vitamine E, pigments photosensibles) sont impliqués dans la photosynthèse ou le processus visuel chez les vertébrés.



PARTIE PRATIQUE :

1. Comparez les mono-, oligo- et polysaccharides.

Type	Oses (monosaccharides)	Oligosaccharides	Polysaccharides
Nombre des monomères qui les composent			
Nombre des atomes de C dans le monomère			
Fonctions			
Exemples			

2. Recherchez de l'information et présentez à la classe des aliments qui contiennent les disaccharides : saccharose, maltose et lactose.

3. La cellulose est un ingrédient non digestible dans l'alimentation humaine mais elle est toujours importante pour la digestion. Quels aliments sont riches en cellulose et quelle est son rôle ?

4. Quels sont les homopolysaccharides les plus courants dans les cellules animales et végétales et quelles fonctions remplissent-ils ?

5. Pourquoi tous les lipides sont-ils unis dans un groupe commun malgré leur diversité ?

6. Pourquoi la consommation de grandes quantités de glucides entraîne-t-elle une prise de poids facile ?

7. En déposant une petite quantité d'huile à la surface de l'eau, les molécules de lipides forment une mono-couche à l'interface eau-air. Comment sont orientées les molécules des lipides et pourquoi ?

8. Décrivez la structure spécifique des phospholipides en tant qu'éléments constitutifs des membranes cellulaires.

9. Donnez des exemples de parties de plantes et d'animaux, dans la structure desquelles des cires sont présentes.

10. Il existe deux types de cholestérol : le « bon » et le « mauvais ». Le « bon », en plus de participer à la construction des membranes, a également un effet anti-inflammatoire. C'est un bon antioxydant : il ne permet pas l'interaction du « mauvais » cholestérol avec l'oxygène, ce qui entraînerait autrement un durcissement des artères. Une alimentation malsaine entraîne une augmentation du « mauvais » cholestérol dans le sang, qui est l'une des causes de la maladie bien connue de l'athérosclérose. Quels troubles le « mauvais » cholestérol provoque-t-il dans l'athérosclérose ?

Informez-vous sur : A) Quels aliments contenant du « mauvais » cholestérol devrions-nous éviter ?

B) Par quels aliments nous pouvons obtenir du « bon » cholestérol.

11. Quel est le rôle des graisses sous-cutanées chez les animaux et les humains ?

12. Reliez les substances à la fonction correspondante : 1. cires 2. phospholipides 3. graisses

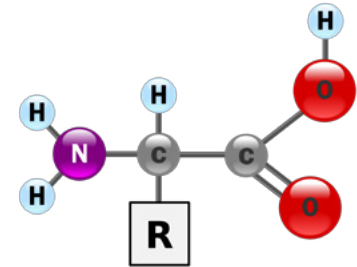
A) structurale B) de réserve C) protectrice

15. PROTÉINES

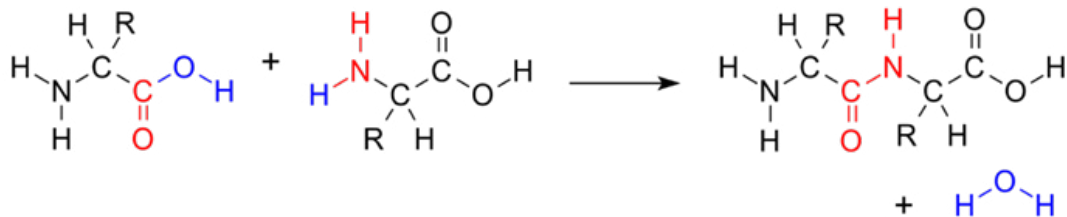
Les protéines sont le groupe de macromolécules (biopolymères) le plus nombreux. Elles représentent environ 60 % de la masse sèche des cellules et interviennent dans la construction de toutes les structures cellulaires et dans tous les processus biologiques. L'importance des protéines est déterminée par leurs différentes fonctions : structurale, catalytique, protectrice, de transport, régulatrice, contractile, énergétique, réceptrice.

Les acides aminés (AA) correspondent au monomère des protéines. Il existe 20 types différents d'acides aminés. Les protéines sont un exemple typique d'hétéropolymères.

Chaque acide aminé contient un groupe carboxyle (COOH) et un groupe amine (NH₂) liés à un même atome de carbone. Les acides aminés diffèrent les uns des autres par une chaîne latérale R (radical) qui détermine leurs propriétés spécifiques ainsi que celles des protéines.



Les acides aminés sont liés par des liaisons covalentes appelées peptidiques. La liaison s'établit entre le carboxyle (COOH) d'un acide aminé et le groupe amine (NH₂) de l'autre ; il se forme aussi une molécule d'eau.



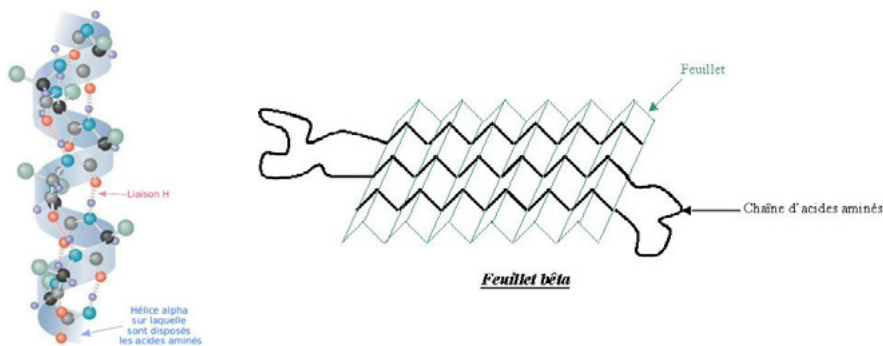
Les chaînes résultantes sont appelées **chaînes polypeptidiques**. Elles sont de longueurs différentes : de 70-80 à 700-800 acides aminés. Les chaînes polypeptidiques sont linéaires, non ramifiées et diffèrent par le nombre, le type et l'arrangement spécifique des acides aminés qu'elles contiennent.

Les protéines ne remplissent leurs fonctions biologiques que lorsqu'elles ont une forme spatiale appropriée. Les niveaux successifs de repliement de la chaîne polypeptidique dans l'espace sont appelés structures de la protéine. Il existe quatre niveaux d'organisation des protéines :

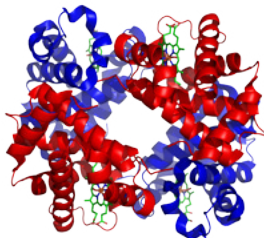
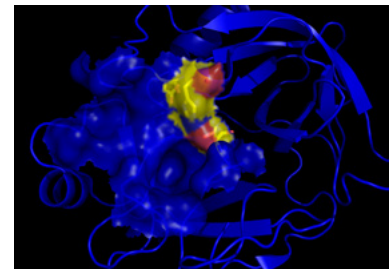
La structure primaire est déterminée par le type et la séquence des acides aminés dans la chaîne polypeptidique. Les informations sur la structure primaire sont génétiquement encodées dans les bases de l'ADN et sont héritées. Les autres niveaux, les propriétés et les fonctions des protéines en dépendent.

Composition chimique de la matière vivante

La *structure secondaire* est un repliement régulier du polypeptide lors duquel il prend une forme hélicoïdale (hélice α) ou de feuillet β plissé. Dans celle-ci, les acides aminés non adjacents se relient par de faibles liaisons hydrogènes.

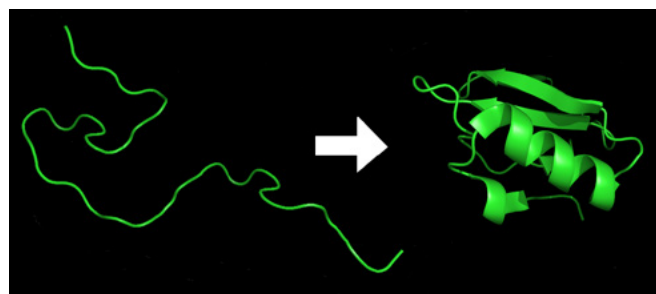


La *structure tertiaire* est due à un repliement supplémentaire et irrégulier et elle est soutenue par des liaisons faibles et covalentes entre des résidus R non adjacents. Au niveau de la structure tertiaire se forme un site actif (accumulation de plusieurs radicaux) à travers lequel la protéine accomplit sa fonction. Il se forme des protéines globulaires (de forme sphérique), solubles dans l'eau qui remplissent de multiples fonctions : structurale, protectrice, catalytique, régulatrice, de transport, etc. ; ou des protéines fibreuses (en forme de filaments), insolubles dans l'eau, comme par ex. la kératine qui constitue les poils et la couche cornée de l'épiderme.



Il existe des protéines plus complexes, formées par l'assemblage de deux ou plusieurs polypeptides. Il se forme alors une *structure quaternaire* comme celles de l'hémoglobine, de certaines enzymes et hormones. Des sites de régulation supplémentaires se forment à la surface de la protéine.

Dans certaines conditions, les protéines peuvent changer de structure. La haute température, les rayons ultraviolets, certains acides ou bases fortes, peuvent provoquer la destruction de la structure spatiale des protéines. Le processus est appelé **dénaturation**. L'élimination du facteur dénaturant provoque la **renaturation**, c.-à-d. la protéine peut retrouver sa structure et sa fonction.

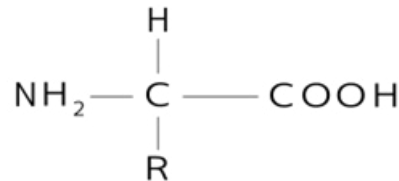




PARTIE PRATIQUE :

1. Pourquoi les protéines sont-elles des hétérobiopolymères ?
2. Numérotez les parties qui composent chaque acide aminé. À quelle(s) partie(s) sont dues les propriétés spécifiques des acides aminés ?

1. groupe carboxyle
2. groupe amine
3. R (radical)



3. Caractérissez les chaînes polypeptidiques.
4. Les protéines fibrillaires kératines qui composent les cheveux sont constituées de chaînes polypeptidiques hélicoïdales (hélice α). Comment expliqueriez-vous le fait que lorsqu'ils sont mouillés, les cheveux s'allongent, et lorsqu'ils sont secs, ils retrouvent leur longueur.
5. Parfois, la dénaturation détruit toutes les structures de la protéine à l'exception de la structure primaire. À quoi est dû ce fait ?
6. Si le facteur qui provoque la dénaturation des protéines est très fort et/ou agit pendant longtemps, le processus est irréversible. Donnez un exemple de ce phénomène.

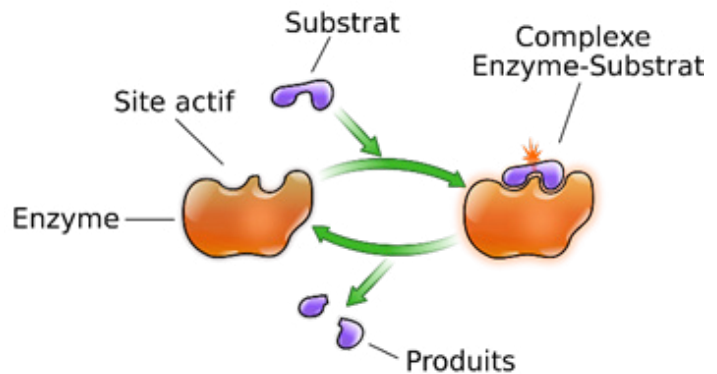
16. ENZYMES

Toutes les réactions biochimiques se réalisent de manière coordonnée et à grande vitesse grâce à la participation des enzymes. Ce sont des protéines spécialisées de **propriétés catalytiques** qui augmentent la vitesse des réactions plusieurs fois et ne se modifient pas lors de la réaction. Les enzymes sont nécessaires en quantités minimales, leur activité peut être régulée et elles sont spécifiques des réactions et des substances.

Les enzymes sont des protéines globulaires. Certaines sont constituées d'une ou de plusieurs chaînes polypeptidiques, d'autres contiennent un constituant protéique et un non protéique (ion métallique, autre petite molécule organique, nucléotide). Les molécules initiales sont appelées

Composition chimique de la matière vivante

des *substrats* (S), tandis que les molécules formées sont les *produits* (P) de la réaction. Ce n'est qu'une partie de la molécule d'enzyme, le **site actif**, qui participe à l'interaction avec le substrat. Elle se lie au substrat et forme un complexe enzyme-substrat (ES). Il se transforme en complexe enzyme-produit (EP) et finalement le produit se libère de l'enzyme. L'enzyme libre (non transformée) peut se lier à une nouvelle molécule de substrat.



Les enzymes sont plus ou moins spécifiques à la fois des substrats et des réactions catalysées. Elles peuvent différencier des molécules semblables. Cette propriété est due à la complémentarité du site actif et du substrat. Les enzymes ont la capacité de modifier légèrement leur site actif pour mieux coïncider avec la forme du substrat.

La vitesse de la réaction enzymatique est mesurée par la quantité de substrat transformé ou par la quantité du produit obtenu par unité de temps. L'activité enzymatique dépend de nombreux facteurs tels que la température, l'acidité du milieu, la concentration de l'enzyme, la concentration du substrat. Chaque enzyme est active dans des conditions spécifiques. Par exemple, l'enzyme pepsine est active dans un milieu acide tandis que l'enzyme trypsine dans un milieu alcalin. Si la température du milieu augmente plusieurs fois, la vitesse de la réaction diminue brusquement.

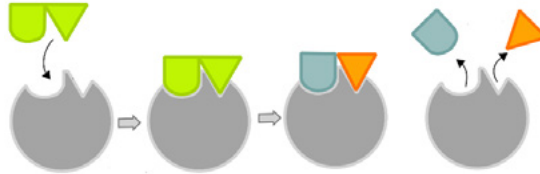
L'activité enzymatique peut être régulée en interagissant avec d'autres substances appelées effecteurs. Ils peuvent la stimuler (activateurs) ou la réduire (inhibiteurs). Un inhibiteur est une molécule qui ressemble au substrat. Il peut se lier de façon permanente au site actif de l'enzyme et celle-ci ne peut plus catalyser la réaction. C'est une inhibition irréversible. Dans d'autres cas, l'inhibition est réversible : la liaison de l'inhibiteur avec l'enzyme est temporaire : c'est l'inhibition compétitive. L'inhibiteur peut prendre la place du substrat et se lier avec le site actif de l'enzyme ; cette réaction peut être contournée par la concentration élevée du substrat. Il peut avoir un effet allostérique lorsque l'inhibiteur se lie avec un autre site de liaison (allostérique) à la surface de l'enzyme et modifie la structure de l'enzyme pour mieux coïncider ou non avec le substrat : l'allostérie peut être positive ou négative.

Les enzymes sont utilisées dans différents domaines de l'activité humaine tels que la production d'aliments, d'antibiotiques et d'autres médicaments. Les enzymes sont synthétisées dans les cellules mais leur manque ou leur quantité insuffisante peuvent être compensées par la production industrielle lors de laquelle on utilise des micro-organismes.

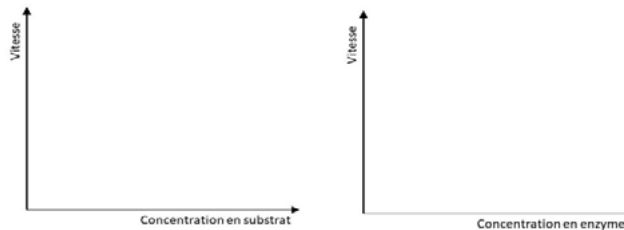


PARTIE PRATIQUE :

1. Citez quelques (4-5) caractéristiques des enzymes.
2. Décrivez le mode d'action des enzymes :



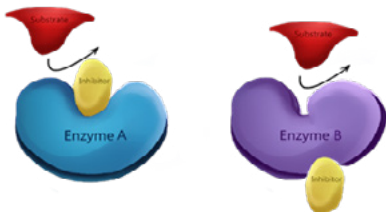
3. Que signifie « spécificité enzymatique » au substrat et aux réactions auxquelles il participe ?
4. Comment la température et l'acidité du milieu affectent-elles l'activité enzymatique ?
5. Représentez graphiquement l'effet de la concentration en substrat et de la concentration en enzyme sur la vitesse de la réaction enzymatique.
6. Quel est le facteur limitant de l'accélération infinie d'une réaction enzymatique ?



