

LES NOUVEAUX
CAHIERS

Biologie et physiopathologie humaines

Corrigé

Tout le programme en 30 séquences

1^{re} ST2S

Sous la direction de
Kamel Abbadi

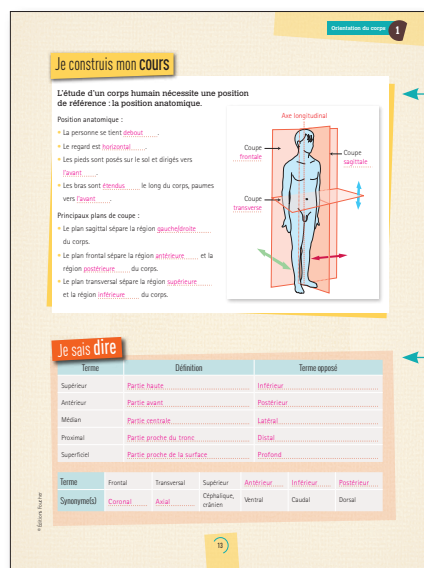
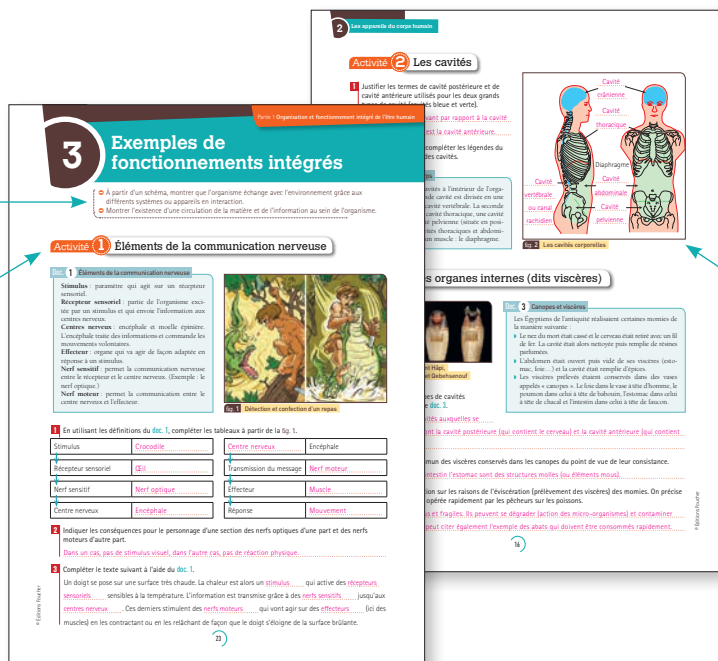
M. Besson
P. Jacquot
S. Kelai
M. Prudence
A. Siviniant

Mode d'emploi

Les objectifs du programme traités dans chaque séquence

Chaque séquence débute par une activité visuelle pour entrer dans le vif du sujet

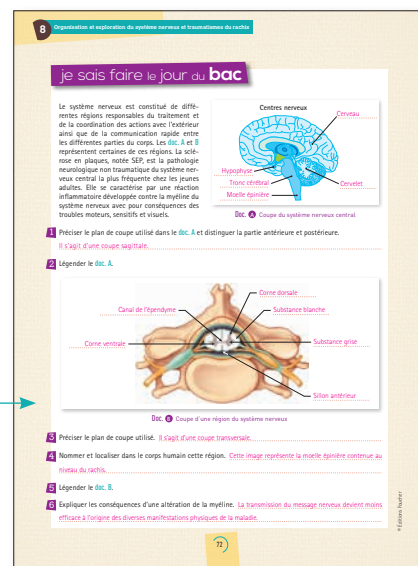
Des activités progressives qui prennent toujours appui sur des photos, des schémas, des documents pour pouvoir construire sa réponse.



La partie « je construis mon cours » permet de compléter les éléments de synthèse proposés à l'aide des connaissances acquises dans les activités.

La partie « je sais dire », centrée sur la terminologie, permet de mémoriser les nouveaux termes du cours.

La partie « je sais faire le jour du bac » permet de se familiariser, d'une manière très progressive, à une question type bac directement applicative de la partie cours.



ISBN 978-2-216-13202-7



“Le photocopillage, c’est l’usage abusif et collectif de la photocopie sans autorisation des auteurs et des éditeurs. Largement répandu dans les établissements d’enseignement, le photocopillage menace l’avenir du livre, car il met en danger son équilibre économique. Il prive les auteurs d’une juste rémunération. En dehors de l’usage privé du copiste, toute reproduction totale ou partielle de cet ouvrage est interdite”.

Sommaire

Partie 1 Organisation et fonctionnement intégré de l'être humain

1 Orientation du corps 7

- Activité 1 Importance et définition de la position anatomique 7
- Activité 2 Plans de coupe 8
- Activité 3 Racine de sagittal 8
- Activité 4 Repérage dans l'espace 9
- Activité 5 Distinction entre une coupe médiane et une coupe latérale 10
- Activité 6 Orientation des coupes 11
- Activité 7 Autres termes d'orientation 12
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 13
- Je sais faire le jour du **bac** 14

2 Les appareils du corps humain 15

- Activité 1 Anatomie externe (ou de surface) 15
- Activité 2 Les cavités 16
- Activité 3 Les organes internes (dits viscères) 16
- Activité 4 Présentation des organes 17
- Activité 5 Racines et noms d'organes 18
- Activité 6 Les séreuses 18
- Activité 7 Des cavités aux organes 19
- Activité 8 Des organes aux appareils 19
- Activité 9 Définition de l'anatomie 20
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 21
- Je sais faire le jour du **bac** 22

3 Exemples de fonctionnement intégré 23

- Activité 1 Éléments de la communication nerveuse 23
- Activité 2 Éléments de la communication hormonale 24
- Activité 3 Comparaison communication hormonale/communication nerveuse 24
- Activité 4 Le transfert de matière met en jeu plusieurs appareils 25
- Activité 5 Bilan des coopérations entre appareils 26
- Activité 6 Étude d'un système de communication 26
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 27
- Je sais faire le jour du **bac** 28

4 Les différents niveaux d'organisation d'un organisme 29

- Activité 1 Niveaux d'organisation et unité de base 29
- Activité 2 Étudier cellules et organites par microscopie 29
- Activité 3 Ultrastructure d'une cellule eucaryote 32

- Activité 4 Variations entre cellules 33
- Activité 5 Différenciation cellulaire 34
- Activité 6 Les molécules dans la structure de la cellule 35
- Activité 7 Définition des tissus et des organes 36
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 37
- Je sais faire le jour du **bac** 38

Partie 2 Motricité et système nerveux

5 Organisation du squelette 39

- Activité 1 Squelette axial, squelette appendiculaire et cavités 39
- Activité 2 Forme des os 40
- Activité 3 Structure d'un os long et d'une vertèbre 40
- Activité 4 Structure d'une articulation 41
- Activité 5 Je fais le point 42
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 43
- Je sais faire le jour du **bac** 44

6 Explorations radiographiques et scanographiques 45

- Activité 1 Interactions des rayons X et de la matière 45
- Activité 2 Principe de la radiographie 46
- Activité 3 Déroulement d'un examen radiologique 46
- Activité 4 Indications médicales de la radiographie 47
- Activité 5 Dangers et contre-indications de la radiographie 48
- Activité 6 Application au diagnostic de fractures 49
- Activité 7 Principe, intérêts et avantages de la scanographie 51
- Activité 8 Vocabulaire médical 52
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 53
- Je sais faire le jour du **bac** 54

7 Pathologies de l'appareil locomoteur 55

- Activité 1 Visualiser la coxarthrose 55
- Activité 2 Origine de la coxarthrose 56
- Activité 3 Les traitements de la coxarthrose 57
- Activité 4 Étude d'un trouble musculo-squelettique de la main : le syndrome du canal carpien 58
- Activité 5 Les troubles musculo-squelettiques 58
- Activité 6 Étude d'un TMS du cou : le torticolis 59
- Activité 7 Les mots des TMS 60
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 61
- Je sais faire le jour du **bac** 62

8	Organisation et exploration du système nerveux et traumatismes du rachis	63
Activité 1	Organisation générale du système nerveux	63
Activité 2	Organisation de la moelle épinière	64
Activité 3	Structure d'un neurone	64
Activité 4	Les nerfs	65
Activité 5	Vrai ou faux ?	66
Activité 6	Qui suis-je ?	66
Activité 7	Vocabulaire médical	67
Activité 8	L'IRM : l'exploration magnétique du système nerveux	68
Activité 9	Les conséquences des traumatismes du rachis	69
	Je construis mon cours/Je sais dire	71
	Je sais faire le jour du bac	72
9	Le potentiel de membrane	73
Activité 1	Mise en évidence du potentiel de repos d'une cellule	73
Activité 2	Origine du potentiel de repos	75
Activité 3	Étude approfondie des canaux ioniques	76
	Je construis mon cours/Je sais dire	77
	Je sais faire le jour du bac	78
10	Cellules excitables, potentiel d'action	79
Activité 1	Loi du tout ou rien	79
Activité 2	Les canaux voltage-dépendants	80
Activité 3	Le potentiel d'action	81
Activité 4	Neurone : propagation du potentiel d'action	82
Activité 5	Excitabilité d'un nerf	82
	Je construis mon cours/Je sais dire	83
	Je sais faire le jour du bac	84
11	Le muscle, la cellule musculaire et sa contraction	85
Activité 1	Contractions et mouvements	85
Activité 2	Les particularités du muscle strié	86
Activité 3	Organisation d'un muscle strié squelettique	87
Activité 4	Organisation d'une myofibrille	88
Activité 5	Conséquences de la contraction des sarcomères	90
	Je construis mon cours/Je sais dire	91
	Je sais faire le jour du bac	92
12	La jonction neuro-musculaire	93
Activité 1	Présentation de la transmission de l'information nerveuse au muscle	93
Activité 2	Anatomie de la jonction neuro-musculaire	94
Activité 3	Anatomie fine de la jonction neuro-musculaire	95

Activité 4	Fonctionnement de la plaque motrice	96
Activité 5	L'acétylcholine	69
Activité 6	Effet de l'acétylcholine sur la membrane post-synaptique	97
Activité 7	Rôle du calcium dans les myocytes	99
Activité 8	Le Botox : mécanisme d'action	100
	Je construis mon cours/Je sais dire	101
	Je sais faire le jour du bac	102

13	Un exemple de pathologie musculaire : la myopathie	103
Activité 1	Le Téléthon	103
Activité 2	Les manifestations de la myopathie de Duchenne	104
Activité 3	Techniques diagnostiques de la maladie	104
Activité 4	Aspect moléculaire de la myopathie de Duchenne	105
Activité 5	Mise au point des traitements de la myopathie de Duchenne	105
	Je construis mon cours/Je sais dire	107
	Je sais faire le jour du bac	108
14	La maladie d'Alzheimer	109
Activité 1	L'imagerie médicale dans le diagnostic de la maladie d'Alzheimer	109
Activité 2	Les autres examens diagnostiques	110
Activité 3	Les signes caractéristiques de la maladie	111
Activité 4	Les mots du cerveau	111
Activité 5	Le point sur la maladie d'Alzheimer	112
	Je construis mon cours/Je sais dire	113
	Je sais faire le jour du bac	114

Partie 3 Alimentation

15	Aliments, nutriments, molécules	115
Activité 1	Classification des aliments	115
Activité 2	Composition qualitative des aliments	116
Activité 3	Composition quantitative des aliments	117
Activité 4	Des aliments aux nutriments	118
Activité 5	Biomolécules : du monomère au polymère	119
Activité 6	Et l'eau dans tout ça ?	120
	Je construis mon cours/Je sais dire	121
	Je sais faire le jour du bac	122
16	Rations alimentaires	123
Activité 1	L'alimentation contemporaine	123
Activité 2	Besoins quantitatifs : les apports énergétiques de référence	124
Activité 3	Besoins quantitatifs : variations des apports énergétiques	124
Activité 4	Besoins qualitatifs	126
Activité 5	Analyse d'un menu	127

Je construis mon cours/Je sais dire	129
Je sais faire le jour du bac	130

17 Troubles nutritionnels : obésité..... 131

Activité 1 Définition et diagnostic de l'obésité.....	131
Activité 2 Obésité : une maladie aux multiples causes.....	132
Activité 3 Obésité : une maladie aux multiples conséquences.....	133
Activité 4 Prévention de l'obésité.....	134
Je construis mon cours/Je sais dire	135
Je sais faire le jour du bac	136

18 Les carences nutritionnelles..... 137

Activité 1 Diversité des types et des causes de carences nutritionnelles.....	137
Activité 2 L'anorexie mentale et ses conséquences.....	138
Activité 3 Population touchée par l'anorexie mentale.....	138
Activité 4 Diagnostic de l'anorexie mentale.....	139
Activité 5 Évolution de la maladie et traitements.....	140
Activité 6 Marasme.....	140
Activité 7 Le kwashiorkor.....	141
Activité 8 Exemple d'avitaminose : la pellagre.....	142
Je construis mon cours/Je sais dire	145
Je sais faire le jour du bac	146

19 Exploration du tube digestif par fibroscopie..... 147

Activité 1 La coloscopie comme outil de diagnostic.....	147
Activité 2 La fibroscopie, une technique appliquée à l'exploration du tube digestif.....	148
Activité 3 Comment fonctionne un fibroscope ?.....	149
Activité 4 Quels sont les intérêts des les risques d'une fibroscopie digestive ?.....	150
Je construis mon cours/Je sais dire	151
Je sais faire le jour du bac	152

20 Anatomie et histologie du tube digestif..... 153

Activité 1 Présentation de l'appareil digestif.....	153
Activité 2 Suivi du cheminement des aliments dans le tube digestif.....	154
Activité 3 Passage du carrefour aérodigestif.....	155
Activité 4 Du carrefour duodénal au rectum.....	156
Activité 5 Histologie du tube digestif.....	157
Activité 6 Pathologies du tube digestif.....	158
Je construis mon cours/Je sais dire	159
Je sais faire le jour du bac	160

21 La digestion I : simplification d'aliments en nutriments..... 161

Activité 1 Les expériences célèbres de mise en évidence du mécanisme de la digestion.....	161
Activité 2 Importance de la taille des éléments pour l'absorption.....	163
Activité 3 Étude d'une enzyme : l'amylase.....	165
Activité 4 La spécificité enzymatique.....	166
Activité 5 Intérêt du broyage.....	167
Activité 6 Rôle de la bile.....	167
Activité 7 Influence de l'acidité sur le fonctionnement des enzymes.....	168
Je construis mon cours/Je sais dire	169
Je sais faire le jour du bac	170

22 La digestion II : devenir d'un repas dans le tube digestif..... 171

Activité 1 Compartimentation de l'appareil digestif.....	171
Activité 2 La progression des aliments (d'un compartiment à l'autre).....	172
Activité 3 La digestion au niveau de la bouche.....	172
Activité 4 La digestion au niveau de l'estomac.....	174
Activité 5 La digestion au niveau de l'intestin.....	176
Je construis mon cours/Je sais dire	177
Je sais faire le jour du bac	178

23 L'absorption intestinale : du tube digestif au milieu intérieur..... 179

Activité 1 Les compartiments liquidiens de l'organisme.....	179
Activité 2 Les entérocytes.....	180
Activité 3 Les villosités et les valvules conniventes.....	182
Activité 4 Vascularisation de la paroi intestinale.....	183
Activité 5 Absorption intestinale de l'eau.....	184
Activité 6 Absorption intestinale du glucose.....	185
Activité 7 Absorption intestinale des lipides.....	185
Je construis mon cours/Je sais dire	187
Je sais faire le jour du bac	188

24 L'alactasie..... 189

Activité 1 Lait et santé.....	189
Activité 2 Le lactose et sa dégradation.....	190
Activité 3 Mise en évidence d'une intolérance au lactose.....	192
Activité 4 Conséquences d'une alactasie sur l'absorption d'eau dans le tube digestif.....	192
Activité 5 Le devenir du lactose non digéré.....	193
Activité 6 Traitements de l'alactasie.....	194
Je construis mon cours/Je sais dire	195
Je sais faire le jour du bac	196

25 Le sang : leucocytes et hématies 197

- Activité 1 Présentation du sang 197
- Activité 2 Le sang : un tissu conjonctif liquide 197
- Activité 3 Coloration de May Grünwald Giemsa (MGG) 198
- Activité 4 Définition d'un organe 199
- Activité 5 Étude des hématies 200
- Activité 6 Étude des leucocytes 202
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 203
- Je sais faire le jour du **bac** 204

26 Le sang : plaquettes et molécules 205

- Activité 1 La coagulation sanguine 205
- Activité 2 Plaquettes et coagulation 206
- Activité 3 Comparaison plasma-sérum 207
- Activité 4 Étude des ions du plasma 207
- Activité 5 Étude des lipides du plasma 209
- Activité 6 Maintien de l'homéostasie 210
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 211
- Je sais faire le jour du **bac** 212

27 Glycémie et homéostasie 213

- Activité 1 Variation de la glycémie 213
- Activité 2 Évolution de la glycémie 214
- Activité 3 Contrôle de la glycémie 214
- Activité 4 Boucles de régulation 215
- Activité 5 Les déplacements de glucose dans l'organisme 216
- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 217
- Je sais faire le jour du **bac** 218

28 La régulation de la glycémie (organes et hormones) 219

- Activité 1 Le foie 219

- Activité 2 Le foie est un organe de stockage du glucose 220

- Activité 3 Le glycogène, forme de stockage du glucose 220

- Activité 4 Les voies du métabolisme impliquées dans la glycémie 222

- Activité 5 Rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie 222

- Activité 6 Étude des hormones pancréatiques : insuline et glucagon 224

- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 225

- Je sais faire le jour du **bac** 226

29 Dysfonctionnements dans la régulation de la glycémie : le diabète I 227

- Activité 1 Diagnostic du diabète de type I 227

- Activité 2 Étude du diabète de type I 228

- Activité 3 Étude du pancréas chez un diabétique de type I 228

- Activité 4 Le diabète de type I, une maladie auto-immune 229

- Activité 5 Conséquences de l'hypo-insulinémie du diabète de type I 229

- Activité 6 Traitements du diabète de type I 230

- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 231

- Je sais faire le jour du **bac** 232

30 Le diabète de type II 233

- Activité 1 Caractérisation d'un diabète de type II 233

- Activité 2 Étude de l'insulinémie chez un diabétique non insulino-dépendant (DNID) 234

- Activité 3 Les causes du diabète de type II 234

- Activité 4 Conséquences de l'insulinorésistance 235

- Activité 5 Les complications des diabètes 235

- Activité 6 Prévention du diabète et traitements 236

- Je construis mon **cours**/Je sais **dire** 237

- Je sais faire le jour du **bac** 238

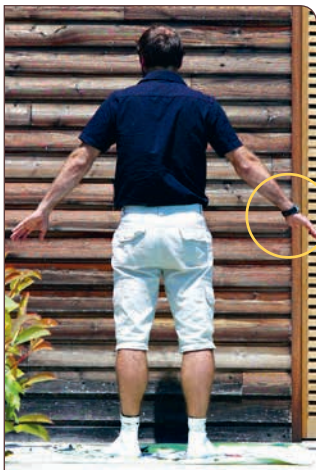
1

Orientation du corps

- ➔ Orienter.
- ➔ Différencier coupe sagittale, coronale (frontale) et axiale (transversale).

Activité 1 Importance et définition de la position anatomique

- 1 Préciser en dessous des photographies si la main entourée est la main droite ou la main gauche du personnage.



Droite



Gauche



Droite



Droite (car miroir)

- 2 Indiquer l'intérêt de présenter systématiquement le corps dans une position définie.

Une position définie (ici la position anatomique) permet de localiser/orienter facilement les parties du corps.

- 3 À l'aide du doc. 1, préciser pourquoi certains personnages de la fig. 1 ne sont pas en position anatomique.

Bras droit non dirigé vers le sol.

Paumes non tournées vers l'avant.

Regard non de face et paumes vers l'arrière.

Position

anatomique.



fig. 1 Personnages dans différentes positions

Assis.

Pieds non dirigés vers l'avant (en canard).

Doc. 1 La position anatomique

La position anatomique présente les caractéristiques suivantes :

- le corps est debout ;
- le regard est horizontal et de face ;
- les pieds sont posés sur le sol et dirigés vers l'avant ;
- les bras sont étendus le long du corps ;
- les paumes sont tournées vers l'avant.

Activité 2 Plans de coupe

1 À partir des définitions données dans le doc. 2, indiquer pour chaque image le plan de la coupe réalisée par le prestidigitateur (transversal, sagittal ou frontal). Préciser également si le plan de la coupe est longitudinal.

Doc. 2 Les plans de coupe

Plan **transversal** (ou **axial**) : divise le corps en une partie supérieure (vers la tête) et une partie inférieure.

