

NOUVEAU RÉFÉRENTIEL 2026

IFSI

Réussir toute l'UE B.1 Sciences biomédicales

Fonctionnement du corps humain
Physiopathologie des différents
systèmes

Tout pour réviser
et s'entraîner

200
FICHES

240
EXERCICES

- > Des fiches **en couleur et illustrées**
- > Toutes les thématiques **au programme**
INCLUS Pédiatrie, psychiatrie, urgences
et gériatrie
- > Des corrigés **détaillés**



Vuibert

Danièle Augendre – Anne Barrau – Anne Besnier – Magali Briane –
Steven Lagadec – Blandine Dijoux – Hélène Diot – Ghislaine Drouet –
Cédric Favro – Elise Gaudron – Frédérique Jaquet – Sandrine Lescure –
Martine Mazoyer – Sophie Nourry – Karine Quebre – Anthony Vallat

Réussir toute

Sciences
biomédicales

I'UE
B.1

Vuibert

Création de la maquette : CB Defretin

Mise en pages : Christine Porchat

Couverture : Primo & Primo

Illustrations : Anne-Christel Rolling, Sandrine Marchand, Magnard

ISBN : 978-2-311-66590-1

Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Ce livre ne peut être reproduit ni utilisé à des fins d'entraînement de systèmes d'intelligence artificielle. La fouille de textes et de données est interdite conformément à l'article 4(3) de la Directive (UE) 2019/790.

Dans le cas où le livre comporte des ressources numériques en ligne, ces dernières sont des compléments offerts à l'achat du livre. Par respect du droit d'auteurs, ces ressources sont incessibles, interdites de reproduction et réservées à un usage strictement personnel. Elles sont soumises aux conditions d'utilisation en vigueur (CGU) accessibles sur notre site et peuvent, pour des raisons commerciales, légales, d'évolution technique ou de contenu, être supprimées ou interrompues à tout moment, sans garantie de maintien ou de compensation. Dans le cas où les QR codes et liens hypertextes permettent d'accéder à des sites internet tiers, la responsabilité de Vuibert n'est pas engagée, notamment quant à leur éventuel dysfonctionnement ou à leur indisponibilité d'accès

© Septembre 2026, Éditions Vuibert – 5, allée de la 2^e DB – 75015 Paris

www.vuibert.fr

Les auteurs

Danièle Augendre est cadre de santé formateur à l'IFSI de Nevers. Elle est également titulaire d'un Master 2 en sciences de l'éducation, spécialisation formation de formateurs dans les milieux de l'enseignement, des entreprises et des collectivités.

Anne Barrau est infirmière, cadre de santé ayant exercé dans des établissements de santé publics et privés. Actuellement, elle est cadre santé formateur en IFSI et titulaire d'un master 2 en sciences de l'éducation.

Anne Besnier est médecin gynécologue-obstétricien. Elle enseigne à l'IFSI de Cherbourg-Cotentin. Elle est membre du groupe auteur sur l'UE 2.9 « Processus tumoraux » du CEMU de Caen.

Magali Briane est psychiatre et addictologue, psychothérapeute TCCE, coordinatrice de l'hôpital de jour de la clinique Mon repos à Ecully et vice-présidente de l'association Soins aux professionnels de la santé (SPS).

Steven Lagadec est infirmier au SAMU 91 et SMUR du Centre Hospitalier Sud Francilien (Corbeil-Essonne), formateur en Gestes et Soins d'Urgences (GSU), Assistant de recherche épidémiologique et clinique au SAMU 91.

Blandine Dijoux est infirmière libérale. Son parcours varié et sa curiosité l'ont poussée à diversifier ses modes d'exercice : soins généraux, entreprise, prévention.

Hélène Diot est infirmière à l'unité médico-judiciaire et aux urgences médico-chirurgicales de l'hôpital Hôtel-Dieu depuis 11 ans. Elle est également titulaire d'un diplôme universitaire en victimologie et tutrice des étudiants et membre de la SFIML (Société Francophone des Infirmiers en Médecine Légale).

Ghislaine Drouet est cadre de santé responsable de service de soins au Centre Hospitalier Public du Cotentin.

Cédric Favro est professeur de Biochimie et Physiologie et enseigne pour les IFSI Bichat, Beaujon et Pitié-Salpêtrière de l'APHP.

Elise Gaudron est infirmière diplômée d'Etat et formatrice en IFSI. Elle est titulaire d'un master en Santé Publique, ainsi que d'un Diplôme Universitaire en éducation thérapeutique et d'un Diplôme Interuniversitaire sur la prise en charge de la douleur.

Frédérique Jaquet est Infirmière puéricultrice diplômée d'Etat, titulaire d'un DESS de psychologie clinique et professeur de lycée professionnel en sciences et techniques médicosociales. Elle a été formatrice en IFAP.

Sandrine Lescure est cadre de santé formateur et coordinatrice pédagogique à l'IFSI Tenon (Paris).

Martine Mazoyer est psychologue clinicienne et psychothérapeute en Ardèche. Elle est rédactrice en chef adjointe de la revue *Soins Aide-Soignants* et a travaillé en SMR. Elle est intervenue dans la formation en soins infirmiers à la faculté du Kremlin Bicêtre et en IFSI.

Sophie Nourry est directrice et coordinatrice générale des IFMS d'Aubagne.

Karine Quebre est cadre de santé formateur à l'IFMS du Lot.

Anthony Vallat est directeur des soins, responsable de l'Institut de Formation aux Métiers de la Santé (IFMS) et du pôle Santé, précarité, handicap et dépendance de l'Hôpital Lozère. Ses travaux portent sur l'organisation des soins, la formation des professionnels de santé et l'amélioration de la qualité des parcours de santé.

Sommaire

Fonctionnement du corps humain	7
Fiches de révision	9
Entraînement	141
Disciplines cliniques	157
Fiches de révision	160
Entraînement	404
Développement de l'enfant et pathologies infantiles	447
Fiches de révision	449
Entraînement	480
Psychiatrie de l'enfant, de l'adolescent et de l'adulte	487
Fiches de révision	489
Entraînement	516
Situations critiques et/ou d'urgences	521
Fiches de révision	523
Entraînement	549
Gériatrie	557
Fiches de révision	559
Entraînement	578
Soins palliatifs et de fin de vie	583
Fiches de révision	585
Entraînement	599

Fonctionnement du corps humain

Fiche 1	Atome et liaisons covalentes	9
Fiche 2	Composition du vivant	11
Fiche 3	Molécules inorganiques	13
Fiche 4	Molécules organiques	15
Fiche 5	Structure des cellules	18
Fiche 6	Métabolisme cellulaire	22
Fiche 7	Cycle cellulaire	25
Fiche 8	Des cellules souches à la différenciation cellulaire	28
Fiche 9	La mort cellulaire	30
Fiche 10	La communication intercellulaire	31
Fiche 11	L'organisation des cellules en tissus	33
Fiche 12	Le neurone, les nerfs et les synapses	35
Fiche 13	La transmission du message nerveux	38
Fiche 14	Les muscles et la cellule musculaire	40
Fiche 15	Expression génétique	43
Fiche 16	Principes de l'hérédité	46
Fiche 17	Fonctions et composition du système nerveux	49

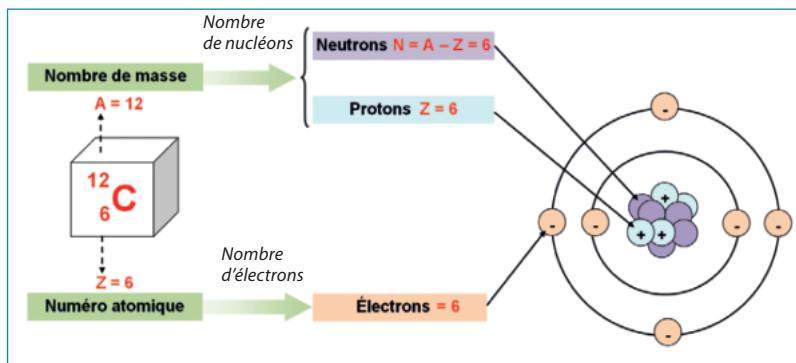
Fiche 18	Organisation fonctionnelle du système nerveux	50
Fiche 19	Composition et fonctions du système nerveux central	51
Fiche 20	Protection du système nerveux central	57
Fiche 21	Composition et fonctions du système nerveux périphérique	59
Fiche 22	Les nerfs du système nerveux périphérique : nerfs rachidiens et nerfs crâniens	62
Fiche 23	Anatomie de l'œil	65
Fiche 24	L'œil et la vision	67
Fiche 25	Le système tégumentaire	69
Fiche 26	Classification et structure des os	72
Fiche 27	Le squelette	73
Fiche 28	Les articulations	76
Fiche 29	Le muscle strié squelettique	78
Fiche 30	Anatomie de l'appareil respiratoire	80
Fiche 31	Physiologie de la respiration	85
Fiche 32	Le système circulatoire	90
Fiche 33	Anatomie du cœur	91
Fiche 34	Le cycle cardiaque	93
Fiche 35	L'automatisme cardiaque	96
Fiche 36	Anatomie et histologie des vaisseaux sanguins	98
Fiche 37	Physiologie vasculaire	100
Fiche 38	Anatomie du système digestif	102
Fiche 39	Anatomie et histologie du tube digestif	103
Fiche 40	Les organes digestifs annexes	106
Fiche 41	Physiologie de la digestion et de l'absorption intestinales	108
Fiche 42	Généralités sur le système rénal et urinaire	110
Fiche 43	Anatomie et histologie du système rénal et urinaire	111
Fiche 44	La formation de l'urine et la miction	114
Fiche 45	Le système endocrinien : généralités	115
Fiche 46	Les principales glandes endocrines	117
Fiche 47	Le sang	122
Fiche 48	L'hémostase	123
Fiche 49	Le système immunitaire	124
Fiche 50	Anatomie des systèmes reproducteurs masculin et féminin	128
Fiche 51	Physiologie de l'appareil génital féminin	131
Fiche 52	Physiologie de l'appareil génital masculin	134
Fiche 53	La fécondation	135
Fiche 54	La gestation	136
Fiche 55	Les phases de développement de la naissance au vieillissement	137
Fiche 56	La douleur	139

Atome et liaisons covalentes

1 Définitions

► L'atome

- **L'atome**, ou élément, est une entité globalement neutre. Il constitue la plus petite partie indivisible de la matière et est capable d'interagir avec d'autres atomes.
- Il est composé :
 - ◊ d'un noyau contenant un ou plusieurs **protons** chargés **positivement**, étroitement liés à un ou plusieurs **neutrons** non chargés (protons + neutrons = nucléons) ;
 - ◊ d'un ou plusieurs **électrons** chargés **négativement** qui gravitent autour du noyau.



© C. Favro

Figure 1 : Caractéristiques et composition d'un atome, le carbone

- Dans un atome de charge électrique neutre, le nombre d'électrons est égal au nombre de protons.
- Pour un atome donné, le nombre de protons restera toujours invariable. En revanche, nous pourrions observer des variations dans le nombre d'électrons ou le nombre de neutrons permettant le passage de l'atome à respectivement **un ion** (Ex : Na^+ , Cl^-) ou un **isotope** (Tritium, T ou ^3_1H).

- Dans la classification périodique des éléments, les atomes sont représentés selon la **règle d'écriture** suivante : X (où A_ZX : atome ; A : nombre de nucléons [ou **nombre de masse**] ; Z : nombre de protons [ou **numéro atomique**]). On en déduit le nombre de neutrons : $N = A - Z$.
- Comme le nombre de protons est égal au nombre d'électrons, le numéro atomique permet de déduire le nombre d'électrons.
- Les électrons qui gravitent autour du noyau de l'atome déterminent les propriétés électriques de l'atome :
 - ◇ quand l'atome perd un ou plusieurs électron(s), il perd respectivement une ou plusieurs charges négatives. Il devient donc positif : on l'appelle **cation**. Ex : Na^+ (ion sodium) ;
 - ◇ quand l'atome acquiert un ou plusieurs électrons, il a alors un excédent de charges négatives et est appelé **anion**. Ex : Cl^- (ion chlorure) ;
 - ◇ selon le nombre d'ions perdus ou acquis par l'atome, on parle d'ions mono- (1), di- (2) ou trivalent (3). Ex : Ca^{2+} (ion calcium).

► Les groupements d'atomes

- Lorsqu'un atome partage un électron avec un électron d'un autre atome, il forme une **liaison covalente**.
- Une **molécule** est l'union par liaison covalente d'au moins deux atomes.
- Dans la molécule d'eau (H_2O) par exemple, la liaison O-H se forme suite à la mise en commun d'un des huit électrons de l'atome d'oxygène (O) avec l'unique électron de l'atome d'hydrogène (H).

② Forces d'interactions entre atomes et entre molécules

- Les atomes peuvent interagir entre eux en fonction de leurs propriétés atomiques avec plus ou moins de forces. Ces forces se classent en deux catégories :
 - ◇ **les liaisons fortes** : liaisons **covalentes** (ex. : liaison C-C) et liaisons ioniques ; l'énergie pour les rompre est élevée. Les liaisons covalentes interviennent dans la structure et la rigidité du squelette des biomolécules.
 - ◇ **les liaisons faibles** (qualifiées de **non covalentes**) : résultent d'interactions électrostatiques ; l'énergie pour les rompre est faible. On distingue 4 liaisons faibles : liaisons hydrogènes, interactions ioniques, interactions hydrophobes et liaisons de Van der Waals. Les liaisons faibles interviennent dans l'interaction entre les molécules et, à plus large échelle, dans les réactions biochimiques du métabolisme.