7. Complétez les mots manquants :

Les inhibiteurs sont des substances qui l'activité enzymatique. Les inhibiteurs compétitifs ont une structure similaire à celle du et se lient au de l'enzyme. Cette réaction peut être réversible et dépend de la Quant à l'inhibition allostérique, l'inhibiteur se lie à un de l'enzyme.

8. Identifiez les types de régulation de l'activité enzymatique présentés sur le schéma :



A.

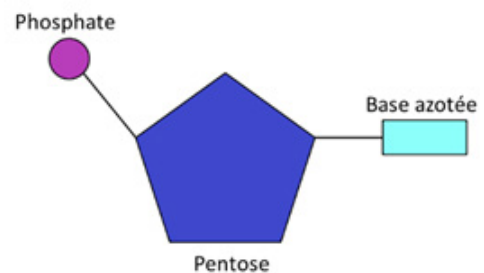
B.

9. Effectuez une recherche et présentez de manière convenable (présentation PowerPoint, poster) à la classe, comment les enzymes sont mis en pratique dans l'industrie alimentaire et dans la production de médicaments.

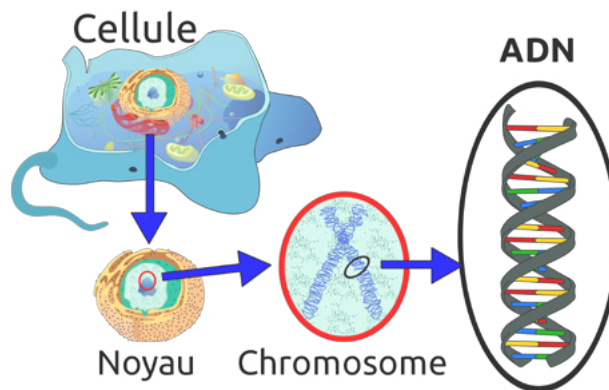
17. ACIDES NUCLÉIQUES

Les **acides nucléiques** sont les principales molécules de la cellule à travers lesquelles l'information génétique (héréditaire) est conservée, réalisée et transmise. Cette information est responsable de la structure et des fonctions des protéines synthétisées dans chaque cellule et détermine la structure, le fonctionnement et le développement de chaque organisme.

Les acides nucléiques sont l'**acide désoxyribonucléique** (ADN) et l'**acide ribonucléique** (ARN). Ce sont des hétéropolymères constitués de nucléotides. Chaque nucléotide contient du pentose (un ose à 5 atomes de carbone) désoxyribose ou ribose, du phosphate (un résidu d'acide phosphorique) et une base nucléique (un composé organique contenant de l'azote). Les bases azotées sont grandes (adénine et guanine) et petites (cytosine, thymine et uracile). Les nucléotides interagissent, se lient et forment des *chaînes polynucléotidiques*. Elles sont linéaires, non ramifiées et possèdent une direction. Elles commencent par un phosphate (extrémité 5') et se terminent par un groupe hydroxyle (extrémité 3').



L'ADN est le support de l'information génétique tandis que l'ARN est impliqué dans sa réalisation : la synthèse des protéines.



L'ADN est situé dans le noyau cellulaire (98%) ainsi que dans les mitochondries et les plastes (2%).

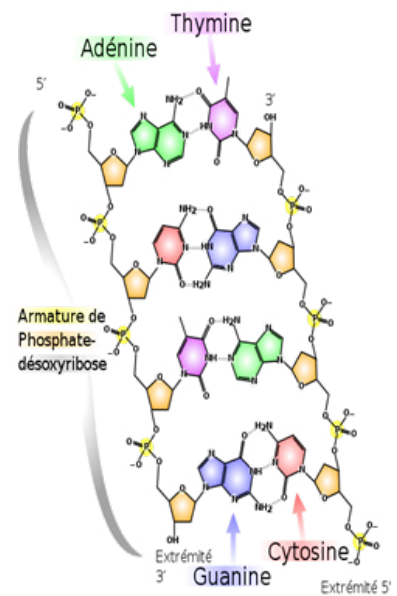
Il est formé par une double hélice composée de 2 brins (chaînes polynucléotidiques) antiparallèles (de sens opposés). Les deux brins sont formés de nucléotides contenant un désoxyribose, un phosphate et une des bases azotées : adénine, guanine, cytosine, thymine. Les bases sont orientées vers l'intérieur de l'hélice et s'associent par de nombreuses liaisons hydrogènes qui assurent à la fois la stabilité et la flexibilité de la molécule. Les séquences d'acides nucléiques ont la propriété d'apparier les bases nucléiques.

Composition chimique de la matière vivante

Ce phénomène est appelé **règle de la complémentarité des bases** : une grande base d'un des brins est connectée à une petite base de l'autre. Il se forment deux liaisons hydrogènes entre l'adénine et la thymine et trois entre la guanine et la cytosine.

L'ADN conserve le programme héréditaire par la séquence des nucléotides. La plus petite unité héréditaire s'appelle **gène**. C'est une section de la chaîne polynucléotidique de l'ADN qui porte des informations sur la synthèse d'une protéine ou d'une molécule d'ARN. La totalité de tous les gènes d'un organisme est appelée **génome** et contient les informations nécessaires à la structure, au fonctionnement et au développement de l'organisme.

Une autre fonction importante de l'ADN est la transmission de l'information héréditaire lors de la division cellulaire. Avant chaque division, l'ADN est dupliqué (réplication de l'ADN) afin que chaque nouvelle cellule puisse recevoir une copie exacte de toute l'information génétique.



L'ARN est un hétéropolymère dont les nucléotides contiennent un pentose ribose, un phosphate et une des bases azotées adénine, guanine, cytosine, uracile (à la place de la thymine de l'ADN). L'ARN se trouve dans le noyau et dans le cytosol. Certaines molécules, appelés ribozymes, sont doués d'activité catalytique.

Les molécules d'ARN sont constituées d'un simple brin mais certaines d'entre elles peuvent parfois former des sections doubles selon la complémentarité des bases nucléiques. Il existe trois types d'ARN qui remplissent des fonctions différentes dans la réalisation de l'information génétique (la synthèse des protéines) :

L'ARN ribosomique (ARNr) qui représente environ 80% de l'ARN, s'associe à des protéines et constituent les ribosomes (organites cellulaires dans lesquels les protéines sont synthétisées).

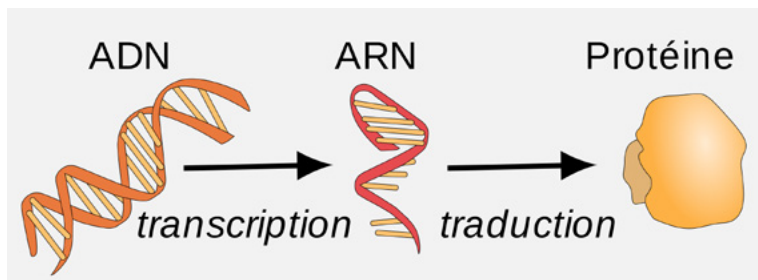
L'ARN messenger (ARNm) est de plus petite quantité dans la cellule (2%). Il « copie » une section d'ADN (la transcription) qui contient des informations sur la structure primaire de la protéine et l'exporte vers les ribosomes dans le cytoplasme.

L'ARN de transfert (ARNt) : son rôle est d'apporter les acides aminés au ribosome et de « trouver » leurs places dans la chaîne polypeptidique qui se forme selon l'information de l'ARN messenger (la traduction).



Composition chimique de la matière vivante

La relation entre l'ADN, l'ARN et les protéines est désignée par la Théorie fondamentale de la biologie moléculaire (dénommée aussi « dogme central de la biologie moléculaire ») : le transfert d'information dans la cellule est unidirectionnel (de l'ADN vers les protéines en passant par l'ARN).



PARTIE PRATIQUE :

1. Comparez les structures et les fonctions de l'ADN et de l'ARN :

Acide nucléique	Molécule (nombre de brins)	Composition de nucléotides			Fonction(s)
		Bases azotées	Pentose	Phosphate (oui/non)	
ADN					
ARN					

2. Les pentoses de l'ADN et de l'ARN se différencient par un atome. Son ajout apporte une plus grande flexibilité de l'ARN. Quel est cet atome ?

3. Quelle est la raison de la grande stabilité de la molécule d'ADN ?

4. Comment s'explique le fait que les deux brins polynucléotidiques de l'ADN soient équidistants l'un de l'autre ?

5. Donnez des définitions du gène et du génome.

6. Quelle est l'importance du processus de réplication ?

7. Quelle caractéristique de la structure de l'ARN le rend moins stable que l'ADN ?

8. Notez la règle de la complémentarité des bases dans la molécule de l'ADN et dans celle de l'ARN.

Utilisez les lettres de la désignation des bases – A, G, C, T, U

ADN ARN

9. Expliquez ce que postule la Théorie fondamentale de la biologie moléculaire.

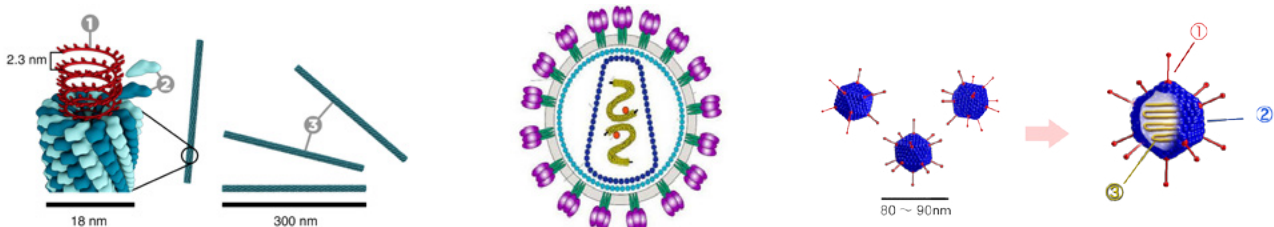
18. ASSEMBLAGES (COMPLEXES) SUPRAMOLÉCULAIRES. VIRUS

La plupart des structures cellulaires sont constituées de deux ou plusieurs types de molécules organiques appelées complexes supramoléculaires. Ils se forment spontanément au fur et à mesure que les molécules se reconnaissent et s'autoassemblent par des liaisons non covalentes et sans modifications dans leur intégrité chimique. Ces ensembles supramoléculaires acquièrent de nouvelles propriétés et assurent les fonctions biochimiques indispensables à la vie de la cellule.

Les principaux composants des complexes supramoléculaires sont les protéines ou les acides nucléiques. Il existe des assemblages permanents ou temporaires. Les complexes supramoléculaires cellulaires sont les membranes biologiques (phospholipides-protéines), les ribosomes (protéines-ARNr), la chromatine (ADN-protéines), le complexe enzyme-substrat.

Les virus sont également des complexes supramoléculaires. Leur forme extracellulaire s'appelle virion. À eux seuls, ils n'effectuent pas de processus métaboliques et ne peuvent pas se reproduire. Les virus ne peuvent se répliquer qu'au sein de cellules vivantes. On les appelle parasites intracellulaires.

Les virus sont des particules microscopiques aux propriétés infectieuses et provoquent des maladies chez les plantes, les animaux et les hommes.

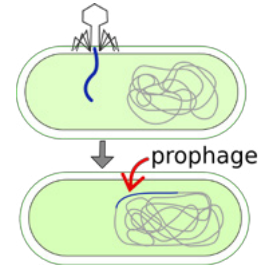
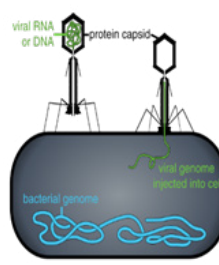
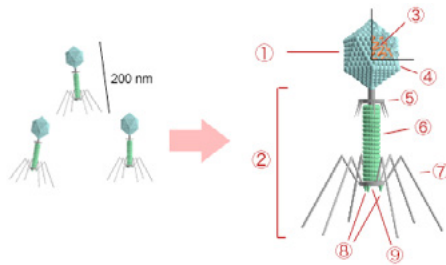
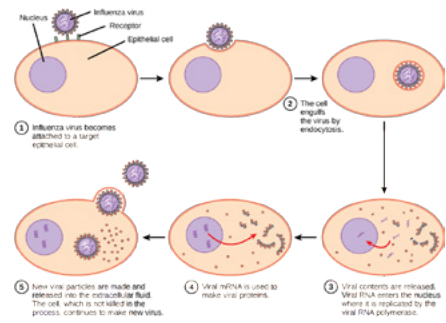


Les virus sont constitués d'une ou plusieurs molécules d'acide nucléique (ARN ou ADN) incluses dans une coque protéique appelée capside. Elle est constituée de sous-unités protéiques appelées capsomères. L'ensemble formé par la capside et le génome est nommé nucléocapside. La structure de la capside peut présenter plusieurs formes. Certains des virus ont une structure plus complexe et possèdent une enveloppe lipidique supplémentaire.

Les virus attaquent différents types de cellules mais les mécanismes d'infection de la cellule et la multiplication du virus passent par quelques étapes similaires : le virus est adsorbé au contact de la membrane de la cellule hôte, il y pénètre, libère son acide nucléique et entraîne la synthèse de nouveaux composants viraux (acides nucléiques et protéines). Après l'assemblage de nouvelles particules virales, celles-ci quittent la cellule hôte. Les nouveaux virus peuvent envahir ou attaquer d'autres cellules ou rester dormants dans la cellule-hôte. Dans de nombreux cas, après la libération des virions, la cellule se détruit. Dans d'autres, la cellule est complètement restaurée (le virus de

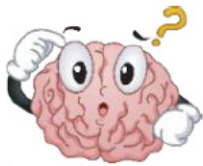
la grippe) et poursuit son activité vitale. Parfois, les cellules subissent des changements, les transmettent aux cellules filles et provoquent la formation des tumeurs.

Les bactériophages sont des virus n'infectant que des bactéries. Ils possèdent une « tête », une queue contractile et des fibres caudales. Le support de l'information génétique peut être un ADN ou un ARN. La libération des virions nouvellement formés a lieu par lyse de la bactérie infectée.



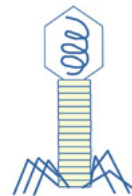
Les viroïdes sont des virus des végétaux constitués d'un seul ARN circulaire.

Les prions sont des protéines modifiées aux propriétés infectieuses qui provoquent des maladies chez les animaux et l'homme (par ex. la maladie de Creutzfeldt-Jakob, dite maladie de la vache folle).



PARTIE PRATIQUE :

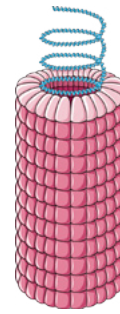
1. Énumérez les types de complexes supramoléculaires et comparez leur structure. Quel composant s'y répète ?
2. Prouvez que du point de vue structural, les virus sont des complexes supramoléculaires.
3. Quelle est la différence entre un virus et un virion ?
4. Citez quelques (4/5) caractéristiques des virus.
5. Légendez le schéma du bactériophage.



6. Comparez les structures des viroïdes et des prions et les cellules qu'ils infectent.
7. En 1886, Adolf Mayer décrit une maladie inconnue du plant de tabac « la mosaïque du tabac ». Dmitri Ivanovski a été le premier à prouver l'existence de l'agent causal en 1892 : un virus contenant de l'ARN.

Assemblages supramoléculaires

Notez sur le schéma ses composants.