Plan **sagittal** : divise le corps en une partie droite et en une partie gauche.

Plan **frontal** (ou **coronal**) : divise le corps en une partie antérieure (avant) et une partie postérieure (arrière).

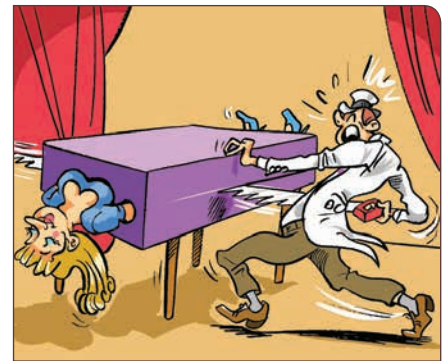
Plan **longitudinal** : divise le corps dans sa longueur.



Transversal



Sagittal et longitudinal



Frontal et longitudinal

2 Tracer un trait entre les types de coupes et les régions séparées par ces coupes.

- | | | | |
|--------------------|---|---|----------------------------------|
| Coupe transversale | ■ | ■ | Régions droite et gauche |
| Coupe sagittale | ■ | ■ | Régions supérieure et inférieure |
| Coupe frontale | ■ | ■ | Région antérieure et postérieure |

Activité 3 Racine de sagittal

Doc. 3 Origine latine

Sagitta signifie « flèche » en latin. De nombreux termes en rapport avec « flèche » dérivent de ce mot :

- Sagittaire : signe astral dépendant de la constellation de l'Archer ;
- Sagittation : supplice utilisant des flèches.

À partir de la signification du mot latin « sagitta », proposer une explication du terme « sagittal » utilisé dans « plan sagittal ».

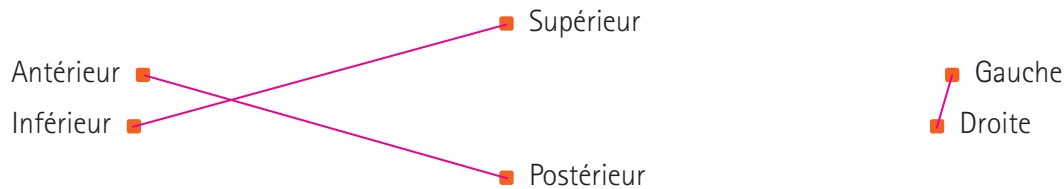
Le plan sagittal correspond au plan de coupe orienté par la direction d'une flèche tirée par l'archer.



fig. 2 Détail d'une fresque d'une chapelle de Roubion montrant une sagittation

Activité 4 Repérage dans l'espace

- 1 Les régions délimitées par des plans de coupe sont nommées par des termes opposés. Joindre les termes opposés par un trait.



- 2 Les trois plans de coupe divisent le corps du personnage représenté sur la fig. 3 en huit zones. Compléter le tableau d'orientation du corps en identifiant les huit zones.

Zone A	Zone C
▶ postérieur	▶ antérieur
▶ supérieur	▶ inférieur
▶ gauche	▶ gauche
Zone H	Zone D
▶ postérieur	▶ postérieur
▶ inférieur	▶ inférieur
▶ droite	▶ gauche
Zone F	Zone E
▶ antérieur	▶ postérieur
▶ supérieur	▶ supérieur
▶ droite	▶ droite
Zone G	Zone B
▶ antérieur	▶ antérieur
▶ inférieur	▶ supérieur
▶ droite	▶ gauche

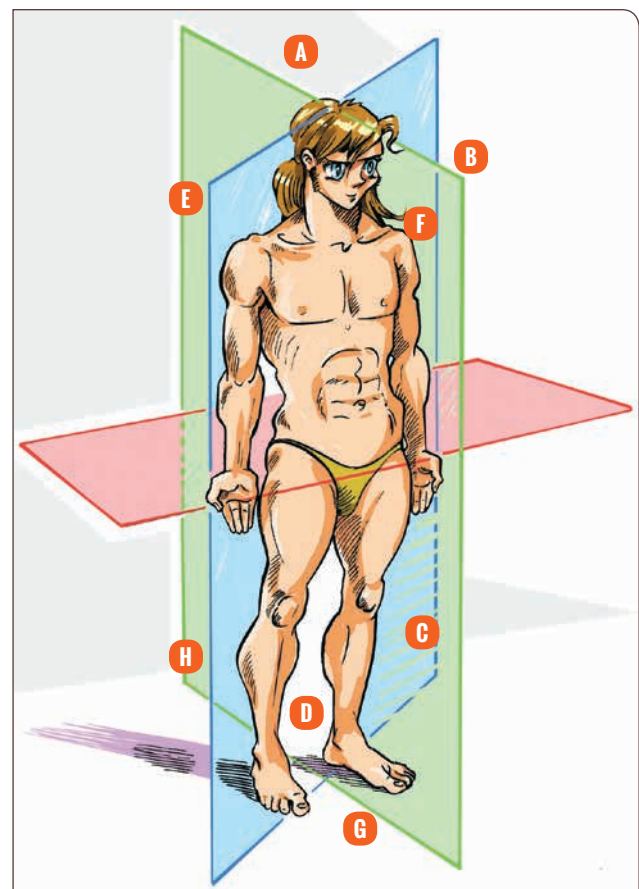


fig. 3 Délimitation des différentes régions de l'espace

- 3 Trois plans colorés ont été représentés sur la fig. 3. En vous reportant au doc. 2, préciser le nom de chacun de ces trois plans.

Plan vert : plan sagittal et longitudinal

Plan bleu : plan frontal (ou coronal) et longitudinal

Plan rouge : plan transversal (ou axial)



fig. 4

Les nageoires
des poissons

- 4 Selon les contextes ou les habitudes, des synonymes peuvent être utilisés. Ainsi, les nageoires du poisson représenté ici sont appelées : caudale, ventrale et dorsale. Indiquer ci-dessous la correspondance entre ces trois termes et les termes « inférieure », « antérieure » et « postérieure ».

Caudale

Dorsale

Ventrale

Inférieure

Postérieure

Antérieure

Activité 5 Distinction entre une coupe médiane et une coupe latérale

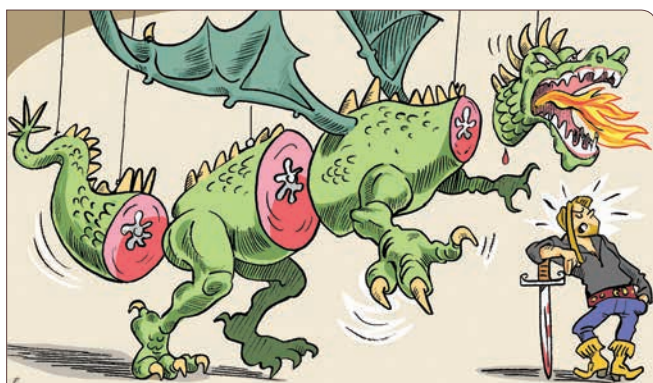


fig. 5 Premier type de coupe

- 1 Les possibilités de coupes sont très diverses, et les coupes définies par un terme précis sont minoritaires. Indiquer le type de coupe réalisée sur la fig. 5.

La coupe réalisée sur la figure 5 est une coupe transversale.

Doc. 4 Différents types de plans

Plan médian : plan qui passe par le centre.

Plan latéral : plan parallèle au plan médian qui est éloigné du centre.

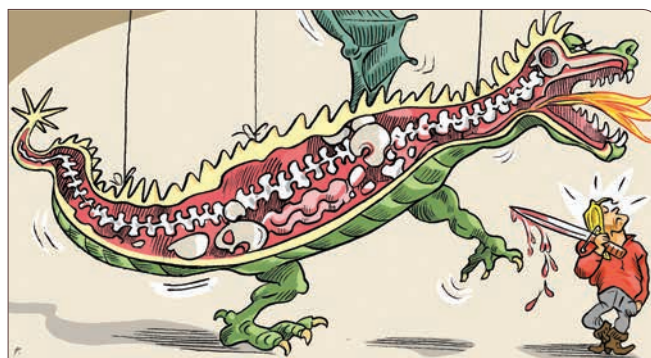


fig. 6 Second type de coupe

- 2 Montrer que la réponse à la question précédente ne permet pas de localiser exactement la coupe.

Il existe de nombreuses coupes transversales différentes (une coupe médiane et de nombreuses coupes latérales).

- 3 Nommer le type de coupe réalisée sur la fig. 6 à l'aide du doc. 4.

Sur la figure 6, la coupe utilisée est une coupe sagittale (longitudinale) médiane.

Activité 6 Orientation des coupes

- 1 Un ourson à la guimauve est coupé selon un des plans décrits dans le doc. 2 (fig. 7). Compléter le texte ci-dessous.

L'ourson est coupé par une coupe sagittale (ou longitudinale) qui sépare le corps en une partie droite et une partie gauche.

- 2 Une des deux coupes obtenues peut être orientée en utilisant les termes suivants : « postérieur », « antérieur », « droit », « gauche », « supérieur » et « inférieur ». Identifier les termes appropriés sur la fig. 8. Une illustration vidéo de cette activité est présentée à l'adresse <http://tinyurl.com/Biologie-ourson>.

La coupe étudiée correspond à la partie gauche de l'ourson.



fig. 7 Ourson

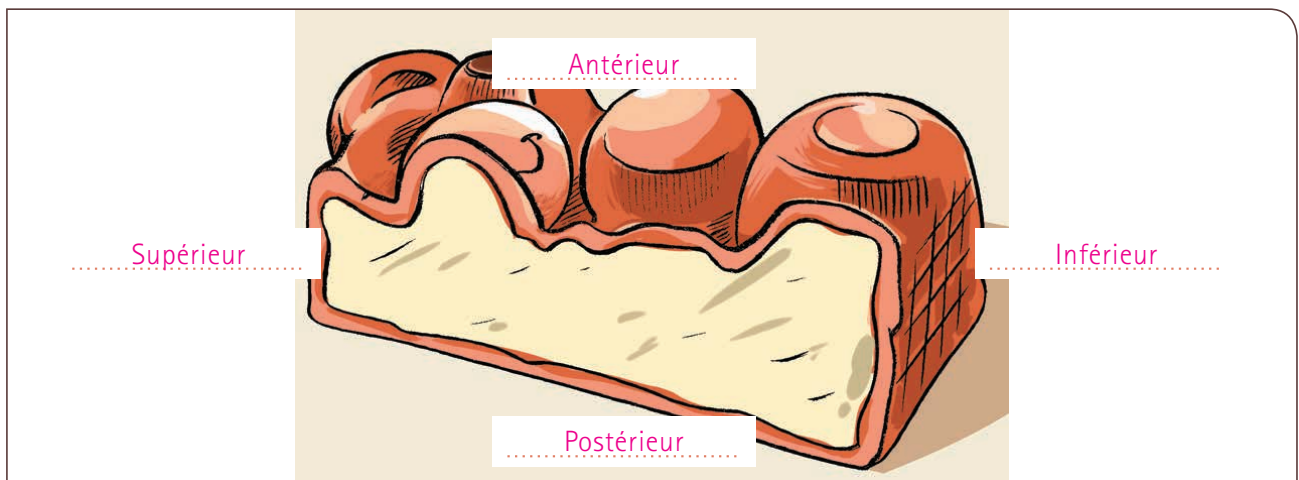


fig. 8 Coupe d'ourson

- 3 L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est une technique qui permet d'observer l'intérieur d'un corps comme si une coupe avait été réalisée. Identifier sur l'image d'IRM le type de coupe correspondante et orienter la coupe en identifiant les lettres.

L'image obtenue par IRM correspond à une coupe sagittale.

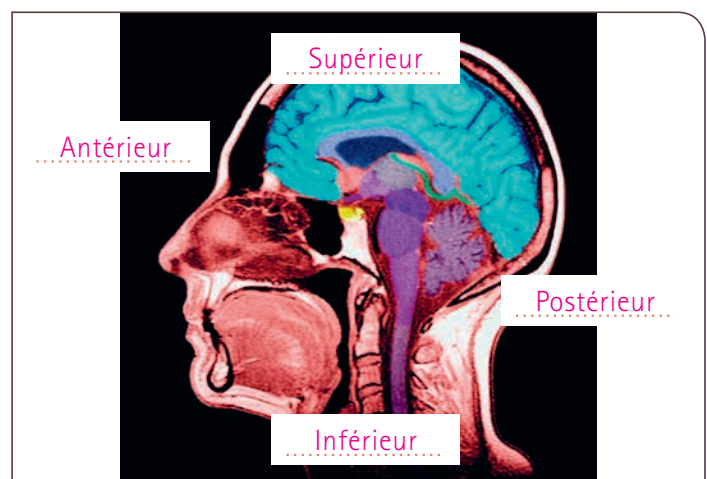


fig. 9 IRM

Activité 7 Autres termes d'orientation

- 1 Compléter les légendes des deux photographies de mannequin en utilisant selon les cas le couple proximal/distal ou le couple superficiel/profond.

Doc. 5 Vocabulaire d'orientation

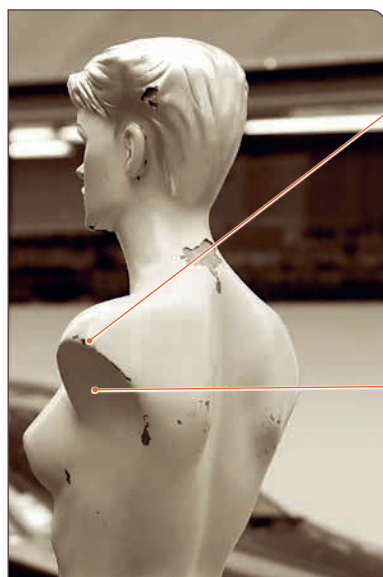
Proximal : partie proche.

Distal : partie éloignée.

Souvent, les termes proximal et distal sont définis par rapport au tronc. Proximal est alors la partie la plus proche du tronc.

Superficiel : partie proche de la surface du corps.

Profond : partie éloignée de la surface du corps.



Partie superficielle

Partie profonde



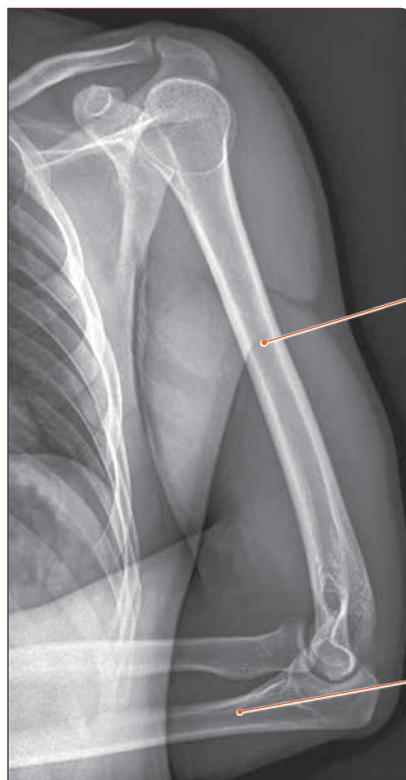
Partie distale

Partie proximale

- 2 L'utilisation des rayons X (RX) permet de visualiser les parties denses du corps et notamment les os. La fig. 10 représente la radiographie d'un bras. Compléter le texte ci-dessous avec les termes appropriés issus du doc. 5.

L'humérus est en position **proximale** par rapport à l'ulna. En effet, **l'humérus** est plus proche du tronc que **l'ulna**

L'ulna est donc en position **distale** par rapport à **l'humérus** Ces deux os ont une localisation **profonde** et non **superficielle**



Humérus

Ulna (cubitus)

fig. 10 Cliché du bras aux rayons X

Je construis mon cours

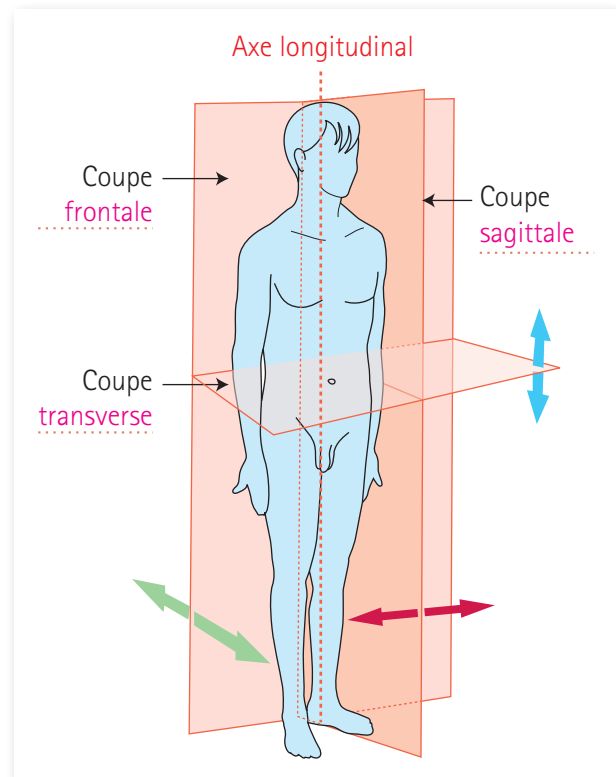
L'étude d'un corps humain nécessite une position de référence : la position anatomique.

Position anatomique :

- La personne se tient **debout**
- Le regard est **horizontal**
- Les pieds sont posés sur le sol et dirigés vers **l'avant**
- Les bras sont **étendus** le long du corps, paumes vers **l'avant**

Principaux plans de coupe :

- Le plan sagittal sépare la région **gauche/droite** du corps.
- Le plan frontal sépare la région **antérieure** et la région **postérieure** du corps.
- Le plan transversal sépare la région **supérieure** et la région **inférieure** du corps.



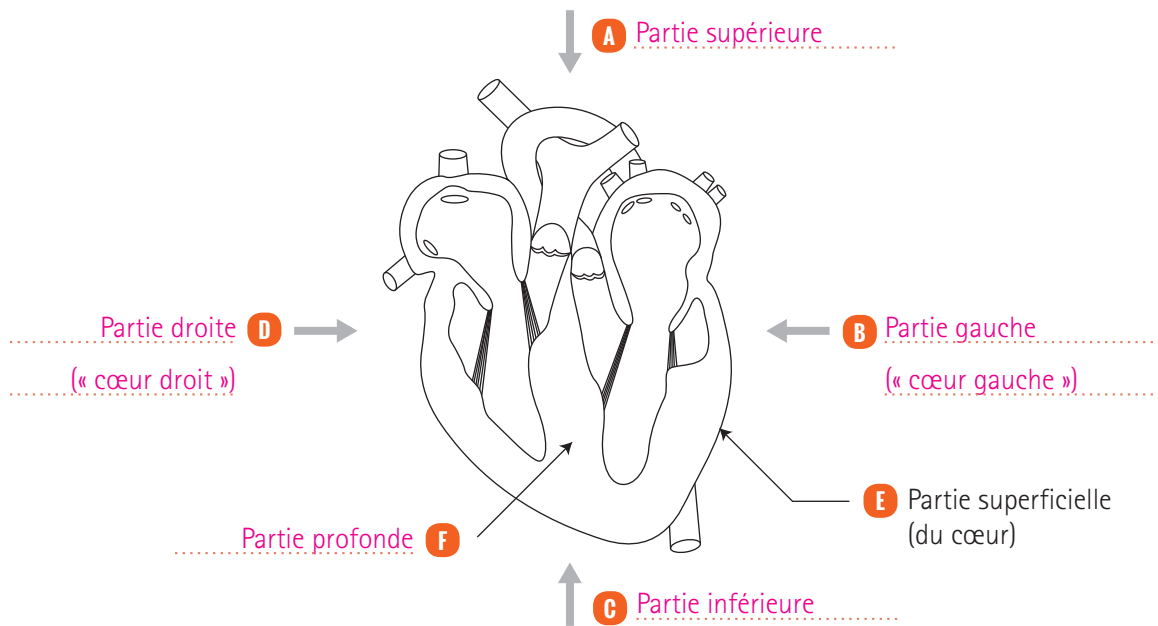
Je sais dire

Terme	Définition	Terme opposé
Supérieur	Partie haute	Inférieur
Antérieur	Partie avant	Postérieur
Médian	Partie centrale	Latéral
Proximal	Partie proche du tronc	Distal
Superficiel	Partie proche de la surface	Profond

Terme	Frontal	Transversal	Supérieur	Antérieur	Inférieur	Postérieur
Synonyme(s)	Coronal	Axial	Céphalique, crânien	Ventral	Caudal	Dorsal

je sais faire le jour du bac

- 1 Le schéma représente un cœur tel qu'il est en position anatomique de référence. Compléter les légendes avec des termes d'orientation.