Composition du vivant

① Macroéléments et oligoéléments

► Définitions

- Macroéléments et oligoéléments appartiennent au premier niveau d'organisation du corps humain, celui des atomes. Ils se distinguent par leurs fonctions et leurs différentes proportions au sein de l'organisme.
- Un macroélément** est un élément chimique > 5 g chez un homme de 70 kg qui nécessite un apport journalier > 50 mg. Les macroéléments sont impliqués dans la structure des biomolécules qui composent les cellules, leur quantité doit donc être importante dans l'alimentation.
- Un oligoélément** est un élément chimique minéral, nécessaire à la vie d'un organisme mais en quantité très faible. Les oligoéléments sont essentiels pour le fonctionnement de nombreuses réactions chimiques même s'ils constituent moins de 1 % de la masse du corps humain.
- Classement des éléments composant la matière vivante selon leur ordre d'importance dans l'organisme humain, pour un adulte de 70 kg :

Macroéléments	Oxygène (O), carbone (C), hydrogène (H), azote (N)	96 % de la masse totale
	Calcium (Ca), phosphore (P), potassium (K), soufre (S), sodium (Na), chlore (Cl), magnésium (Mg)	≈ 3,5 %
Oligoéléments	Fluor (F), fer (Fe), zinc (Zn), cuivre (Cu), iode (I), manganèse (Mn), cobalt (Co), chrome (Cr), sélénium (Se), molybdène (Mo), nickel (Ni), vanadium (V)	< 1 %

► Rôles fonctionnels

Chaque macroélément ou microélément a un rôle fonctionnel dans l'organisme.

Exemples :

Calcium	Coagulation sanguine, contraction musculaire, exocytose, minéralisation osseuse
Phosphore	Constituant de la molécule d'ATP, de nombreuses enzymes et des acides nucléiques [ADN et ARN], tampon du sang, minéralisation osseuse
Magnésium	Activité nerveuse, contraction musculaire
Fluor	Email dentaire
Fer	Liaison de l'O ₂ sur l'hémoglobine, composant de la chaîne respiratoire mitochondriale
Cuivre	Synthèse de l'hémoglobine, constituant de nombreuses enzymes, composant de la chaîne respiratoire mitochondriale
Manganèse	Synthèse des glucides et des vitamines B1 et E, cofacteur de nombreuses enzymes

② Molécules d'un organisme vivant

- L'assemblage des atomes permet **l'élaboration des nombreuses molécules constitutives du vivant**.
- Ces molécules ont la particularité d'avoir un atome en commun, **le carbone**, à la base de la distinction entre molécule organique et molécule inorganique.

► Molécule organique

- Elle possède au moins un atome de carbone lié à au moins un atome d'hydrogène. Cette molécule peut également contenir en plus O, N et S, mais peut aussi être liée de manière covalente à certains minéraux (le fer pour l'hémoglobine, l'iode pour les hormones thyroïdiennes, etc.).
- Dans un organisme vivant, les molécules à l'origine de la structure des cellules et de leur métabolisme sont des molécules organiques (**voir fiche 4 page 15**).

► Molécule inorganique

- Elle est considérée comme inorganique si elle ne répond pas à la définition de molécule organique (exception avec les ions hydrogénocarbonates : HCO₃⁻) (**voir fiche 3 page suivante**).
- Certaines molécules inorganiques sont essentielles pour l'organisme humain. Ex : l'eau (H₂O), le dioxygène (O₂).

Molécules inorganiques

① Molécules contenant l'élément O

► L'eau (H_2O)

- C'est une **molécule polaire** de forme triangulaire, composée d'un atome d'oxygène lié de façon covalente à deux atomes d'hydrogène.
- L'eau est la principale molécule qui compose le corps humain (~ 60 % de la masse corporelle chez un adulte de 70 kg), répartie dans le compartiment intracellulaire (~ 40 %) et extracellulaire (~ 20 %). On parle de **liquide intracellulaire (LIC) et extracellulaire (LEC)**. Ces pourcentages varient selon l'âge et le sexe.
- Le LEC est composé du **plasma**, du **liquide interstitiel** dans lequel baignent les cellules, et, en moindre quantité, de **liquides transcellulaires** (liquide synovial, liquide cébrospinal, liquide des globes oculaires, etc.).
- La quantité d'eau dans l'organisme doit rester constante : 2,5 L/jour de liquide sont nécessaires (apports par boisson, aliments et métabolisme cellulaire) pour compenser le même volume de pertes quotidiennes en eau (urines, sudation, respiration, selles).
- L'équilibre hydrique dans l'organisme (= **isotonie**) est permis par l'**osmose**, qui est le mouvement d'eau du milieu le moins concentré en solutés (hypotonique) vers le milieu le plus concentré (hypertonique).
- Les rôles de l'eau dans l'organisme sont multiples : rôle de **solvant** (pour former une solution : glucose, urée, protéines plasmatiques, NaCl, etc.) ; rôle dans les réactions d'**hydrolyse** ; rôles **physiologiques** (composition du sang, milieu réactionnel, thermorégulation, lubrifiant au niveau des articulations, protection mécanique amortissant les chocs [liquide cébrospinal, liquide amniotique, etc.]).

► Le dioxygène (O_2)

- Gaz inodore et incolore, il compose environ 21 % de l'air atmosphérique.
- Il est indispensable à toutes les cellules de l'organisme qui l'utilisent pour produire de l'énergie sous forme d'**ATP** (adénosine triphosphate) grâce au processus de **respiration cellulaire** (voir fiche 31 page 85).
- Le O_2 est transporté dans le sang sous deux formes : dissout dans le plasma (1,5 %) et sous forme liée à l'**hémoglobine** des hématies (98,5 %).

► Le peroxyde d'oxygène (H₂O₂)

- Plus connu sous l'appellation « eau oxygénée ».
- Utilisé en tant qu'agent bactéricide par les macrophages, il est également abondamment produit suite à des réactions d'oxydation pour différents processus métaboliques dans les peroxysomes.

② Autres molécules inorganiques

Contenant l'élément C	Dioxyde de carbone (CO ₂)	• Principal déchet issu de la dégradation du glucose et des acides gras (= métabolisme carboné) • Il est transporté dans le sang sous trois formes : dissoute (7 %), liée à l'hémoglobine (23 % ; forme carbhémoglobine), et sous forme hydrogénocarbonate HCO₃⁻ (70 %)
	Monoxyde de carbone (CO)	• Gaz incolore, inodore et très toxique pour l'homme (hypoxie tissulaire) • Il a une forte affinité pour l'hémoglobine (forme carboxyhémoglobine) diminuant de ce fait la capacité de transport de l'O₂ dans le sang et donc son apport aux cellules
	Diazote (N ₂)	• Principal gaz composant l'air atmosphérique (~ 78 %) • Il n'a pas de rôle métabolique pour l'organisme
	Ammoniac (NH ₃) Urée Acide urique	Déchets normaux issus du métabolisme azoté
	Monoxyde d'azote (NO)	• Produit par de nombreuses cellules de l'organisme (hépatocytes, neurones, cellules endothéliales et macrophages) • Il a une fonction de messenger chimique dans l'organisme : vasodilatateur, neurotransmetteur, bactéricide, myorelaxant du tractus gastro-intestinal
	Nitrates (NO ₃) et nitrites (NO ₂)	• Produites par des bactéries de l'environnement à partir du N₂ • Elles peuvent être toxiques et oxyder l'hémoglobine (= méthémoglobine)
Contenant l'élément P		Il se retrouve dans les cristaux d'hydroxyapatite du tissu osseux et des dents sous forme de phosphate (PO ₄ ³⁻) dans les cellules et le plasma (tampon du sang), etc.

Molécules organiques

Les molécules organiques sont dans le monde vivant qualifiées de **biomolécules**.

① Glucides ou hydrates de carbone

Les glucides sont composés d'un groupe carbonyle (aldéhyde ou cétone) et d'au moins deux fonctions alcools ou hydroxyles.

Oses (glucides simples)	Glucose, galactose, fructose, ribose	• Molécules non hydrolysables, polaires et hydrosolubles. Elles peuvent être classées selon le nombre de C les composant (pentoses pour 5C, hexoses pour 6C) • Les cellules les absorbent à la suite du processus de digestion • Le glucose est le principal substrat énergétique des cellules
Osides (au moins 2 oses liés par une liaison osidique)	Diosides (lactose, saccharose, maltose) Polyosides (glucides complexes)	• Molécules hydrolysables • Le lactose (galactose-glucose) est le principal glucide du lait ; le saccharose (glucose-fructose) est retrouvé dans les cellules végétales • Glycogène (réserve animale), amidon (réserve végétale), cellulose (paroi des végétaux), tous trois composés de milliers de glucose ; hétérosides

② Lipides

- Les lipides forment la matière grasse des êtres vivants.
- Ce sont des molécules essentiellement composées de C, H, O, pouvant être hydrophobes ou amphiphiles (contenant une partie hydrophobe et une partie hydrophile).
- Les plus simples des lipides sont les **acides gras**. Ils sont composés d'une longue chaîne hydrogénocarbonée associée à une fonction **acide carboxylique**. Les AG peuvent être saturés (AGS : ne possédant pas de double liaison C=C) ou insaturés (AGI : possédant au moins une double liaison C=C).
- Les composés des **acides gras** : ils libèrent par hydrolyse au moins un acide gras. On retrouve ainsi les acylglycérols, les phospholipides et les sphingolipides.
- **Les lipides isopréniques**, c'est-à-dire composés de plusieurs unités isoprènes (molécules insaturées à 5C), comprennent les **stérols** (dont le cholestérol) et les **vitamines liposolubles**.

- Les lipides sont transportés et distribués dans l'organisme **par la circulation sanguine** grâce à des complexes protéiques hydrosolubles, les **lipoprotéines** (chylomicrons, VLDL, LDL, HDL).

③ Protides

- Les protides ont essentiellement un rôle structural et fonctionnel.
- Ils sont qualifiés de molécules azotées (contiennent C, H, O, N et parfois S).

Acides aminés	• Petites molécules possédant une fonction acide carboxylique et une fonction amine • Il existe 20 acides aminés différents entrant dans la composition des protéines • Rôles multiples : structural (composent les protéines), communication (neurotransmetteurs, précurseur d'hormones, de médiateurs de l'inflammation), rôle métabolique (synthèse de glucose, d'urée...), etc.
Peptides	• Enchaînement de 2 à 50 acides aminés liés entre eux par une liaison peptidique • La plupart des peptides connus ont un rôle hormonal : ADH (ou vasopressine), oxytocine, glucagon, endorphine, etc.
Protéines	• Enchaînement de plus de 50 acides aminés liés entre eux par une liaison peptidique • Rôle indispensable dans l'activité cellulaire : transport plasmatique des gaz respiratoires (hémoglobine), des lipides (lipoprotéine) et de la bilirubine (albumine) ; défense immunitaire (anticorps ou immunoglobuline) ; contraction/mouvement cellulaire (actine/myosine) ; structure (collagène, kératine), division cellulaire (tubulines) ; communication (insuline, hormone de croissance, etc.), échanges membranaires • Les enzymes : catalyseurs de nature protéique et doués de spécificités ; notés avec le suffixe -ase (lactase, protéases)

④ Vitamines

- Groupe de molécules nutritives organiques, indispensables en petites quantités pour diverses fonctions biochimiques (métaboliques).
- Elles ne peuvent être synthétisées par l'organisme et doivent être apportées par l'alimentation (sauf la vitamine D, fabriquée par l'organisme à partir du cholestérol). En cas de déficience, on parle d'**avitaminose**.
- Il existe 2 catégories de vitamines selon leur nature biochimique et leur comportement dans l'eau : les **vitamines hydrosolubles** (vitamine C, vitamines du groupe B) et les vitamines **liposolubles** (vitamines A, D, E et K).
- La plupart des vitamines du groupe B sont des précurseurs de coenzymes des molécules nécessaires au métabolisme.
- Les vitamines ont des rôles propres (Ex : vitamines C et E : rôle antioxydant ; vitamine A : dans la vision ; vitamine D : dans l'homéostasie phosphocalcique ; vitamine K : dans la coagulation).

⑤ Acides nucléiques et nucléotides

► Les nucléotides

- Ils sont composés d'une base azotée et d'un pentose, tous deux formant un **nucléoside**, auquel peut s'ajouter un, deux ou trois phosphates.
- Ils ont principalement un **rôle structural** : les nucléotides se condensent pour former les acides nucléiques ADN et ARN.
- Les nucléotides ont également un **rôle énergétique**. Il s'agit essentiellement de l'**ATP** (adénosine triphosphate), dont l'hydrolyse libère l'énergie nécessaire à la réalisation d'un processus.

► L'ADN (acide désoxyribonucléique)

- Il est composé de deux brins, ou deux chaînes, dont l'association forme une **double hélice**.
- Chaque brin est un polymère de désoxyribonucléotides, ce dernier étant composé d'un **désoxyribose**, d'un **phosphate** et d'une **base azotée** pouvant être l'adénine (A), la thymine (T), la guanine (G) ou la cytosine (C).
- Deux bases associées par liaison H et complémentaires forment une paire de bases. A est complémentaire de T (et inversement), et G est complémentaire de C (et inversement) : c'est la **règle de complémentarité des bases**. La totalité de l'ADN d'une cellule humaine contient environ **3,2 milliards de paires de bases**.
- Une suite de nucléotides de l'ADN constitue une **séquence d'ADN** ; lorsque cette séquence code un caractère particulier, on parle de **gène**.
- L'ADN est le **support de l'information génétique**. Il assure ainsi le stockage des gènes et la transmission des caractères héréditaires au cours des générations.
- Le génome est l'ensemble du matériel génétique d'un individu. Le génome humain contient environ 22 000 gènes qui représentent ≈ 2 à 3 % du génome.

► L'ARN (acide ribonucléique)

- Tous les ARN sont issus de l'ADN par un mécanisme moléculaire, la **transcription**. Ils sont localisés essentiellement dans le cytoplasme.
- Ils diffèrent de l'ADN : plus courts, leurs nucléotides contiennent du **ribose** à la place du désoxyribose ; parmi les bases azotées, l'uracile (U) remplace la thymine (T) ; ils sont simples brins.
- Il existe différentes molécules d'ARN aux fonctions variées : ARNm (messagers), ARNt (transfert), ARNr (ribosomaux).

Structure des cellules

- Les nombreuses molécules du vivant s'assemblent pour former les cellules, structures complexes et organisées.
- La cellule est la plus petite unité structurale et fonctionnelle commune à l'organisation des êtres vivants.