8. Pourquoi est-il difficile de lutter contre les virus ?

9. Le tableau présente les maladies dont les causes : des virus, diffèrent par des traits génétiques. Ils contiennent de l'ADN (hépatite B, herpès, varicelle) ou de l'ARN (grippe, hépatite C, polio, SIDA). Recherchez des informations sur les maladies suivantes et remplissez le tableau :

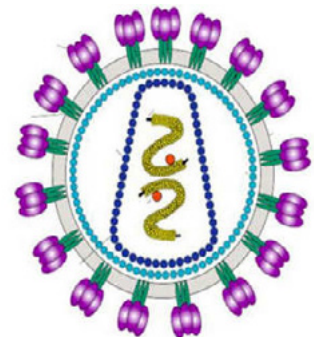
Maladie	Organe(s) affecté(s)	Symptômes
Grippe		
Herpès		
Rubéole		
Varicelle		
Oreillons		
Méningite		
Fièvre jaune		
Rougeole		
Polio		
Hépatite B		
Hépatite C		
Rage		
SIDA		

Identifiez les moyens de prévention contre les maladies virales.

10. Le schéma montre la structure du virus du SIDA : le VIH. En quoi est-il différent des autres virus ?

11. Le débat sur la nature des virus (vivants ou pas) est toujours ouvert. Quelle est votre opinion ? Justifiez votre réponse.

12. Les virus peuvent provoquer une « épidémie » ou une « pandémie » ? Quelle en est la différence ?



19. THÉORIE CELLULAIRE

La cellule représente l'unité structurale et fonctionnelle de base des organismes. C'est le plus petit système vivant. La cellule peut exister en tant qu'organisme unicellulaire mais elle peut aussi participer à la formation des organismes multicellulaires.

Robert Hook est le premier à utiliser le mot « cellule » en 1665. En examinant une tranche de liège, il a observé des cavités délimitées par des parois qui ressemblaient à des chambres de moines. En 1680, **Anthony van Leeuwenhoek** était le premier à observer et à décrire des cellules vivantes comme des micro-organismes, des cellules animales. Ce n'est qu'en 1838-1839 que le botaniste **Matthias Schleiden** et le zoologiste **Theodor Schwann** font des conclusions et créent la théorie cellulaire. Une vingtaine d'années plus tard, **Rudolf Virchow** complète la théorie par l'affirmation que toute cellule provient d'une autre cellule.

Selon la théorie cellulaire moderne :

1. La cellule est la plus petite unité structurale et fonctionnelle des organismes ; toute chose vivante est composée de cellules.
2. Les cellules sont de forme, de structure et de fonctions différentes, mais elles ont un dispositif similaire et effectuent les processus vitaux de manière similaire.
3. Les cellules de l'organisme multicellulaire sont interconnectées et interagissent les unes avec les autres.
4. Les cellules ne se multiplient que par division d'une cellule préexistante.

Il existe deux types de cellules : procaryotes et eucaryotes. La principale différence entre elles est l'absence ou la présence d'un noyau bien défini. Selon la composition des cellules, les organismes sont regroupés en procaryotes et en eucaryotes. Les procaryotes sont les organismes les plus anciens et les plus simples. Les eucaryotes comprennent des organismes unicellulaires ou multicellulaires.





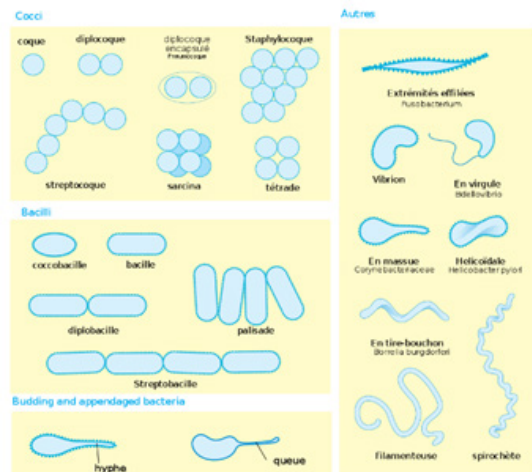
PARTIE PRATIQUE :

1. Qu'est-ce que la cellule ?
2. Qui et quand a introduit pour la première fois la notion de « cellule » ?
3. Quels sont les principes de base de la théorie cellulaire moderne ?
4. Quelle est la différence principale entre les organismes procaryotes et eucaryotes et entre les cellules qui les composent ?

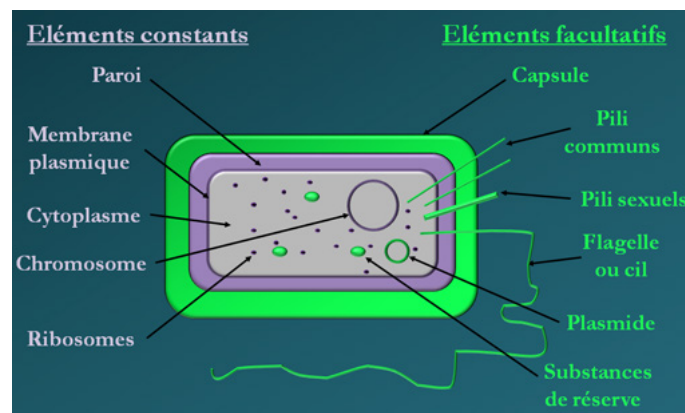
20. CELLULE PROCARYOTE

Les Procaryotes sont les archéobactéries, les eubactéries et les cyanobactéries. Leurs cellules sont dépourvues de véritable noyau.

Le groupe le plus important est celui des bactéries. Elles diffèrent par leur taille et leur forme (sphérique, en spirale, en bâtonnet) mais possèdent toutes les structures cellulaires obligatoires : membrane cellulaire, cytoplasme et substance héréditaire (une molécule d'ADN circulaire double-brin, appelée nucléoïde). Le chromosome bactérien porte la majorité des gènes. Certains gènes sont localisés sur des petites sections d'ADN circulaires libres appelées plasmides.



Les bactéries possèdent des structures obligatoires et facultatives :



Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

Les bactéries peuvent être classées selon leur type de métabolisme en fonction des sources d'énergie et de carbone dont elles ont besoin.

Les chimiotrophes utilisent l'énergie d'origine chimique (oxydation biochimique) alors que les phototrophes d'origine lumineuse.

La source de carbone des autotrophes (les plantes) est le dioxyde de carbone de l'air tandis que celle des hétérotrophes (la plupart des animaux ainsi que les humains) sont les composés organiques préexistants. Les hétérotrophes se procurent leur matière organique d'autres organismes vivants (des parasites) ou des restes d'autres êtres vivants (des saprophytes).

Selon leur tolérance à l'oxygène, on distingue des bactéries aérobies et des anaérobies.

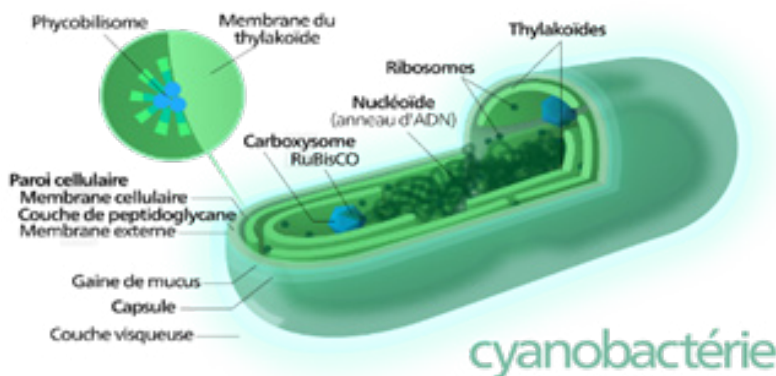
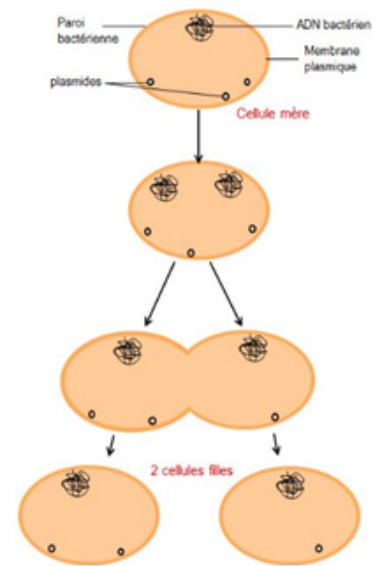
Les bactéries se multiplient par scissiparité toutes les 20 min. Il en résulte deux individus strictement identiques.

Les spores bactériennes sont très résistantes ; elles peuvent survivre dans des conditions défavorables pendant plusieurs milliers d'années.

Les bactéries sont omniprésentes sur la planète, même dans des milieux à conditions extrêmes. Elles sont à l'origine de transformations chimiques fondamentales lors du cycle biogéochimique des éléments.

Il existe de nombreuses espèces pathogènes qui sont à l'origine de beaucoup de maladies infectieuses comme le choléra, la peste, la tuberculose.

On utilise les Procaryotes pour éliminer des polluants du sol, de l'eau et de l'air (biorestauration), dans l'élaboration d'aliments fermentés, pour la production de produits pharmaceutiques, en biologie moléculaire, génétique, biochimie et biotechnologie. De nombreuses enzymes sont isolées de micro-organismes.

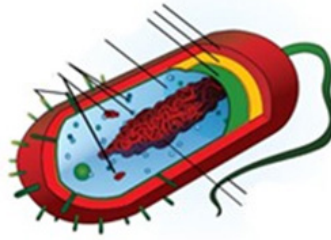


Les cyanobactéries possèdent des pigments photosynthétiques ce qui les rend capables de produire leurs propres substances organiques lors de la photosynthèse. Elles sont autotrophes.



PARTIE PRATIQUE :

1. Légendez le schéma d'une bactérie ?



2. Classez les bactéries selon les critères suivants en remplissant le tableau :

Critères	Classification des bactéries
Source d'énergie	
Source de carbone	
Tolérance à l'oxygène	

3. Énumérez quelques domaines de l'activité humaine où on utilise des bactéries.

4. Énumérez trois raisons pour lesquelles la lutte contre les bactéries est difficile.

5. Recherchez des informations sur les maladies énumérées causées par des bactéries et remplissez le tableau :

Maladie	Organe affecté	Symptômes	Prévention
Tuberculose			
Tétanos			
Scarlatine			
Angine			
Septicémie			
Péritonite			

6. Certains milieux aquatiques en Bulgarie se caractérisent par le phénomène de « floraison de l'eau » (water bloom en anglais) ou eutrophisation, qui produit des substances toxiques qui affectent les animaux et les humains. En savoir plus sur ce phénomène sur ce [site](#).

Quelles en sont les raisons principales et quels sont les organismes à l'origine de ce phénomène ?



21. CELLULE EUCARYOTE

La majorité des Eucaryotes sont des organismes pluricellulaires tels que les champignons, les plantes et les animaux. Ils sont constitués de cellules spécialisées de tailles, formes et structures différentes qui accomplissent diverses fonctions. Chez les Vertébrés, il existe plus de 200 types de cellules eucaryotes, groupées en 4 types de tissus : épithélial, conjonctif, musculaire et nerveux.

Malgré leurs différences, les cellules eucaryotes possèdent des composantes communes :

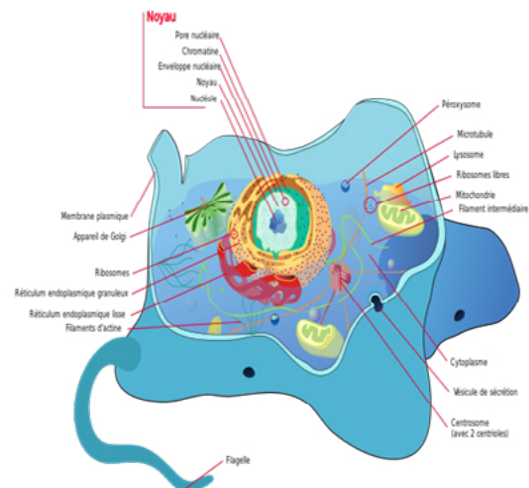
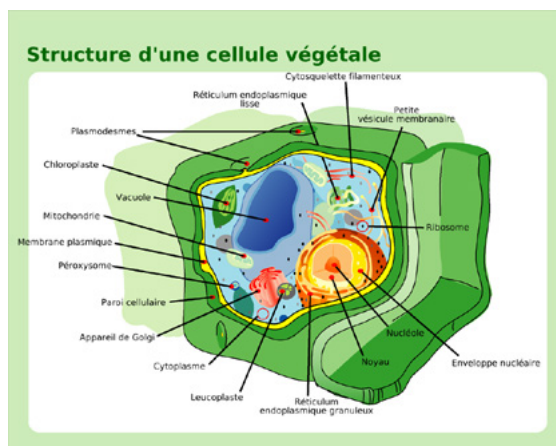
1- **une membrane cellulaire** qui délimite la cellule et sépare le cytoplasme du milieu extérieur. En même temps, grâce au transport des substances, elle effectue la liaison entre la cellule et le milieu ambiant.

2- **un cytoplasme** constitué d'un liquide (le cytosol) et des organites cellulaires

3- **un noyau** qui abrite l'information génétique de la cellule

La grande diversité des cellules eucaryotes s'explique par leur capacité à se différencier, à se spécialiser et à s'adapter.

Les cellules végétales et animales sont similaires mais présentent également des différences significatives :



Les cellules végétales possèdent une paroi cellulaire composée principalement de cellulose qui leur confère une grande rigidité. Elles ont une grande vacuole (centrale) qui occupe presque 90% de leur cytoplasme. Les vacuoles des cellules animales sont de petites tailles. Les cellules végétales contiennent des plastides : chloroplastes, chromoplastes, leucoplastes. Les chloroplastes contiennent la chlorophylle ou le carotène qui permettent le processus de photosynthèse. Les cellules végétales peuvent produire leur propre nourriture à partir de composants inorganiques et transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique.

Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

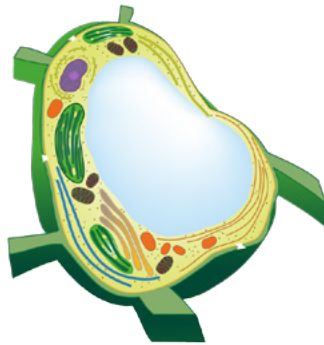
Les cellules animales se fournissent de l'énergie grâce aux mitochondries où s'effectue la décomposition des nutriments. Elles possèdent également un organite appelé centrosome qui est responsable de la séparation des chromosomes lors de la division cellulaire.

Les cellules végétales sont généralement de forme prismatique tandis que les cellules animales peuvent avoir d'autres formes.



PARTIE PRATIQUE :

1. Comment peut-on expliquer la diversité des types de cellules eucaryotes en termes de taille et de forme ?
2. Quels sont les composants communs à tous les types de cellules eucaryotes ?
3. Indiquez sur le schéma les organites par lesquels la cellule végétale diffère de la cellule animale.



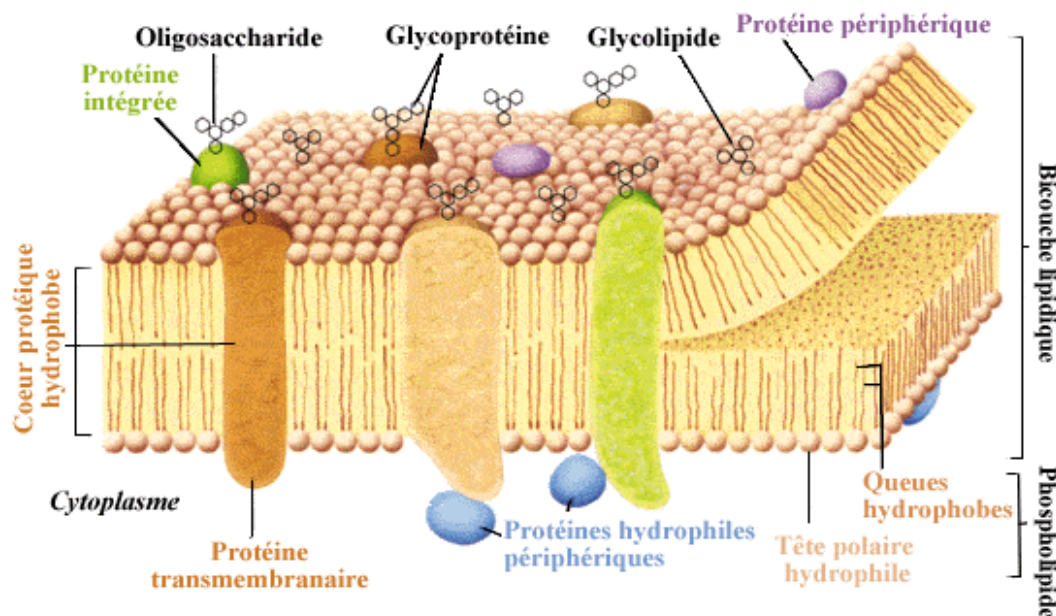
4. Comparez les cellules végétales et animales par source d'énergie et par mode de nutrition.
5. Comparez les cellules végétales et animales par structure. Remplissez le tableau :

Critères	Cellules végétales	Cellules animales
Membrane plasmique		
Noyau		
Chromosomes		
Réticulum endoplasmique		
Ribosomes		
Complexe de Golgi		
Vacuole centrale		
Mitochondries		
Chloroplastes		
Paroi cellulaire		
Cils		
Flagelles		

22. MEMBRANE PLASMIQUE

La membrane plasmique délimite la cellule et la sépare du milieu extracellulaire. En même temps, elle contrôle les échanges entre la cellule et son environnement.