Coupe frontale de cœur

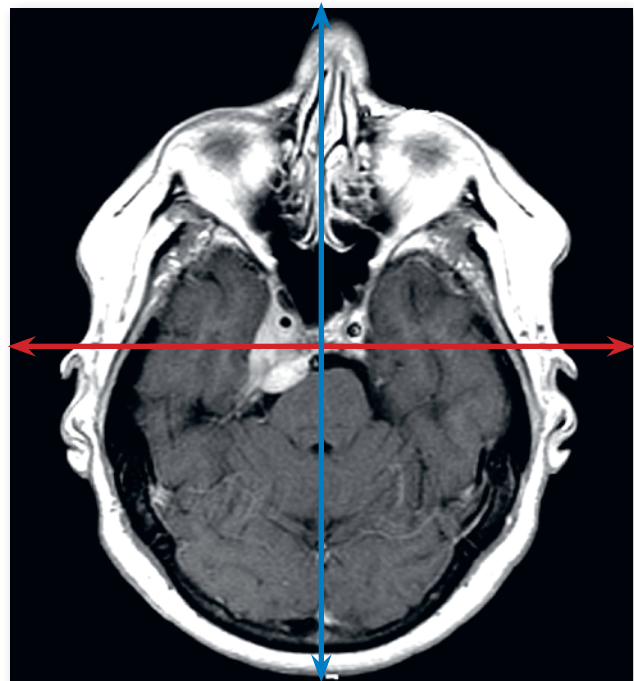
- 2 Sur le cliché présenté ci-contre, il n'est pas possible de distinguer à priori la droite de la gauche. Expliquer pourquoi.

On ne sait pas si le cliché a été pris de dessus
ou de dessous.

- 3 Nommer les plans de coupe rouge et bleu sur le cliché ci-contre.

Rouge : frontal (médian).

Bleu : sagittal (médian).



Cliché d'un crâne en coupe transversale, obtenu par scanner

2

Les appareils du corps humain

- ➔ Localiser différents organes et appareils au sein des cavités crânienne et rachidienne, thoracique, abdominale et pelvienne.

Activité 1 Anatomie externe (ou de surface)

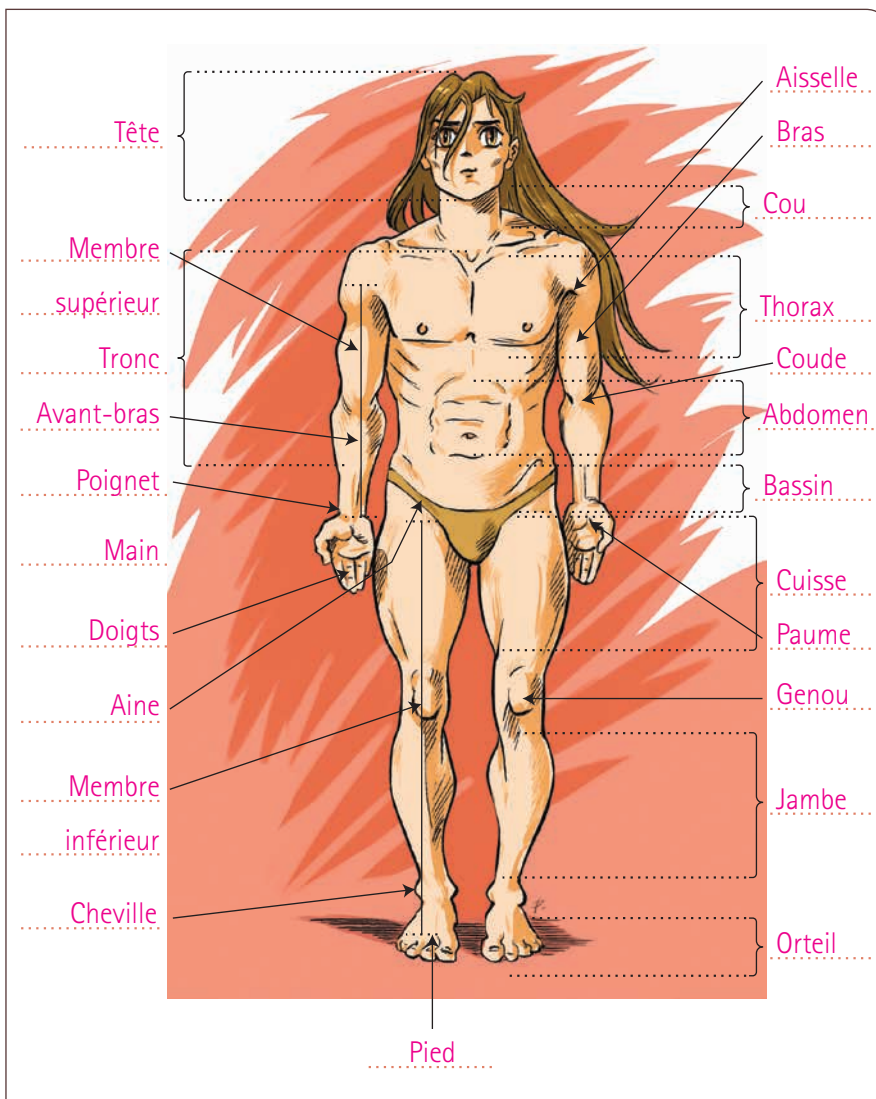


fig. 1 Personnage en position anatomique

Doc. 1 Personnage en position anatomique

Les grandes régions du corps sont la tête (qui se décompose en crâne et face), le cou (qui relie la tête au tronc), le tronc (qui se décompose de haut en bas en thorax, abdomen, bassin), les membres supérieurs (qui sont liés au tronc au niveau des aisselles), les membres inférieurs (qui sont liés au tronc au niveau de l'aine).

Les membres supérieurs sont composés, en commençant par la partie proximale, du bras, du coude, de l'avant-bras, du poignet et de la main (qui présente en position anatomique la paume et les doigts).

Les membres inférieurs sont composés, en commençant par la partie distale, du pied (qui se termine par des orteils), de la cheville, de la jambe, du genou et de la cuisse.

En utilisant le doc. 1, compléter les légendes de la fig. 1.

Activité 2 Les cavités

- 1 Justifier les termes de cavité postérieure et de cavité antérieure utilisés pour les deux grands types de cavité (cavités bleue et verte).

Parce qu'elle est en avant par rapport à la cavité bleue, la cavité verte est la cavité antérieure.

- 2 En s'aidant du doc. 2, compléter les légendes du schéma avec le nom des cavités.

Doc. 2 Les cavités du corps

Les os délimitent des cavités à l'intérieur de l'organisme. La première grande cavité est divisée en une cavité crânienne et une cavité vertébrale. La seconde cavité est divisée en une cavité thoracique, une cavité abdominale et une cavité pelvienne (située en position inférieure). Les cavités thoraciques et abdominales sont séparées par un muscle : le diaphragme.

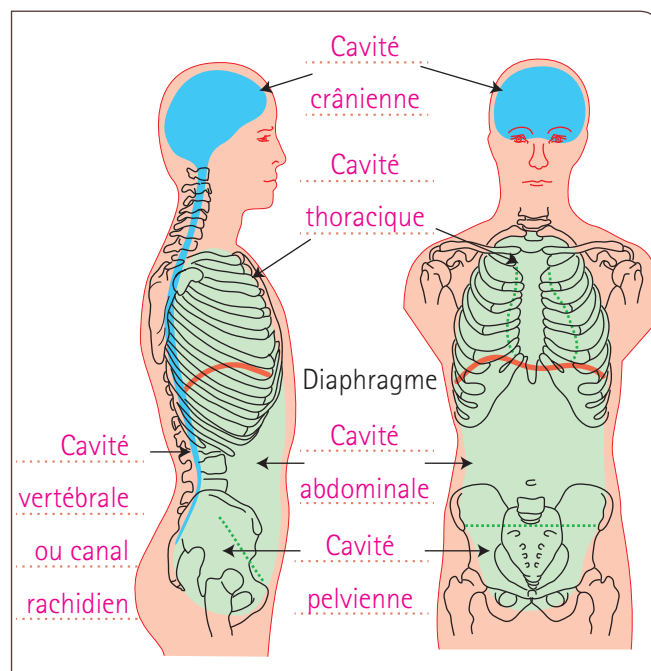


fig. 2 Les cavités corporelles

Activité 3 Les organes internes (dits viscères)



fig. 3 Canopes représentant Hâpi, Douamoutef, Amset et Qebhsenouf

Doc. 3 Canopes et viscères

Les Égyptiens de l'antiquité réalisaient certaines momies de la manière suivante :

- Le nez du mort était cassé et le cerveau était retiré avec un fil de fer. La cavité était alors nettoyée puis remplie de résines parfumées.
- L'abdomen était ouvert puis vidé de ses viscères (estomac, foie...) et la cavité était remplie d'épices.
- Les viscères prélevés étaient conservés dans des vases appelés « canopes ». Le foie dans le vase à tête d'homme, le poumon dans celui à tête de babouin, l'estomac dans celui à tête de chacal et l'intestin dans celui à tête de faucon.

- 1 Identifier les deux types de cavités auxquelles se réfère le doc. 3.

Les deux types de cavités auxquelles se réfère le document sont la cavité postérieure (qui contient le cerveau) et la cavité antérieure (qui contient les autres viscères).

- 2 Indiquer le point commun des viscères conservés dans les canopes du point de vue de leur consistance.

Le foie, le poumon, l'intestin, l'estomac sont des structures molles (ou éléments mous).

- 3 Proposer une explication sur les raisons de l'éviscération (prélèvement des viscères) des momies. On précise que l'éviscération est opérée rapidement par les pêcheurs sur les poissons.

Les viscères sont mous et fragiles. Ils peuvent se dégrader (action des micro-organismes) et contaminer le reste du corps. On peut citer également l'exemple des abats qui doivent être consommés rapidement.

Activité 4 Présentation des organes

- 1 Les organes peuvent être considérés comme des ensembles participant à la réalisation d'une fonction physiologique. Relier chaque organe à une des trois grandes fonctions de l'organisme.

Organe et exemple de rôle

Rate : rôle dans l'immunité (qui peut consister en l'élimination d'éléments étrangers).

Testicules : rôle dans la production de spermatozoïdes.

Utérus : lieu de développement de la grossesse.

Vessie : lieu de stockage de l'urine.

Cerveau : permet de traiter les informations extérieures.

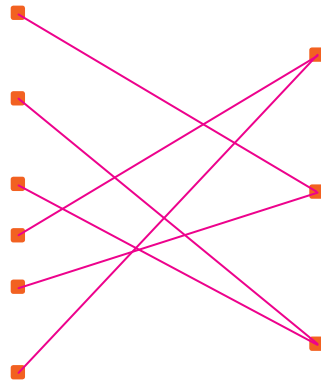
Cœur : mise en mouvement du sang et transport de gaz, molécules...

Fonctions

Nutrition et distribution
(échange et transport de matière)

Relation
(avec l'extérieur et à l'intérieur)

Reproduction



- 2 Afin de caractériser certains organes, de nombreux termes peuvent être utilisés. Compléter avec les termes « organe creux », « organe vital » ou « organe pair » le tableau ci-dessous. On utilisera uniquement les données du doc. 4 et des fig. 4, 5 et 6 afin de répondre.

Organe	Terme utilisable
Rein	Organe pair
Œsophage	Organe creux
Foie	Organe vital

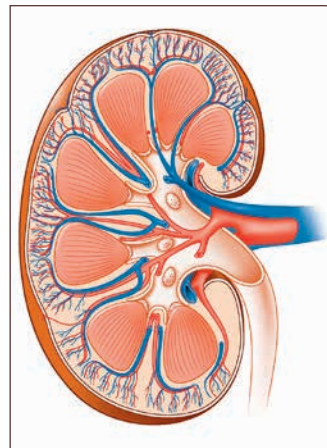


fig. 4 Coupe frontale des reins gauche et droits (à gauche, schéma, à droite, coupe colorée)

Doc. 4 Expérience d'ablation

L'ablation du foie chez le chien provoque après 6 h l'apparition d'une fièvre et d'une fatigue intense. Après 10 h, le chien tombe dans le coma et finit par mourir. Un traitement à base de sucre permet de prolonger sa vie d'à peine 48 h.



fig. 5 Cliché de fibroscopie

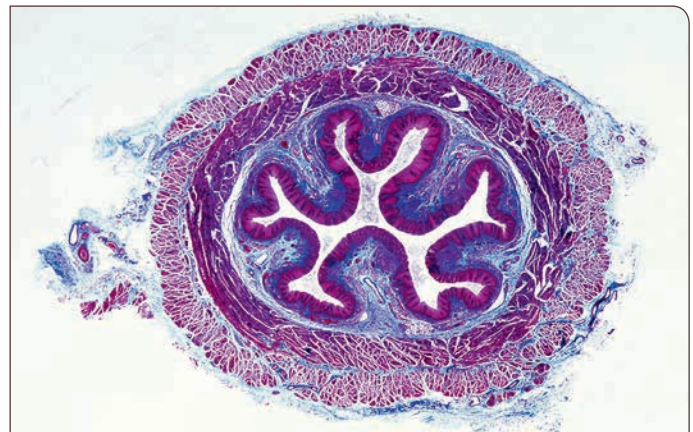
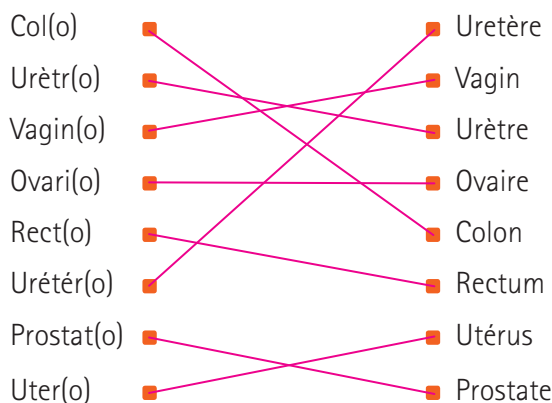


fig. 6 Coupe transversale d'œsophage

Activité 5 Racines et noms d'organes

1 Relier les racines aux noms actuels des organes.



2 Écrire les adjectifs caractéristiques d'organes et correspondant aux racines suivantes.

Hépat(o) : foie	Hépatique
Pulm(o) : poumon	Pulmonaire
Cérebr(o) : cerveau	Cérébral
Gastr(o) : estomac	Gastrique
Cardi(o) : cœur	Cardiaque
Cervix : cou	Cervicale

3 Rectifier la proposition : « vertèbre cervicale » signifie « vertèbre proche du cerveau ».

Cervicale vient de cou (cervix) et non pas de cerveau (cerebr(o)). « Vertèbre cervicale » signifie « vertèbre du cou ».

Activité 6 Les séreuses

1 À partir des explications du doc. 5, compléter le schéma de la séreuse (fig. 7) en ajoutant les légendes suivantes : feuillet pariétal, feuillet viscéral, sérosité.

Doc. 5 Organisation d'une séreuse

Une séreuse est une membrane unique qui tapisse la paroi des cavités (feuillet pariétal) puis qui tapisse l'isthme puis qui tapisse l'organe (feuillet viscéral). La séreuse a donc une structure de sac replié autour d'un organe. La séreuse contient un liquide appelé sérosité.

2 Les viscères échangent avec l'extérieur ou avec d'autres organes. Préciser le rôle de l'isthme pour les échanges. La fig. 8 présente une analogie du phénomène.

L'isthme permet une communication

entre le viscère et l'extérieur sans traverser

la séreuse. Des échanges peuvent avoir lieu.

(Sur le dessin, de l'air est échangé.)

3 Certains organes sont proches. Indiquer l'intérêt pour ces organes d'être entourés par une séreuse.

Les séreuses permettent d'éviter des frictions.

De plus les viscères peuvent bouger et sont protégés de chocs extérieurs.

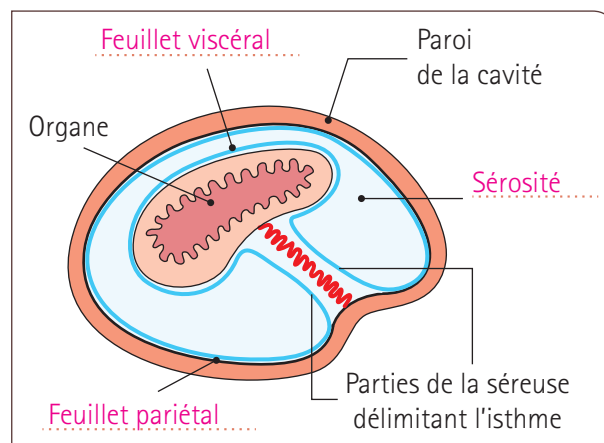


fig. 7 Structure générale d'une séreuse



fig. 8 La nageuse représente ici l'organe, le tuba l'isthme et la mer la séreuse (sérosité comprise).

Activité 7 Des cavités aux organes

1 Compléter la phrase ci-dessous.

Les viscères sont des organes internes contenus dans les cavités de l'organisme. Ils sont protégés par des membranes appelées séreuses.

2 Les fig. 9 et 10 représentent deux coupes réalisées dans la même région. Certains éléments n'ont pas été représentés (bronches, veines...). En utilisant les légendes de la fig. 9, compléter les légendes de la fig. 10.

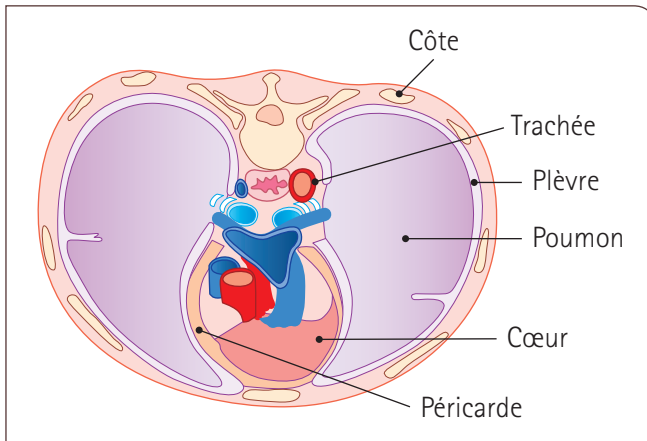


fig. 9 Coupe transversale du thorax

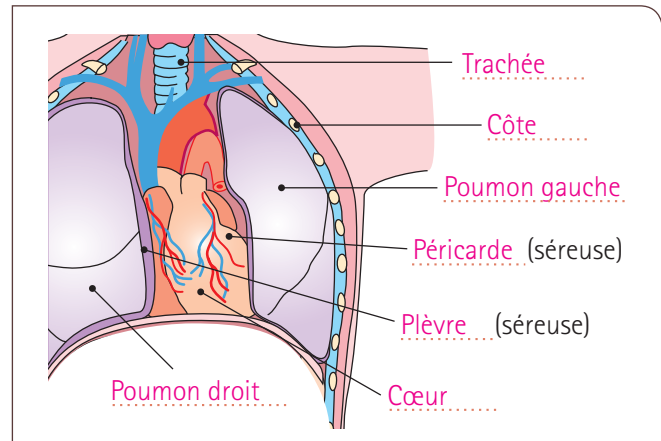
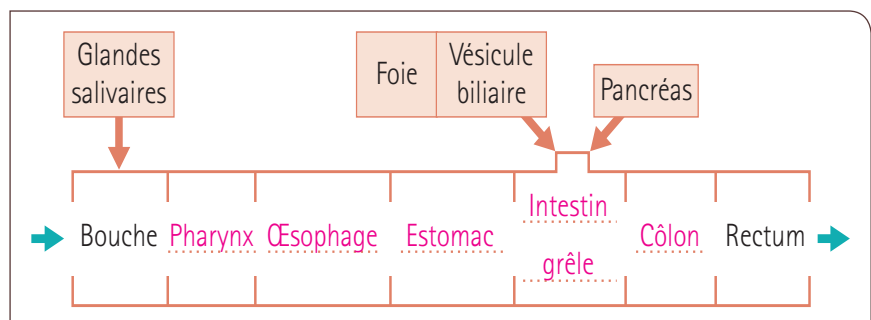


fig. 10 Coupe frontale du thorax

Activité 8 Des organes aux appareils

1 Les organes qui participent à une même fonction (la digestion par exemple) sont regroupés en appareils (l'appareil digestif par exemple). En utilisant les données du doc. 6, compléter les légendes manquantes du schéma de l'appareil digestif.



Doc. 6 Les organes de l'appareil digestif

L'appareil digestif est composé de 7 organes creux successifs qui communiquent (bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestin grêle, côlon, rectum) et de 4 organes annexes qui fabriquent ou stockent des substances nécessaires à la digestion.



fig. 11 Analogie du système digestif

2 Lors de la digestion, les aliments subissent des transformations qui doivent s'effectuer dans un ordre précis. Indiquer l'intérêt de l'organisation de l'appareil digestif.

Le tube digestif est compartimenté. Les aliments ne peuvent faire qu'un seul type de trajet.