① Classification des cellules

- La microscopie a permis la classification des cellules en deux catégories :
 - ♦ **les cellules eucaryotes**, possédant un noyau qui renferme le matériel génétique ; elles caractérisent **le règne animal, végétal ainsi que celui des champignons** ;
 - ♦ **les cellules procaryotes**, sans noyau mais avec un matériel génétique libre dans le cytoplasme ; elles caractérisent **les bactéries** et les **cyano-bactéries** (type de bactéries réalisant la photosynthèse).
- La microscopie optique met en évidence les 3 composants de la cellule eucaryote que sont le cytoplasme, le noyau et la membrane plasmique, et éventuellement des granulations cytoplasmiques après coloration spécifique.
- La microscopie électronique permet d'observer la structure des organites.
- Taille moyenne des cellules humaines : 10 à 25 μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$).
- Taille des bactéries : 1 à 4 μm .

► La cellule eucaryote (voir figure 2 page suivante)

- La cellule eucaryote est composée de trois principaux éléments structuraux : une membrane plasmique, un noyau et un cytoplasme.

Membrane plasmique

- Bicouche composée de phospholipides, de cholestérol (pour les cellules animales) et de protéines interagissant par l'intermédiaire de liaisons faibles
- Fonctions : frontière entre les milieux intra- et extracellulaires ; maintien de la forme de la cellule ; barrière sélective (semi-perméable) ; transports membranaires, communication intercellulaire ; cohésion tissulaire ; etc.

Noyau	• Délimité par l'enveloppe nucléaire (double membrane) • Dans le nucléoplasme (intérieur du noyau), baigne la chromatine constituée d'ADN et de protéines • Contient un à plusieurs nucléoles, régions spécialisées dans la synthèse d'ARNr
Cytoplasme	• Constitue le milieu intracellulaire • Comprend le hyaloplasme ou cytosol, phase liquide dans laquelle baignent les organites cytoplasmiques, structures spécialisées, délimités par une membrane phospholipidique et caractérisant les cellules eucaryotes. On peut citer : • réticulum endoplasmiques rugueux (maturation des protéines et support des ribosomes) et lisse (synthèse des lipides, stockage du calcium intracellulaire, détoxification des substances) • appareil de Golgi (maturation des protéines) • mitochondrie (siège de nombreuses réactions métaboliques : phosphorylation oxydative, cycle de Krebs, déclenchement de l'apoptose) • lysosome (dégradation de substances intra- et extracellulaires, phagocytose, etc.) • péroxysome (détoxification, métabolisme des lipides, etc.)
Cytosquelette	• Ensemble de protéines fibreuses, nucléaires ou cytoplasmiques, associées en polymères • Responsables de la forme des cellules mais aussi de leurs mouvements et du déplacement des organites
Centrosome (= 2 centrioles)	Structure tubulaire impliquée dans la division cellulaire

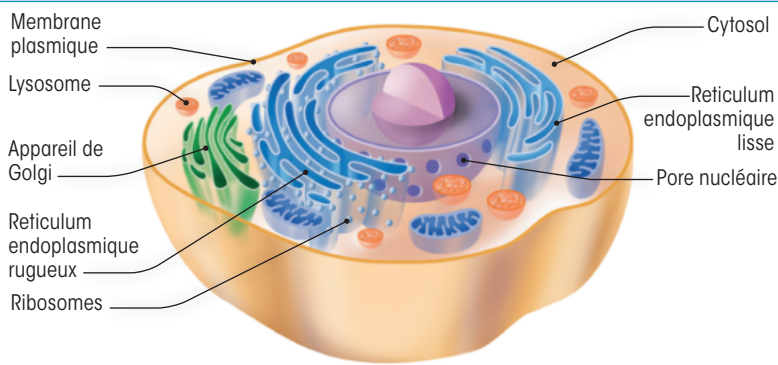


Figure 2 : Schéma d'une cellule eucaryote et de ses principaux organites

► La cellule procaryote

- Elle est définie par l'**absence de noyau**.
- Le **matériel génétique** se trouve dans le cytoplasme sous la forme d'un chromosome bactérien unique et circulaire.
- Elle concerne les **bactéries** et les **cyanobactéries**.
- L'identification d'une bactérie repose sur son observation microscopique optique : réalisation de la **coloration de Gram** pour distinguer deux types de bactéries :
 - ◊ bactéries Gram+ à la paroi épaisse, colorées en violet ;
 - ◊ bactéries Gram- à la paroi fine, colorées en rose.
- Les bactéries sont dépourvues d'organites mais possèdent des ribosomes leur assurant les synthèses protéiques.
- Les bactéries se divisent par **scissiparité** (ou **division binaire**, mode de multiplication asexuée qui se réalise par division de l'organisme).
- Les bactéries peuvent également être classées selon leur forme. On distingue ainsi principalement les **cocci** (forme sphérique) et les **bacilles** (forme en bâtonnet).
- Certaines bactéries disposent d'éléments facultatifs, c'est-à-dire présents en plus des principaux éléments structuraux. Parmi ces éléments facultatifs on peut citer les **flagelles** (structure filamenteuse nécessaire à la mobilité), les **plasmides** (petits ADN circulaires extra-chromosomiques apportant un avantage sélectif), une **capsule** (rôle protecteur), etc.

② Échanges membranaires entre milieux intra- et extracellulaire

- La membrane plasmique assure un rôle de frontière entre les deux milieux.
- Elle est semi-perméable : les substances transitent entre les deux milieux au moyen de plusieurs types de transports.

► Transport passif

- Les substances se déplacent au travers de la membrane plasmique **suivant leur gradient de concentration**, soit du milieu où elles sont le plus concentrées vers le milieu où elles sont le moins concentrées, de manière passive. C'est un processus non consommateur d'énergie.
- On distingue la **diffusion simple**, mode de transport au cours duquel la substance traverse librement la membrane (cas de l'O₂, du CO₂, de l'eau), et la

diffusion facilitée au cours de laquelle la substance traverse la membrane à l'aide d'un transporteur protéique membranaire (ex : protéine canal pour les ions Na^+ , K^+ ; protéines porteuse GluT pour le glucose ; etc.).

► Transport actif

- Les substances se déplacent **contre leur gradient de concentration**, ce qui nécessite de l'énergie.
- **Deux types : primaire** (énergie fournie par l'hydrolyse d'une molécule d'ATP) et **secondaire** (énergie fournie par le cotransport d'un autre soluté qui suit son gradient de concentration).

► Transport par déformation de membranes

- Certaines particules et molécules de grande taille sont trop grosses (protéines par exemple) pour franchir la membrane plasmique : des mouvements de la membrane sont alors nécessaires pour évacuer ou ingérer ces substances. On distingue deux modes de transport, tous deux consommateurs d'énergie :
 - ◇ **l'exocytose** : les substances intracellulaires sont enfermées dans des vésicules qui fusionnent avec la membrane plasmique afin de déverser leur contenu dans le milieu extracellulaire (Ex : neurotransmetteur et communication neuronale) ;
 - ◇ **l'endocytose** : la cellule absorbe les particules en les englobant dans des vésicules par invagination de la membrane plasmique (Ex : **phagocytose** des bactéries par les macrophages, une catégorie de globules blancs).

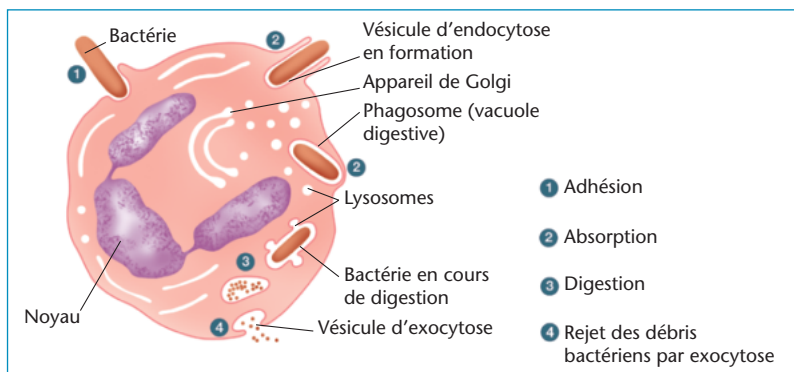


Figure 3 : Étapes de la phagocytose

Métabolisme cellulaire

① Principes généraux du métabolisme

- Les nombreuses réactions chimiques qui se déroulent dans les cellules constituent le métabolisme cellulaire. Les molécules impliquées sont qualifiées de **métabolites**.
- Ces réactions nécessitent pour la plupart l'action d'enzymes et comprennent deux grandes voies antagonistes :
 - ◇ **anabolisme** : ensemble des réactions de synthèse qui nécessitent de l'énergie ;
 - ◇ **catabolisme** : ensemble des réactions du métabolisme qui dégradent les molécules complexes en molécules plus simples pouvant à leur tour être dégradées. Les réactions du catabolisme libèrent de l'énergie dont une partie est récupérée et stockée dans une molécule, l'**ATP** (adénosine triphosphate) ; le reste est converti en chaleur dont une part permet le maintien de la température corporelle.

② Métabolisme glucidique

► Catabolisme du glucose

- Le glucose est le principal substrat énergétique des cellules.
- La dégradation complète d'une molécule du glucose nécessite du O_2 et aboutit à la formation de CO_2 et H_2O . Le rendement énergétique est alors élevé (38 ATP/glucose).
- Trois voies métaboliques successives sont nécessaires pour conduire à ce résultat : la **glycolyse** ; le **cycle de Krebs** ; la **phosphorylation oxydative**.
- La glycolyse a lieu dans le cytoplasme, tandis que le cycle de Krebs et la phosphorylation oxydative ont lieu dans la mitochondrie.
- Cette réaction d'oxydation est appelée **respiration cellulaire aérobie**. En absence de O_2 la dégradation est incomplète et forme de l'**acide lactique** : c'est la **fermentation lactique**. Le rendement énergétique y est alors plus faible (2 ATP produits par molécule de glucose dégradée).
- La forme de réserve et de stockage du glucose est le glycogène.

- L'ensemble des réactions qui consistent à dégrader le glycogène pour libérer plusieurs molécules de glucose est appelé **glycogénolyse**. Le glycogène est stocké dans le **foie** et les **muscles striés** : il peut contenir plusieurs milliers d'unités de glucose et donc assurer une réserve énergétique de plusieurs heures pour l'organisme.

► Anabolisme du glucose et du glycogène

- La **glycogénogenèse** est l'ensemble des réactions qui consistent à assembler plusieurs molécules de glucose pour former le glycogène.
- La **néoglucogenèse** est l'ensemble des réactions qui consistent à fabriquer du glucose à partir de molécules non glucidiques (acide lactique, glycérol, certains acides aminés), essentiellement par le foie.

③ Métabolisme lipidique

► Catabolisme des lipides

- Les acides gras sont dégradés par la plupart des cellules (à l'exception des globules rouges et des neurones) pour produire de l'ATP. Cette dégradation a lieu dans la mitochondrie au cours du processus de **bêta-oxydation** dont le rendement énergétique par acide gras dégradé est bien supérieur à celui du glucose.
- Ces acides gras ont une double origine :
 - ◊ exogène, liée à l'alimentation (période post-prandiale) ;
 - ◊ endogène, liée à la **lipolyse** adipocytaire (période interprandiale).
- La réserve énergétique lipidique est située dans le **tissu adipeux** (cellules adipeuses ou adipocytes). Cette réserve est sous la forme de **triacylglycérols** (ou triglycérides).

► Anabolisme lipidique

- L'excès d'acide gras absorbé est mis en réserve et stocké sous forme de triacylglycérols dans le tissu adipeux (= **lipogenèse**).
- Les cellules du foie (principalement) et celles du tissu adipeux sont capables de réaliser dans leur cytosol la synthèse d'acide gras à partir de produits de la dégradation du glucose, de certains acides aminés et de l'alcool (par le foie).
- La **cétogenèse** hépatique est la synthèse des **corps cétoniques** par le foie (molécules énergétiques de substitution au glucose) pour faire face au jeûne, après 3 à 5 jours de privation.

- Les corps cétoniques sont libérés dans le sang et distribués principalement aux myocytes cardiaques et squelettiques, et un peu aux neurones : après plusieurs jours de jeûne, les corps cétoniques deviennent la principale source d'énergie pour le cerveau (70 %).

④ Métabolisme protidique

► Anabolisme protidique

- Contrairement au glucose et aux acides gras, il n'existe pas de forme de mise en réserve et de stockage des protéines.
- Dans les cellules, l'anabolisme des protéines (**protéosynthèse**) consiste en la formation de liaisons peptidiques entre les acides aminés pour créer de nouvelles protéines.
- Le type de protéines synthétisées dépend du programme génétique des cellules (**voir fiche 16 page 46**).

► Catabolisme protidique

- C'est un processus continu qui consiste en la dégradation des protéines (**protéolyse**) lors du renouvellement cellulaire, ceci afin de récupérer des acides aminés qui serviront à la synthèse ultérieure de nouvelles protéines.
- La catabolisme des acides aminés consiste à séparer la partie carbonée de la partie azotée des acides aminés : formation d'**ammoniac** (molécule toxique) éliminé par le foie en formant l'**urée**.

⑤ Métabolisme des bases puriques

- Les **bases puriques**, bases azotées constitutives de l'ADN et de l'ARN, ont deux principales origines :
 - ♦ une origine exogène : les acides nucléiques (issus de l'alimentation), sont dégradés par des enzymes du métabolisme cellulaire en nucléotides, nucléosides puis en bases puriques (adénine ou guanine) ;
 - ♦ une origine endogène : dégradation des acides nucléiques endogènes lors du renouvellement cellulaire ou de la lyse cellulaire, et de la purino-synthèse (qui se déroule dans le foie essentiellement).
- La dégradation de ces bases puriques conduit à l'**acide urique**, un déchet normal de l'organisme sain.
- Acide urique et urée forment ainsi des **déchets azotés** qui seront excrétés dans les urines. La goutte résulte d'un excès d'acide urique dans le sang, ou **hyperuricémie**.

Cycle cellulaire

- Dans les heures qui suivent la fécondation, la **cellule-œuf** formée (ou **zygote**) entame de nombreux cycles cellulaires qui vont contribuer à la croissance des tissus et des organes pour former un individu composé de plusieurs centaines de milliards de cellules une fois adulte.
- On distingue deux types de cycles cellulaires : l'un concerne toutes les cellules de l'organisme qualifiées de **cellules somatiques**, et l'autre concerne les **cellules sexuelles** (ou **gamètes**).