La membrane plasmique est constituée d'une bicouche lipidique et des protéines membranaires. La bicouche lipidique est constituée de phospholipides dont les « queues » hydrophobes sont orientées vers l'intérieur de la membrane tandis que les « têtes » hydrophiles s'orientent vers l'extérieur. Une telle disposition des phospholipides bloque le passage des solutés polaires à travers la membrane en la rendant imperméable pour des molécules comme les acides aminés, les acides nucléiques, les glucides, les protéines et les ions mais permet le passage des molécules hydrophobes.

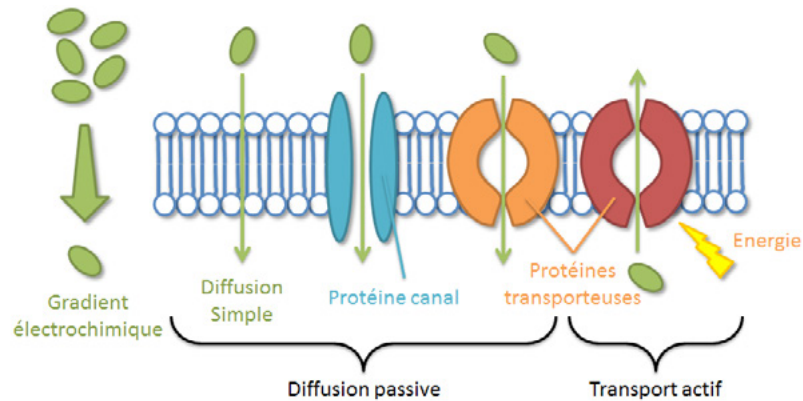


La membrane plasmique contient une grande quantité de protéines (environ 50 % du volume de la membrane). Elles sont responsables de diverses activités biologiques et se répartissent en trois groupes principaux : les protéines intégrales (des protéines transmembranaires, c.à.d. qu'elles traversent toute la bicouche lipidique), les protéines périphériques (interagissent faiblement avec la membrane) et les protéines à ancrage lipidique (situées à l'extérieur de la bicouche lipidique mais unies par covalence à une molécule de lipide).

Comme toutes les membranes biologiques, la membrane plasmique présente une perméabilité sélective qui lui permet de réguler ce qui entre et ce qui sort de la cellule. Le transport des substances à travers la membrane peut être soit *passif* (sans apport d'énergie), soit *actif* (nécessitant de l'énergie).

Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

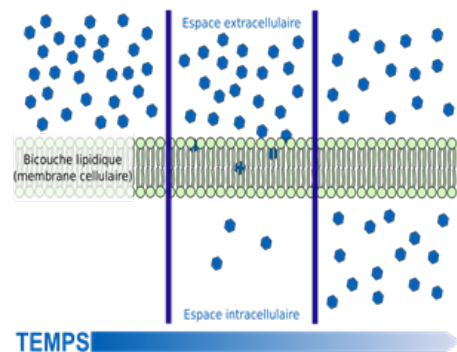
Le **transport membranaire** implique un déplacement d'une molécule entre deux compartiments séparés par une membrane dont les propriétés sont différentes. Il existe plusieurs types de transport membranaire :



La *diffusion simple* s'effectue dans le sens des concentrations fortes vers les concentrations faibles, jusqu'à l'équilibre des concentrations des deux côtés de la membrane. La différence de concentrations est le moteur du transport. C'est le cas du transport de petites molécules non polaires telles que l' O_2 et le CO_2 .

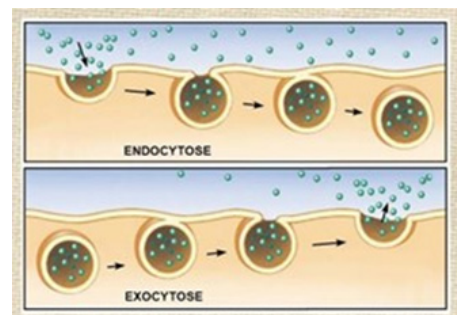
Les molécules polaires et les ions diffusent à travers la membrane grâce à la *diffusion facilitée* par l'intermédiaire des protéines « canal » ou elles sont pompées par des protéines de transport comme dans le cas de molécules de taille plus importante telles que le glucose ou les acides aminés.

La différence de concentration des substances crée un flux d'eau par *osmose*. Les molécules d'eau traversent la membrane de la solution la plus diluée (hypotonique) vers la solution la plus concentrée (hypertonique) jusqu'à ce que les solutions soient de mêmes concentration (isotoniques).



Le transport actif implique le transfert d'une molécule contre le gradient de concentration grâce à l'utilisation de protéines de type pompe. Les protéines de transport sont spécifiques aux molécules qu'elles transportent.

L'**endocytose** est le processus d'ingestion de molécules, particules (virus) ou cellules (bactéries). La membrane plasmique forme une invagination dans laquelle la substance à transporter est capturée. L'invagination se détache de la membrane à l'intérieur de la cellule créant une vésicule contenant la substance. L'endocytose est une voie d'absorption des particules solides ou des cellules (phagocytose), des fluides contenant de petites molécules ou d'ions (pinocytose), ainsi que des macromolécules. L'endocytose nécessite de l'énergie et est donc une forme de transport actif.



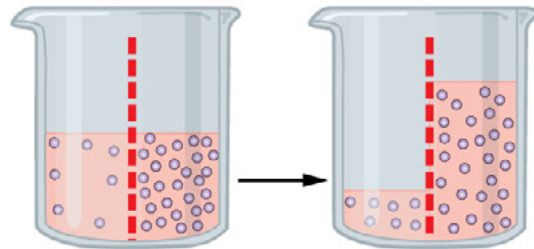
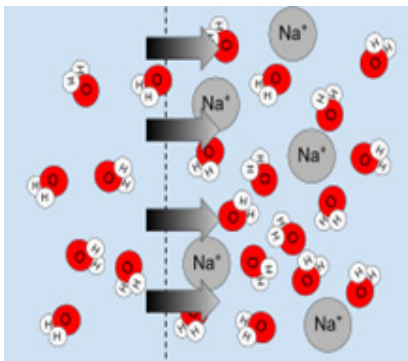
Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

L'**exocytose** se produit dans diverses cellules pour éliminer des déchets, pour sécréter des substances qui joueront un rôle à l'extérieur de la cellule telles que les hormones et les enzymes et pour transporter une substance à travers une barrière cellulaire. L'exocytose a lieu lorsque des vésicules de transport ou de sécrétion fusionnent avec la membrane plasmique libérant leur contenu dans le milieu extracellulaire.



PARTIE PRATIQUE :

1. Quelles fonctions, la membrane cellulaire remplit-elle et grâce à quelles caractéristiques de sa structure ?
2. Quelle est la propriété typique de la membrane plasmique ?
3. Comment les protéines sont-elles localisées dans la membrane plasmique et comment participent-elles au processus de diffusion ?
4. Expliquez en quoi le transport passif diffère du transport actif ?
5. Coupez une pomme de terre en deux moitiés égales. Faites tremper l'une d'elles dans une solution saline et l'autre dans de l'eau pure. Après environ 30 minutes, sortez les deux parties et expliquez ce que vous observez - la partie dans l'eau salée a rétréci et celle dans l'eau pure a gonflé. Que montrent ces résultats ? Quel est le processus mis en évidence par cette expérience ?
6. Quel est le processus représenté par les schémas ? Décrivez son mécanisme.

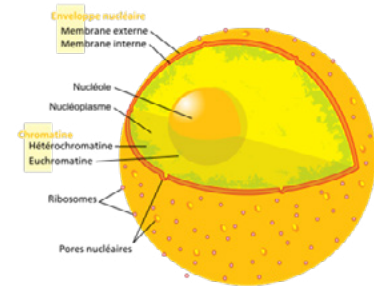


7. Donnez des exemples de cellules qui exécutent activement les processus de phagocytose et de pinocytose. Expliquez leur rôle.

23. ORGANITES CELLULAIRES

Les cellules eucaryotes possèdent des structures intracellulaires qui constituent un système endomembranaire complexe. Ces structures sont appelées **organites** et sont responsables de différentes fonctions. Un certain nombre d'eux se retrouvent à la fois dans les cellules végétales et dans les cellules animales.

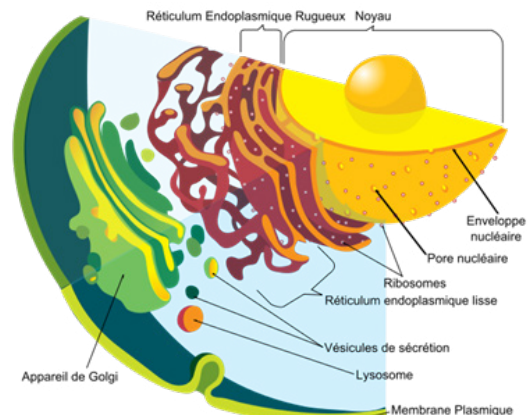
Le noyau est le plus grand des organites cellulaires. Il contrôle toutes les activités et les fonctions de la cellule. Le noyau est séparé du cytosol par une enveloppe nucléaire constituée de deux membranes qui fusionnent à des endroits formant des pores. Leur rôle est d'assurer le passage des macromolécules comme les ARNs à travers l'enveloppe. La membrane nucléaire externe est liée avec le réticulum endoplasmique granuleux. Le noyau est riche en chromatine (matière constituée de l'ADN et de protéines) à partir de laquelle se forment les chromosomes lors de la division cellulaire. Le nucléole est la structure où les informations de l'ADN sont copiées, où commence la synthèse des ARNs et où sont produits les ribosomes.



Les ribosomes sont de petites structures sphériques composées de deux sous-unités. Ils sont constitués d'ARN ribosomiques et de protéines ribosomiques. Ce sont les ribosomes qui produisent les protéines. On les retrouve soit libres dans le cytoplasme, soit fixés sur le réticulum endoplasmique.

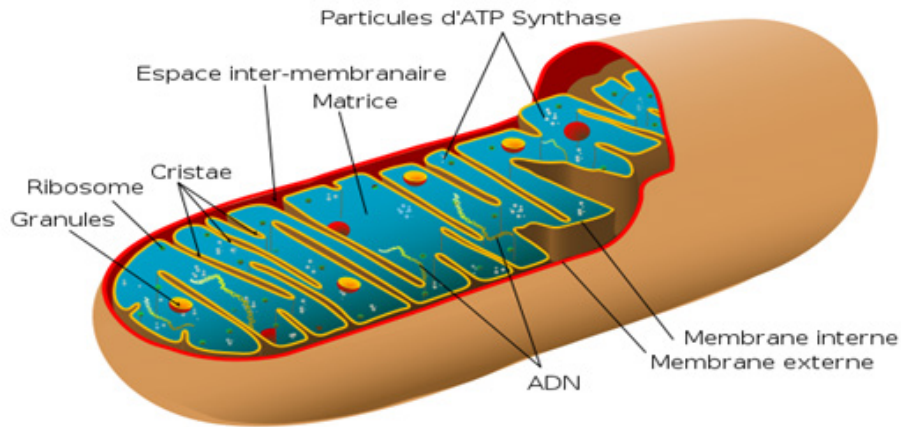
Le réticulum endoplasmique est un système de membranes qui forme des canaux et des tubes permettant le transport et la circulation des substances dans la cellule. Il existe deux types de réticulum endoplasmiques : le réticulum endoplasmique *granuleux (rugueux)*, couvert de ribosomes, qui assemble et transporte les protéines destinées aux membranes et à la sécrétion et le réticulum endoplasmique *lisse* qui intervient dans plusieurs processus métaboliques comme la synthèse de lipides.

L'appareil de Golgi est un empilement de sacs, de vésicules et de canalicules recouverts d'une membrane. Il est lié à l'exocytose. Les protéines et autres molécules y sont modifiées et emballées dans des vésicules de sécrétion ce qui permet leur transport vers la membrane cytoplasmique.



Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

Les **mitochondries** sont les lieux de respiration cellulaire. Elles convertissent l'énergie chimique des aliments en molécules riches en énergie, que les cellules peuvent utiliser (adénosine triphosphate ou ATP). On les retrouve dans toutes les cellules eucaryotes.

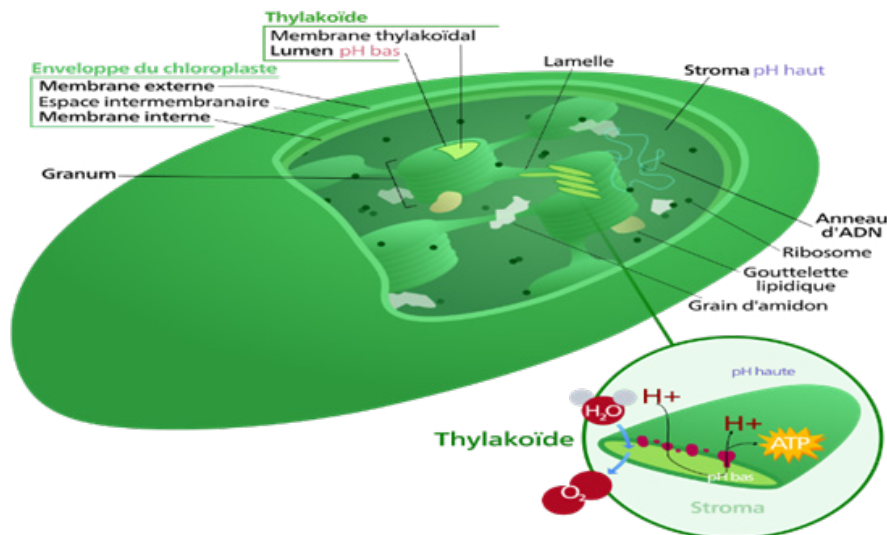


Les **lysosomes**, présents dans la cellule animale, sont de petites vésicules qui contiennent des enzymes dont le rôle est de digérer les particules nutritives, détruire les corps étrangers (bactéries) et dégrader les structures cellulaires usées.

Les **centrioles** ne se retrouvent que dans les cellules animales. Pendant la division cellulaire, ils produisent le fuseau de division.

Les **vacuoles** sont des vésicules remplies de glucose, d'eau ou de déchets pour le transport ou le stockage. Dans une cellule végétale, on trouve souvent 1 à 2 grandes vacuoles tandis que dans une cellule animale, on trouve plusieurs petites vacuoles.

Les **chloroplastes** contiennent un pigment vert : la chlorophylle qui capte les rayons du soleil : source d'énergie indispensable à la formation du glucose lors de la photosynthèse. Les sucres obtenus sont une source d'énergie pour les plantes et pour les animaux qui les mangent.