- 3 Le rectum est le seul organe de l'appareil digestif à être situé dans la cavité pelvienne. Situer les organes du tube digestif (à l'exception de la bouche, des glandes salivaires et du pharynx) dans les cavités correspondantes.

Cavité thoracique : œsophage

Cavité abdominale : estomac, intestin grêle, côlon, foie, vésicule biliaire, pancréas

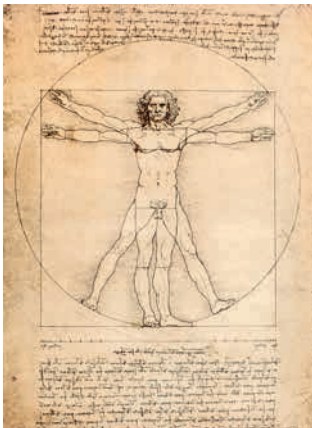
Cavité pelvienne : rectum

- 4 Indiquer si les organes d'un même appareil sont forcément dans la même cavité.

Non, les organes d'un même appareil ne sont pas forcément dans la même cavité car il apparaît que les organes de l'appareil digestif appartiennent à trois cavités distinctes (thoracique, abdominale, pelvienne).

Activité 9 Définition de l'anatomie

- 1 Identifier les niveaux anatomiques dessinés par Léonard de Vinci (en utilisant les termes en gras du doc. 7).



Organisme



Organe



Appareil



Cavité

- 2 Justifier l'étymologie du mot anatomie.

Afin d'étudier les organes, les appareils et les cavités, une dissection est nécessaire.

- 3 D'après vous, quel était le principal obstacle au développement de l'anatomie au cours du Moyen Âge ?

L'interdiction de la dissection sur des cadavres humains a longtemps empêché la compréhension de l'organisation de l'organisme.

- 4 Indiquer une technique actuelle permettant d'effectuer de l'anatomie interne sans ouvrir le corps.

Rayons X, IRM, scanner, échographie...

Doc. 7 Les dessins anatomiques de Léonard de Vinci

Le terme **anatomie** vient du bas latin (latin tardif) *anatomia*, qui signifie « dissection ». C'est une discipline biologique qui décrit la forme et la structure des **organismes** et de leurs parties (**cavités**, **organes**, **appareils**). Léonard de Vinci a réalisé 228 planches d'anatomie qui représentent une des contributions les plus importantes à l'anatomie de la Renaissance.

Je construis mon cours

L'organisme contient deux grandes cavités :

La cavité postérieure peut être divisée en deux cavités plus petites : la cavité crânienne et la cavité vertébrale.

La cavité antérieure peut être divisée en trois cavités plus petites : la cavité thoracique, la cavité abdominale et la cavité pelvienne.

Les cavités contiennent des organes mous appelés **viscères**. Ces viscères sont protégés par des **séreuses**.

Dans la cavité crânienne, on trouve comme organe l'encéphale.

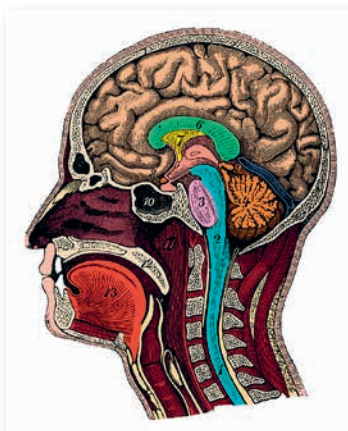
La cavité vertébrale contient la moelle épinière.

La cavité thoracique contient le cœur et les poumons.

La cavité abdominale contient le foie, le pancréas, la rate, les reins, le côlon, l'estomac, l'intestin grêle.

La cavité pelvienne contient la vessie, les testicules ou les ovaires, l'utérus, le vagin et le rectum.

Les organes qui participent à une même fonction forment un **appareil**. On dénombre 11 appareils différents chez l'homme.



Cavité postérieure



Cavité antérieure

Je sais dire

Racine	Signification
Cardi(o)	Cœur
Cerebr(o)	Cerveau
Col(o)	Côlon
Gastr(o)	Estomac
Hépat(o)	Foie
Orchid(o)	Testicule
Ovari(o)	Ovaire

Racine	Signification
Nephr(o)	Reins
Pneum(o) (Pulm(o))	Poumons
Prostat(o)	Prostate
Urétér(o)	Uretère
Urètr(o)	Urètre
Uter(o)	Utérus
Vagin(o)	Vagin

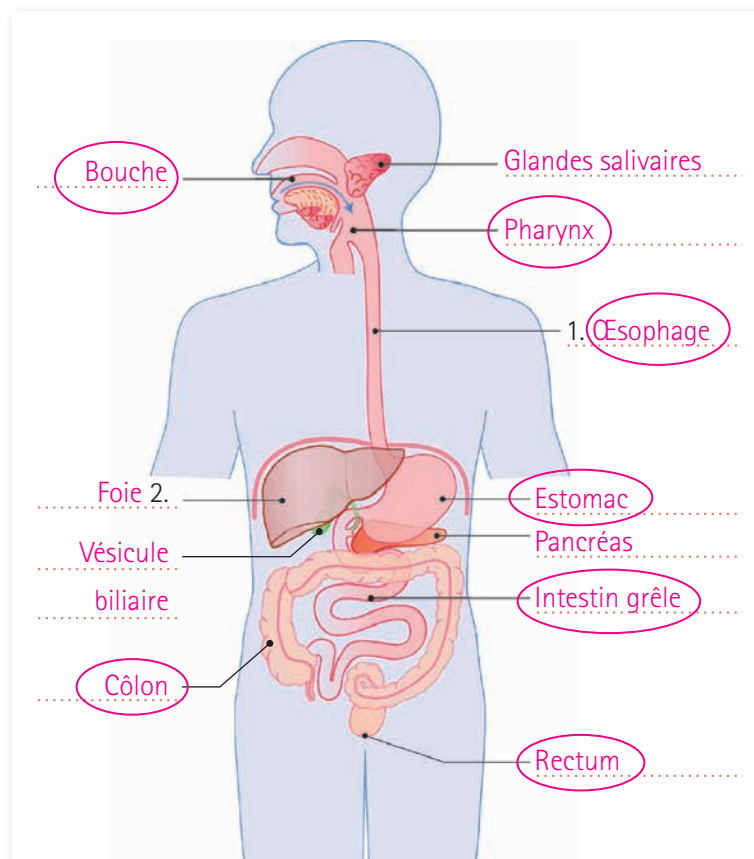
je sais faire le jour du bac

Le document ci-dessous représente l'anatomie de l'appareil digestif.

- 1 Justifier l'utilisation du terme appareil.

C'est un ensemble d'organes qui concourent à la même fonction.

- 2 Légender ce schéma et entourer le nom des organes constituant le tube digestif (on utilisera les données de l'activité 8).



- 3 Nommer les cavités auxquelles appartiennent les organes 1 et 2.

L'œsophage appartient à la cavité thoracique. Le foie appartient à la cavité abdominale.

3

Exemples de fonctionnements intégrés

- ➔ À partir d'un schéma, montrer que l'organisme échange avec l'environnement grâce aux différents systèmes ou appareils en interaction.
- ➔ Montrer l'existence d'une circulation de la matière et de l'information au sein de l'organisme.

Activité 1 Éléments de la communication nerveuse

Doc. 1 Éléments de la communication nerveuse

Stimulus : paramètre qui agit sur un récepteur sensoriel.

Récepteur sensoriel : partie de l'organisme excitée par un stimulus et qui envoie l'information aux centres nerveux.

Centres nerveux : encéphale et moelle épinière. L'encéphale traite des informations et commande les mouvements volontaires.

Effecteur : organe qui va agir de façon adaptée en réponse à un stimulus.

Nerf sensitif : permet la communication nerveuse entre le récepteur et le centre nerveux. (Exemple : le nerf optique.)

Nerf moteur : permet la communication entre le centre nerveux et l'effecteur.



fig. 1 Détection et confection d'un repas

1 En utilisant les définitions du doc. 1, compléter les tableaux à partir de la fig. 1.

Stimulus	Crocodile
↓	
Récepteur sensoriel	Œil
↓	
Nerf sensitif	Nerf optique
↓	
Centre nerveux	Encéphale

Centre nerveux	Encéphale
↓	
Transmission du message	Nerf moteur
↓	
Effecteur	Muscle
↓	
Réponse	Mouvement

2 Indiquer les conséquences pour le personnage d'une section des nerfs optiques d'une part et des nerfs moteurs d'autre part.

Dans un cas, pas de stimulus visuel, dans l'autre cas, pas de réaction physique.

3 Compléter le texte suivant à l'aide du doc. 1.

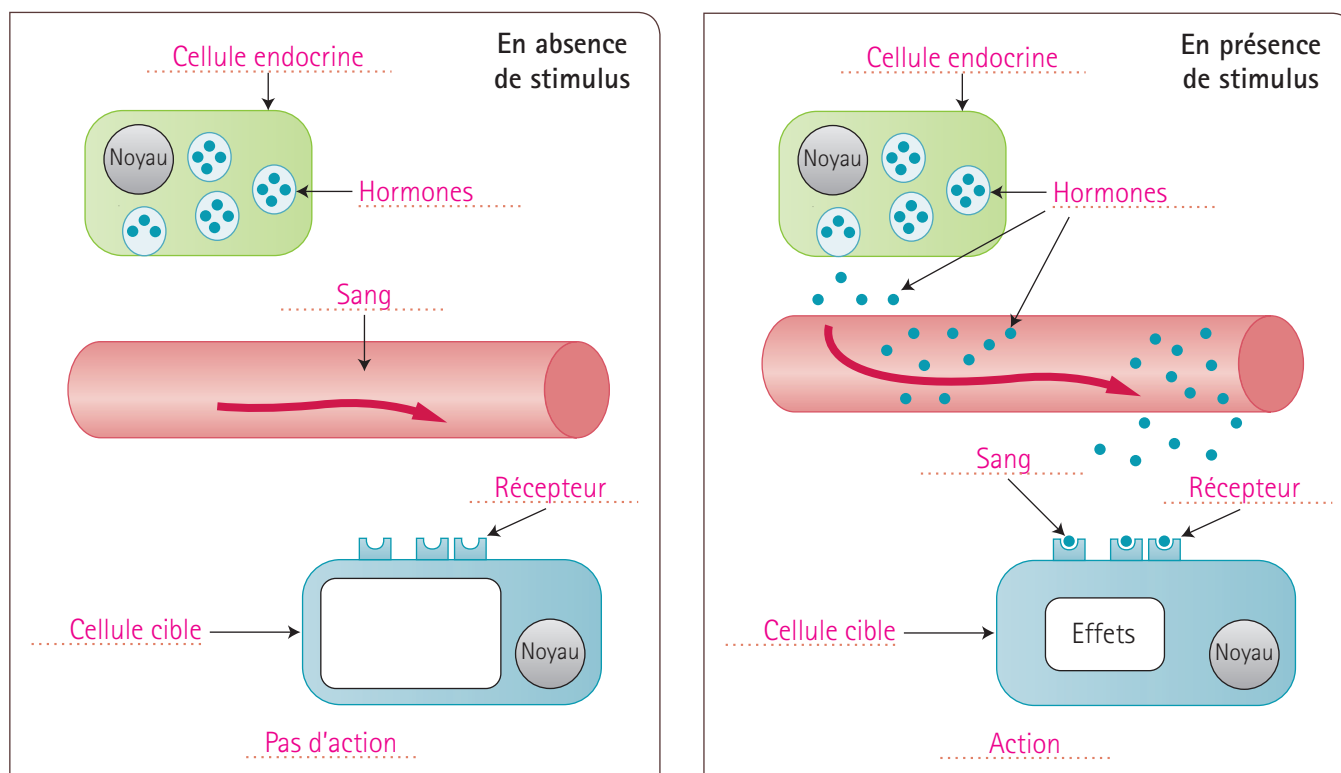
Un doigt se pose sur une surface très chaude. La chaleur est alors un stimulus qui active des récepteurs sensoriels sensibles à la température. L'information est transmise grâce à des nerfs sensitifs jusqu'aux centres nerveux. Ces derniers stimulent des nerfs moteurs qui vont agir sur des effecteurs (ici des muscles) en les contractant ou en les relâchant de façon que le doigt s'éloigne de la surface brûlante.

Activité 2 Éléments de la communication hormonale

Doc. 2 Éléments de la communication hormonale

Les hormones sont des molécules fabriquées par des cellules appelées cellules endocrines. En réponse à des stimuli précis, les cellules endocrines déversent dans le sang des hormones. Les hormones sont transportées par le sang : elles circulent dans l'organisme. Certaines cellules appelées cellules cibles possèdent des récepteurs qui fixent les hormones. Quand l'hormone est fixée au récepteur, la cellule cible réalise une action particulière. Ce sont les hormones qui ont notamment permis de faire entrer les sucres dans les cellules dans la scène précédente.

À partir des informations du doc. 2, compléter la figure suivante.



Activité 3 Comparaison communication hormonale/communication nerveuse

À l'aide des doc. 1 et 2, comparer communication hormonale et communication nerveuse.

	Stimulus	Récepteur	Nature du signal	Transport de l'information	Lieu d'arrivée de l'information	Effet
Communication nerveuse	Stimulus	Récepteur sensoriel	Électrique	Nerf	Centre nerveux	Message effecteur vers organe effecteur
Communication hormonale	Stimulus	Cellules endocrines	Hormone	Sang	Cellule cible	Action de la cellule cible

Activité 4 Le transfert de matière met en jeu plusieurs appareils

Doc. 3 Devenir d'un aliment

Les aliments mangés sont dégradés dans le tube digestif. Une partie passe dans le sang au niveau de l'intestin. L'autre partie est éliminée sous forme de fèces (excréments). La partie passée dans le sang pénètre dans les cellules. Là, elle subit l'équivalent d'une combustion grâce au dioxygène qui provient du sang. La combustion donne du gaz carbonique. Le gaz carbonique passe dans le sang. La combustion produit de l'énergie qui permet à l'organisme de bouger, penser...

Des déchets sont également produits. Ils passent dans le sang, puis dans l'appareil urinaire. Ils sont éliminés dans l'urine.

Le cœur permet au sang d'être mis en mouvement.

Le poumon permet d'absorber le dioxygène de l'air et de rejeter le gaz carbonique.



fig. 2 Repas

1 Identifier les quatre appareils représentés sur la fig. 4.

A : appareil digestif

C : appareil

B : appareil

circulatoire

respiratoire

D : appareil urinaire



fig. 3 Élimination urinaire

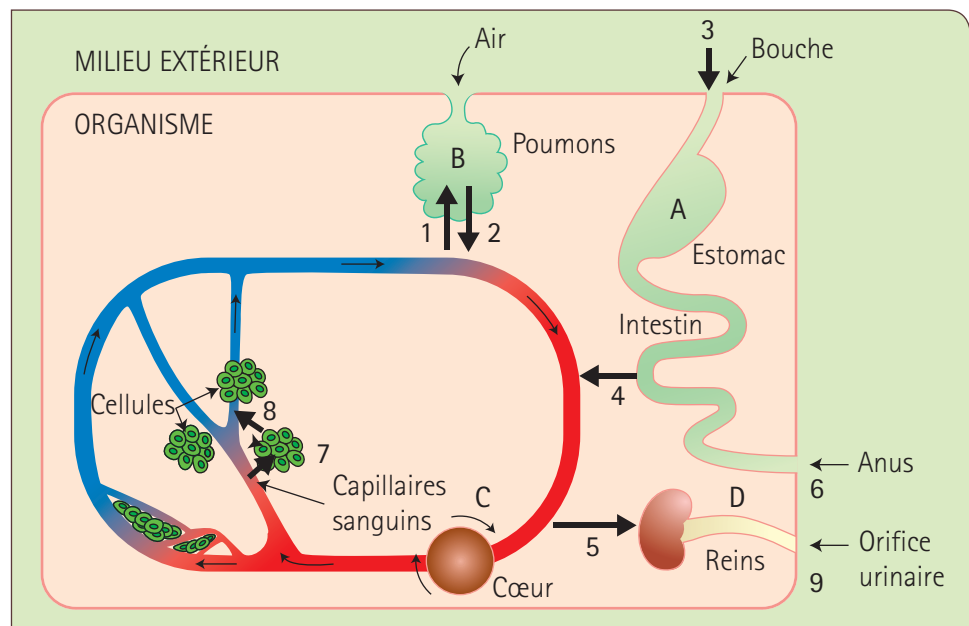


fig. 4 Le renouvellement permanent des molécules dans l'organisme

2 Identifier, à partir du doc. 3, les éléments échangés sur la fig. 4.

1 : gaz carbonique (CO_2)

6 : fèces (partie des aliments non absorbés)

2 : dioxygène (O_2)

7 : dioxygène, aliments « dégradés »

3 : aliments

8 : gaz carbonique, déchets

4 : aliments « digérés » (dégradés)

9 : déchets (urine)

5 : déchets

- 3 En observant les échanges d'oxygène (O_2) sur le schéma d'intégration, indiquer la relation entre la couleur utilisée pour le sang et la richesse en oxygène du sang.

Rouge : sang riche en oxygène et pauvre en gaz carbonique.

Bleu : sang pauvre en oxygène et riche en gaz carbonique (couleurs conventionnelles).

Activité 5 Bilan des coopérations entre appareils



- 1 Indiquer les appareils nécessaires qui, en coopérant, ont permis au personnage de se nourrir et d'éliminer les déchets produits.

Les appareils qui ont permis au personnage de se nourrir et d'éliminer les déchets produits sont les appareils oculaire, nerveux, musculaire, osseux, digestif, respiratoire, circulatoire, urinaire.



- 2 Donner trois exemples d'organes impliqués.

Œil, encéphale, cœur, estomac, intestin, muscle, rein...



- 3 Citer les deux grands types de communication qui ont été sollicités pour le bon déroulement de l'action.

Communication nerveuse (ex. : de l'œil au cerveau). Communication hormonale (ex. : entrée des sucres dans les cellules).

Activité 6 Étude d'un système de communication

Doc. 4 Eduardo Kac

Eduardo Kac est un (bio)artiste qui présente des réalisations mêlant ordinateurs et êtres vivants. Dans *Genesis*, il a introduit une phrase codée sous la forme d'un morceau d'ADN dans des bactéries. Les bactéries sont sous une lampe UV. Des internautes peuvent déclencher de chez eux la lampe. Lorsque la lampe UV est déclenchée, des modifications de l'ADN des bactéries ont lieu : la phrase de départ est modifiée.



fig. 5 Eduardo Kac, *Genesis*, 1999

À partir des données précédentes, identifier dans *Genesis* les éléments qui peuvent être comparés à ceux de la communication nerveuse.

Stimuli : doigt de l'internaute

Centre nerveux : ordinateur

Récepteur sensible : clavier

Nerf moteur : câble reliant l'ordinateur à la lampe UV

Nerf sensible : câble internet

Effecteur : lampe UV

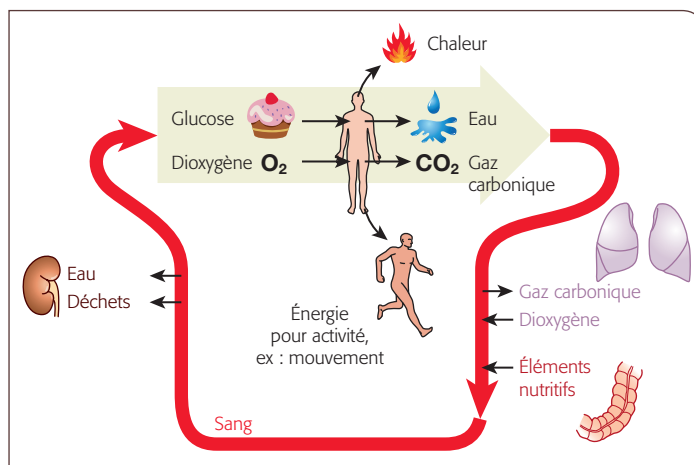
Je construis mon cours

Échange de matière

L'organisme échange de la matière avec le milieu extérieur.

Les différents appareils qui constituent un organisme échangent aussi de la matière entre eux.

La matière extérieure entre dans l'organisme au niveau des **poumons** (gaz) et au niveau du **tube digestif** (aliment). Le **sang** joue un rôle essentiel lors du **transport** de la matière à l'intérieur de l'organisme.



Échange d'information

On distingue deux types de communication dans l'organisme : la communication **nerveuse** et la communication **hormonale**.