① Cycle cellulaire des cellules somatiques

- Les cellules somatiques possèdent toutes 23 paires de chromosomes chez l'homme (elles sont dites **diploïdes** : $2n = 46$).
- Une cellule mère somatique donne naissance à deux cellules-filles identiques.
- Le cycle cellulaire des cellules somatiques permet d'assurer la croissance des tissus durant les périodes embryonnaires, fœtales et juvéniles de la vie, et le renouvellement des cellules mortes.
- La durée d'un cycle est variable selon le type cellulaire.
- Deux grandes phases :
 - ◇ **l'interphase** qui correspond à 90 % de la durée d'un cycle. Elle comprend 3 phases : **G1** (croissance et métabolisme intense), **S** ou **réplication** (la quantité d'ADN est multipliée par deux ; les deux molécules d'ADN identiques ainsi créées formeront les deux chromatides des chromosomes) et **G2** (préparation à la mitose) ;
 - ◇ **la mitose (ou phase M ou division cellulaire)** en 4 phases : **prophase**, **métaphase**, **anaphase**, **télophase**. Au cours de ces phases, l'enveloppe nucléaire se fragmente, les 46 molécules d'ADN de la cellule se condensent en une forme visible au microscope optique (les **chromosomes métaphasiques**) et il y a formation d'un fuseau de division (ou fuseau mitotique). Chaque chromosome métaphasique est formé de deux chromatides génétiquement identiques (cf. phase S de l'interphase) qui se séparent au cours de l'anaphase pour être ensuite distribués et dé-condensés dans les deux cellules filles qui se forment lors de **la cytotéièrese**.

- **La quiescence** correspond à la phase G0 du cycle. C'est un état de repos au cours duquel la cellule ne se divise pas.

© A.C.R.

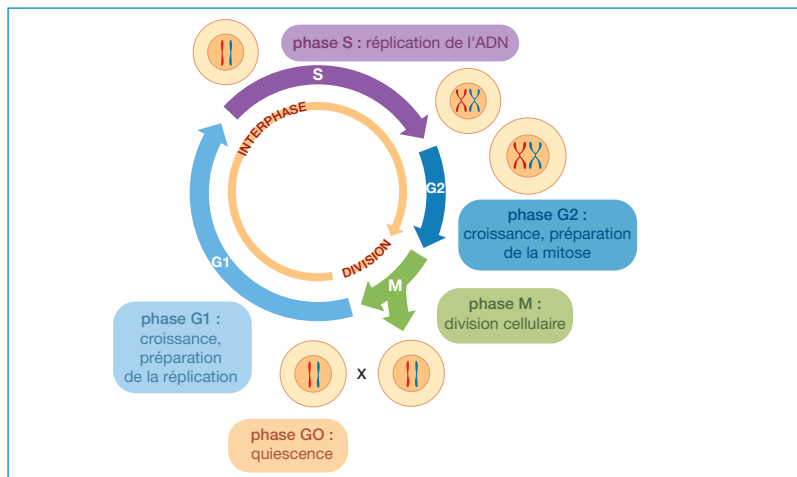


Figure 4 : Les différentes phases du cycle cellulaire

② Cycle cellulaire des cellules sexuelles

- Ce cycle se déroule dans les gonades, ou glandes sexuelles (testicules chez l'homme ; ovaires chez la femme), au cours du processus de **gamétogenèse**. Il concerne donc les cellules sexuelles, ou **gamètes** : spermatozoïdes et ovocytes.
- Les cellules sexuelles contiennent 23 chromosomes (elles sont dites **haploïdes**, $n = 23$), soit deux fois moins que les autres cellules, ceci afin d'éviter un doublement de la quantité d'ADN au moment de la fécondation (fusion spermatozoïde/ovocyte).
- Le processus qui consiste à diviser par deux la quantité d'ADN s'appelle la **méiose** : elle permet de passer d'une cellule diploïde, à $2n$ chromosomes, à 4 cellules-filles haploïdes à n chromosomes.
- La durée de la méiose dure de trois semaines (gamètes masculins) à plusieurs décennies (gamètes féminins).
- Elle nécessite deux divisions : la **méiose réductionnelle** (ou méiose I) (séparation des chromosomes homologues) et la **méiose équationnelle** (ou méiose II) (séparation des chromatides de chaque chromosome homologue). Les deux divisions se succèdent.

- On retrouve pour chacune des divisions les mêmes 4 étapes que dans la mitose (**voir figure 6 page 97**).
- À la différence de la mitose, la méiose permet de former des cellules sexuelles génétiquement différentes de l'organisme qui les fabrique, par des **brassages génétiques** intra- et interchromosomiques, garantissant ainsi **l'unicité génétique de l'individu** formé à la descendance.

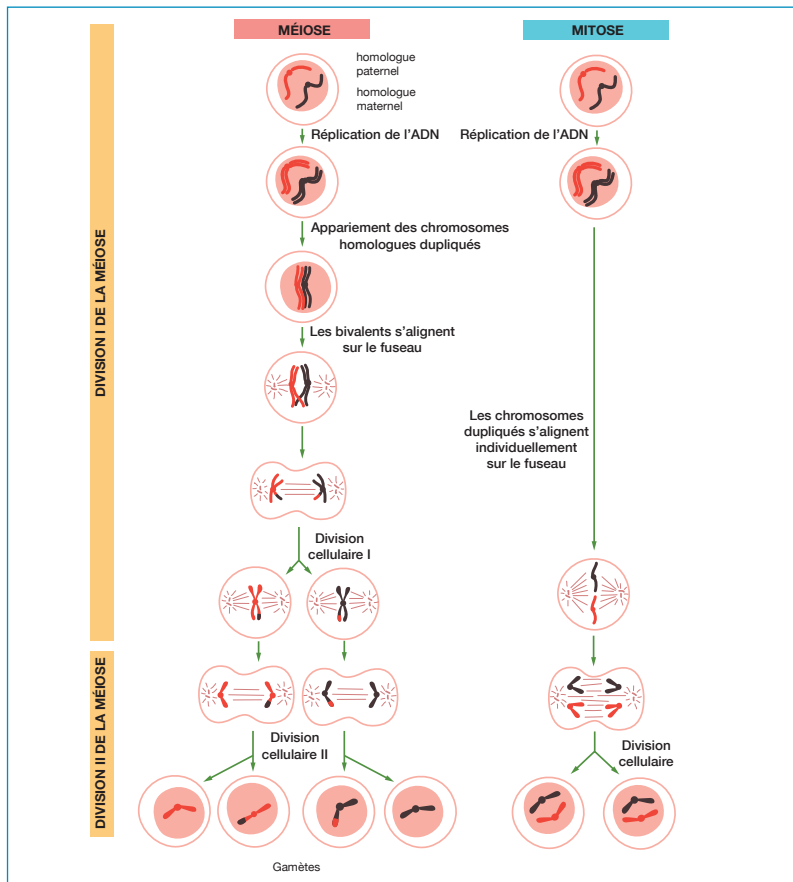


Figure 5 : Bilan comparatif mitose/méiose

Des cellules souches à la différenciation cellulaire

- Toutes les cellules d'un organisme multicellulaire possèdent le même patrimoine génétique car elles sont toutes issues de la même **cellule œuf** (ou zygote) formée au cours de la fécondation.
- Passer de la cellule œuf aux nombreuses cellules différenciées et spécialisées de l'organisme (cellule du foie, du pancréas, neurone, etc.) nécessite des processus de différenciation cellulaire qui ont pour origine les **cellules souches**.
- Les cellules souches sont classées selon leur potentiel de différenciation.

① Les cellules souches

► Types de cellules souches

Totipotentes	• Cellules issues des premières divisions de la cellule œuf (jusqu'au 4^e jour), capables de donner naissance à tous les types de cellules de l'organisme • Ce sont les seules à permettre le développement complet d'un individu
Pluripotentes	• Cellules souches embryonnaires issues d'un embryon de 5 à 7 jours • Elles peuvent donner naissance à plus de 200 types cellulaires représentatifs de tous les tissus de l'organisme
Multipotentes	Cellules fœtales et adultes capables de donner naissance à plusieurs types cellulaires spécifiques d'une lignée cellulaire. (Ex. : l'hémocytoblaste qui donne les cellules du sang)
Unipotentes	Cellules ne fournissant qu'un seul type cellulaire (foie, peau, cerveau, etc.), mais capables d'auto-régénération, ce qui les distingue des cellules précurseurs

► Rôles des cellules souches

- **Développement embryonnaire** : les cellules souches embryonnaires sont à l'origine des 3 feuillets embryonnaires, **endoderme**, **mésoderme**, **ectoderme**. Par exemple, l'endoderme produit les cellules du poumon et du pancréas ; et l'ectoderme celles de la peau et du système nerveux.

- **Renouvellement** naturel des tissus lié à la mort cellulaire : cela concerne les cellules souches adultes, comme les cellules souches hématopoïétiques qui régénèrent en continu les cellules du sang (un globule rouge vivant en moyenne 120 jours), ou des cellules souches intestinales qui assurent tous les 2 à 5 jours le renouvellement de l'épithélium intestinal.
- Développement d'un tissu en lien avec un phénomène **d'adaptation**. Ex : les cellules musculaires qui augmentent en nombre chez le sportif ; l'utérus augmentant de taille durant la grossesse. L'hippocampe du système nerveux central contient des cellules souches impliquées dans la neurogenèse (rôle notamment dans la mémoire épisodique).

② Le principe de la différenciation cellulaire

- Deux types de division cellulaire de la part des cellules souches :
 - ◊ une division symétrique générant deux cellules souches identiques ;
 - ◊ une division asymétrique générant d'un côté une **cellule progénitrice**, cellule plus différenciée, de l'autre une cellule souche.
- Les cellules souches progénitrices subissent de nombreuses mitoses et une maturation/différenciation. De plus en plus mûres, tout en continuant à se diviser, elles deviennent des **cellules d'amplifications transitoires (CAT)** qui vont progressivement cesser de se diviser. Elles poursuivent leur différenciation jusqu'à donner des cellules mûres, différenciées, dotées de tout le matériel nécessaire à leur fonction.

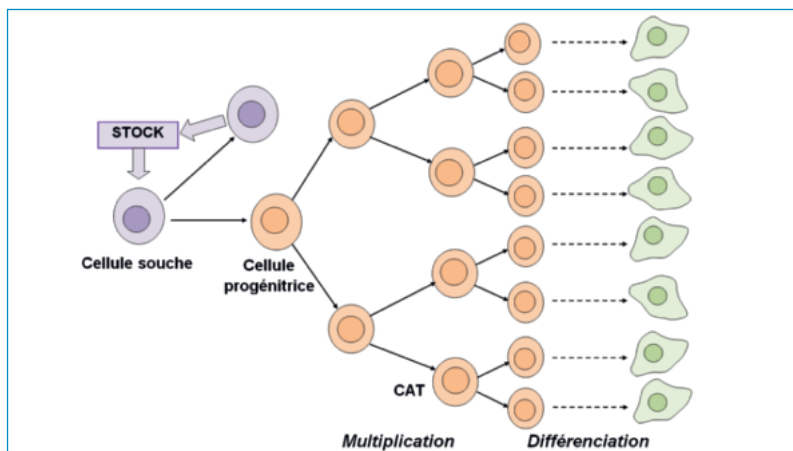


Figure 6 : Le principe de la différenciation cellulaire

La mort cellulaire

① Définitions

► Apoptose

- C'est la **mort cellulaire programmée** ou suicide cellulaire, processus par lequel une cellule engage des réactions aboutissant à son autodestruction en réponse à un des signaux intra- ou extracellulaires.
- Elle contribue à l'homéostasie cellulaire et prévient l'apparition de cellules anormales (cellule cancéreuse ou cellule infectée). Exemples de rôles physiologiques :
 - ◊ dans le développement : émergence des doigts de la main au cours de la vie embryonnaire, disparition de l'appendice caudal chez le fœtus ;
 - ◊ dans l'immunité : après une infection, mort des lymphocytes par apoptose quelques jours après avoir été mobilisés.

► Nécrose

C'est la **mort cellulaire non physiologique**, ou « **accidentelle** », prématurée et non programmée : la cellule rencontre une situation extrême qui aboutit à des lésions cellulaires caractéristiques et pouvant être néfastes pour l'environnement de la cellule nécrosée.

② Voies conduisant à l'apoptose

- La **voie extrinsèque** est déclenchée par un signal extérieur à la cellule qui peut provenir de l'interaction par contact direct avec des lymphocytes T cytotoxiques (qui détruisent les cellules tumorales ou infectées), la diminution voire la perte de facteurs de croissance, certaines hormones (glucocorticoïdes) et la perte de contact de la cellule avec son environnement.
- La **voie intrinsèque** : la mitochondrie libère des composants pro-apoptotiques en réponse à des signaux internes (lésions de l'ADN, diminution de la taille des télomères, etc.).
- Ces deux voies conduisent à l'activation de protéases, les **caspases**, responsables de la dégradation de nombreuses protéines impliquées dans l'intégrité de la cellule.

La communication intercellulaire

① Définition

- La **communication intercellulaire** qualifie l'ensemble des modes de communication permettant aux cellules d'interagir entre elles et d'interpréter les différents signaux provenant de leur environnement afin d'y répondre de manière adaptée.
- Il existe plusieurs types de communication, selon la distance entre les cellules et les modalités d'interaction.

② Communications par contact direct

► Permanent

- Des **jonctions communicantes**, ou jonctions Gap, assurent le rôle de pont entre les cytoplasmes de deux cellules en contact. Elles permettent à plusieurs cellules d'un même tissu ou organe d'agir de manière synchrone (syncytium fonctionnel).
- Elles ont plusieurs rôles :
 - ◊ maintien du pH intracellulaire ;
 - ◊ couplage métabolique par l'échange de nutriments ou de seconds messagers ;
 - ◊ couplage électrique par des échanges d'ions (ex : synchronisation des contractions des cellules musculaires cardiaques).

► Transitoire

Mode de communication transitoire entre deux cellules par l'intermédiaire de molécules de surfaces spécialisées = **communication juxtacrine**, que l'on rencontre le plus souvent chez les cellules immunitaires.

③ Communications par messagers chimiques

Un messenger chimique est synthétisé et libéré par une cellule émettrice suite à une stimulation appropriée.