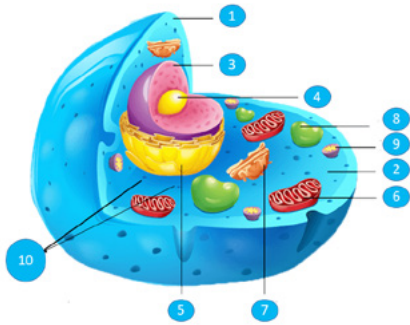


Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent



PARTIE PRATIQUE :

1. Légendez le schéma de la cellule eucaryote animale.



- | | |
|---------|----------|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

2. L'organisation et le fonctionnement de la cellule eucaryote peuvent être comparés à une ville bien organisée et aux diverses activités humaines. Faites correspondre une structure cellulaire (de cellule végétale ou animale) à la structure urbaine et ses fonctions.

Anciens murs de forteresse qui entourent et protègent la ville

La municipalité qui coordonne les fonctions des différents services, met en œuvre les projets et conserve le plan de la ville

Centrales électriques qui utilisent des matières premières et convertissent l'énergie en une forme utilisable.....

Usine de sucre et autres produits alimentaires

Usine de peinture

Entrepôt alimentaire

Usine de matériaux de construction sous la direction de la municipalité

Autoroute avec sections élargies et rétrécies

Autoroute à sections élargies et rétrécies, reliée à des usines de matériaux de construction

.....

Entreprise d'emballage, distribution, transport et livraison de colis

Service sanitaire qui broie et détruit les déchets inutiles et nocifs, et en nettoie la ville

Lac qui contient des nutriments et des déchets

3. Les plastides chez la cellule végétale peuvent se transformer. Donnez des exemples des transformations suivantes :

leucoplaste – chloroplaste

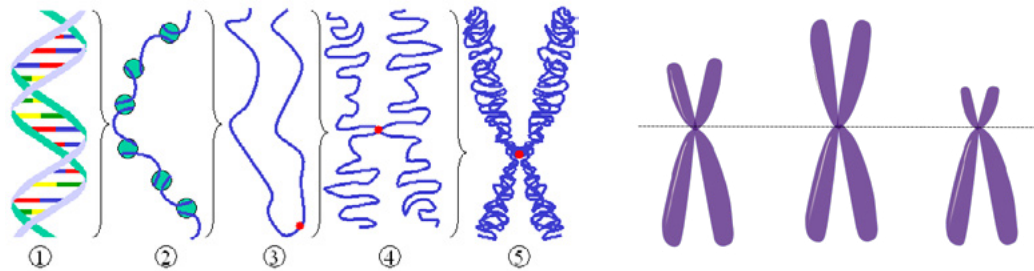
chloroplaste – chromoplaste

4. Pourquoi y a-t-il un endroit spécial dans la cellule pour l'ADN ?

24. CHROMOSOMES

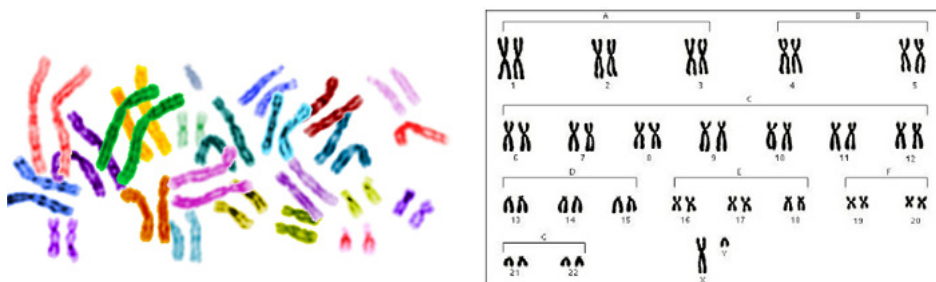
Les cellules procaryotes ont un seul chromosome circulaire situé dans le cytoplasme tandis que les cellules eucaryotes en ont plusieurs qui se trouvent dans le noyau. Les chromosomes sont des structures microscopiques n'existant que lors de la division cellulaire. Elles sont plus compactes et visibles au microscope optique pendant la métaphase.

Le chromosome présente une structure condensée de chromatine. Chaque chromosome est composé de deux chromatides identiques appelées *chromatides sœurs* (constituées d'une molécule d'ADN associée à des protéines). Elles sont attachées au niveau du *centromère*. Il divise le chromosome en deux bras plus ou moins longs en fonction de sa position.



Le nombre et la forme des chromosomes déterminent le **caryotype**. Le nombre de chromosomes est le même pour tous les individus d'une espèce donnée. Les cellules somatiques se caractérisent par un nombre de chromosomes *diploïdes* ($2n$) tandis que chez les gamètes (cellules sexuelles), il est *haploïde* (n).

L'arrangement standard des chromosomes est nommé **caryogramme**. Les chromosomes sont photographiés et disposés par paire, classés par taille et par position du centromère.



On analyse le caryotype pour identifier le sexe de l'individu ou pour dépister des anomalies chromosomiques qui sont à l'origine de maladies génétiques.

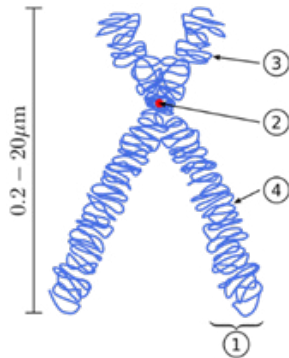
Les chromosomes des cellules somatiques humaines sont au nombre de 46 dont 22 paires de chromosomes homologues appelés autosomes et une paire de chromosomes sexuelles (XX chez la femme et XY chez l'homme).

Le caryotype haploïde des gamètes (les ovules et les spermatozoïdes) contient 23 chromosomes dont 22 autosomes et un chromosome sexuel X ou Y.



PARTIE PRATIQUE :

1. Quand, à quel moment de la vie d'une cellule, les chromosomes se forment-ils et quel est leur rôle ?
2. Que représente la structure des chromosomes condensés.

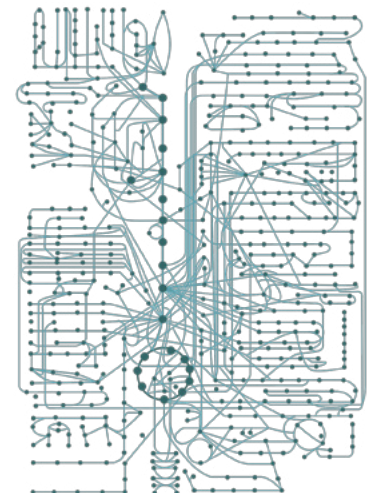


1.
2.
3.
4.

3. Quels sont les deux types de caryotypes et de quelles cellules sont-ils caractéristiques ?
4. Qu'est-ce que le caryogramme ?
5. À quoi servent le caryotype et le caryogramme ?

25. MÉTABOLISME

Le **métabolisme** est l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur d'un organisme. Certaines d'entre elles ont lieu en dehors des cellules (par ex. la digestion), d'autres se réalisent dans les cellules et constituent le métabolisme cellulaire. Les réactions sont organisées en voies métaboliques. Une voie métabolique est une succession de réactions biochimiques transformant une molécule en une autre. Dans une voie métabolique, le produit d'une réaction sert de substrat pour la réaction suivante. Les composés initiaux, intermédiaires ou finaux sont appelés des métabolites. Les cellules vivantes comportent un grand nombre de voies métaboliques, souvent connectées les unes aux autres. Chaque réaction constitue une étape d'un processus complexe.



Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

Le métabolisme se réalise par 2 mécanismes opposés :

Le catabolisme est un ensemble de réactions de dégradation des macromolécules en molécules plus simples. Le catabolisme a pour fonction de fournir l'énergie et les constituants élémentaires indispensables au métabolisme de la cellule. Les réactions cataboliques sont des réactions d'oxydation des molécules et se réalisent grâce à la respiration cellulaire. Le catabolisme peut s'effectuer dans un *milieu aérobie*, les organismes utilisent de l' O_2 , ou *anaérobie*, sans O_2 . Le plus souvent l'oxydation s'effectue par déshydrogénation (perte d' H_2).

L'anabolisme est un ensemble de réactions de biosynthèse de macromolécules. Ces réactions sont des réactions de réduction des molécules et nécessitent un apport d'énergie.

L'anabolisme et le catabolisme sont interdépendants et s'effectuent, dans la plupart des cas, en présence d'enzymes.

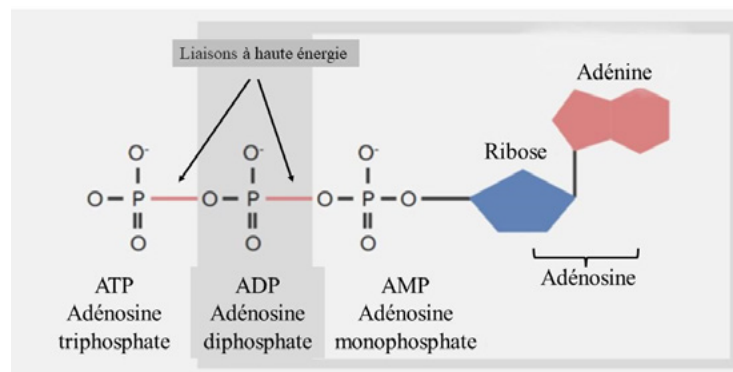
En fonction des sources d'énergie et de carbone utilisées, on distingue :

- **Des organismes autotrophes**, tels que les végétaux chlorophylliens et les cyanobactéries, qui sont capables de générer leur propre matière organique à partir de minéraux. Le plus souvent, ils utilisent l'énergie lumineuse pour la synthèse de glucides à partir de dioxyde de carbone et d'eau lors de la photosynthèse. Les chloroplastes et la chlorophylle sont indispensables pour ce processus d'autotrophie. Ce sont des organismes photoautotrophes. La chimiosynthèse est le processus de production de composés chimiques plus complexes sous l'effet d'une source d'énergie chimique. Certaines bactéries sont chimioautotrophes.

- **Des organismes hétérotrophes**, qui utilisent des sources de matières organiques exogènes, c.-à-d. produites par d'autres organismes. Ce mode de nutrition est caractéristique des animaux, y compris l'homme, des champignons. Les hétérotrophes peuvent se nourrir à partir des cellules vivantes de l'hôte ou des substrats morts. Dans le premier cas, il s'agit d'un parasite tandis que dans le deuxième, d'un saprotrophe.

Les réactions anaboliques et cataboliques sont interconnectées à travers des molécules spécialisées. Ce sont des transporteurs d'électrons, appelés coenzymes, utilisés dans les réactions d'oxydoréduction cellulaires comme le nicotinamide adénine dinucléotide (NAD) et la flavine adénine dinucléotide (FAD), dans le catabolisme, et le nicotinamide adénine dinucléotide phosphate (NADP), dans l'anabolisme.

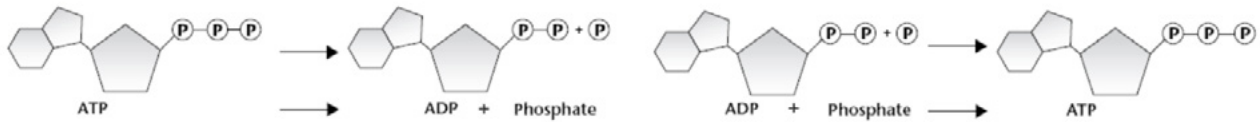
Une autre molécule spécifique utilisée universellement par les cellules pour stocker et transférer l'énergie au sein de la cellule est **l'adénosine triphosphate (ATP)**. C'est la principale source d'énergie pour la majorité des fonctions cellulaires et pour tous les processus qui requièrent de l'énergie.



Structure de la cellulose et processus qui s'y déroulent

L'ATP est composée d'adénine, de ribose et de trois groupes phosphates liés par des liaisons à haute énergie.

Elle s'hydrolyse en ADP et phosphate inorganique (Pi) et le clivage de la liaison libère une importante quantité d'énergie. L'ATP peut être régénérée par phosphorylation de l'ADP.

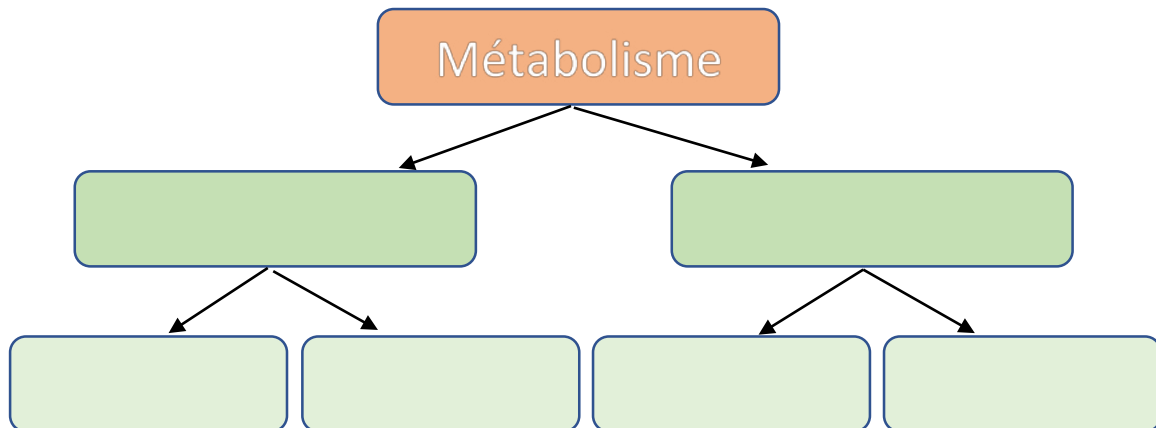


Chez les eucaryotes, l'ATP est formée majoritairement au niveau de la membrane mitochondriale interne ou de la membrane des thylakoïdes des chloroplastes.



PARTIE PRATIQUE :

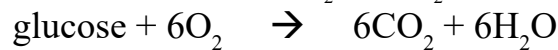
1. Qu'est-ce que le métabolisme ?
2. Remplissez le schéma représentant une classification des processus métaboliques :



3. Quelles coenzymes relient les processus cataboliques et anaboliques dans la cellule ?
4. Quelle est la structure et la fonction de l'ATP ?
5. Comment l'ATP participe-t-il à la relation entre les processus cataboliques et anaboliques ?
6. Donnez des exemples de processus (cellulaires ou dans l'organisme) qui utilisent l'énergie contenue dans l'ATP ?

Catabolisme

Chez les organismes hétérotrophes, la dégradation des substances organiques est la seule source d'énergie. Les aliments provenant de la nourriture comme les glucides, les lipides et les protéines sont digérés et décomposés en molécules plus simples telles que glucose, acides gras, acides aminés. Les glucides, y compris le glucose, sont la source énergétique majeure pour l'organisme et les cellules. Leur dégradation consiste en la formation de molécules riches en énergie. Dans les conditions aérobies, le glucose subit une oxydation totale en CO_2 et en H_2O .



Le catabolisme permet à la cellule de stocker l'énergie récupérée le plus souvent dans les molécules de l'adénosine triphosphate (ATP). Elle sera utilisée ultérieurement pour des processus qui en ont besoin comme le transport membranaire, la biosynthèse des protéines, la division cellulaire.

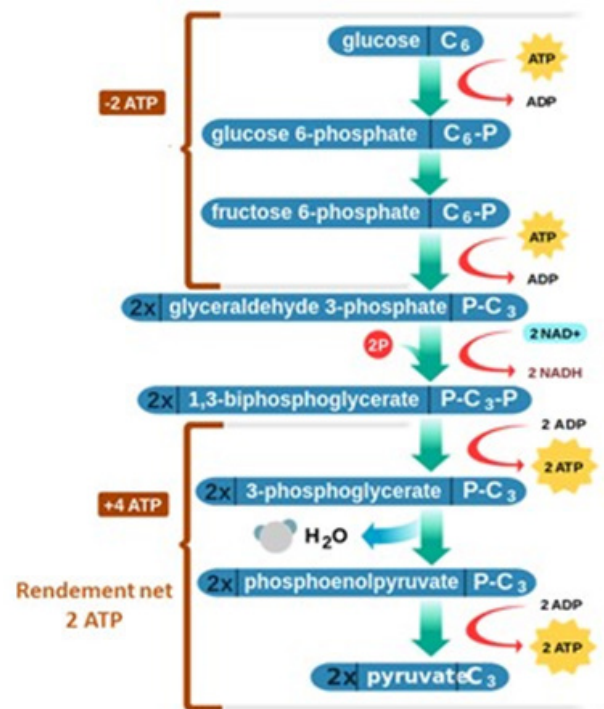
Chez les eucaryotes, la production d'énergie s'effectue en trois étapes principales : la glycolyse, le cycle de Krebs et la phosphorylation oxydative couplée à la chaîne respiratoire.