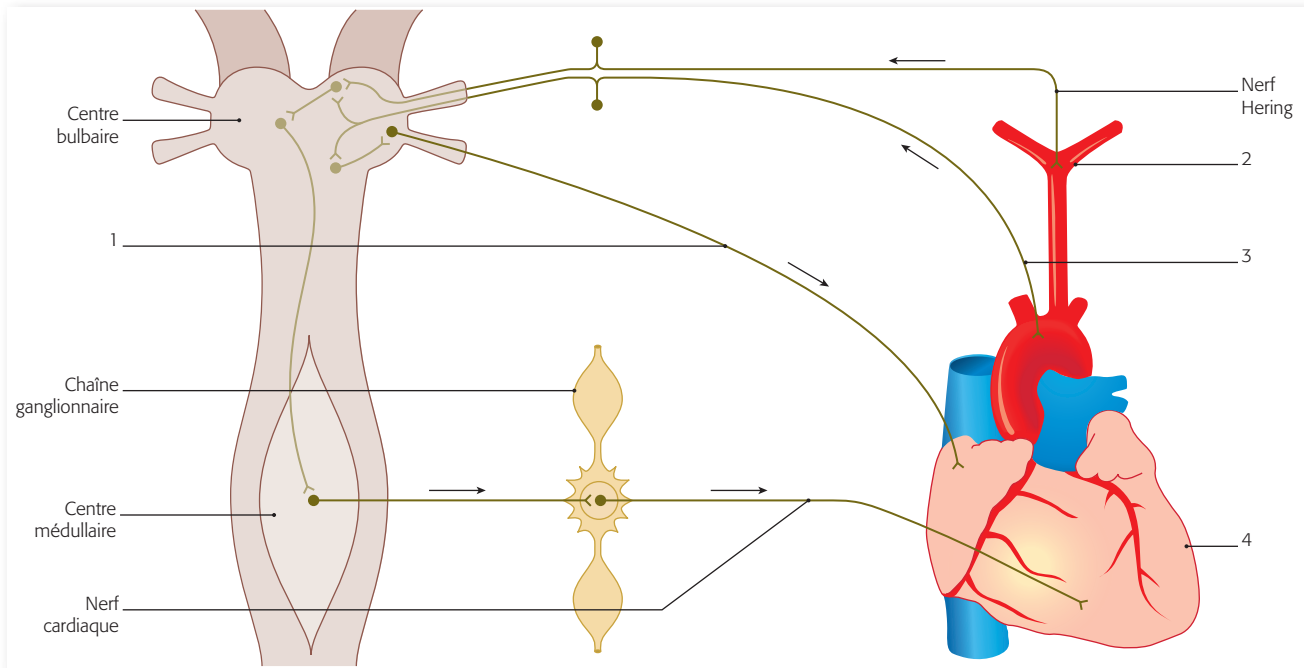
- Dans le cas de la communication nerveuse, l'information est véhiculée par les **nerfs**. La réponse est rapide et de courte durée.
- Dans le cas de la communication hormonale, l'information est véhiculée par le **sang**. La réponse peut durer plus longtemps.

Je sais dire

Racine	Signification	Racine	Signification
Stimulus	Paramètre qui agit sur un récepteur sensoriel.	Nerf moteur	Permet la communication entre le centre nerveux et l'effecteur.
Récepteur sensoriel	Partie de l'organisme excitée par un stimulus et qui envoie l'information aux centres nerveux.	Hormone	Molécule sécrétée par une glande endocrine, véhiculée dans le sang et qui agit sur des cellules cibles.
Centres nerveux	Encéphale et moelle épinière.	Glande endocrine	Structure capable de sécréter des hormones.
Effecteur	Organe qui va agir de façon adaptée en réponse à un stimulus.	Cellule cible	Cellule sensible à une hormone donnée.
Nerf sensitif	Permet la communication nerveuse entre le récepteur et le centre nerveux.	Récepteur hormonal	Partie de la cellule cible qui fixe spécifiquement une hormone.

je sais faire le jour du bac

Le schéma ci-dessous donne un exemple de communication nerveuse. Lorsque la pression sanguine est trop importante, cela est détecté au niveau du sinus carotidien. Les nerfs de Cyon et de Hering informrent le centre bulbaire qui envoie une information au cœur par l'intermédiaire du nerf vague. Le cœur ralentit.



- 1 Compléter avec les mots « récepteur », « nerf sensitif », « nerf moteur » et « effecteur » aux repères 1, 2, 3 et 4 du schéma.

1 : nerf vague Nerf moteur 3 : nerf de Cyon Nerf sensitif

2 : sinus carotidien Récepteur 4 : cœur Effecteur

L'adrénaline et la noradrénaline sont sécrétées par la médullo-surrénale qui est une glande située au-dessus du rein. Elles passent dans le sang et se fixent sur le récepteur de cellules cibles dont certaines se contractent et augmentent la tension. En cas d'hypertension, on peut utiliser des β -bloquants qui se fixent sur les mêmes récepteurs que précédemment et qui n'induisent pas d'effets.

- 2 Identifier la nature de la noradrénaline et des cellules de la glande surrénale.

Adrénaline et noradrénaline : hormones

Cellules de la glande surrénale : endocrines

- 3 Justifier la prescription de β -bloquant pour les personnes hypertendues.

La fixation du β -bloquant sur la cellule cible ne provoque pas d'effet. La noradrénaline ne peut pas se fixer sur le récepteur. La cellule ne se contracte pas : il n'y a pas d'hypertension

4

Les différents niveaux d'organisation d'un organisme

- ➔ Mettre en évidence l'organisation hiérarchisée de l'être humain et la relation structure-fonction à partir de l'étude d'un organe. Dégager la notion de tissu.
- ➔ Identifier les différentes ultrastructures cellulaires et citer leur rôle.
- ➔ Montrer l'implication des molécules dans la construction des structures cellulaires.

Activité

1

Niveaux d'organisation et unité de base



Gommettes isolées



Triangles (toits), rectangles (murs)



Triangle + rectangle (maisons)

- 1 Distinguer plusieurs niveaux d'organisations sur les photos ci-dessus.
- 2 Indiquer le plus petit niveau d'organisation. Le plus petit niveau d'organisation est la gommette.
- 3 Les organismes contiennent des appareils qui sont composés d'organes qui contiennent des tissus qui contiennent des cellules. En déduire l'unité de base des organismes et préciser les niveaux d'organisation.
La cellule est le niveau de base. 5 niveaux : cellules (1), tissus (2), organes (3), appareils (4), organisme (5).

Activité

2

Étudier cellules et organites par microscopie

Doc.

1

Caractéristiques de l'œil et d'objets grossissants

L'œil peut observer des objets d'une taille supérieure à 0,1 mm. Une loupe est une lentille qui permet d'observer des détails supérieurs à 0,01 mm.

Le microscope optique contient plusieurs lentilles, utilise la lumière visible et permet d'observer des objets de taille supérieure à 0,1 μm (0,0001 mm).

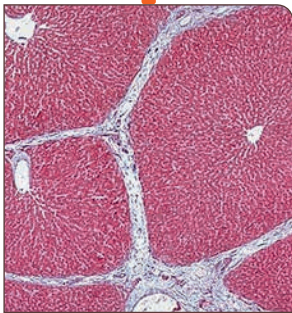
Le microscope électronique fonctionne selon le même principe que le microscope optique. La lumière y est

remplacée par des électrons et les lentilles sont magnétiques. Il permet d'observer des images d'éléments de taille supérieure à 1 nm (0,000001 mm).

On distingue deux types de microscopes électroniques :

- ▶ le microscope électronique en transmission (MET ou TEM) qui donne des images en 2D ;
- ▶ le microscope électronique à balayage (MEB ou SEM) qui donne des images 3D.

1 Relier chaque objet au moyen d'observation le plus adapté à sa taille.



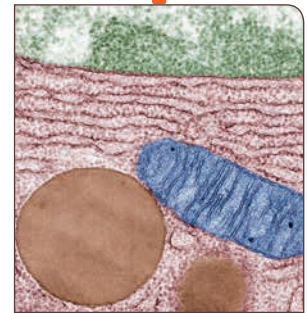
Tissu hépatique
(composé de cellules)



Cerveau



Verrue



Intérieur d'une cellule



fig. 1 Bactéries [*Clostridium*]

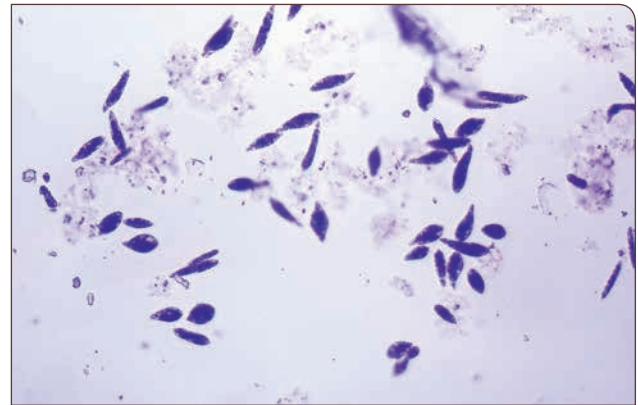


fig. 2 Euglène

2 D'après les photographies de microscopie optique des fig. 1 et 2, indiquer s'il est possible de comparer les tailles des deux éléments observés.

On ne peut pas répondre au vu des photos car il n'y a aucune indication sur la taille réelle des éléments.

Doc. 2 Définitions

Grossissement : un microscope est composé de lentilles qui grossissent plus ou moins. Si on note le grossissement « $\times 100$ » alors les lentilles ont grossi 100 fois l'objet.

Agrandissement : une photographie d'une observation microscopique peut être prise. Cette photographie peut être agrandie. L'agrandissement est le rapport : (taille finale sur l'image)/(taille réelle de l'objet).

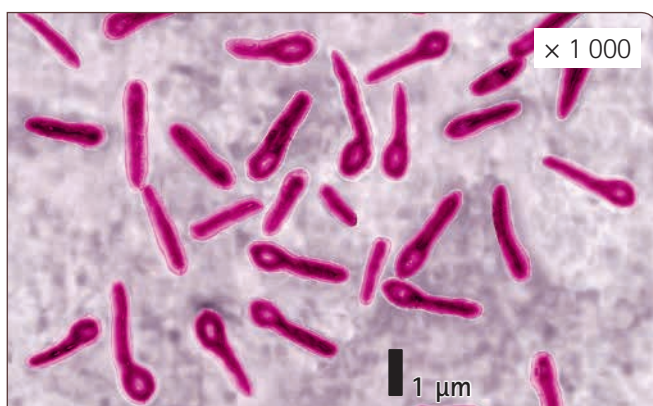
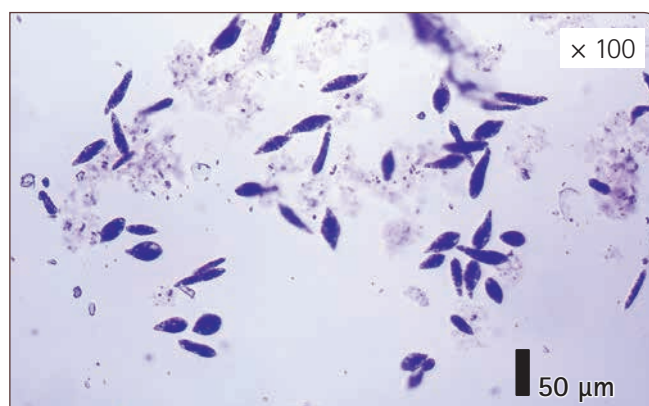
fig. 3 *Clostridium*

fig. 4 Bactérie et euglène



- 3 À l'aide du doc. 2, préciser la différence entre les deux images de *Clostridium* de la fig. 3.

La seconde image est une partie de la première image agrandie. Mais dans les deux cas, le grossissement du microscope était le même ($\times 1\,000$).

- 4 Compléter le texte suivant en s'appuyant sur les images de la fig. 4.

La photo de la bactérie a été prise
avec un grossissement de $\times 1\,000$.

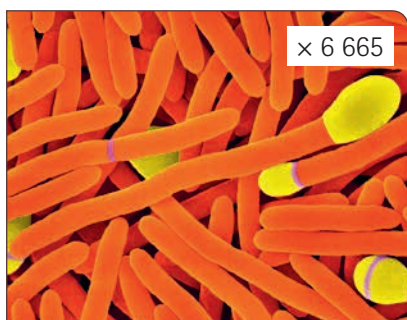
La bactérie mesure $2\,\mu\text{m}$.

L'euglène mesure $40\,\mu\text{m}$.

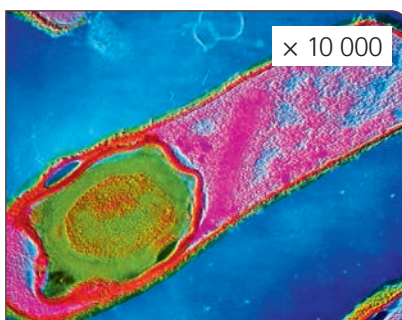
La photo de l'euglène a été prise
avec un grossissement de $\times 100$.

L'euglène est plus grande que la bactérie.

- 5 Identifier, à l'aide des informations contenues dans le doc. 1, le type de microscopie utilisé. Les trois clichés suivants représentent la bactérie *Clostridium* (images colorisées).



MEB



MET



Microscopie photonique

Activité 3 Ultrastructure d'une cellule eucaryote

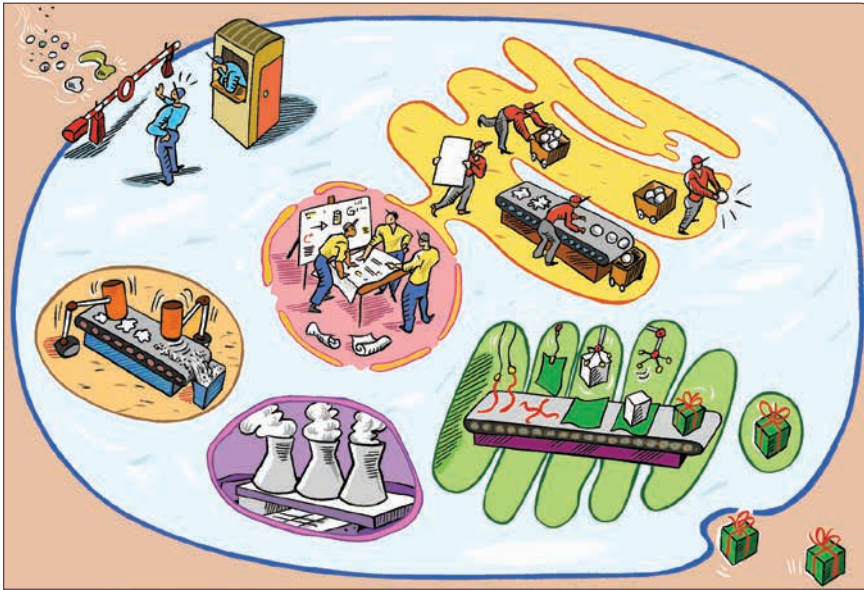


fig. 5 Ultrastructure d'une cellule eucaryotes

Doc. 3 La cellule

Une cellule est une structure délimitée par une membrane plasmique qui sert de frontière entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule.

La cellule possède un noyau. Dans celui-ci, on trouve l'ADN qui est une molécule contenant les informations nécessaires à la cellule afin de fabriquer ou non diverses molécules.

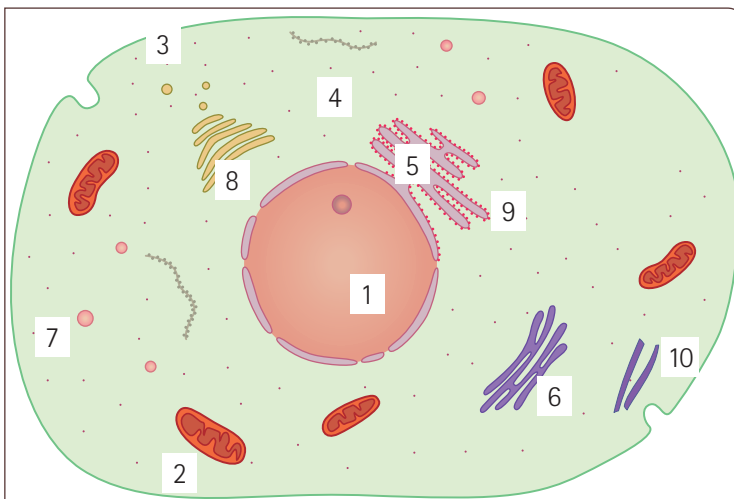
L'intérieur de la cellule est appelé cytoplasme. Ce dernier contient des organites qui sont des structures délimitées par des membranes. Les principaux organites sont :

- la mitochondrie : lieu de fabrication d'énergie ;
- le réticulum endoplasmique rugueux : lieu de synthèse et de transformation des protéines ;

- le réticulum endoplasmique lisse : lieu important pour des réactions de lipides ;
- l'appareil de Golgi : lieu de finition et d'exportation des protéines ;
- le lysosome : lieu de dégradation des déchets de la cellule.

Le cytoplasme contient aussi des ribosomes : ensemble de molécules libres ou accrochées au REG (réticulum endoplasmique granuleux) où a lieu la fabrication des protéines. Le cytoplasme contient également le cytosquelette composé de fibres protéiques assurant la forme de la cellule et le déplacement des organites.

À partir du doc. 3 et du dessin ci-dessus, compléter les légendes du schéma. Les organites sont placés dans les mêmes zones, mais les tailles et les nombres d'organites peuvent être différents.



- 1 : noyau
- 2 : mitochondrie
- 3 : membrane plasmique
- 4 : cytoplasme
- 5 : REG
- 6 : appareil de Golgi
- 7 : lysosome
- 8 : réticulum endoplasmique lisse
- 9 : ribosome
- 10 : cytosquelette

Activité 4 Variations entre cellules

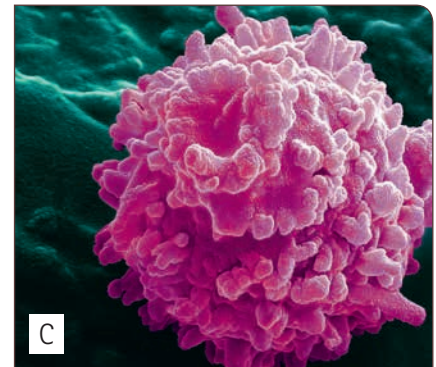
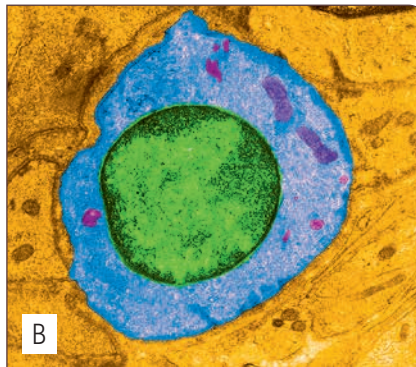
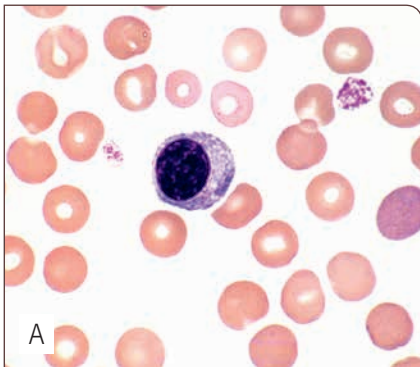


fig. 6 Lymphocyte observé par trois techniques microscopiques différentes

1 Identifier les trois types de microscopie utilisés ci-dessus.

A : optique B : électronique en transmission C : électronique à balayage

2 Indiquer, en s'aidant de l'activité 3, les éléments de la cellule observés, en fonction du type de microscopie utilisé.