► Modes de communication

Communication paracrine	Les messagers chimiques libérés agissent localement sur les cellules situées dans l'environnement immédiat (ex. : l'histamine agit sur les cellules endothéliales et les myocytes lisses de la paroi des vaisseaux sanguins, favorisant ainsi la vasodilatation)
Communication autocrine	Le messager chimique, hormone ou cytokine (molécule de l'immunité), agit sur la cellule émettrice qui l'a produit et libéré. La cellule émettrice joue donc ici le rôle de cellule cible
Communication synaptique	Concerne les neurones et les cellules cibles qu'ils innervent. C'est une communication paracrine spécialisée qui intervient au cours de la transmission synaptique : en réponse à un influx nerveux, ou potentiel d'action, les neurones libèrent par exocytose une substance (le neurotransmetteur) qui diffuse dans un espace très mince pour se fixer sur un récepteur membranaire de la cellule cible
Communication endocrine	Les messagers chimiques, qualifiés d' hormones , sont synthétisés par des cellules endocrines et libérés dans le sang. De cette façon, les hormones peuvent agir sur des cellules cibles situées à distance de leur lieu de sécrétion

► Types de messagers

Messagers hydrophiles	• Ils agissent sur la cellule cible en se fixant sur un récepteur protéique membranaire dont on distingue trois types : récepteurs couplés aux protéines G (RCPG) ; récepteurs enzymes ; récepteurs canaux • Ces récepteurs déclenchent ensuite des réactions intracellulaires
Messagers lipophiles ou liposolubles (hormones stéroïdiennes et thyroïdiennes)	• Ils agissent sur un récepteur intracellulaire après avoir traversé la membrane plasmique de leur cellule cible • Ces récepteurs agissent ensuite au niveau des gènes

Cas du **monoxyde d'azote (NO)** : molécule gazeuse, elle a la capacité de diffuser localement dans l'environnement des cellules qui le produisent mais aussi de traverser directement les membranes plasmiques des cellules cibles.

L'organisation des cellules en tissus

① Définitions

- Un **tissu biologique** est un assemblage de cellules, le plus souvent semblables, de même origine et dont l'ensemble concourt à une même fonction.
- On distingue 4 grands types de tissus dans l'organisme : épithélial, conjonctif, musculaire et nerveux.
- Ces tissus s'associent en des combinaisons multiples pour former un **organe**.

② Épithéliums ou tissus épithéliaux

- Les tissus épithéliaux sont composés de **cellules jointives** reposant sur une **lame basale**, de nature protéique, qui assure la cohésion au tissu conjonctif sous-jacent.
- Ils sont **innervés** et **non vascularisés** (dépourvus de vaisseaux sanguins), d'où sa fragilité et le besoin permanent de renouveler les cellules qui le composent.
- Les cellules épithéliales possèdent des particularités anatomiques :
 - ◇ peuvent être de forme cubique, cylindrique ou pavimenteuse ;
 - ◇ disposent de deux pôles (ou extrémités) : l'un apical (au contact du milieu extracellulaire), l'autre basal (au contact de la lame basale).
- On distingue deux types d'épithéliums selon leur structure :
 - ◇ épithéliums de **revêtement** : fonctions de protection ou d'échanges (peau, intestin grêle, alvéoles pulmonaires) ;
 - ◇ épithéliums **glandulaires**, ou glandes, doués de sécrétion **exocrine** (glandes salivaires, lacrymales) ou **endocrine** (thyroïde, hypophyse, etc.). Les glandes à la fois exocrine et endocrine sont dites amphicrines (ex : pancréas).

③ Tissus conjonctifs

- Ils sont composés de **cellules non jointives** réparties dans un environnement composé de fibres protéiques (collagène, élastine, etc.) et d'une substance fondamentale (SF), sorte de gel dont la teneur en eau est à l'origine des différents degrés de viscosité de la substance fondamentale.
- Ils sont majoritairement **vascularisés**, contrairement aux épithéliums.

- On retient trois principaux types :
 - ◊ **lâches**, riches en cellules (tissus aréolaire, tissu adipeux, etc.) ;
 - ◊ **denses**, riches en fibres protéiques (tissus tendineux, etc.) ;
 - ◊ **à SF particulière** (tissu osseux, tissu cartilagineux, tissu sanguin, etc.).

④ Tissu musculaires

- Ils sont composés de cellules musculaires, ou **myocytes**, spécialisées dans la fonction de contraction.
- On distingue trois types de tissu musculaire (**voir fiche 14 page 40**) :
 - ◊ tissu musculaire **squelettique**, rattaché au squelette par des tendons, et qui assure la locomotion et les expressions du visage (contraction volontaire, à l'inverse des deux autres) ;
 - ◊ tissu musculaire **cardiaque**, qui compose le myocarde dont la contraction propulse le sang dans les vaisseaux sanguins ;
 - ◊ tissu musculaire **lisse**, qui compose la paroi des organes creux (tube digestif, vaisseau, etc.) et dont la contraction permet la progression d'un contenu (aliments, sang, etc.).

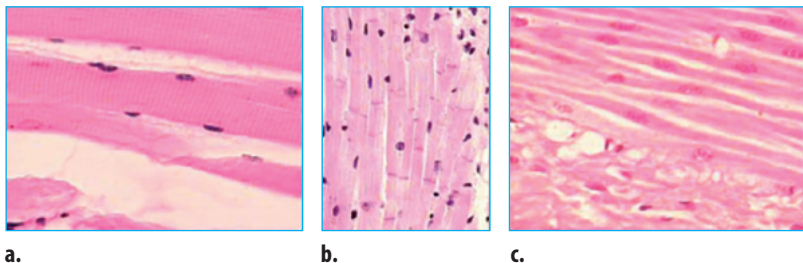


Figure 7 : Muscle strié squelettique (a) – muscle strié cardiaque (b) – muscle lisse (c)
(observation au microscope optique)

⑤ Tissu nerveux

- Ils sont composés de deux types de cellules :
- **les neurones**, ou cellules nerveuses, spécialisées dans la réception, l'intégration et la transmission des messages nerveux dans l'organisme ;
 - **les cellules gliales**, ou **gliocytes**, assurant protection, nutrition et entretien des neurones. L'ensemble des cellules gliales forment la **névroglie**. Elles sont non excitables et ne génèrent pas de message nerveux.

Le neurone, les nerfs et les synapses

Les neurones, ou cellules nerveuses, sont des cellules excitables qui forment un réseau câblé ; celui-ci parcourt tout l'organisme et permet des communications au sein du système nerveux, et entre le système nerveux et les organes périphériques.

① Le neurone

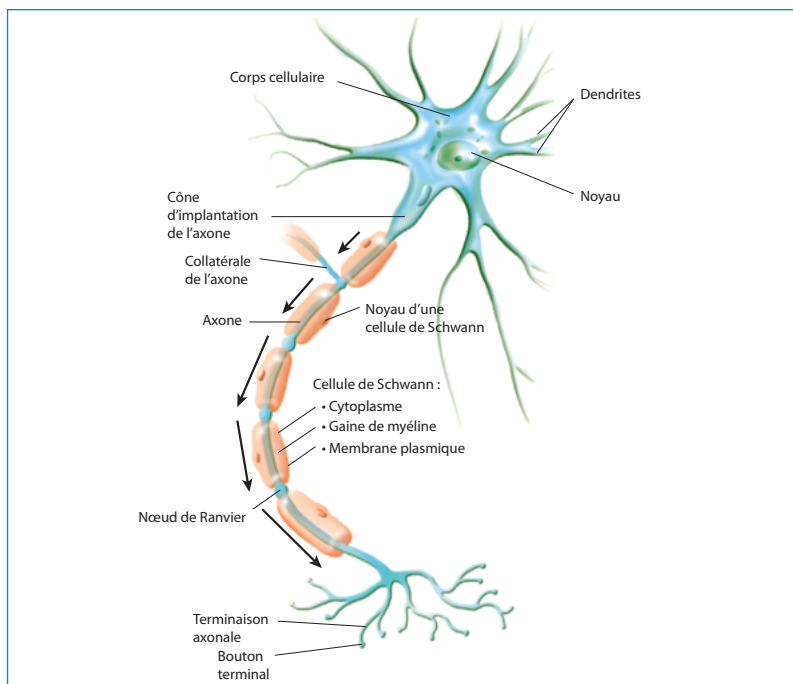


Figure 8 : Structure générale d'un neurone

- Le neurone est constitué :
 - d'un **corps cellulaire** contenant noyau, cytoplasme et organites habituels des cellules ;
 - de **dendrites, prolongements courts, ramifiés et multiples**, qui sont les structures réceptrices du neurone : elles reçoivent les informations issues de la périphérie du neurone et les transmettent au corps cellulaire ;
 - d'un **axone unique** qui est la structure conductrice du neurone, il se divise en terminaisons axonales dont les extrémités bulbeuses forment les boutons terminaux ou synaptiques. L'axone transmet l'information nerveuse sous la forme de potentiels d'action, depuis le corps cellulaire jusqu'aux boutons synaptiques.
- Les axones sont pour la plupart **myélinisés**, c'est-à-dire recouverts d'une gaine de **myéline**, riche en lipides membranaires, notamment en myéline. De petites sections en sont dépourvues : **les nœuds de Ranvier**.
- Les propriétés isolantes de la gaine de myéline et les nœuds de Ranvier permettent la circulation rapide de l'influx nerveux le long de l'axone.

② Les nerfs

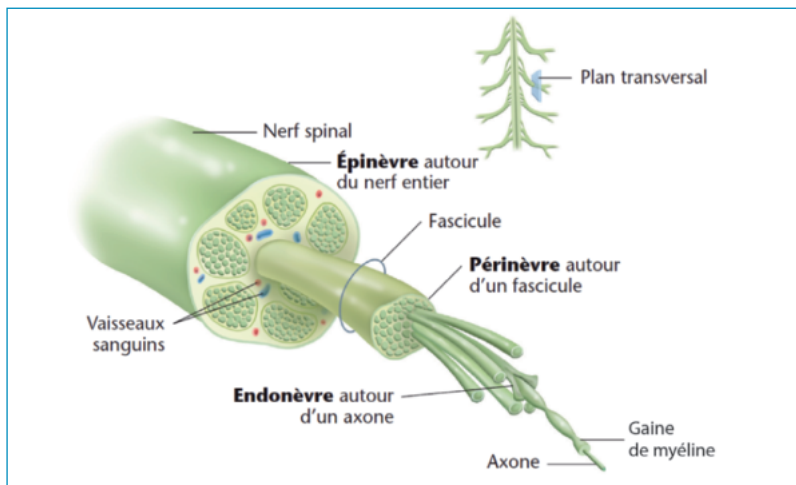


Figure 9 : Structure d'un nerf en coupe transversale

- L'assemblage des axones des neurones forme les nerfs. Ils constituent le lien entre le système nerveux central (encéphale et moelle épinière) et le reste du corps. Au sein d'un nerf, chaque axone est entouré d'une couche de tissu conjonctif, l'**endonèvre**.
- Les axones sont groupés en **fascicules**, entourés par une enveloppe de tissu conjonctif, le **périnèvre**.
- Les fascicules sont enveloppés par l'**épinèvre**.
- On distingue deux types de nerfs : les **nerfs crâniens**, issus de l'encéphale (en particulier du tronc cérébral), et les **nerfs rachidiens** (ou spinaux) issus de la moelle épinière.

③ Les synapses

- La synapse désigne une zone de contact fonctionnelle qui s'établit entre deux neurones, ou entre un neurone et une autre cellule (cellule musculaire, glandulaire, etc.).
- La synapse comporte la jonction entre un **bouton (pré)synaptique** d'un neurone et la membrane plasmique d'une autre cellule qualifiée de **post-synaptique**.
- En moyenne, chaque axone donne lieu à une ramification de 2000 boutons synaptiques.
- La communication entre neurone et cellule postsynaptique constitue la **transmission synaptique**.
- D'un point de vue anatomique, on distingue deux types de synapses :
 - ◇ **synapse électrique** : communication directe entre le neurone présynaptique et la cellule postsynaptique grâce à des jonctions communicantes ;
 - ◇ **synapse chimique** : communication caractérisée par la libération d'une substance chimique, le **neurotransmetteur**, dans un espace mince de 20 à 50 nm (= **fente synaptique**).

La transmission du message nerveux

1 Les potentiels de membrane

- La communication nerveuse nécessite un mode d'activation des neurones qui passe par des modifications caractéristiques de leur **potentiel de membrane**.
- On en distingue deux types :
 - ♦ **les potentiels gradués** qui sont des modifications d'amplitude variable du potentiel de membrane ; ils sont proportionnels à l'intensité de stimulation, localisés et décrémenteils. Il s'agit le plus souvent de dépolarisations causées par un stimulus spécifique et à l'origine de la genèse des potentiels d'action ;
 - ♦ **les potentiels d'action (PA)** : mode d'expression du message (ou influx) nerveux. Le PA est une variation rapide, brève et importante du potentiel de membrane. Nécessite un seuil de déclenchement, garde la même amplitude quelle que soit l'intensité de stimulation, est non décrémenteil et se propage sur de longues distances. Il est constitué de 3 phases : **dépolarisation, repolarisation, hyperpolarisation**.

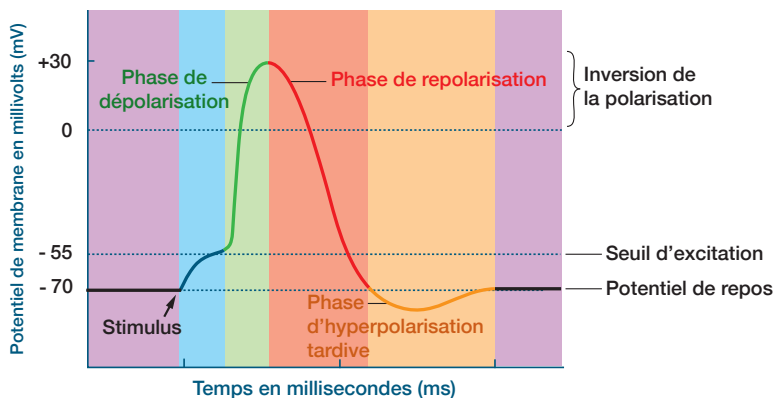


Figure 10 : Les phases de potentiel d'action

② La propagation du potentiel d'action

- Dès que le seuil d'excitation du neurone est atteint, un PA naît au niveau d'une région de l'axone appelée segment initial ou cône d'implantation ; le PA est transmis automatiquement grâce à deux types de conduction :
 - ◇ la **conduction contiguë** (lente ; axone non myélinisé) ;
 - ◇ la **conduction saltatoire** (rapide ; axone myélinisé ; le PA saute de nœud de Ranvier en nœud de Ranvier).
- Plusieurs facteurs influencent la vitesse du PA : elle augmente avec le diamètre de la fibre nerveuse et la température. D'autres paramètres influent sur la vitesse, comme le pH, la concentration en ions, etc.
- Le PA se propage ainsi le long de l'axone jusqu'à l'arborisation terminale de celui-ci. Le neurone est alors contraint de transmettre son information nerveuse à la cellule avec laquelle il est en contact : c'est la **transmission synaptique**.