La glycolyse est la dégradation du glucose en pyruvate (acide pyruvique). C'est la première étape du catabolisme des glucides qui s'effectue dans le cytosol de toutes cellules, procaryotes et eucaryotes, en anaérobie. Elle se déroule en deux phases :

Phase I : *Investissement d'énergie* : Le glucose, un ose à 6 C est activé (phosphorylé) avec consommation de 2 molécules d'ATP et clivé en deux molécules à 3 C, le glycéraldéhyde 3 phosphate.

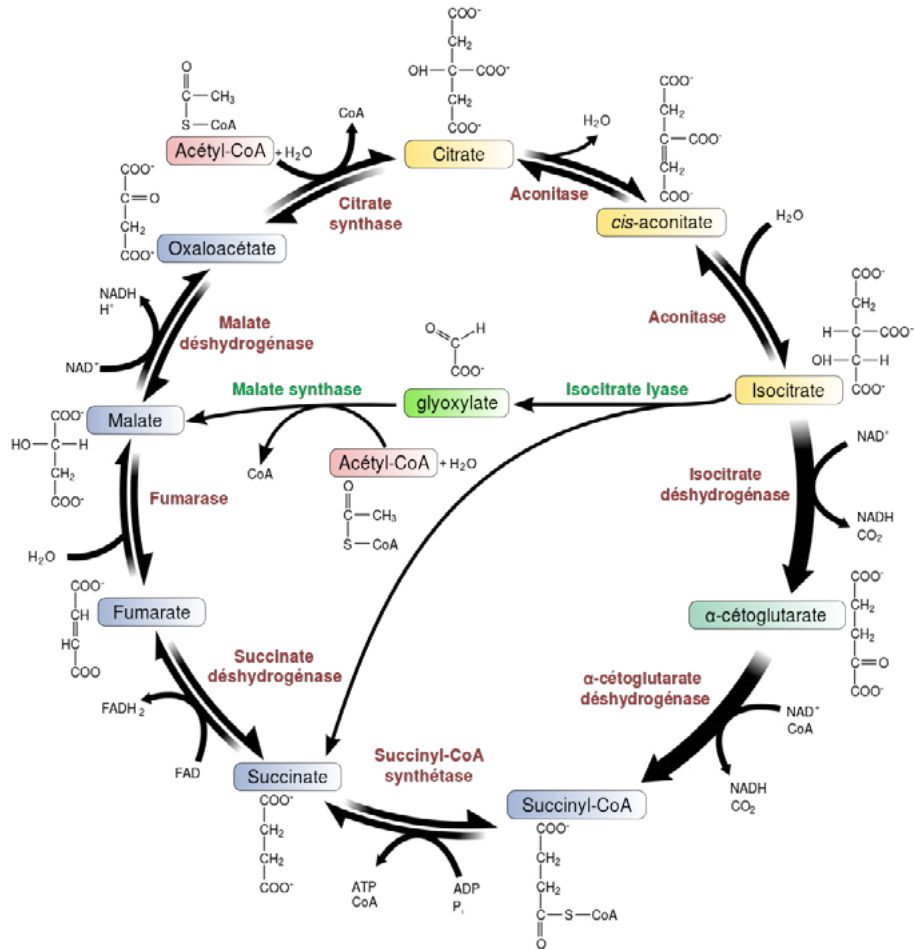
Phase II : *Récupération d'énergie* : les deux molécules de glycéraldéhyde 3P sont oxydées par déshydrogénation en pyruvate avec formation de 4 molécules d'ATP et la formation de 2 molécules de NADH. Le rendement net de la glycolyse est de 2 molécules d'ATP.

Suivant les conditions, le pyruvate peut être utilisé dans des réactions de fermentation (lactique, alcoolique) en anaérobie ou peut être transformé en ATP, CO_2 et H_2O dans les étapes suivantes en aérobie. L'utilisation du glucose par respiration aérobie est plus énergétique que les fermentations.



Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

Le cycle de Krebs (ou cycle de l'acide citrique) continue le catabolisme des glucides après la glycolyse. Il se réalise dans la matrice mitochondriale exclusivement en aérobie.



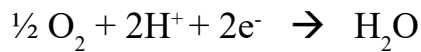
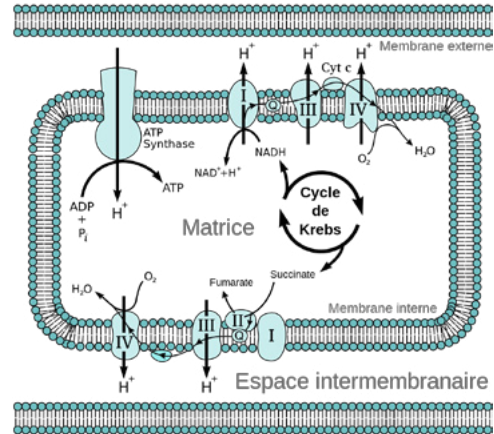
Le lien entre la glycolyse et le cycle de Krebs est la transformation (décarboxylation oxydative) du pyruvate en Acétyl-CoA (à 2 C) qui se déroule dans la matrice mitochondriale. Il entre dans le cycle de Krebs et participe à la condensation d'une molécule d'oxaloacétate (à 4 C). Il se produit le premier constituant du cycle, l'acide citrique (à 6 C). Suite de quelques réactions enzymatiques oxydatives, l'oxaloacétate est régénéré pour assurer le fonctionnement constant du cycle de Krebs. Au cours du cycle sont éliminés 2 C sous forme de CO_2 (décarboxylation) et plusieurs atomes d'hydrogène sont transférés sur un coenzyme, le NAD (nicotinamide adénine dinucléotide) ou le FAD (flavine adénine dinucléotide). Les coenzymes réduits ($NADH$ ou $FADH_2$) seront réoxydés dans la chaîne respiratoire permettant la formation d'ATP.

Le cycle de Krebs est d'une part un carrefour du catabolisme des glucides, des acides gras et des acides aminés et d'autre part le point de départ de nombreuses biosynthèses.

Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

La phosphorylation oxydative s'effectue dans la membrane interne mitochondriale où sont localisés la chaîne respiratoire et l'ATP synthase (complexe responsable de la synthèse de l'ATP).

La chaîne respiratoire (chaîne de transport d'électrons) est constituée de complexes protéiques. Les coenzymes réduits des étapes précédentes cèdent leurs deux électrons aux transporteurs qui, par une série de réactions d'oxydoréduction, amènent ces électrons jusqu'à l'accepteur final, l'oxygène, qui sera réduit en H₂O.



Au cours de ce transfert, les protons sont expulsés de la matrice mitochondriale vers l'espace intermembranaire. Il se crée, de part et d'autre de la membrane interne, un gradient électrochimique d'ions (H⁺) qui contient l'énergie d'oxydation. Le retour des protons dans la matrice se produit au niveau de l'ATP synthase. Le gradient électrochimique de protons fournit l'énergie nécessaire à la synthèse d'ATP à partir d'ADP et de Pi (phosphorylation).

Le bilan global théorique de la dégradation d'une molécule de glucose en aérobie est de 36-38 ATP. Par comparaison, la glycolyse en conditions anaérobies libère uniquement 2 ATP par glucose fermenté. Les avantages de la glycolyse sont la vitesse de production d'ATP (elle peut être 100 fois plus rapide que la respiration oxydative) et la possibilité de fournir de l'énergie en anaérobie comme dans le cas de travail effectif des muscles squelettiques ; il en résulte la formation de l'acide lactique.



PARTIE PRATIQUE :

1. Pourquoi les glucides (le glucose) sont la source principale d'énergie pour les cellules ? Quels sont les produits finaux de leur dégradation ?
2. Comparez les processus de la glycolyse et du cycle de Krebs en remplissant le tableau.

Critères	Glycolyse	Cycle de Krebs
Lieu du processus		
Conditions du milieu		
Substrat		
Produits finaux		

3. Quel type de réactions chimiques se produisent pendant la glycolyse et le cycle de Krebs ?
4. Pourquoi la cellule « gagne » plus d'énergie dans le cycle de Krebs ?

Anabolisme. Photosynthèse

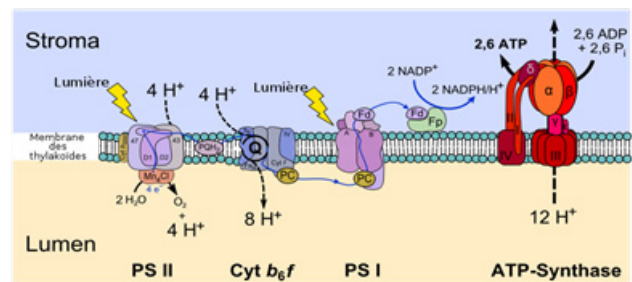
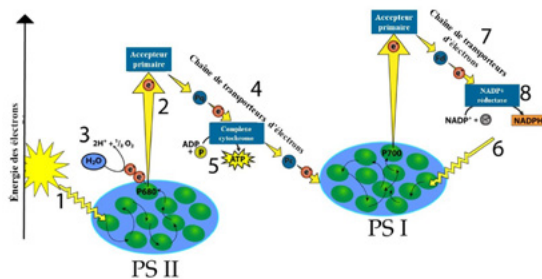
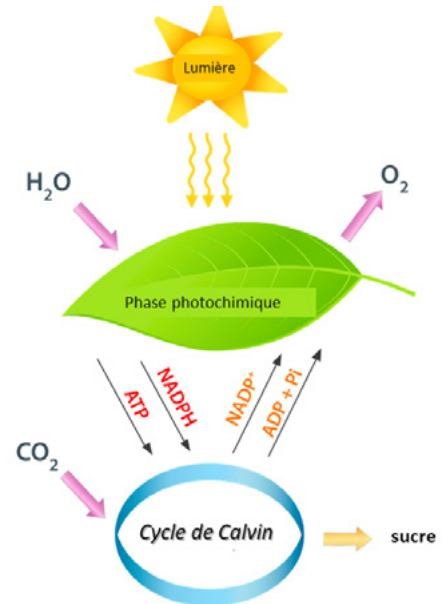
Tous les êtres vivants ont besoin de matière organique pour maintenir la vie. Les seuls organismes qui peuvent produire leurs propres nutriments sont les photoautotrophes comme les plantes chlorophylliennes, les algues, certains microorganismes. Ils synthétisent des biomolécules à partir d'éléments minéraux. Ce phénomène est la principale voie anabolique qui s'opère dans la nature.

La photosynthèse consiste en la transformation du CO_2 de l'atmosphère et de l'eau puisée du sol, en composés organiques comme le glucose et elle libère de l' O_2 indispensable à la vie. Elle ne peut se produire qu'en présence de lumière (la source d'énergie) qui sera transformée en énergie chimique.

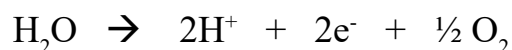
Chez les plantes chlorophylliennes, la photosynthèse a lieu principalement dans les cellules des feuilles, plus précisément dans les chloroplastes. C'est grâce à la chlorophylle (le pigment vert) que la lumière est absorbée et incluse dans le processus.

La photosynthèse est un ensemble de réactions biophysiques et biochimiques qui se déroule en deux phases distinctes : **une phase photochimique** (claire, lumineuse), dépendante de la lumière et **une phase non photochimique** (sombre, obscure), indépendante de la lumière.

Les réactions directement dépendantes de la lumière se déroulent au sein des membranes des thylakoïdes à l'intérieur des chloroplastes. Les pigments, associés aux complexes protéiques, constituent 2 photosystèmes (PS I et PS II) et absorbent l'énergie lumineuse.



Sous l'effet de l'énergie le PS I éjecte des électrons transférés par une chaîne de transporteurs pour réduire le coenzyme NADP^+ en NADPH . De même, pour le PS II mais les électrons sont transférés vers le PS I pour compenser les pertes. Les électrons qui comblent le manque dans le PS II, proviennent de l'oxydation de l'eau, appelée photolyse de l'eau (la séparation des molécules d'hydrogène et d'oxygène).



Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

Le transfert des protons H^+ vers le stroma s'effectue par une ATP-synthase qui permet la production d'ATP (*photophosphorylation*).

Les produits finaux de la phase photochimique sont l' O_2 libéré dans l'atmosphère, le NADPH (coenzyme réduit) et l'ATP qui participent à la synthèse du glucose pendant la deuxième phase.

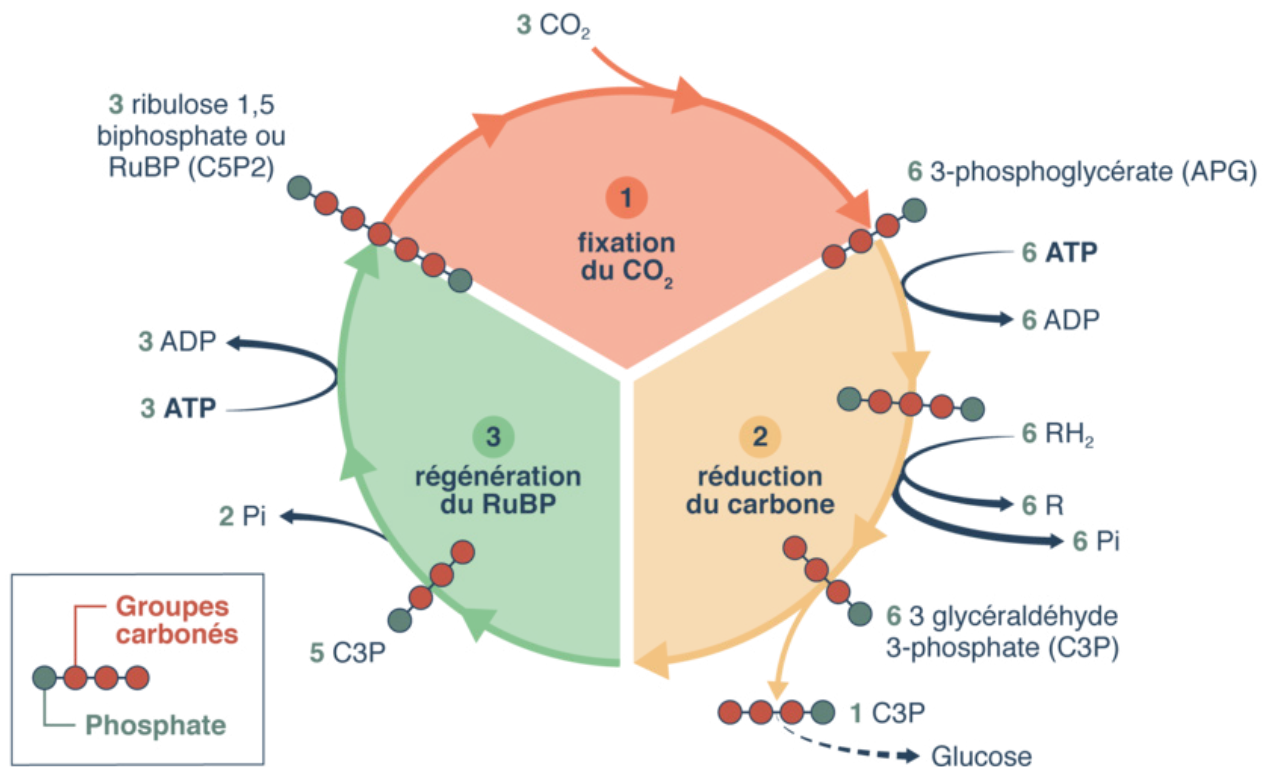
La phase non photochimique, appelée cycle de Calvin, comprend une série de réactions biochimiques qui se déroulent dans le stroma des chloroplastes. Le cycle de Calvin s'effectue en trois étapes :

1) fixation du dioxyde de carbone par un ose spécifique à 5 C ; la molécule produite est instable et de suite métabolisée en deux molécules d'acide 3-phosphoglycérique (APG) (triose, à 3 C). Cette réaction de carboxylation (la transformation du CO_2 en composés organiques) est catalysée par une enzyme, carboxylase, dénommée Rubisco. C'est la protéine la plus abondante sur Terre, spécifique pour la photosynthèse ;

2) réduction de l'APG en glycéraldéhyde-3-phosphate (GAP) ; c'est ici que l'ATP et le NADPH de la phase photochimique interviennent ;

3) régénération de l'accepteur de CO_2 et production du glucose.