A : noyau, cytoplasme, forme de la cellule

B : noyau, organites (mitochondrie, réticulum, appareil de Golgi), membrane

C : membrane du côté extérieur avec les replis de la membrane

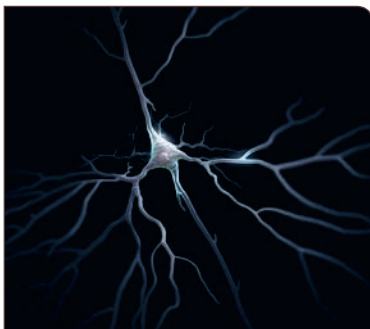


fig. 7 Le motoneurone de girafe est une cellule qui s'étend sur toute la longueur des pattes



fig. 8 Le jaune d'un œuf non fécondé est une cellule unique

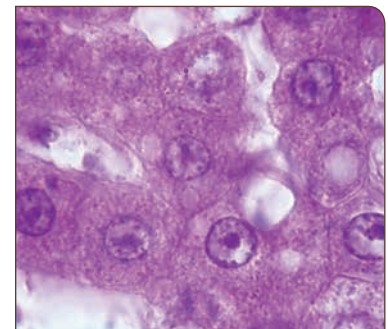


fig. 9 Les cellules hépatiques ont un diamètre d'environ 0,1 mm

3 Identifier deux différences évidentes entre les cellules des fig. 7, 8 et 9.

Formes distinctes : étoile, ronde

Tailles différentes : motoneurone (plus d'1 mètre), cellule hépatique (0,0001 mètre), cellule œuf (plusieurs centimètres)

Activité 5 Différenciation cellulaire

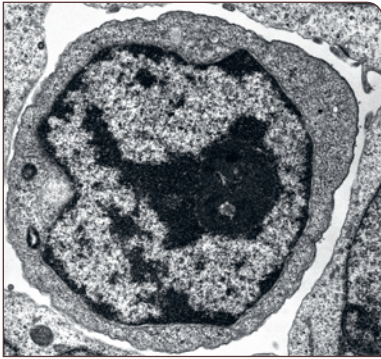


fig. 10 Lymphocyte B

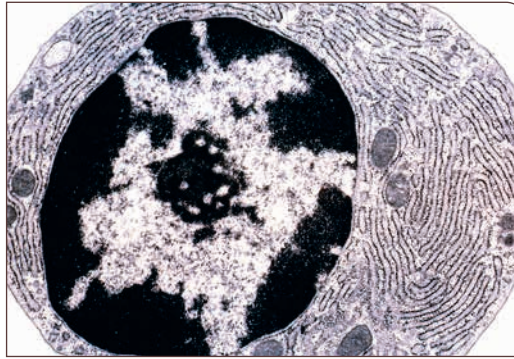


fig. 11 Plasmocyte (lymphocyte B différencié)

- 1 Le lymphocyte B est une cellule qui peut se différencier en plasmocyte. Le plasmocyte synthétise et excrète des protéines appelées anticorps. À partir de l'observation des fig. 10 et 11, indiquer les différences observables entre le plasmocyte et le lymphocyte B. En proportion, le noyau prend moins de place dans la cellule différenciée. Le REG et Golgi se sont développés.
- 2 Les lymphocytes se différencient lors d'infection. Les anticorps sont des protéines qui permettent de lutter contre les micro-organismes. Montrer que la différenciation du lymphocyte est adaptée à son rôle. REG et Golgi jouent un rôle dans l'exportation des protéines. Ils sont très nombreux dans les plasmocytes et participent à la synthèse et à la sécrétion des anticorps.
- 3 Les cellules différenciées ont chacune leur rôle. Relier les trois types de cellules suivantes avec leur rôle, et justifier la réponse dans la case indiquant le nom de la cellule.

Neurone :

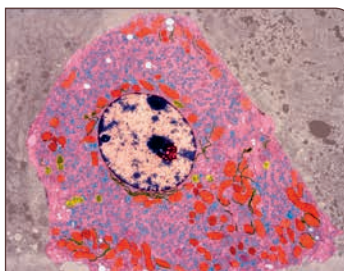
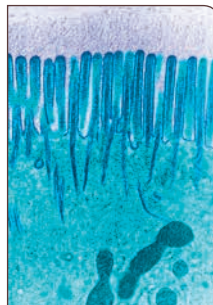
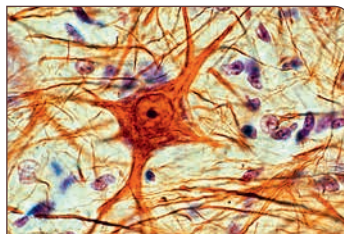
Ramifications longues de la cellule.
Contacts précis à distance.

Entérocytes :

Nombreux replis de la membrane
(visibles en haut) qui augmentent la
surface d'absorption des nutriments.

Hépatocytes :

Présence de nombreuses
mitochondries (production d'énergie
pour réaliser les réactions).



Rôle : absorption des nutriments issus des aliments digérés dans le tube digestif. Cette absorption nécessite une grande surface d'échange.

Rôle : réception et transmission du message nerveux à distance et à un endroit précis.

Rôles multiples : détoxification de l'organisme, production de nombreuses molécules. Le tout nécessitant beaucoup d'énergie.

Activité 6 Les molécules dans la structure de la cellule

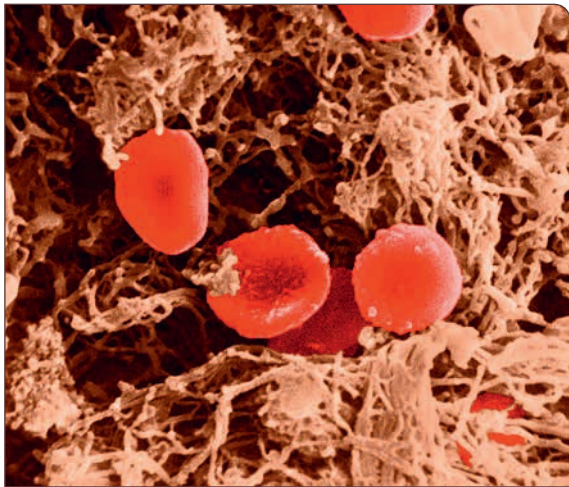


fig. 12 Globules rouges contenant de l'Hb

Doc. 4 Importance de l'hémoglobine des globules rouges

Les globules rouges sont des cellules qui transportent le dioxygène dans le sang grâce à une molécule (une protéine) appelée hémoglobine et notée Hb.

La drépanocytose est une pathologie due à une hémoglobine différente qui est notée HbS. En absence de dioxygène, les hémoglobines HbS s'agglutinent et forment des fibres.



fig. 13 Globules rouges contenant de l'HbS

- 1 À partir du doc. 4 et des fig. 12 et 13, déduire l'influence d'une molécule (hémoglobine) sur la forme d'une cellule (globule rouge). Les deux photos de globules rouges sont prises dans des conditions avec peu de dioxygène.

Les hémoglobines HbS ont formé des fibres. Les fibres ont modifié la forme de la cellule (globules rouges en faucilles). Les molécules influencent les structures supérieures (cellules).

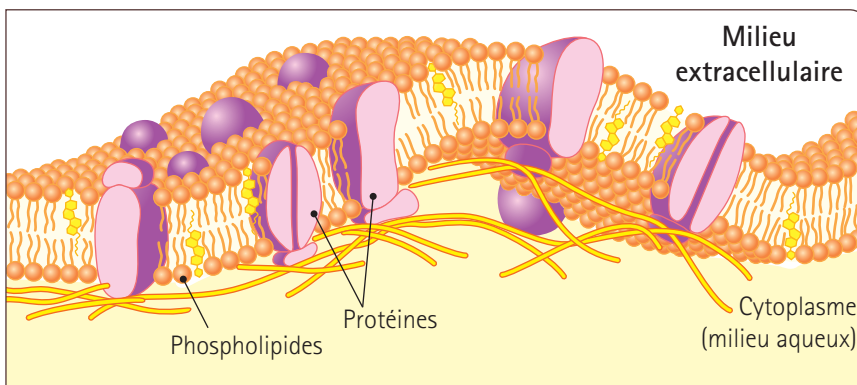


fig. 14 Schématisation de la membrane plasmique

Doc. 5 La membrane plasmique

La membrane plasmique est constituée de deux couches de (phospho)lipides dans lesquelles sont insérées des protéines. Certaines protéines traversent la membrane et délimitent un canal qui peut permettre le passage d'un type donné de molécule hydrosoluble. Ce canal peut être ouvert ou fermé selon les cas. Toutes ces structures sont liées par des interactions faibles et peuvent donc se déplacer dans le plan de la membrane.

- 2 Les vitamines hydrosolubles sont solubles dans l'eau et les vitamines liposolubles sont solubles dans les lipides. Indiquer le mode d'entrée des vitamines liposolubles dans la cellule.

Les vitamines liposolubles traversent directement les lipides de la membrane plasmique.

- 3 Préciser l'intérêt des canaux décrits dans le doc. 5.

Certaines molécules hydrosolubles peuvent entrer de manière contrôlée dans le cytoplasme.

Activité 7 Définition des tissus et des organes

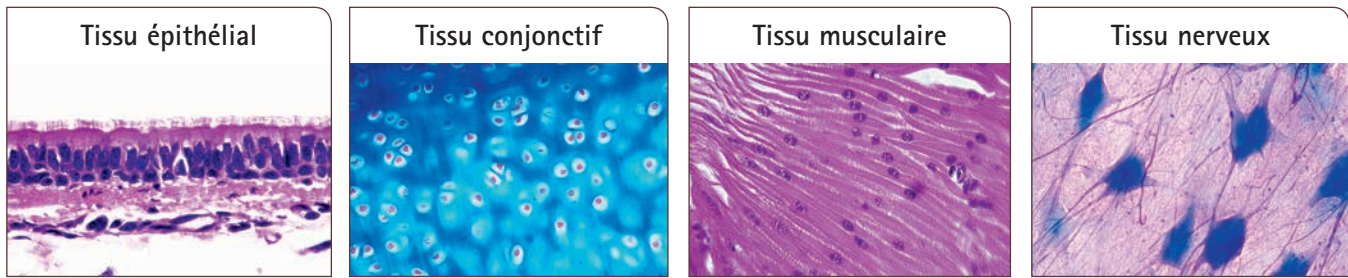
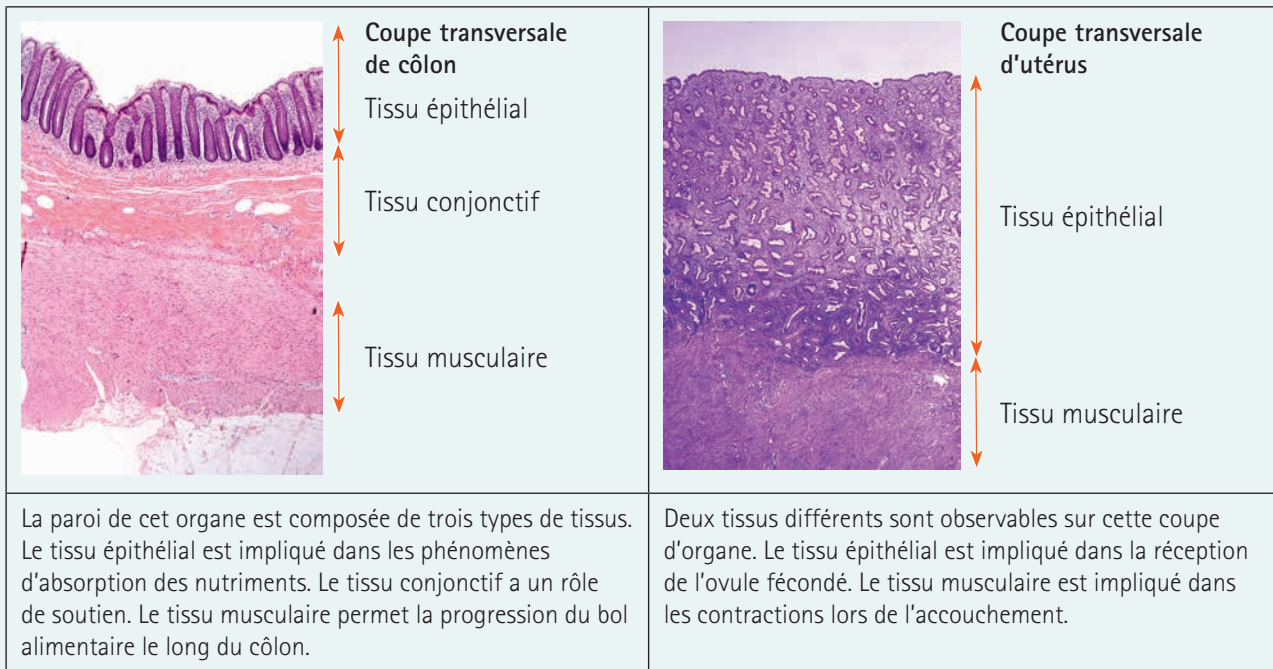


fig. 15 Exemples de tissus

1 En observant les points communs entre les tissus présentés dans la fig. 15, proposer une définition simple d'un tissu.

Les tissus sont composés de cellules à la structure identique qui peuvent être organisées très précisément.

Doc. 6 Coupes d'organes



2 Montrer que les tissus d'un organe, bien qu'ayant des rôles différents, participent à une même fonction.

Les trois tissus du côlon participent à la digestion. Les deux tissus de l'utérus participent à la reproduction.

3 Proposer une définition simple d'un organe.

Un organe est composé de différents tissus. L'ensemble concourt à une fonction précise.

4 À l'aide des racines données, indiquer la signification d'histologie et de cytologie. Rechercher la signification d'organologie dans un dictionnaire et préciser pourquoi c'est un faux-ami.

Cyt(o)	cellule	Hist(o)	tissu	Organ(o)	organe	Logos	discours sur (étude de)
--------	---------	---------	-------	----------	--------	-------	-------------------------

Histologie : étude des cellules. Cytologie : étude des tissus. Organologie : étude des instruments de musique (et non des organes).

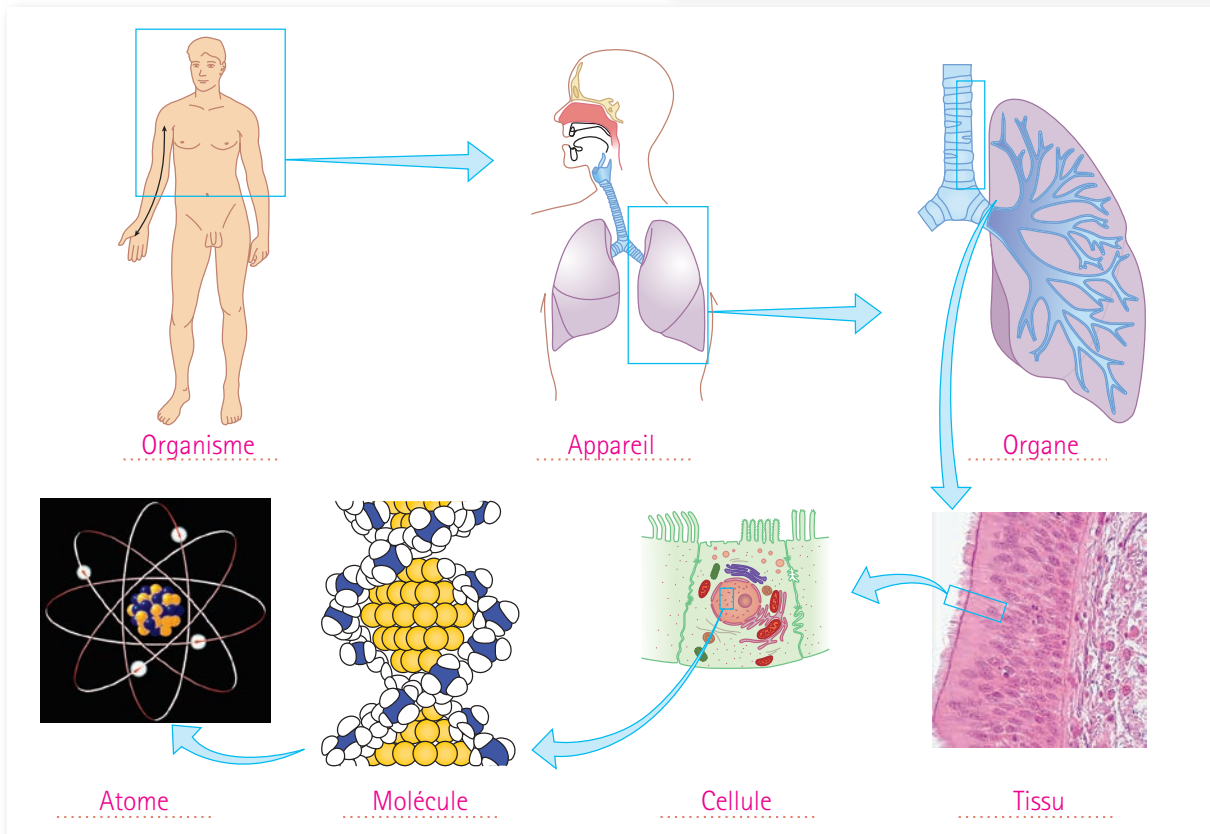
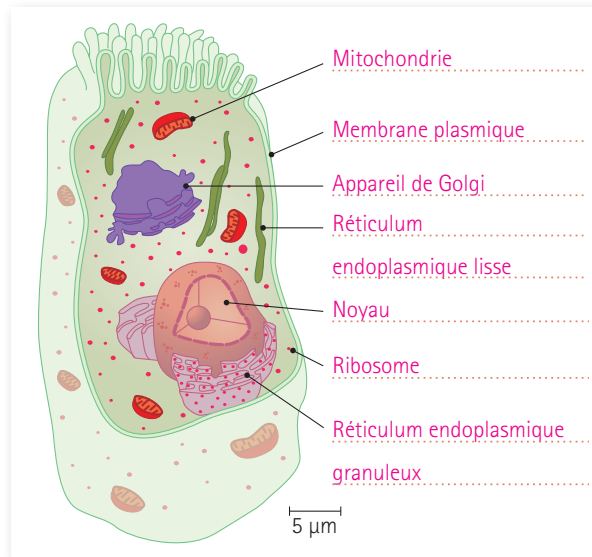
Je construis mon cours

La cellule est l'élément de base d'un être vivant. Elle est délimitée par une membrane plasmique.

Il existe plusieurs niveaux d'organisation d'un organisme.

Selon la taille des éléments observés, on peut utiliser :

- le microscope **optique** (MO),
- le microscope **électronique en transmission** (MET) qui donne des images en **2D**, ou la microscopie **électronique à balayage** (MEB ou SEM), qui donne des images en **3D**.



Je sais dire

Organe

Ensemble de tissus participant à la même fonction

Tissu

Ensemble organisé de cellules semblables

Cary(o)

Noyau

Cyt(o)

Cellule

Hist(o)

Tissu

Nucléo

Noyau

je sais faire le jour du bac

- 1 Compléter les légendes du schéma de la cellule.

1 : mitochondrie

2 : REG

3 : noyau

4 : membrane plasmique

- 2 Donner le rôle des organites 13, 14 et 15.

1 : production d'énergie

2 : synthèse et transformation de protéines

3 : contient l'ADN.

- 3 Préciser la fonction de la structure 16.

La membrane plasmique délimite la cellule

(frontière sélective).

- 4 Citer la technique d'observation utilisée pour observer les organites d'une cellule.

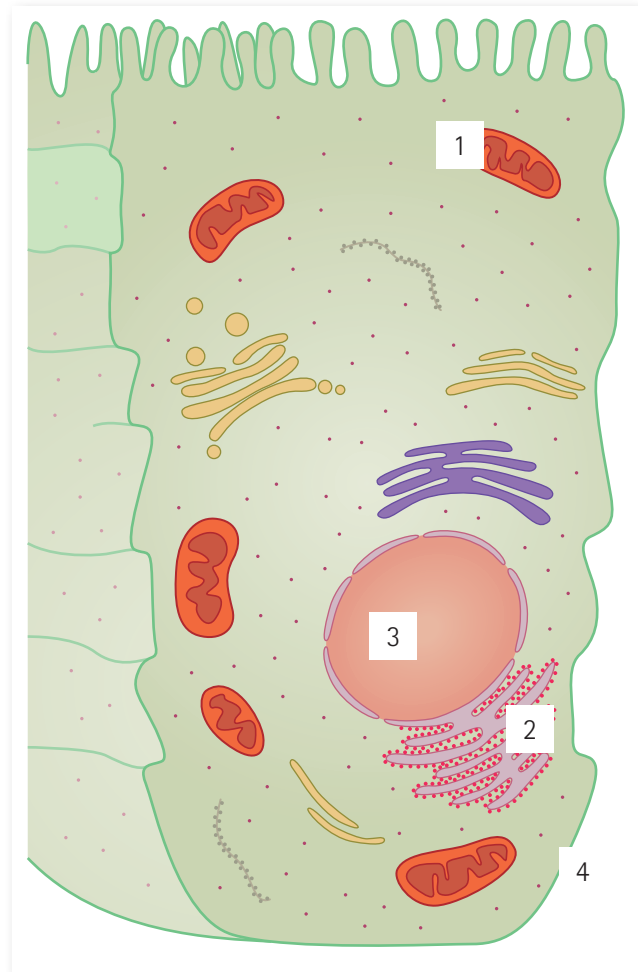
La technique d'observation utilisée pour observer

les organites d'une cellule est le microscopie

électronique.

- 5 La cellule représentée fait partie d'un ensemble de cellules identiques. Nommer cet ensemble.

Cet ensemble de cellules identiques est un tissu.



5

Organisation du squelette

- ➔ Identifier les principaux éléments des squelettes axial et appendiculaire, en particulier à partir de clichés radiographiques.
- ➔ Repérer les constituants d'une articulation mobile.

Activité 1 Squelette axial, squelette appendiculaire et cavités

Doc. 1 Le squelette

Le squelette formé de 206 os est un ensemble cohérent grâce aux ligaments qui relient les os les uns aux autres (en vert sur le schéma) au niveau d'une articulation. Les ligaments sont constitués de collagène qui confère une résistance mécanique.

Les membres sont rattachés au tronc par les ceintures scapulaire (pour les membres supérieurs) et pelvienne (pour les membres inférieurs).