③ La transmission synaptique

- Elle se compose des étapes suivantes : le PA arrive au niveau du bouton synaptique, ce qui déclenche la libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique ; le neurotransmetteur se fixe alors sur un récepteur de la membrane de la cellule postsynaptique ; il en résulte un flux d'ions à l'origine d'une variation du potentiel de la membrane postsynaptique : le **potentiel postsynaptique** (PPS). Celui-ci peut être **excitateur** (PPSE) ou **inhibiteur** (PPSI).
- Un neurone, par les neurotransmetteurs qu'il libère, est soit excitateur soit inhibiteur, jamais les deux.
- Dans le système nerveux, un même neurone reçoit des PPSE et des PPSI. Il forme un PPS global qui, s'il atteint un certain seuil, génère un PA. Le neurone produit ainsi un message nerveux unique et adapté en réponse à ces signaux : c'est l'**intégration synaptique**.
- Ce PPS global peut être obtenu de deux façons :
 - ◇ par **sommation spatiale** : un même neurone reçoit simultanément des informations provenant de plusieurs neurones différents, excitateurs et/ou inhibiteurs ;
 - ◇ par **sommation temporelle** : un même neurone reçoit une succession rapide d'informations provenant d'un autre neurone.

Les muscles et la cellule musculaire

- Les muscles représentent 40 à 50 % du poids corporel d'un individu adulte de sexe masculin.
- On dénombre 656 muscles dans le corps humain.
- On distingue trois types de muscles.

① Muscle strié squelettique

- Ce sont les muscles rattachés aux os du squelette par les tendons.
- Ce sont des muscles contrôlés par le système nerveux somatique (à **commande volontaire**).

► Structure et organisation

- Organisation longitudinale, comprenant plusieurs **faisceaux musculaires** regroupant chacun des centaines de cellules de grande taille nommées **myocytes** ou **fibres musculaires striées**.
- Un myocyte strié est de forme cylindrique, allongée (jusqu'à plusieurs cm), plurinucléé (plusieurs noyaux), composé d'un **cytoplasme** (ou **sarcoplasme**) contenant un **cytosquelette** formé de longs cylindres appelés **myofibrilles** décomposées en **myofilaments**.
- La membrane plasmique (ou **sarcolemme**) présente des invaginations appelées tubules transverses ou tubules T.
- Quatre propriétés caractéristiques : extensibilité, excitabilité, contractilité, élasticité.

► Contraction musculaire

- Elle est due au raccourcissement des **sarcomères** qui sont les unités contractiles du muscle.
- Un sarcomère est une portion de myofibrilles qui sont principalement de deux types :
 - ◊ les (myo)filaments épais de **myosine** ;
 - ◊ les (myo)filaments fins d'**actine**, associées à la **troponine** et la **tropomyosine**.

- L'organisation des filaments épais et des filaments fins au sein du sarcomère met en évidence une **bande H** et une **bande A (ou sombre)** au centre, et deux **demi-bandes I (ou claires)** délimitées par deux **stries Z**.
- Au cours de la contraction, les bandes I diminuent de longueur, mais pas la bande A, et la bande H tend à disparaître. Ceci est lié au glissement des filaments épais de myosine sur les filaments fins d'actine sans qu'il y ait modification de longueur de ces deux types de filaments.
- La contraction nécessite ATP et Ca^{2+} . L'ATP se fixe sur les têtes de myosine, et le Ca^{2+} sur la troponine.
- La relaxation est permise par la baisse du Ca^{2+} intracellulaire : l'interaction actine /myosine s'interrompt, les filaments glissent séparément et les sarcomères reviennent à leur longueur initiale.

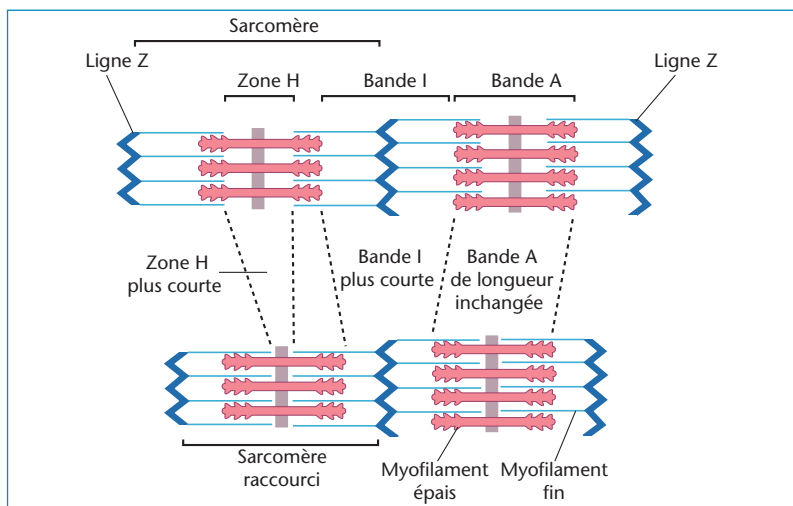


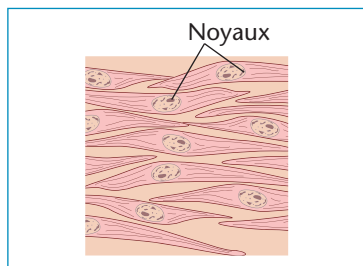
Figure 11 : Modification de la longueur du sarcomère au cours de la contraction musculaire

② Muscle cardiaque (myocarde)

- Les cardiomyocytes sont striés de la même façon que les myocytes squelettiques.
- Ils sont non fusionnés et séparés par un disque intercalaire, sont mononucléés et leur forme prend parfois l'aspect d'un X ou d'un Y.
- Ils sont à **commande involontaire** et représentent 99 % du myocarde (muscle cardiaque).
- Ils communiquent entre eux par l'intermédiaire de jonctions Gap qui assurent la propagation de l'excitabilité musculaire et la coordination de la contraction.
- L'excitation aboutissant à la contraction des myocytes contractiles cardiaques résulte de leur dépolarisation membranaire par les **cellules nodales** (1 % du myocarde) responsables de l'**automatisme cardiaque**.

③ Muscle lisse

- C'est un muscle à **commande involontaire**, capable de contractions coordonnées et/ou soutenues (tonus), souvent de manière non linéaire et sur de très grandes longueurs.
- Les muscles lisses sont localisés dans les parois des vaisseaux sanguins mais aussi, de la trachée, des bronches, du larynx, de l'estomac, de l'intestin, de l'utérus, etc.
- La contraction des cellules musculaires lisses, ou **léiomyocytes**, nécessite un afflux massif de Ca^{2+} dans le cytosol, rendu possible grâce aux systèmes nerveux et hormonal, mais aussi grâce à des contrôles locaux (NO , CO_2 , etc.) et des stimulations mécaniques (étirement).



© S.M.

Figure 12 : Fibres musculaires lisses

Expression génétique

① Processus

- L'expression génétique est une suite de réactions aboutissant à la synthèse d'un ARN à partir de la lecture d'une séquence d'ADN d'un gène. Selon le gène, l'ARN formé peut être un **ARN fonctionnel** avec une fonction biologique propre (ARNt, ARNr, etc.) ou bien un **ARNm (messager)** qui porte l'information nécessaire à la synthèse d'une protéine.
- L'expression des gènes qui conduisent à la synthèse des protéines se fait en deux temps : **transcription** (dans le noyau) et **traduction** (dans le cytoplasme).

② Transcription ou synthèse des ARN

- L'ARN formé à l'issue de la transcription est une « copie » du message porté par une séquence d'ADN.
- Des éléments les différencient toutefois : l'ARN est simple brin ; ses nucléotides contiennent du ribose (désoxyribose dans l'ADN) ; on trouve l'uracile (U) à la place de la thymine (T) parmi les quatre bases azotées.
- Des **éléments sont nécessaires à la transcription** :
 - ◇ l'**ARN polymérase**, un complexe enzymatique ;
 - ◇ un promoteur (séquence d'ADN située à proximité du gène) ;
 - ◇ des facteurs de transcription (facilitent recrutement et fixation de l'ARN polymérase au niveau du promoteur) ;
 - ◇ des nucléotides libres contenant les bases de l'ARN [A, U, G et C] et servant de substrats pour l'ARN polymérase.
- Le **mécanisme de la transcription** est le suivant :
 - ◇ l'ARN polymérase synthétise une molécule d'ARN en se servant d'un des deux brins de l'ADN comme matrice (le **brin transcrit** ou brin antisens) ;
 - ◇ se déplace le long du brin transcrit et utilise le principe de complémentarité des bases pour fabriquer un ARN complémentaire ;
 - ◇ l'ARN formé présente la même séquence nucléotidique que le brin sens de l'ADN, à la différence que l'ARN contient U à la place de T.

- Les ARNm formés à l'issue de la transcription (pré-ARNm) doivent subir plusieurs processus de maturation :
 - ◊ ajout d'une **coiffe** et d'une **queue** ;
 - ◊ **excision** (introns retirés) ;
 - ◊ **épissage** (exons reliés les uns aux autres).

③ Traduction de l'ARNm ou étape de synthèse protéique

- La traduction est le décodage du message porté par l'ARNm qui dicte la séquence d'assemblage des acides aminés conduisant à la synthèse d'une protéine.

► Le code génétique

- Le **principe du code génétique** est de faire correspondre un code à 4 lettres (l'ARN et ses quatre bases azotées A, U, G, C) avec un code à 20 lettres (les 20 acides aminés rencontrés dans les protéines du vivant).
- Le **code génétique** est fondé sur les codons qui correspondent à un ensemble de trois nucléotides de la séquence d'un ARN portant l'information nécessaire à l'incorporation d'un acide aminé dans la protéine.
- **Caractéristiques du code génétique** : redondant ou dégénéré (un même acide aminé peut être codé par plusieurs codons différents) ; non chevauchant (la suite de codons sur l'ARNm définit un cadre de lecture) et universel (quasiment identique chez tous les être vivants). Le codon AUG correspond au codon initiateur de la traduction et code un acide aminé : la méthionine. Trois codons ne codent aucun acide aminé : les codons STOP (UAA, UGA, UAG) qui indiquent la fin de la traduction.

► La traduction

- Les **éléments nécessaires à la traduction** sont un ARNm issu de la transcription, des ARNt, des ribosomes, des facteurs protéiques de traduction qui contribuent à la cohésion et à la progression de l'ensemble.
- Il y a **3 étapes à la traduction** :

Initiation	Le ribosome se fixe au niveau du codon initiateur (AUG) et démarre la traduction par l'ajout de la méthionine
Élongation	Le ribosome progresse de codons en codons le long de l'ARNm et ajoute, pour chaque codon lu, l'acide aminé correspondant grâce au recrutement des ARNt
Terminaison	Lorsque le ribosome rencontre un codon STOP sur l'ARNm, les deux sous-unités du ribosome se dissocient et la traduction s'arrête

- La traduction débute toujours dans le cytoplasme.
- Devenir des peptides et protéines synthétisés :
 - ◊ la plupart des protéines subissent des modifications pour devenir fonctionnelles et/ou actives : glycosylation, phosphorylation, formation de ponts disulfures, modification de conformation (structures secondaires, tertiaires...), etc. On parle de **modifications post-traductionnelles** ;
 - ◊ les protéines/peptides synthétisés par les ribosomes du REG sont à destination de la membrane plasmique, des lysosomes et des vésicules pour y être ensuite sécrétées dans le milieu extracellulaire par exocytose ;
 - ◊ les protéines/peptides synthétisés par les ribosomes libres du cytoplasme sont à destination du noyau, des mitochondries, ou restent localisées dans le cytoplasme.

④ Mutations génétiques et leurs conséquences

- Une **mutation** est une modification de la séquence des nucléotides de l'ADN. Elle peut avoir pour conséquence une modification de l'enchaînement des acides aminés sur la chaîne protéique et donc sur la fonction biologique de la protéine.
- Une **mutation ponctuelle** ne concerne qu'un seul nucléotide ou qu'un seul acide aminé et a deux origines : endogène (liée à des erreurs lors du mécanisme de réplication de l'ADN) ; et exogène (liée à l'action d'agents dits mutagènes).
- Trois types de mutation ponctuelle :
 - ◊ l'**addition** ou l'**insertion** (un nucléotide s'insère dans la séquence d'ADN du gène) ;
 - ◊ la **délétion** (un nucléotide est enlevé de la séquence d'ADN du gène) ;
 - ◊ la **substitution** (le nombre de nucléotides est conservé mais un nucléotide est remplacé par un autre dans la séquence d'ADN).
- Une mutation est dite **silencieuse** si elle ne change pas l'acide aminé sur la protéine et **non silencieuse** si elle affecte la séquence d'acides aminés sur la protéine (**faux-sens** si changement d'un acide aminé, **non-sens** si apparition prématurée d'un codon stop).
- Les mutations génétiques ont des conséquences différentes selon les cellules concernées : celles qui affectent les cellules somatiques sont une cause importante de **cancers** ; celles qui affectent les cellules germinales, ou gamètes (cellules sexuelles), seront transmissibles à la descendance (**maladies génétiques** ou héréditaires) : **voir fiche 16 page suivante**.