La biosynthèse des différentes macromolécules dépend des facteurs environnementaux tels que la température ambiante et l'humidité.





PARTIE PRATIQUE :

1. Quelle est l'importance de la photosynthèse pour la vie sur Terre ?
2. Quels sont les organismes qui peuvent réaliser le processus de photosynthèse et pourquoi ?
3. Comparez la phase claire et la phase sombre de la photosynthèse :

Critères	Phase photochimique	Phase non photochimique
Lieu dans le chloroplaste		
Conditions du milieu		
Substrats		
Produit finaux		
Source d'énergie		

4. Pourquoi les feuilles de la plante sont-elles appelées « organes d'alimentation aérienne » ?
5. Quel est le rôle de l'énergie solaire pour la phase lumineuse de la photosynthèse ?
6. Quels sont les types de réactions chimiques et les coenzymes impliqués dans la photosynthèse en tant que processus anabolique et dans le cycle de Krebs en tant que processus catabolique ?
7. Quelle est l'origine de l'O₂ que les plantes émettent dans l'atmosphère lors de la photosynthèse ?
8. En cas de forte luminosité, les cellules végétales synthétisent principalement des glucides et en faible luminosité, des protéines. Quelles seraient les effets sur deux plantes de la même espèce et de la même taille cultivées dans ces conditions différentes d'éclairage ?
9. Pourquoi les plantes enfermées dans une pièce non aérée meurent-elles avec le temps ?
10. À son échelle, la photosynthèse est un processus spectaculaire. Recherchez de l'information sur la quantité d'O₂ libérée dans l'atmosphère en 1 an.

26. PROCESSUS GÉNÉTIQUES

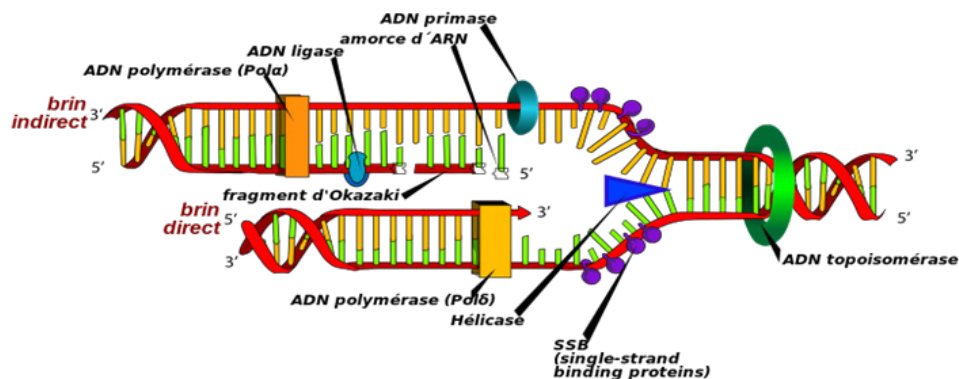
Les processus génétiques sont des processus biologiques liés à la conservation et la transmission de l'information génétique à la descendance (la réplication) et son expression au cours de la vie cellulaire (la transcription et la traduction). Ce sont des processus anaboliques qui requièrent de l'énergie et des enzymes spécifiques.

Réplication

La réplication (la duplication) correspond à la reproduction de l'ADN et il en résulte deux molécules filles identiques entre elles et à la molécule mère. Elle s'effectue avant la division cellulaire.

Les deux brins se séparent par le clivage des liaisons hydrogènes entre les bases azotées. La synthèse d'ADN ne se fait pas de la même manière sur les deux brins. Chaque brin sert de matrice (modèle) pour la synthèse d'un nouveau brin. La synthèse se fait dans le sens 5' vers 3' et d'après la règle de complémentarité des bases, face à chaque nucléotide s'accroche son nucléotide complémentaire (A – T, G – C). Comme les deux brins d'ADN sont antiparallèles, la réplication est bidirectionnelle. Chacune des deux nouvelles molécules est constituée d'un brin de la molécule d'origine et d'un nouveau brin. Voilà pourquoi la réplication de l'ADN est semi-conservative.

Les deux exemplaires de la molécule de départ sont repartis ensuite, lors de la division cellulaire, entre les deux cellules filles grâce aux chromosomes.



Pendant la synthèse du nouveau brin d'ADN lors de la réplication, peuvent avoir lieu des erreurs : si elles ne sont pas corrigées, des mutations en résultent.



PARTIE PRATIQUE :

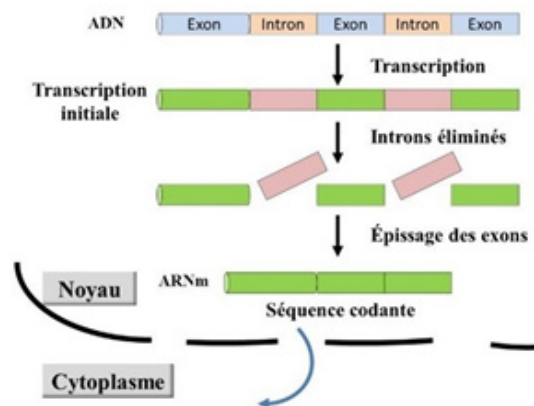
1. Pourquoi la réplication est-elle un processus anabolique ? Quand est-ce qu'elle se produit ? Quel est son rôle biologique ?
2. Quelle caractéristique des liaisons entre les bases de l'ADN joue un rôle important pour le processus de réplication ?
3. Comment expliqueriez-vous le fait que la réplication soit un processus bidirectionnel ?
4. Pourquoi la réplication est-elle un processus semi-conservateur ?
5. Quelles sont les deux possibilités pour la cellule en cas d'erreur de réplication ?

Transcription et traduction

L'expression de l'information génétique, codée dans les gènes, s'effectue par deux mécanismes successifs : la transcription (le processus de copie des codes de l'ADN sur un ARNm) et la traduction (la lecture de l'information et la synthèse de protéines). Le gène est une séquence d'ADN codant la synthèse d'une protéine ou d'une molécule d'ARN. Le code représente trois nucléotides successifs (un triplet) sur un des brins de l'ADN et porte l'information du type et de l'emplacement d'un acide aminé dans la protéine à synthétiser.

Au cours de **la transcription**, un des brins d'ADN, appelé le brin codant, est recopié en séquence ARNm par un complexe d'une douzaine de protéines. La transcription commence et se termine à des points précis appelés site d'initiation et site de terminaison. Le brin de l'ADN est la matrice pour la synthèse du nouveau brin d'ARNm : d'après la règle de complémentarité des bases, face à chaque nucléotide s'accroche son nucléotide complémentaire (A - U, G - C).

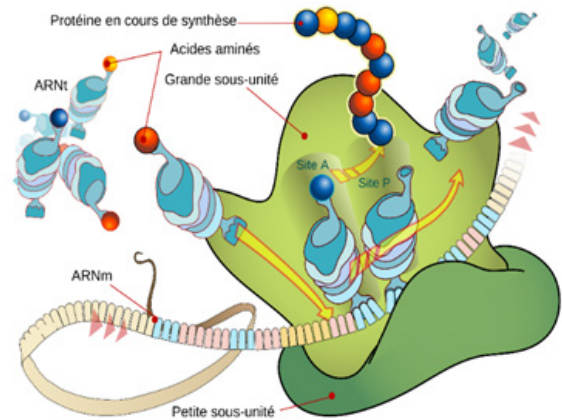
La plupart des gènes eucaryotes contiennent des séquences codantes (les exons) et de séquences non codantes (les introns). Au cours de la maturation de l'ARNm, les introns sont éliminés et suivis par le processus de l'épissage des exons. L'ARNm quitte le noyau pour aller dans le cytoplasme. La transcription assure également la synthèse des ARN ribosomiques et de transfert.



Structure de la cellule et processus qui s'y déroulent

La lecture du message porté par l'ARNm et sa **traduction** sous forme de protéine s'opèrent dans les ribosomes. Ils sont constitués de deux sous unités distinctes, une grosse et une petite. Chez les eucaryotes, les ribosomes sont soit libres dans le cytoplasme soit liés au réticulum endoplasmique ou à la membrane nucléaire. De nombreux facteurs protéiques interviennent dans la transcription. Lorsque plusieurs ribosomes se lient au même ARNm et traduisent la même information, on parle de polysome.

Le ribosome « traduit » l'information écrite par les 4 lettres A, G, C, U des nucléotides de l'ARNm vers les 20 lettres des acides aminés qui vont composer la protéine en fabrication. Un triplet (trois bases) de l'ARNm forme un codon. Il est complémentaire du code de l'ADN et porte la même information. La correspondance entre les codons et les acides aminés s'effectue par l'intermédiaire des ARN de transfert. Chaque ARNt contient la séquence complémentaire d'un codon, appelée anticodon. À son extrémité opposée, il fixe l'acide aminé correspondant. Les ARNt apportent les acides aminés au ribosome dans l'ordre indiqué par la séquence des codons. Il se constitue une liaison peptidique entre 2 acides aminés mis en place. La synthèse s'achève lorsque le ribosome rencontre un codon « stop ». La protéine synthétisée est libérée pour aller remplir sa fonction biologique.



La traduction s'effectue en trois étapes : **d'initiation** (le codon initial (AUG) est reconnu par la petite sous unité ribosomale ; la grosse sous unité s'accroche à elle ; les deux unités constituent ensemble le ribosome complet), **d'élongation** (translocation du ribosome le long de l'ARNm et accrochage séquentiel des acides aminés) et **de terminaison** (l'arrêt de la traduction est codé dans l'ARNm par un codon-stop).

LE CODE GENETIQUE

		ARN messenger Codon : deuxième base azotée				
		U	C	A	G	
ARN messenger Codon : première base azotée	U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
		Phe	Ser	Tyr	Cys	C
		Leu	Ser	STOP	STOP	A
		Leu	Ser	STOP	Trp	G
	C	Leu	Pro	His	Arg	U
		Leu	Pro	His	Arg	C
		Leu	Pro	Gln	Arg	A
		Leu	Pro	Gln	Arg	G
	A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
		Ile	Thr	Asn	Ser	C
		Ile	Thr	Lys	Arg	A
		Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U	
	Val	Ala	Asp	Gly	C	
	Val	Ala	Glu	Gly	A	
	Val	Ala	Glu	Gly	G	

Code génétique :

L'ensemble de tous les codons de l'ARNm forme le code génétique. Il existe 64 codons ($4^3 = 64$) dont 61 déterminent l'emplacement des 20 acides aminés existants et 3 codons-stop qui déterminent la fin de la chaîne polypeptidique néoformée. Chaque acide aminé peut être codé par un ou plusieurs codons. Le code génétique est universel, c.-à-d. qu'il est identique pour tous les êtres vivants sur Terre.



PARTIE PRATIQUE :

1. Quels sont les deux mécanismes impliqués dans l'expression de l'information génétique ?
2. Expliquez les termes « code » (triplet) et « codon » et leur rôle pour les processus génétiques dans la cellule.
3. Comment peut-on expliquer le grand nombre de codons – 64. Quel est le rôle des « codons-stop » ?
4. Comparez les trois processus génétiques selon les critères suivants :

Critères	Réplication	Transcription	Traduction
Lieu dans la cellule			
Bases azotées			
Nombre de nucléotides			
Matrice			
Complémentarité des bases			
Produits finaux			

5. Qu'est-ce que l'anticodon et quel est son rôle dans les processus génétiques ?
6. Quelles sont les trois étapes du processus de traduction ?
7. Décrivez, dans le bon ordre, les étapes (les processus) qui ont lieu pendant la traduction. Donnez la réponse en chiffres :

1. la petite sous unité ribosomale reconnaît le codon initial, 2. liaison séquentielle des acides aminés, 3. la grosse sous unité se lie à la petite sous unité et l'ARNm, 4. la fin de la traduction a lieu au codon-stop, 5. translocation du ribosome sur toute la longueur de l'ARNm

8. Que signifie l'affirmation « Le code génétique est universel » ?
9. Notez sur la séquence codante présentée le début et la fin de la traduction :

AUCAUGUACGCACAGGACCCCUUGUAGAGC

27. CYCLE CELLULAIRE. CYCLE DE DIVISION CELLULAIRE

Chaque cellule provient d'une autre cellule. Toutes les cellules d'un organisme pluricellulaire sont issues d'une même cellule (le zygote) et possèdent initialement la même information génétique. La plupart des cellules passent par un processus de différenciation qui commence pendant le développement embryonnaire. Les cellules souches subissent des modifications morphologiques et physiologiques et donnent différents types de cellules spécialisées qui acquièrent des structures et des fonctions spécifiques. C'est un processus irréversible sauf chez les végétaux. L'origine de la spécialisation cellulaire est l'expression de l'ADN. Pendant la différenciation, certains gènes sont exprimés alors que d'autres sont réprimés.

Les cellules souches sont des cellules indifférenciées capables de proliférer, de s'autorenouveler indéfiniment, de produire de nombreuses cellules différenciées, de régénérer des tissus lésés. Il existe des cellules souches embryonnaires, fœtales et adultes.

La période de la naissance de la cellule jusqu'à sa mort ou sa division s'appelle **cycle cellulaire**. Sa durée est très variable selon les types de cellules : de quelques heures, à quelques mois ou égale à l'âge de l'individu.

Chez les eucaryotes, le cycle cellulaire comprend 4 phases qui se succèdent dans un ordre strict : G₁, S, G₂ et M. Les noms G₁ et G₂ viennent du mot anglais « gap » qui signifie « intervalle ».

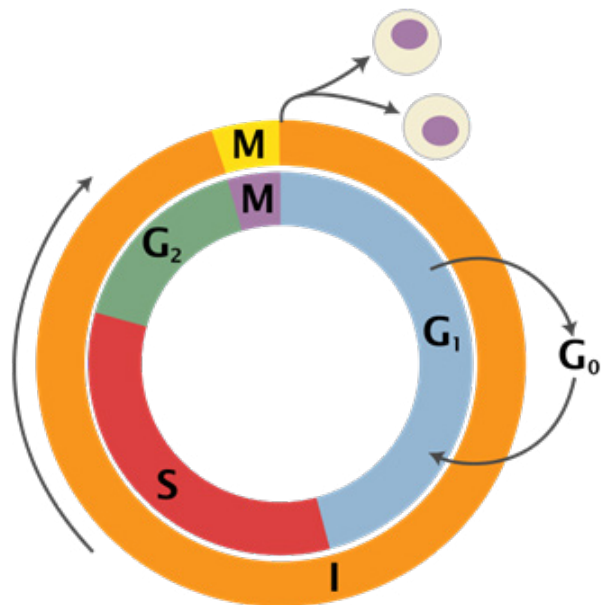
- G₁, la cellule effectue sa croissance et ses activités métaboliques normales en se préparant pour le déroulement correct de la phase suivante ; G₁ dure de quelques heures à plusieurs années.

- S, phase de synthèse, qui consiste à la réplication de l'ADN, d'une durée de 6 à 20 heures.

- G₂, la cellule se prépare pour la phase M pendant une période de 2 à 6 heures (elle synthétise des enzymes, des organites).

- M, la mitose, lors de laquelle s'effectue la division et le partage rigoureusement égal des chromosomes entre les 2 cellules filles en 1 à 2 heures.