Les omoplates et les clavicules composent la ceinture scapulaire. Le sacrum et les os iliaques composent la ceinture pelvienne.

La colonne vertébrale appelée aussi rachis est constituée de l'empilement de vertèbres.

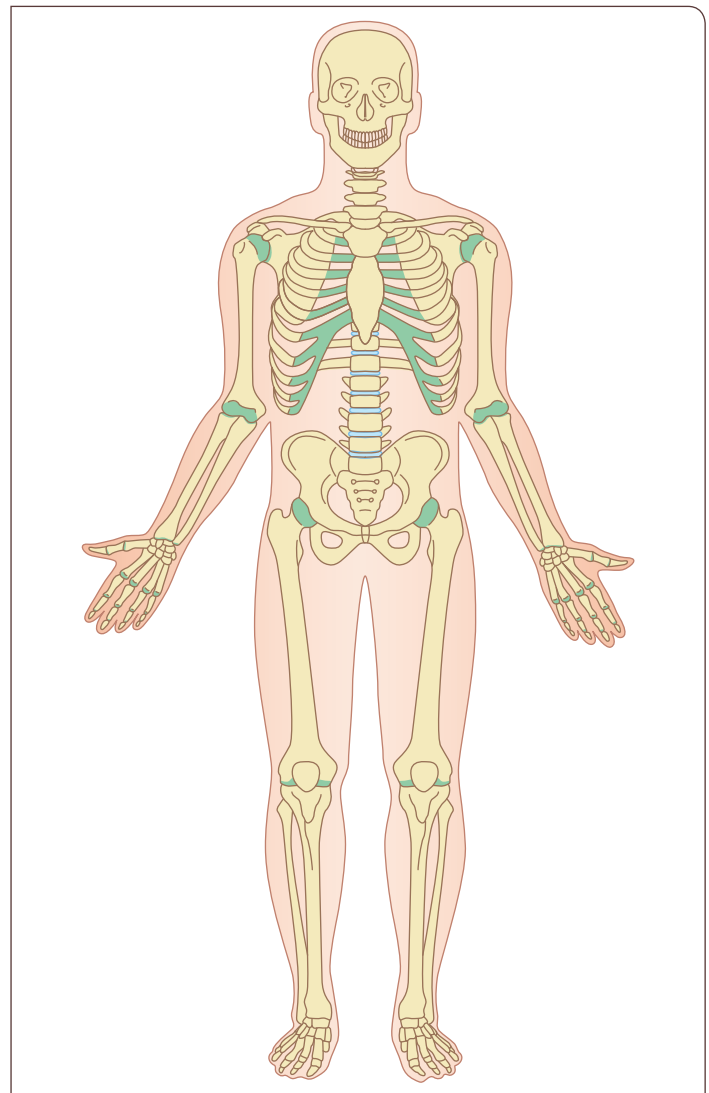


fig. 1 Anatomie du squelette

1 Rendez-vous sur le site http://biotechnologies.ac-creteil.fr/IMG/swf/anat_squelette.swf pour légender le squelette proposé.

2 À partir du doc. 1 et de la fig. 1, indiquer la composition du squelette axial et celle du squelette appendiculaire.

Le squelette axial est composé du crâne, de la colonne vertébrale ou rachis, de la cage thoracique et des os iliaques. Le squelette appendiculaire est formé des membres inférieurs et supérieurs et des ceintures scapulaire et pelvienne.

3 En vous appuyant sur vos connaissances du chapitre 1, indiquer les différentes cavités existant dans le corps.

On distingue les cavités crânienne, thoracique, abdominale et pelvienne (pelvis = bassin). Les cavités abdominale et pelvienne communiquant, on parle aussi de cavité abdomino-pelvienne.

- 4 À partir de vos connaissances en anatomie, citer un exemple d'organe contenu dans chaque cavité et l'appareil auquel il appartient.

Cavité	Organe	Appareil ou système
Crânienne	Cerveau	Système nerveux central
Thoracique	Poumons	Appareil respiratoire
Abdominale	Intestins	Appareil digestif
Pelvienne	Vessie	Appareil urinaire
Rachis	Moelle épinière	Système nerveux central

Activité 2 Forme des os

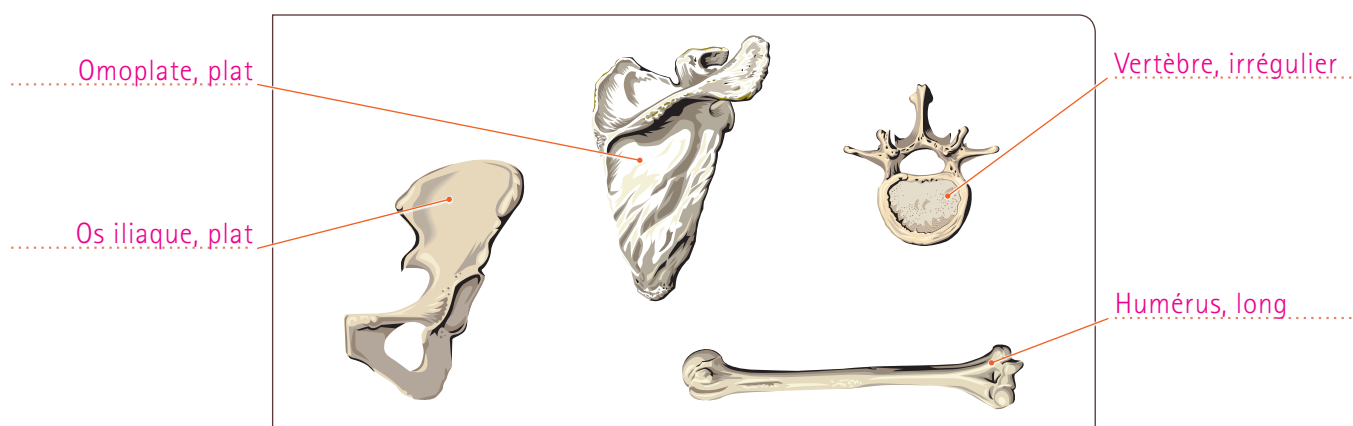


fig. 2 Les os du bassin, du rachis, des omoplates et du bras

Carpe, court



fig. 3 Les os de la main

On distingue différents types d'os et notamment des os longs, plats, irréguliers et courts. Sur les fig. 2 et 3, indiquer le nom de chaque os et sa forme.

Activité 3 Structure d'un os long et d'une vertèbre

- 1 Rechercher la définition des termes et expressions qui suivent.

Diaphyse : Partie centrale d'un os long.

Épiphyse : Au nombre de deux, extrémités d'un os long.

Périoste : Membrane recouvrant la surface d'un os, ayant un rôle de protection et de nutrition de l'os.

Canal médullaire : Cavity centrale d'un os long contenant de la moelle osseuse jaune.

Os compact : Partie centrale et dense de l'os.

Os spongieux : Partie de l'os prenant l'aspect d'une éponge contenant la moelle osseuse rouge.

Moelle osseuse jaune : Matière composée de graisse et située dans la cavité médullaire.

Moelle osseuse rouge : Matière située au niveau des épiphyses et lieu de l'hématopoïèse.

- 2 Légender le schéma de la fig. 4. Légender ensuite celui de la fig. 5 avec les mots suivants : apophyse transverse, apophyse épineuse, trou vertébral, corps vertébral.

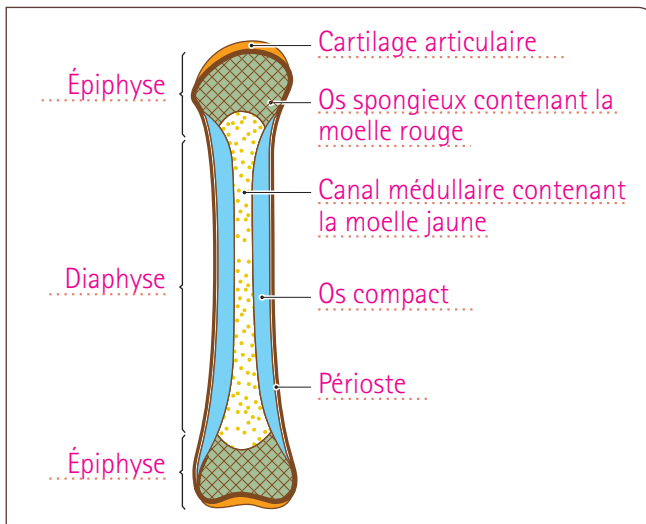


fig. 4 Coupe longitudinale d'un os long

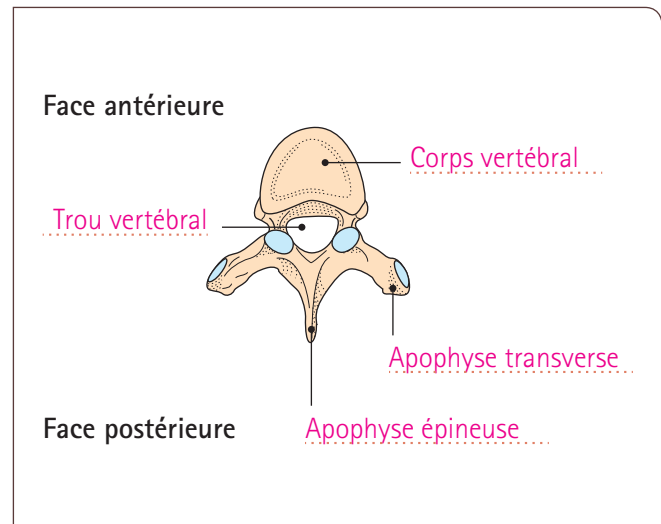


fig. 5 Vue supérieure d'une vertèbre dorsale

Activité 4 Structure d'une articulation

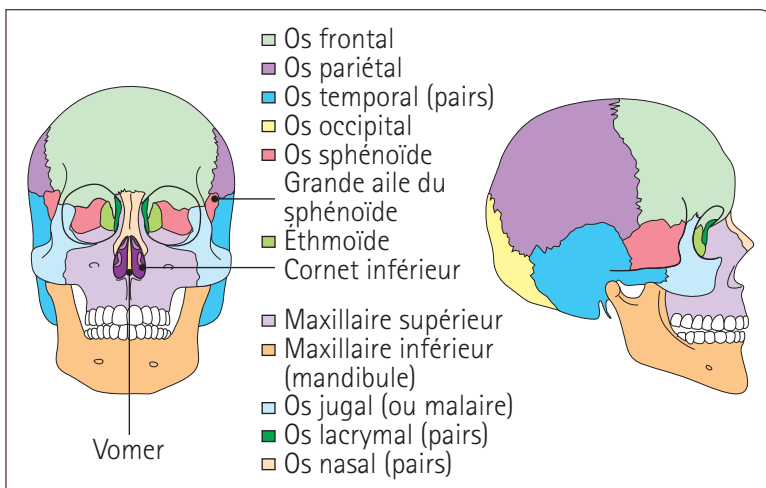


fig. 6 Les principaux os du crâne et de la face, en vue frontale et en vue latérale



fig. 7 Radiographie du genou (de profil et de face)

- 1 Observer les fig. 6 et 7 et indiquer la différence observée dans l'agencement des os les uns par rapport aux autres.

Les os du crâne sont soudés. Au contraire, dans le genou, un espace apparaît entre les os. Ces os sont d'ailleurs mobiles les uns par rapport aux autres. L'espace est occupé par une articulation mobile.

Doc. 2 Les différentes articulations

Certaines articulations sont constituées d'une membrane qui délimite une cavité remplie d'un liquide, la synovie. Avec les ligaments, qui relient les os entre eux, elles participent à la cohésion du squelette et ses mouvements. Les os mobiles les uns par rapport aux autres sont recouverts à leur extrémité d'un cartilage qui évite les frottements avec le liquide synovial, et ainsi l'usure des os.

On compte 400 articulations dans le corps humain parmi lesquelles des articulations mobiles, semi-mobiles et immobiles situées respectivement au niveau des membres inférieures et supérieures, de la colonne vertébrale et du crâne.

2 À partir des données du doc. 2, légender la fig. 8 et localiser cette articulation.

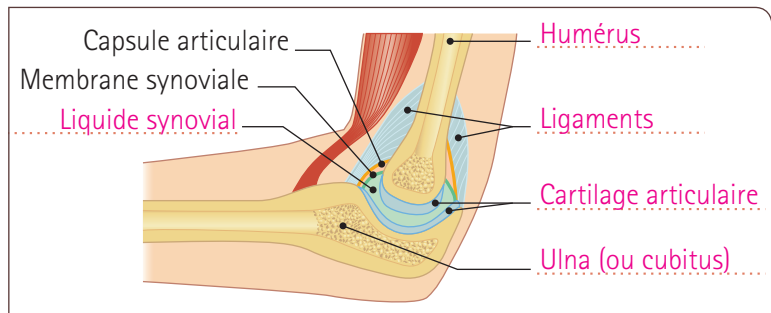


fig. 8 Articulation vue de profil

Il s'agit de l'articulation du coude.

Activité 5 Je fais le point

À partir de la vidéo, réaliser le QCM suivant :

- L'os le plus long du corps est :
☐ l'humérus ☒ le fémur ☐ le radius
- Les os les plus petits sont situés au niveau :
☒ de l'oreille interne ☐ du genou ☐ des doigts de pied
- Le squelette possède trois fonctions :
☐ la protection des organes, la production de cellules sanguines, la contraction musculaire
☒ le mouvement, la protection des organes, la production des cellules sanguines
☐ le mouvement, la nutrition, la protection des organes
- Une luxation est :
☐ une inflammation d'un tendon ☒ le déplacement de deux os ☐ le traumatisme d'un os
- Une entorse correspond à une altération :
☐ d'une articulation ☐ d'un tendon ☒ d'un ligament
- Le cartilage articulaire a un rôle de :
☒ protection ☐ nutrition ☐ immunitaire
- Parmi les anomalies suivantes, une correspond à une déformation latérale de la colonne vertébrale :
☐ la cyphose ☐ la lordose ☒ la scoliose
- Les vertèbres contiennent de :
☐ la moelle osseuse jaune ☒ la moelle épinière ☐ la moelle osseuse rouge
- Dans le processus d'ossification, les ostéoclastes sont responsables de :
☒ la destruction de l'os ☐ la fabrication de l'os ☐ la nutrition de l'os
- Dans le processus d'ossification, les ostéoblastes sont responsables de :
☐ la destruction de l'os ☒ la fabrication de l'os ☐ la nutrition de l'os
- La moelle osseuse rouge est le siège de la fabrication :
☐ des ostéocytes ☐ du tissu adipeux ☒ des cellules sanguines

Doc. 3



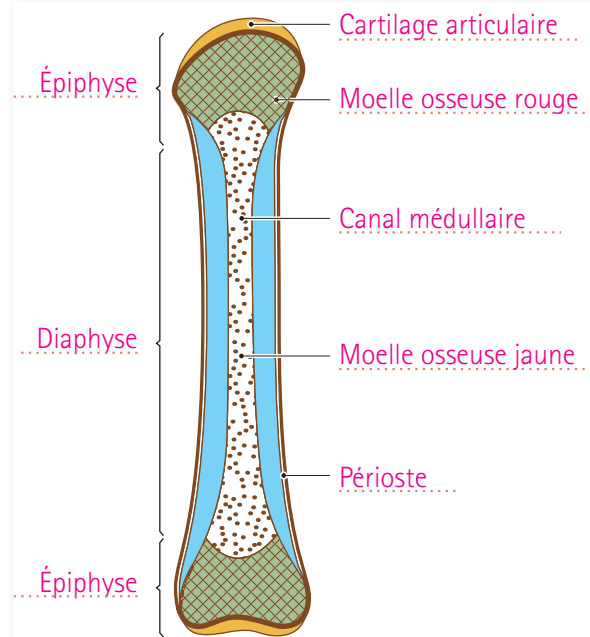
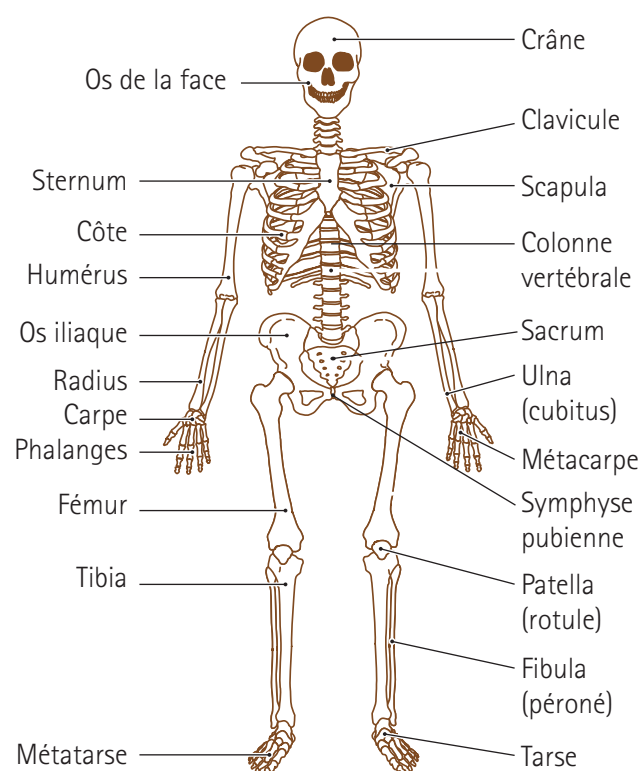
« C'est pas sorcier : le squelette »

<https://www.youtube.com/watch?v=lzbcwsHy4v8>

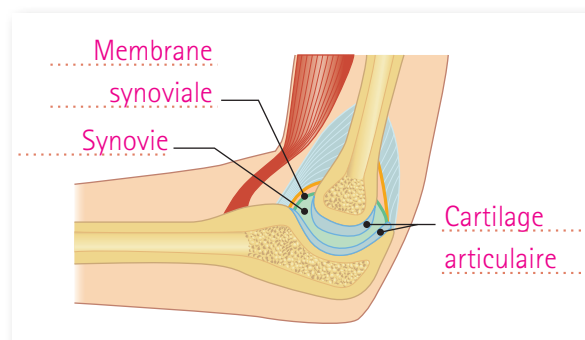
Je construis mon cours

Organisation générale du squelette

Le squelette axial est constitué de : la colonne vertébrale, du crâne, des os iliaques, de la cage thoracique . Le squelette appendiculaire est constitué de : des membres inférieurs et supérieurs .



Structure d'un os long



Structure d'une articulation

Je sais dire

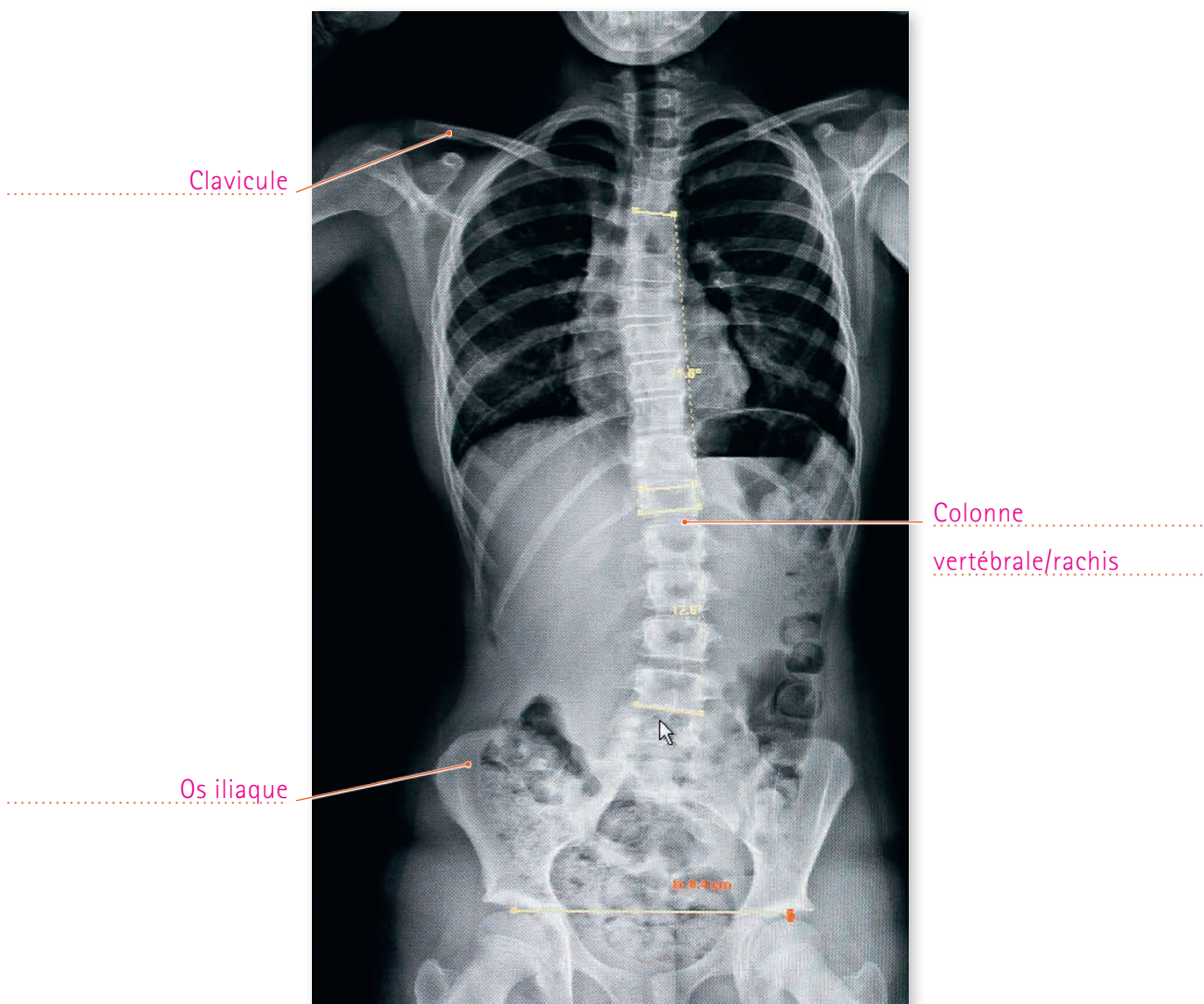
Racine	Signification
Arthro	Articulation
Cervico	Cou
Costo	Côte
Dactylo	Doigt
Gono	Genou
Medullo	Moelle osseuse ou épine
Rachi/rachido	Colonne vertébrale

Racine	Signification
Ostéo	Os
Chondro	Cartilage
Scapula	Omo
Patella	Rotule
Fibula	Péroné
Acro	Extrémités
Coxo	Hanche

je sais faire le jour du bac

À l'adolescence M. D a souffert de douleurs lombaires importantes. Le document ci-dessous présente une radiographie du dos de M. D.