Principes de l'hérédité

① Notions générales

► Chromosomes et allèles

- Le noyau de la cellule œuf contient 23 paires de chromosomes (**diploïdes**), avec pour chaque paire, un provenant de la mère, un du père : $2n = 46$.
- Les deux chromosomes d'une même paire contiennent des gènes qui régissent les mêmes caractères (**allèles**) : ils sont dits **homologues**.
- Lorsque les deux allèles sont identiques, l'individu est dit **homozygote** pour ce gène ; lorsque les deux allèles sont différents, l'individu est dit **hétérozygote** pour ce gène.
- Le **locus** désigne l'emplacement d'un gène sur un chromosome.

► Génotype

- C'est l'ensemble ou une partie donnée du matériel génétique d'un individu. Il correspond à la composition en allèles des gènes.
- Écriture (majuscule : allèle dominant ; minuscule : allèle récessif) : **a//a** (individu **homozygote**) ; **A//a** (individu **hétérozygote**).
- Un individu peut porter l'allèle **a** sans l'exprimer mais peut le transmettre à sa descendance.
- Un allèle peut aussi bien coder une protéine fonctionnelle qu'une protéine anormale issue d'une mutation génétique.

► Phénotype

- C'est l'ensemble des caractères observables d'un individu : couleurs des yeux, des cheveux, groupe sanguin, etc.
- Écriture : nom du caractère entre crochets (ex : [Cheveux bruns]).
- Un même phénotype peut résulter de l'expression de génotypes différents.

② Hérité autosomique

- Le locus du caractère étudié se situe dans ce cas sur un **autosome** et est porté par les femmes et les hommes avec la même fréquence.

- Deux cas :

- ◇ **hérédité autosomique dominante** : la présence d'un seul allèle muté, responsable de la maladie, suffit à conduire à un phénotype malade (exemples de maladies : chorée de Huntington, hypercholestérolémie familiale) ; toutes les générations sont atteintes ;
- ◇ **hérédité autosomique récessive** : la présence d'un seul allèle muté ne suffit pas à obtenir un phénotype malade (exemples de maladies : mucoviscidose, albinisme) ; toutes les générations ne sont pas forcément atteintes.

③ Hérédité gonosomique ou hérédité liée au sexe

- Le locus du caractère étudié se situe dans ce cas sur un **chromosome sexuel (ou gonosome)**, X ou Y. Lorsqu'il y a hérédité liée au sexe, le pourcentage de femmes et d'hommes porteurs du caractère est en général différent.
- Détermination du sexe :
 - ◇ père (XY) (allèles uniques pour chaque chromosome sexuel) ; mère (XX) (deux chromosomes homologues : les allèles du chromosome X sont en double) ;
 - ◇ si l'ovocyte est fécondé par un spermatozoïde contenant Y : individu de sexe masculin (XY) ;
 - ◇ si l'ovocyte est fécondé par un spermatozoïde contenant X : individu de sexe féminin (XX).

Hérédité dominante liée au chromosome X	La présence d'un seul allèle muté sur le chromosome X suffit à conduire à un phénotype malade, aussi bien chez une fille que chez un garçon (exemples du syndrome de l'X fragile)
Hérédité récessive liée au chromosome X	La présence d'un seul allèle muté sur le chromosome X ne suffit pas à conduire à un phénotype malade chez une femme ; en revanche, l'homme porteur de l'allèle muté sera lui obligatoirement malade du fait qu'il est hémizygote pour X (exemples de l'hémophilie de type A, de la myopathie de Duchenne)
Hérédité liée au chromosome Y	Dès que l'allèle muté sur Y est présent, il s'exprime car il n'y a pas d'équivalent homologue pouvant contrebalancer son expression (hémizygotie) (pas de pathologies graves)

④ Variations de l'hérédité dominante/récessive

- L'expression d'un gène particulier dans un phénotype subit l'influence des allèles présents mais aussi d'autres gènes et de facteurs environnementaux.
- L'hérédité peut varier :
 - ◇ **par codominance** : aucun des deux allèles d'un gène n'est dominant par rapport à l'autre ; les caractères de deux allèles d'un même gène se manifestent en même temps ;
 - ◇ **par transmission par allèles multiples** : certains gènes peuvent avoir plus de deux formes alléliques dans la population (**gène polyallélique**) (cas de la transmission des groupes sanguins du groupe ABO : AB, A, B et O) ;
 - ◇ **par hérédité complexe** : un génotype peut, selon l'environnement, donner plusieurs phénotypes. À l'inverse, un phénotype peut être la résultante de plusieurs génotypes (exemples de caractères complexes : couleur de la peau, des cheveux, des yeux, taille, etc.).

⑤ Aberrations ou anomalies chromosomiques

Anomalies de nombre	Anomalies de structures
Modifications du nombre de chromosomes d'un caryotype, dues à une non-disjonction des chromosomes homologues ou des chromatides sœurs qui ne se séparent pas équitablement lors de la méiose : trisomie 21, trisomie X, etc.	Altération de la structure d'un chromosome lors de la méiose : elle est soit équilibrée (pas de perte), soit déséquilibrée : • délétion = perte (syndrome de Prader-Willi, « maladie du cri du chat ») ; • duplication = doublement.

Fonctions et composition du système nerveux

① Fonctions du système nerveux

- D'une façon simplifiée, on peut dire que le système nerveux remplit **trois fonctions étroitement liées** :
 - ◇ il reçoit l'**information sensorielle**, en provenance de l'intérieur ou de l'extérieur de l'organisme, par l'intermédiaire de millions de récepteurs disséminés dans l'organisme, dont ceux liés aux 5 sens (vue, odorat, toucher, ouïe, goût) ;
 - ◇ il traite cette information sensorielle et détermine l'action à entreprendre ; c'est le **processus d'intégration** ;
 - ◇ il fournit une **réponse motrice adaptée** qui active les effecteurs (muscles ou glandes).
- En élargissant ce principe, on peut dire que le système nerveux permet : de régler de façon inconsciente notre milieu intérieur ; de ressentir des émotions ; de contrôler volontairement nos mouvements ; d'être conscient de notre corps et de notre environnement ; de penser et mémoriser, parler, apprendre ou raisonner : c'est la faculté de **cognition**.

② Composition du système nerveux

► Le système nerveux central ou SNC

- Il est composé de la **moelle épinière** et de l'**encéphale**, lui-même subdivisé en cerveau (deux hémisphères cérébraux), diencéphale, tronc cérébral et cervelet.
- C'est le centre de régulation et d'intégration : il interprète l'information sensorielle qui lui parvient et élabore des réponses motrices fondées sur l'expérience, les réflexes et les conditions ambiantes.

► Le système nerveux périphérique ou SNP

- Il est composé : des nerfs issus de l'encéphale (12 paires de **nerfs crâniens** droits et gauches) et des nerfs issus de la moelle épinière (31 paires de **nerfs spinaux** : 8 cervicaux, 12 dorsaux, 5 lombaires, 5 sacrés et 1 coccygien, voir **fiche 12 page 35**).
- Ces nerfs transmettent l'information entre les régions du corps et le SNC et inversement.

Organisation fonctionnelle du système nerveux

D'un point de vue fonctionnel, le système nerveux comprend deux voies, **la voie sensitive** (ou ascendante, ou afférente) et **la voie motrice** (ou descendante, ou efférente).

① La voie sensitive

- Elle est composée de fibres nerveuses qui transmettent les influx nerveux sensitifs qui proviennent des **récepteurs sensoriels** vers le SNC.
- Cette voie sert notamment à renseigner le SNC sur les événements qui se déroulent à l'intérieur et à l'extérieur de l'organisme (Ex : variations de PA, de la température centrale, bruit, vision d'objets, etc.).

② La voie motrice

- Elle est composée de fibres nerveuses qui transmettent les influx nerveux qui proviennent du SNC vers les **organes effecteurs** (muscles et glandes).
- Les voies nerveuses motrices comprennent :
 - ◇ les voies somatiques, à commande volontaire et innervant les muscles striés squelettiques (**voir fiche 13 page 38**) ; elles composent **le système nerveux somatique** (SNS) ;
 - ◇ les voies végétatives, à commande involontaire, innervant les muscles lisses, le muscle cardiaque et les glandes ; elles composent **le système nerveux végétatif ou autonome** (SNA). Celui-ci est divisé en système nerveux **sympathique** et système nerveux **parasympathique**.

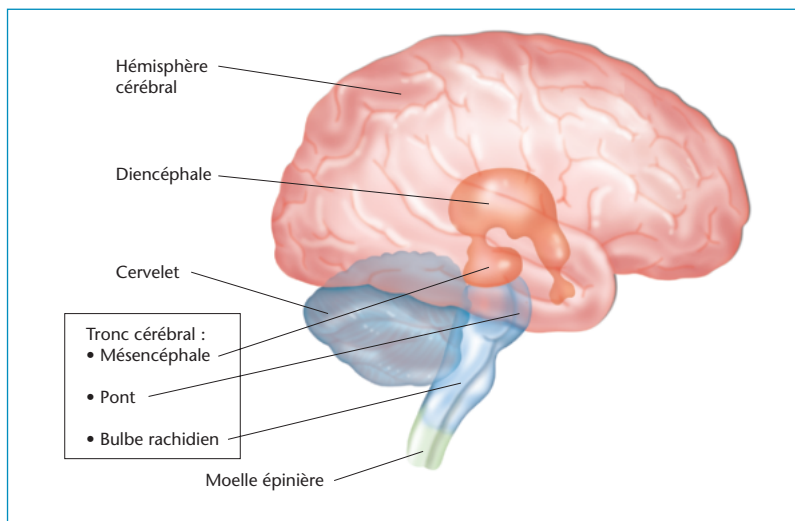
Composition et fonctions du système nerveux central

Le SNC est composé de l'**encéphale** et de la **moelle épinière**.

① L'encéphale

Il peut être décomposé en 4 régions : le cerveau (composé des hémisphères cérébraux), le diencephale, le tronc cérébral et le cervelet.

► Le cerveau



© A.-C.R.

Figure 13 : Schéma du cerveau

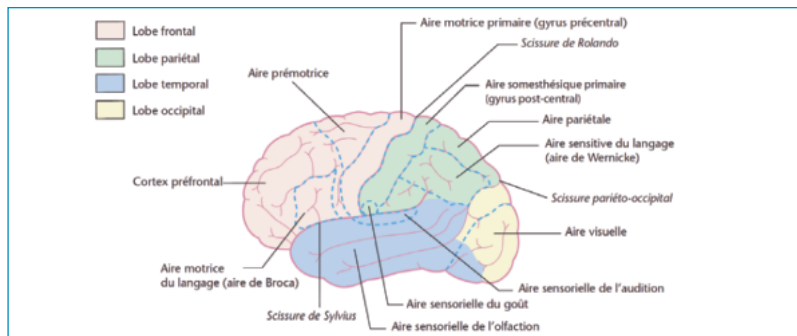
- C'est la partie la plus volumineuse de l'encéphale et comprend deux hémisphères cérébraux, le droit et le gauche, reliés par le **corps calleux**.
- Le cerveau est vascularisé par le **polygone de Willis**, cercle artériel faisant communiquer les différentes artères qui irriguent le cerveau.
- Il reçoit environ 15 % du débit cardiaque, soit environ 750 mL/minute.
- Les hémisphères cérébraux sont composés de 3 régions.

Le cortex cérébral ou substance grise corticale

- Le **cortex cérébral** forme une couche de 2 à 4 mm de substance grise, elle-même composée des corps cellulaires des neurones.
- Il est formé par des replis sinueux appelés **circonvolutions ou gyri** (un gyrus), délimités par des **sillons (ou scissures)** plus profonds et qui séparent le cerveau en parties.
- Dans chaque hémisphère, le cortex est divisé en **6 lobes** dont **4 lobes externes** (frontal, pariétal, temporal et occipital) et **2 lobes internes** (insulaire et limbique) :

Lobe	Fonction
Le lobe frontal	Planification, langage, mouvements volontaires, réflexion. Contient notamment l'aire de Broca = zone motrice du langage.
Le lobe pariétal	Intégration des informations issues des différentes sensibilités (vision, toucher, audition), perception de l'espace et moteur de l'attention.
Le lobe occipital	Traitement de l'information visuelle.
Le lobe temporal	Nombreuses fonctions cognitives (audition, langage, mémoire et vision des formes complexes). Contient l'aire de Wernicke impliquée dans la compréhension du langage.
Les lobes insulaires et limbiques	Nombreuses fonctions limbiques (comportements, agressivité, peur, plaisir, etc.).

- Le cortex est composé de zones appelées **aires**, ayant chacune un rôle bien défini :



Aire	Fonction
Les aires primaires	Prennent en charge en premier le codage des informations sensorielles ainsi que la commande et l'exécution des mouvements.
Les aires secondaires	Constituent un second niveau où les informations sont traitées plus finement.
Les aires associatives	Reçoivent des afférences des autres aires, primaires et secondaires, et interviennent dans les processus d'intégration complexe, notamment cognitifs (mémoire, langage, etc.).

La substance blanche cérébrale

Située sous le cortex cérébral, elle est composée de neurofibres myélinisées regroupées en faisceaux qui assurent la communication entre les aires corticales des deux hémisphères et avec les centres sous-corticaux.

Les noyaux gris centraux (ou ganglions de base)

Ce sont des **amas de corps cellulaires de neurones** situés dans la substance blanche sous-corticale qui jouent un rôle important dans le contrôle de la vitesse d'exécution des mouvements lents, mais également dans la précision et la coordination de mouvements complexes.