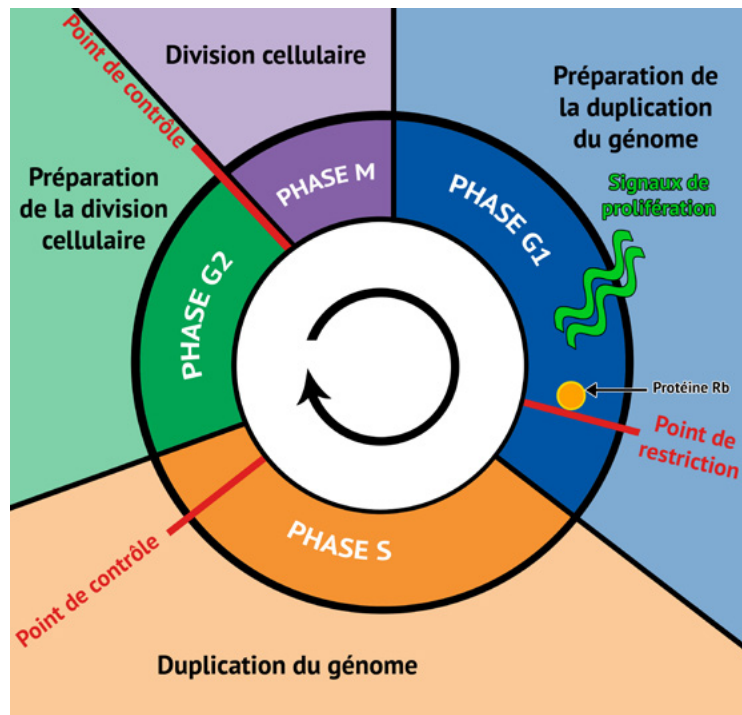
Les trois premières phases (G₁, S et G₂) constituent l'interphase.



Reproduction cellulaire

Après la mitose, les cellules filles peuvent soit entrer en G1 pour effectuer un nouveau **cycle de division** comme les cellules souches embryonnaires, les cellules non spécialisées ainsi que celles des tumeurs, soit entrer en **G0**, phase de quiescence. C'est une phase non proliférative typique pour les cellules hautement spécialisées comme les érythrocytes, les neurones, qui exercent leurs fonctions particulières jusqu'à leur mort. Certaines d'entre elles passent par un stade de vieillissement qui se caractérise par des modifications morphologiques et physiologiques diminuant la capacité vitale de la cellule. La plupart des cellules spécialisées des organismes pluricellulaires peuvent être stimulées, si nécessaire, pour quitter la phase G0 et entrer dans le cycle de division cellulaire.

La cellule dispose de systèmes de régulation hautement perfectionnés qui opèrent à différents niveaux.



PARTIE PRATIQUE :

1. Quelle est la différence entre le cycle de vie cellulaire et le cycle mitotique ?
2. Quelle est la durée du cycle cellulaire ?
3. Chez quel type cellulaire, le cycle de vie coïncide-t-il avec le cycle mitotique ?
4. Quels sont les événements caractéristiques de l'interphase ?
5. Quelle est la différence entre la différenciation cellulaire et la spécialisation cellulaire ?
6. Donnez d'autres exemples de cellules souches adultes.

28. DIVISION CELLULAIRE

La division cellulaire est le mode de multiplication des cellules avec transmission d'une génération à une autre. Chez les eucaryotes, on distingue deux types de division : directe ou amitose et indirecte ou mitose. **L'amitose** est typique pour certains organismes unicellulaires et consiste en un simple clivage du noyau et de la cellule en deux parties inégales ; les 2 cellules filles obtenues ne sont pas identiques.

Les cellules somatiques (des cellules diploïdes, $2n$) des organismes pluricellulaires se reproduisent par **mitose**. C'est le processus de multiplication des cellules eucaryotes conservant la quantité et la qualité des informations contenues dans les chromosomes. Ses mécanismes sont universels et se déroulent de manière très précise.

Chez les organismes à reproduction sexuée, il existe un autre type de division cellulaire : la **méiose**. C'est une division complexe particulière lors de la production de cellules hautement spécialisées telles que les cellules sexuelles (les gamètes).

Mitose

La mitose et la méiose s'opèrent de manières similaires bien qu'il existe des différences. Un cycle cellulaire comprend l'interphase et la mitose qui se déroule en 4 phases : prophase, métaphase, anaphase et télophase.

L'événement fondamental qui s'effectue durant **l'interphase** est la réplication de l'ADN. Le matériel génétique est sous la forme de chromatine. Les chromosomes ne sont pas encore formés.

Chaque phase de la mitose se caractérise par des modifications communes pour toutes les cellules.

Prophase – les chromosomes s'individualisent, s'épaississent et se raccourcissent. Chaque chromosome est constitué de deux chromatides sœurs liées entre elles au niveau du centromère. Les deux centrosomes se déplacent vers les deux pôles opposés de la cellule et par l'intermédiaire des microtubules forment le fuseau de division. L'enveloppe nucléaire et le nucléole disparaissent.

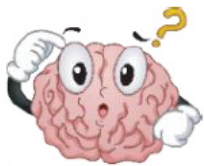
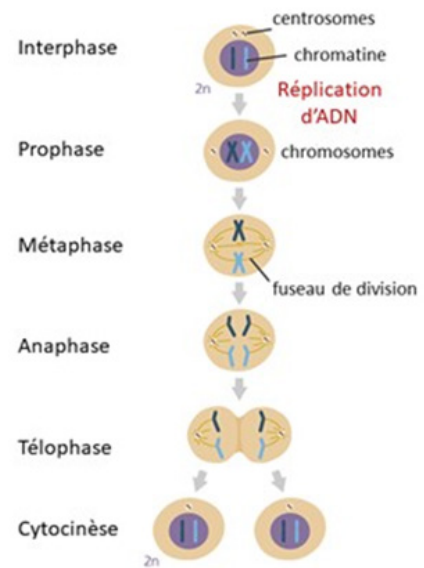
Reproduction cellulaire

Métaphase – les microtubules captent les chromosomes et ceux-ci sont placés indépendamment à l'équateur du fuseau en formant la plaque équatoriale.

Anaphase – les chromosomes se divisent et les deux lots de chromatides sœurs individualisées montent le long de microtubules vers les pôles où ils se rassemblent. Chacun de ces chromosomes simples contient une molécule d'ADN.

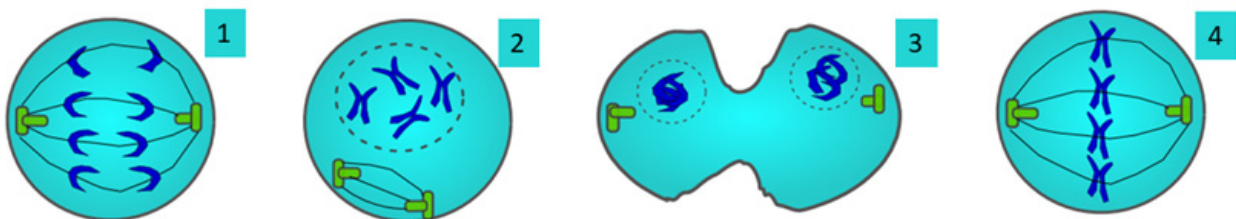
Télophase – les chromosomes se décondensent progressivement et se transforment en chromatine. Des enveloppes nucléaires et des nucléoles se reconstituent aux niveaux des pôles cellulaires autour des chromosomes en décondensation.

La caryocinèse (le dédoublement du noyau) se poursuit par la cytokinèse (la séparation du cytoplasme) pour former les deux cellules filles.



PARTIE PRATIQUE :

1. Quel type cellulaire est caractérisé par le processus de mitose ?
2. Comment s'explique le fait que lors de la mitose, la cellule mère et les cellules filles aient la même information génétique ?
3. Notez les phases de la mitose dans le bon ordre en utilisant les chiffres :



4. Au cours de quelle phase se forme le fuseau de division ?
5. Qu'est-ce qui est caractéristique de la métaphase ?
6. Remplissez les mots manquants :
La réplication de l'ADN assure une stabilité de l'information génétique,
et la mitose assure sa stabilité

Méiose

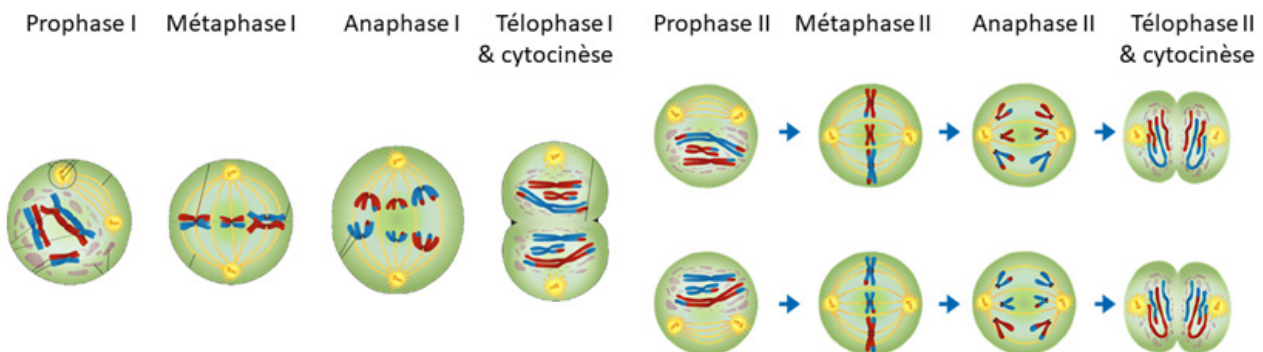
La méiose est une double division cellulaire qui à partir d'une cellule diploïde ($2n$) aboutit à la réduction du nombre des chromosomes. On obtient des cellules haploïdes (n). Elle se déroule en deux étapes successives (la méiose I et la méiose II) dont chacune inclut les 4 phases (prophase, métaphase, anaphase et télophase), suivies de la cytokinèse.

Les processus qui s'opèrent pendant ces phases sont très semblables aux phases respectives de la mitose. On trouve les différences lors de la première étape (la première division méiotique).

La méiose, comme la mitose, est précédée par l'*interphase* où la réplication de l'ADN a lieu.

Pendant la *prophase I*, qui est plus longue et plus complexe que celle de la mitose, les chromosomes s'apparient et forment des bivalents composés de chromosomes homologues. À la fin de cette phase, il peut se produire un **enjambement** (crossing-over) des chromatides non-sœurs et un échange de fragments entre elles : un brassage génétique. Lors de la *métaphase I*, ce sont les paires de bivalents qui s'alignent sur la plaque équatoriale en s'accrochant aux microtubules du fuseau. Durant l'*anaphase I*, les chromosomes homologues se séparent et migrent vers les pôles de la cellule. Suite à la *télophase I* et à la cytokinèse se forment deux cellules haploïdes (le nombre de chromosomes est réduit par 2, mais ils contiennent 2 chromatides chacun). Cette étape de la méiose est appelée **division réductionnelle**.

La méiose II commence également par une interphase qui est assez courte et il n'y a pas de réplication de l'ADN. Les phases suivantes se déroulent comme pendant la mitose. La méiose II est appelée **division équationnelle** : le nombre des chromosomes se conserve mais ils passent d'un état double à un état simple. De cette façon, la méiose permet la formation de 4 cellules haploïdes.





PARTIE PRATIQUE :

1. Quel type cellulaire est caractérisé par le processus de méiose ?
2. Qu'est-ce que les bivalents et au cours de quelle phase de la méiose se forment-ils ?
3. Quel est le rôle du brassage génétique dû au processus d'enjambement ?
4. Remplissez le tableau des similitudes et des différences entre les deux types de division cellulaire :

Caractéristiques	Mitose	Méiose
Type de la cellule mère		
Caryotype de la cellule mère		
Nombre des cellules filles		
Type des cellules filles		
Caryotype des cellules filles		
Nombre de divisions		
Nombre d'interphases		
Nombre de duplication de l'ADN (réplication)		
Brassage génétique (oui/non)		

GLOSSAIRE

absorption inverse (réabsorption)	обратно всмукване
accouchement	раждане
acide aminé	аминокиселина
acide nucléique	нуклеинова киселина
amygdale	сливица
arc réflexe	рефлексна дъга
brassage génétique	обмяна на гени
bulbe rachidien (moelle allongée)	продълговат мозък
cæcum	сляпо черво
cage thoracique	гръден кош
canal déférent	семепровод
capacité pulmonaire	дихателен обем
cardiaque	сърдечен
caryotype	кариотип, хромозомен набор
cavité buccale	устна кухина
cellule	клетка
cervelet	малък мозък
circulation sanguine	кръвообращение
coagulation sanguine	кръвосьсирване
coccyx	опашна кост
colonne vertébrale	гръбначен стълб
conductivité	проводимост
contractilité	съкратимост
cornée	роговица
cortex	кора
crâne	череп
cristallin	леща
cycle cellulaire	жизнен цикъл
cycle de division	митотичен цикъл
débit cardiaque	минутен обем
desquamation	лющене, олющване
diencéphale	междинен мозък
digestion	храносмилане
embryon	зародиш

encéphale	главен мозък
enjambement	кросинговър
épididyme	надсеменник
épithélium de revêtement	покривен епител
épithélium glandulaire	жлезист епител
estomac	стомах
excitabilité	възбудимост
excrétion	отделяне
fécondation	оплождане
fibres alimentaires	баластни вещества
foetus	плод
foie	черен дроб
glande endocrine	ендокринни жлези
glande exocrine	екзокринни жлези
glande thyroïde	щитовидна жлеза
glandes parathyroïdes	околощитовидни жлези
glandes sébacées	мастни жлези
glandes sudoripares	потни жлези
glandes surrénales	надбъбречни жлези
globe oculaire	очна ябълка
glucides	въглехидрати
gonades (glandes sexuelles)	полови жлези
gros intestin	дебело черво
intestin grêle	тънко черво
larynx	гръклян
liquide interstitiel	междуклетъчно вещество
lisse	гладък
lobe	дял
membre	крайник
mésencéphale	среден мозък
moelle osseuse	костен мозък
moelle spinale (moelle épinière)	гръбначен мозък
nasopharynx	носогълтка
noyau	ядро
œsophage	хранопровод
olfactif	обонятелен
oreillette (atrium)	предсърдие
organe copulateur	копулационен орган
organite	органел

ose	монозахарид
ossification	вкостеняване
ouïe	слух
ovaire	яйчник
ovule	яйцеклетка
pancréas	панкреас, задстомашна жлеза
paroi	стена
pathogène	болестотворен
périoste	надкостница
pharynx	гълтач
phosphorylation oxydative	окислително фосфорилиране
photophosphorylation	фотофосфорилиране
poumons	бели дробове
pression artérielle	кръвно налягане
prolifération	размножаване чрез делене
pupille	зеница
quiescence	покой
rate	слезка
rectum	право черво
régulation humorale	хуморална регулация
rein	бъбрек
réticulum endoplasmique	ендоплазмена мрежа
sacrum	кръстцова кост
site actif	активен център
sternum	гърдна кост
supramoléculaire	надмолекулен
système nerveux autonome	вегетативна нервна система
système nerveux somatique	соматична нервна система
téleencéphale	краен мозък
tendon	сухожилие
tissu	тъкан
tissu conjonctif	съединителна тъкан
tissu épithélial (épithélium)	епителна тъкан (епител)
tissu musculaire	мускулна тъкан
tissu nerveux	нервна тъкан
traduction	транслация
transversalement strié	напречно набразден
tronc	туловище, торс
tronc cérébral	мозъчен ствол

tube utérin	маточна тръба
utérus	матка
vagin	влагалище
vaisseaux sanguins	кръвоносни съдове
valvule	клапа
ventricule	камера
vessie	пикочен мехур
volume d'éjection systolique	ударен обем

Sources d'informations :

1. Biologie et éducation à la sante, 9-ème, « Bulvest 2000 »
2. Biologie et éducation à la sante, 9-ème, « Anubis »
3. Biologie et éducation à la sante, 9-ème, « Pedagog 6 »
4. Biologie et éducation à la sante, 9-ème, « Prosveta »

Les images utilisées sont issues de **wikipedia.com** et **pngwing.com**.
Certains schémas sont réalisés par les auteurs.