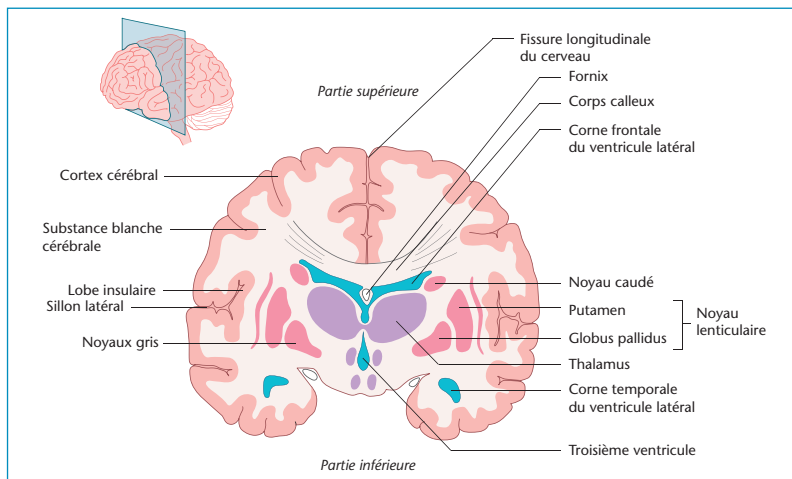
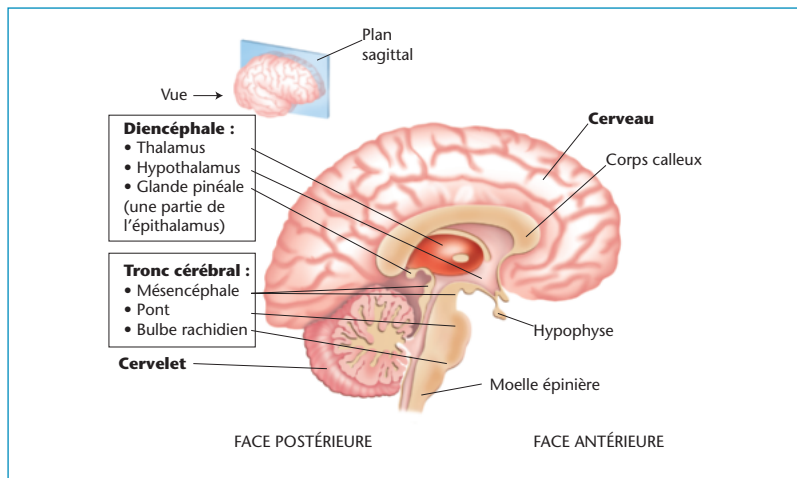


Figure 14 : Principales régions des hémisphères cérébraux

► Le diencephale

Le diencephale est un ensemble de substance grise, le plus souvent sous forme de noyaux et composé de trois structures : le thalamus, l'épithalamus et l'hypothalamus.



© A.-C.R.

Figure 15 : Coupe sagittale médiane de l'encéphale

Le thalamus

Le thalamus a principalement une fonction de relais et d'intégration des afférences sensitives et sensorielles et des efférences motrices, ainsi que de régulation de la conscience, de la vigilance et du sommeil.

L'épithalamus

Il est situé dans la région dorsale du diencephale. Il contient l'**épiphyse**, ou glande pinéale, sécrétrice de **mélatonine**, hormone impliquée dans de nombreuses fonctions (cycle veille / sommeil, régulations de la faim et de la soif, antioxydant). L'épithalamus relie également le système limbique au reste du cerveau.

L'hypothalamus

- Situé sur la face ventrale de l'encéphale, sous le thalamus, c'est le principal centre de **régulation des fonctions végétatives et de l'homéostasie** : faim, soif, température centrale, horloge interne, rythmes biologiques, digestion, etc.

- Il constitue l'élément central du **système limbique** (partie émotionnelle du cerveau).
- Par le biais du SNA, il déclenche la plupart des manifestations physiques des émotions.

► Le tronc cérébral

- Le tronc cérébral fait la jonction entre la moelle épinière et le cerveau.
- Il est composé du **mésencéphale, du pont de Varole (ou protubérance), du bulbe rachidien et de la formation réticulaire (ou réticulée)**.
- Le tronc cérébral constitue donc une voie de passage pour tous les tractus ascendants ou descendants qui relient la moelle épinière à l'encéphale. Il est également le point d'émergence de la plupart des nerfs crâniens (paires III à XII).
- Les centres du tronc cérébral produisent les comportements automatiques et immuables nécessaires à la survie : respiration, rythme cardiaque, fonction d'éveil, équilibre, etc.

► Le cervelet

- Il est divisé en deux hémisphères (hémisphères cérébelleux) unis par le vermis, de structure analogue aux hémisphères cérébraux.
- Il reçoit des informations provenant des voies visuelles, auditives, vestibulaires et des propriocepteurs ; contrôle et coordonne la contraction de divers groupes musculaires, donnant au mouvement sa fluidité et sa précision.

② La moelle épinière (ou moelle spinale)

- Partie du SNC qui se prolonge en dessous du bulbe rachidien du tronc cérébral. Sa longueur avoisine 42 cm (diamètre $\approx$ 1 cm).
- Elle est contenue dans la **colonne vertébrale** ou **rachis** ou **canal vertébral** (longueur 60 $\approx$ 75 cm) qui assure sa protection.
- Comme l'encéphale, la moelle épinière est **protégée par les méninges** et renferme une cavité appelée **canal central** ou **canal de l'épendyme**, dans lequel circule le **liquide céphalo-rachidien (LCR)**.
- La moelle épinière est le point de départ des **nerfs spinaux** ou nerfs rachidiens.

Composition

La substance grise médullaire

- Elle est située au centre de la moelle épinière et a la **forme d'un papillon**. Les deux parties, ou ailes, sont reliées par la commissure grise qui entoure le canal de l'épendyme dans lequel circule le LCR.
- Elles forment des renflements appelés **cornes** : cornes dorsales ou postérieures, cornes latérales et cornes ventrales ou antérieures.

La substance blanche médullaire

- Elle est située autour de la substance grise et s'organise **en cordons** : cordon postérieur, cordon antérieur et cordon latéral.
- Ces cordons sont formés de fibres nerveuses ascendantes, qui acheminent les influx nerveux vers l'encéphale, et de fibres descendantes qui acheminent les influx nerveux issus de l'encéphale le long de la moelle épinière.
- Les axones de ces cordons sont regroupés en faisceaux de fibres, ou **tractus**, dont le nom indique l'origine et la destination des fibres nerveuses le composant. Ex : par faisceau spino-thalamique = faisceau d'axones de neurones reliant la moelle épinière au thalamus.

Fonctions

- La moelle épinière a pour fonction la transmission des influx nerveux entre l'encéphale et le reste de l'organisme, et inversement.
- Elle est un centre d'intégration à l'origine des **réflexes spinaux** : réflexe ostéotendineux (qui comprend le réflexe myotatique), réflexe de retrait suite à une stimulation tactile douloureuse, etc.
- Le trajet parcouru par l'influx nerveux et qui aboutit au réflexe est appelé **arc réflexe**. L'arc réflexe est composé des éléments suivants :
 - ◇ un **récepteur sensitif**, qui perçoit le stimulus ;
 - ◇ un **neurone sensitif**, qui achemine les influx afférents ;
 - ◇ un **centre intégrateur**, situé dans le SNC, qui traite les informations reçues des récepteurs et « décide » de la réponse à apporter ;
 - ◇ un **neurone moteur**, qui achemine les influx nerveux efférents, du centre d'intégration vers un organe effecteur (muscle ou glande) ;
 - ◇ un **effecteur**, cellule musculaire ou glandulaire qui répond aux influx nerveux efférents.

Protection du système nerveux central

Le tissu nerveux, très fragile, est protégé par deux revêtements de tissus conjonctifs importants : le **tissu osseux** et les **méninges**.

① Le tissu osseux

Il assure la protection du SNC grâce à **la boîte crânienne**, qui protège l'encéphale, et aux **vertèbres** de la colonne vertébrale qui protègent la moelle épinière.

② Les méninges

► Composition

- Elles forment trois couches de tissu conjonctif qui recouvrent l'encéphale et la moelle épinière.
- Elles sont situées entre le tissu nerveux et le tissu osseux.
- De la surface vers la profondeur on retrouve :
 - ❖ la **dure-mère** : elle borde la boîte crânienne et la colonne vertébrale ; elle renferme le système veineux cérébral appelé sinus cérébral ;
 - ❖ l'**arachnoïde** : fine membrane séreuse qui est séparée de la dure-mère par l'espace arachnoïdien ou espace sous-dural ;
 - ❖ la **pie-mère**, qui contient de nombreux vaisseaux sanguins.

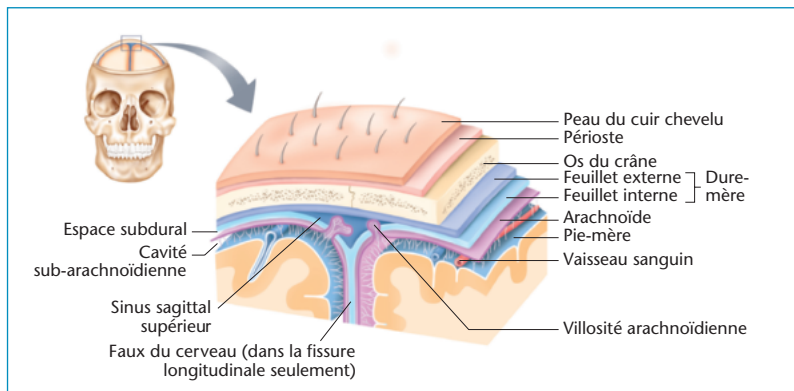
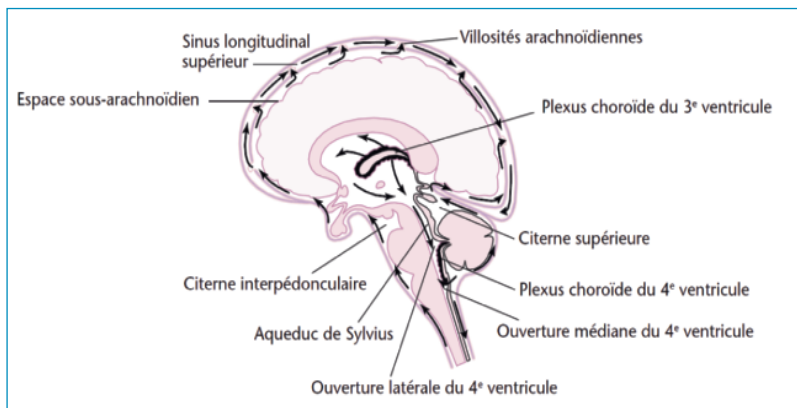


Figure 16 : Coupe frontale en 3D montrant la situation des méninges

- L'espace entre la pie-mère et l'arachnoïde est appelé **l'espace sous-arachnoïdien** : il contient le LCR.
- L'espace entre la dure-mère et la colonne vertébrale, quant à lui, est appelé **espace péridural** : c'est dans cet espace qu'est effectuée l'anesthésie péridurale au cours d'un accouchement.

Le LCR

- C'est un liquide clair, cristallin et légèrement alcalin, dont la composition est proche de celle du plasma.
- Il est sécrété par les **plexus choroïdes**, structures des parois des ventricules cérébraux, de façon à ce que 125 à 135 mL y circulent chaque jour (renouvelé 3 fois par jour), dans les ventricules et autour du SNC, avant de se résorber dans les **espaces sous-arachnoïdiens**.



© A.-C.R.

Figure 17 : Circulation du LCR dans le système nerveux central

- Le LCR a pour fonctions :
 - ♦ de soutenir le SNC (le SNC « flotte » dans le LCR) ;
 - ♦ de maintenir une pression adéquate dans la boîte crânienne ;
 - ♦ d'amortir les chocs entre l'encéphale et la boîte crânienne ;
 - ♦ de maintenir une humidité constante et de participer aux échanges de substances et nutriments entre le sang et le LCR.

Composition et fonctions du système nerveux périphérique

Le système nerveux périphérique (SNP) regroupe les parties du système nerveux situées à l'extérieur du SNC.

① Les voies sensitives du SNP

Les voies sensitives du SNP comprennent les **récepteurs** et les **fibres nerveuses sensitives, ou afférentes**, qui transmettent les informations sensorielles au SNC.

► Origine

Les messages nerveux sensitifs ont pour origine la stimulation de récepteurs sensoriels disséminés dans l'organisme. Ces récepteurs stimulés génèrent alors un message nerveux sensitif qui sera acheminé jusqu'au SNC. Ces messages sensitifs ont globalement deux origines :

- **une origine viscérale (ou autonome)** : inconsciente ; informe l'organisme de la variation de différents paramètres de l'homéostasie (pression artérielle, température du corps, etc.) ;
- **une origine somatique** : consciente ; informe l'organisme de son environnement et de sa position dans l'espace. Les stimuli sont externes (organes des sens) ou internes (articulations, tendons, muscles squelettiques, oreille interne pour l'équilibre). Cette sensibilité comprend la **somesthésie**.

► La somesthésie

- Les informations somesthésiques regroupent : la **sensibilité cutanée** (toucher, pressions, vibrations), la **proprioception** (position des membres dans l'espace, amplitude et vitesse des mouvements, force exercée sur les muscles et articulations) et la **sensibilité thermique** au chaud et au froid. Elle comprend également la **sensibilité à la douleur** (nociception).
- D'un point de vue neuronal, la somesthésie comprend deux grandes voies nerveuses composée chacune de trois neurones successifs :
 - ◊ la **voie lemniscale**, rapide, qui emprunte les faisceaux graciles et cunéiformes de la moelle épinière, impliquée dans la proprioception et le toucher fin (on parle de **sensibilité épicrotique**) ;
 - ◊ la **voie spino-thalamique**, ou voie extra-lemniscate, lente, qui emprunte les faisceaux du même nom, impliquée dans la douleur, la température et le toucher grossier (on parle de **sensibilité protopathique**).

Tout pour réviser et s'entraîner à l'**UE B.1** « **Sciences biomédicales** » du nouveau référentiel infirmier.

Découvrez dans ce livre :

- 200 fiches de révision synthétiques, colorées et largement illustrées, qui abordent tout le programme ;
- 240 entraînements avec des QCM, des QROC et des mises en situation.

Ce petit livre condense dans un format pratique toutes les ressources pour revoir les notions clés et s'auto-évaluer efficacement !

- Biologie fondamentale
- Système cardio-pulmonaire
- Système nerveux
- Système locomoteur
- Système urinaire
- Système digestif
- Système endocrinien
- Systèmes uro-génital et reproducteur
- Système tégumentaire
- Système immunitaire
- Appareils ORL et ophtalmologique
- Cancers et hémopathies
- Développement de l'enfant
- Psychiatrie de l'enfant, de l'adolescent et de l'adulte
- Situations critiques et urgences
- Soins palliatifs et de fin de vie

ISBN : 978-2-311-66590-1



9 782311 665901



19,90 €

Vuibert.fr