- 1 Légender les éléments indiqués sur le document.
- 2 Nommer l'anomalie du squelette de M. D visible sur cette radiographie.
Une déformation latérale du rachis est observable sur le cliché. Il s'agit d'une scoliose.
- 3 Nommer les ceintures et préciser, parmi les structures identifiées sur la radiographie, celles leur appartenant.
Ceinture scapulaire, clavicule, ceinture pelvienne, os iliaque.



6

Explorations radiographiques et scanographiques

- ➔ Expliquer le principe de la radiographie conventionnelle.
- ➔ Présenter ses intérêts médicaux, ses dangers et les contre-indications qui en découlent.
- ➔ À partir de clichés radiographiques, repérer des fractures.

Activité 1 Interactions des rayons X et de la matière

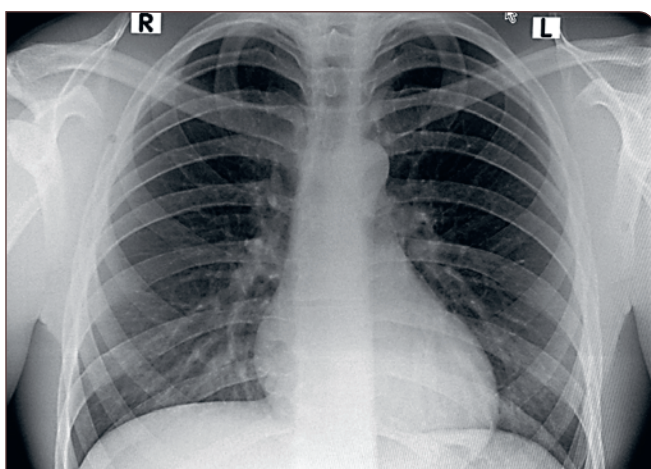


fig. 1 Radiographie des poumons



fig. 2 Radiographie de la main

- 1 Observer les clichés radiologiques relatifs aux poumons et aux os de la main et compléter le tableau.

	Aspect de l'organe sur les clichés	Élément chimique principal et contenu de l'organe	Densité des organes explorés
Radiographie des poumons	Noir.....	Dioxygène .. /Air	Faible
Radiographie des mains	Blanc.....	Calcium..... sous forme	Forte
		de sels	

Doc. 1 Tableau comparatif des éléments chimiques

Éléments chimiques	Numéro atomique (Z)	Absorption des rayons X
Hydrogène	1	+
Carbone	6	+
Azote	7	+
Oxygène	8	+
Calcium	20	+++
Iode	53	+++
Baryum	56	+++
Plomb	82	+++

+ faible absorption ; +++ absorption élevée

- 2 À partir du tableau que vous avez complété, préciser si les rayons X traversent ou non les poumons et les os. Justifier.

Les poumons sont remplis d'air, les rayons X les traversent. Par contre les os sont des structures denses et qui arrêtent les rayons X.

- 3 Analyser et conclure sur le degré d'absorption des rayons X à partir des données du doc. 1.

Certains éléments absorbent peu les rayons X tels que l'hydrogène, le carbone. D'autres éléments les absorbent fortement. Selon la composition de la matière vivante, il y a donc une absorption différentielle des rayons X.

Activité 2 Principe de la radiographie

À partir des réponses formulées à l'activité 1, compléter les phrases suivantes.

Plus un organe est dense comme les os, plus les rayons X sont **absorbés** par cet organe. L'organe apparaît en **blanc** sur le cliché. L'image obtenue sur le cliché s'appelle une opacité.

Plus un organe est mou comme les poumons, **moins** les rayons X sont absorbés par cet organe. L'organe apparaît en **gris ou noir** sur le cliché. L'image qui se forme s'appelle une clarté.

Selon la densité d'un organe, les rayons X sont donc plus ou moins **arrêtés**. L'absorption est qualifiée de différentielle. Lorsque les rayons X arrivent sur le cliché, le cliché **noircit** à leur contact.

Activité 3 Déroulement d'un examen radiologique

- 1 Observer la fig. 3 et indiquer les récepteurs possibles des rayons X non absorbés par les organes du corps humain.

Récepteur n° 1 :

les rayons X non absorbés par le corps touchent un film photographique placé derrière la partie à explorer. On parle de radiographie.

Récepteur n° 2 :

l'image peut être récupérée sur un écran vidéo. On parle de radioscopie.

- 2 À partir de la fig. 3, indiquer l'emplacement du patient ou de la partie anatomique à explorer lors de la réalisation d'un examen radiologique.

Le patient est placé entre le tube radiogène et le récepteur de rayons X.

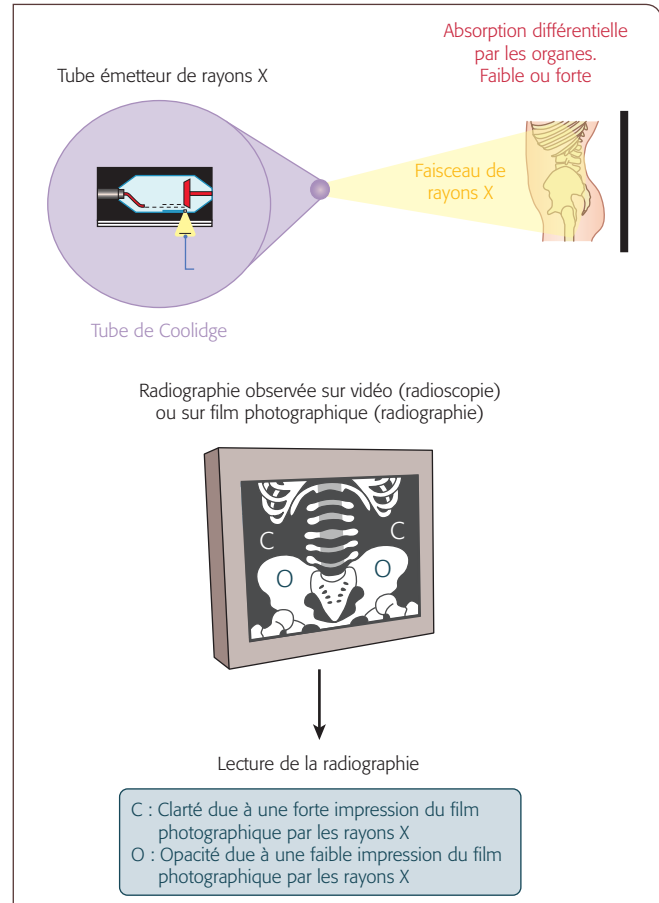


fig. 3 Fonctionnement d'un radiographe

Doc. 2 Radiographie et produit de contraste

Certaines explorations nécessitent l'usage d'un produit de contraste. C'est le cas par exemple de l'exploration du tube digestif. Les viscères de la cavité abdomino-pelvienne ayant une densité voisine, elles sont difficilement distinguables. On utilise des préparations à base d'iode ou de baryum. L'administration se fait par intraveineuse pour l'iode et permet une exploration des vaisseaux sanguins ou des articulations (ou par injection articulaire dans le cas de l'arthrographie), ou par voie orale pour le baryum pour une exploration digestive. Ce type de produit peut provoquer des allergies chez certains patients.



fig. 4 Radiographie intestinale sans absorption d'une préparation barytée

3 Comparer l'aspect des deux clichés.

Le contenu de la cavité abdominale n'est pas distinguable sur la fig. 4. Une structure apparaît sur la fig. 5, il s'agit du côlon.

4 Indiquer l'intérêt d'une absorption à base de Baryte dans le cas d'une exploration radiographique abdominale, en réutilisant les conclusions de l'activité 1.

La préparation barytée est opaque aux rayons. Absorbée, elle passe par le tube digestif et notamment le côlon. À leur niveau, les rayons X sont absorbés et une opacité se dessine sur le cliché.



fig. 5 Radiographie intestinale avec absorption d'une préparation barytée

Activité 4 Indications médicales de la radiographie**1 À partir du doc. 3, citer les parties du corps explorables grâce à la radiographie.**

La radiographie est un examen utilisé pour explorer les poumons, le squelette, le tube digestif, les seins et les dents.

**Doc. 3****Imagerie médicale**

<http://www.inserm.fr/thematiques/technologies-pour-la-sante/dossiers-d-information/imagerie-fonctionnelle-biomedicale>

2 Indiquer, à partir du doc. 3, les intérêts de la radiographie par rapport aux autres examens d'imagerie.

C'est un examen de première intention et de routine, très utile pour explorer les structures opaques aux rayons X (dents, os, tumeurs...).

3 D'après le doc. 3, expliquer pourquoi, aujourd'hui, les films photographiques sont souvent remplacés par des détecteurs électroniques.

Pour réduire les doses de rayons émises, car les détecteurs électroniques sont plus sensibles, et pour numériser les images.

- 4** Indiquer en complétant le tableau ci-dessous, pour chacune des explorations radiologiques, la ou les indication(s) médicale(s) qui correspond(ent).

Explorations radiologiques : *radiographie pulmonaire, angiographie, radiographie dentaire, lavement baryté, mammographie, urographie.*

Indications : *cancer des poumons, maladies pulmonaires infectieuses, cancer ou kyste du sein, cancer du côlon, lithiase ou calculs urinaires, polype, caries, sténose de l'œsophage, sténose d'un vaisseau.*

Explorations radiologiques	Indications médicales
Radiographie pulmonaire	Cancer des poumons, maladies pulmonaires infectieuses
Radiographie dentaire	Caries
Lavement baryté	Cancer du côlon, polype, sténose de l'œsophage
Mammographie	Cancer du sein ou kyste
Urographie	Lithiase ou calculs urinaires
Angiographie	Sténose d'un vaisseau

Activité 5 Dangers et contre-indications de la radiographie

- 1** À partir du doc. 4, indiquer de quoi dépend la nocivité des rayons X pour le patient.

Les rayons X sont utilisés à faible dose.

Cependant, c'est la répétition de l'usage des

rayons X qui peut provoquer chez un patient et le manipulateur en radiologie des effets néfastes.



4

Irradiation médicale en 10 épisodes

<http://www.sfrp.asso.fr/IMG/pdf/IrrMed.pdf>

- 2** Établir la liste des effets nocifs des rayons X aux différentes échelles de l'organisme (macroscopique = de l'organisme, et microscopique = cellulaire et moléculaire) en renseignant le tableau ci-dessous.

Échelles de l'organisme	Effets nocifs
Macroscopique	Érythème, brûlure, dermatite, cancers.
Cellulaire	Les rayons peuvent pénétrer dans les cellules.
Moléculaire	Les rayons X brisent l'ADN.

- 3** Indiquer les précautions nécessaires selon le type de personne concernée par l'examen.

Personnes concernées	Précautions
Femmes enceintes	Non-réalisation de l'examen si absence de nécessité car les rayons X provoquent des malformations chez le fœtus.
Enfants	Limitier les examens car ils sont plus sensibles aux rayons X que les adultes.
Adultes	Protection des parties génitales en particulier les testicules lors de la réalisation de l'examen. Protection par un cache des parties voisines de l'organe exploré.
	Limitation des examens et réglage des appareils pour délivrer une dose de rayons X minimale.
Manipulateur radiologiste	Usage de protection en plomb et dosimétrie de contrôle.

Activité 6 Application au diagnostic de fractures

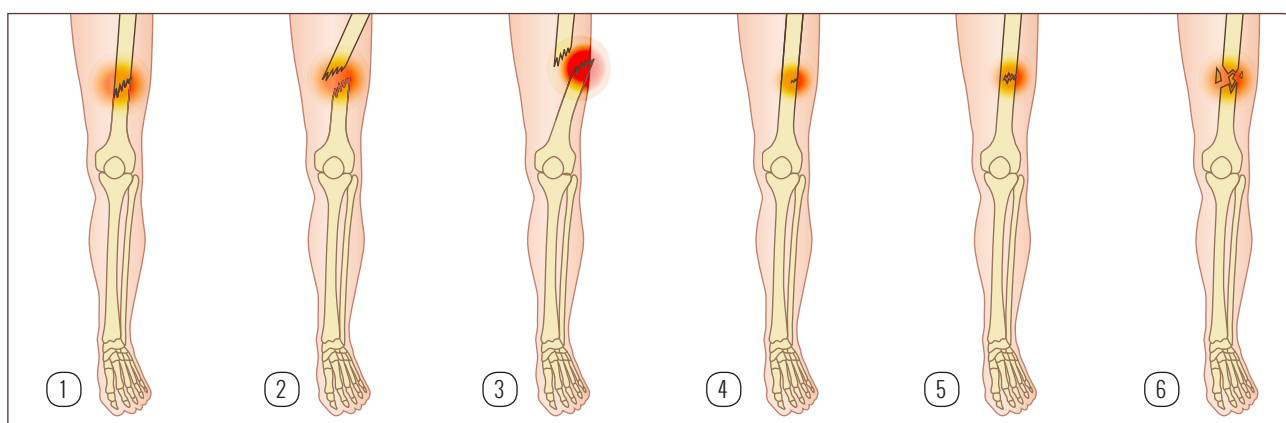


fig. 6 Les différentes fractures

1 Donner une description de chacun des schémas relatifs aux différents types de fracture.

Schéma n° 1 : l'os est cassé en deux fragments dans le même alignement : fracture simple fermée sans déplacement.

Schéma n° 2 : l'os est cassé en deux fragments qui ne sont plus alignés, il n'y a pas de plaie : fracture fermée avec déplacement.

Schéma n° 3 : l'os est cassé en deux fragments qui ne sont plus alignés, il y a une plaie : fracture simple, ouverte avec déplacement.

Schéma n° 4 : l'os est ébréché : fissure.

Schéma n° 5 : l'os est cassé partiellement : fracture incomplète.

Schéma n° 6 : l'os est cassé en plusieurs endroits : fracture multiple.

- 2 À partir des différents clichés radiologiques, indiquer en légende le nom des os touchés et poser un diagnostic sur le type de fracture.

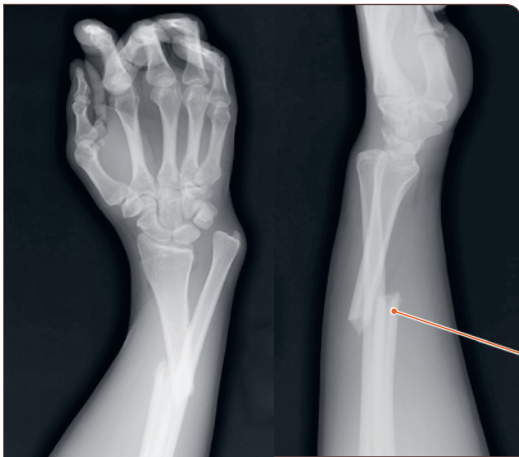


fig. 7 Fracture du radius complète avec déplacement

Radius



Fémur

fig. 8 Fracture multiple du fémur



Fémur

Tibia

Fibula

fig. 9 Double fracture complète sans déplacement

Métatarse



fig. 10 Fracture des 4^e et 5^e métatarses

Calcaneum



fig. 11 Fissure de l'os du talon

Activité 7 Principe, intérêts et avantages de la scanographie

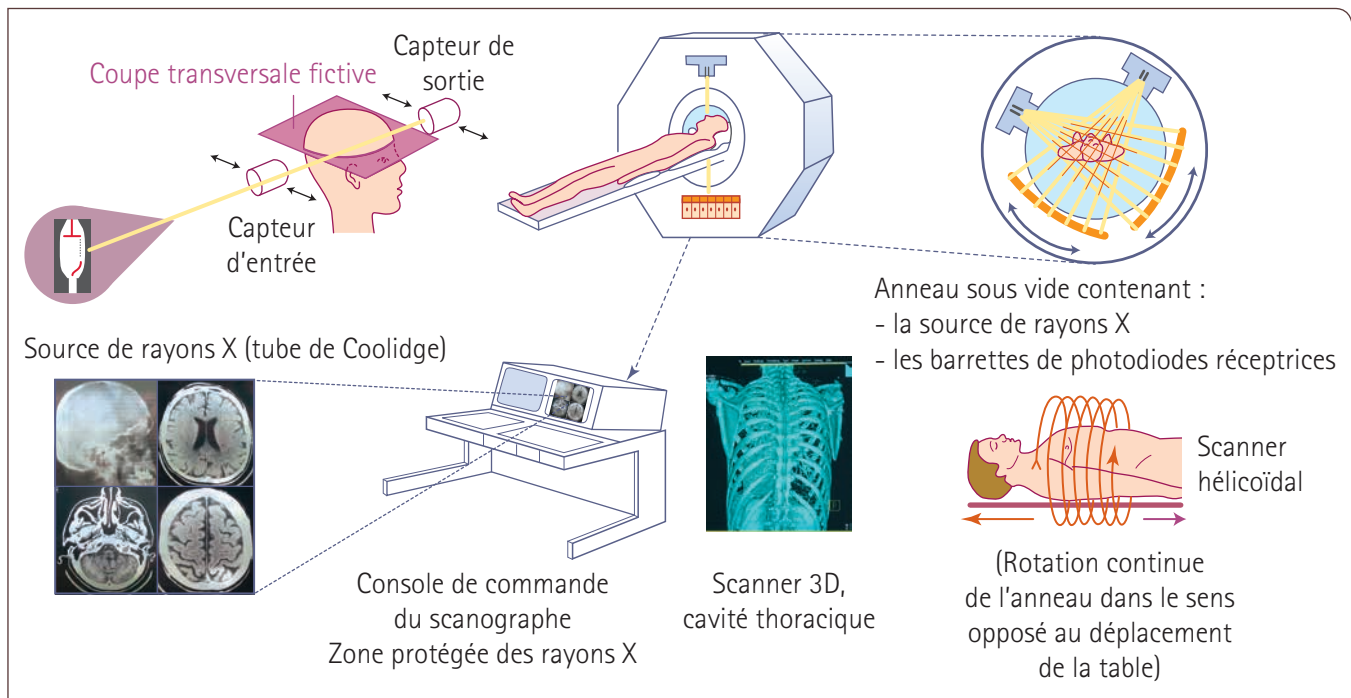


fig. 12 Principe de fonctionnement du scanographe

Doc. 5 Scanographie

L'ingénieur britannique Godfrey Newbold Hounsfield et le physicien américain Allan MacLeod Cormack ont obtenu le prix Nobel de médecine, en 1979, pour la mise au point de la scanographie. La scanographie est aussi appelée tomодensitométrie car cet examen radiologique permet d'obtenir des images en coupe de tout l'organisme, ce qui en fait un examen plus précis que la radiographie conventionnelle. L'obtention de clichés d'une précision supérieure permet d'utiliser des doses moindres de rayons X, ce qui en fait un examen moins dangereux. Toutefois, la qualité des images obtenues peut être améliorée par l'utilisation d'un produit de contraste.

Le scanner est un appareil d'imagerie médicale utilisé notamment en cas de polytraumatisme majeur ou de traumatisme crânien, ou encore pour évaluer la réponse au traitement de certains cancers. L'invention du scanner médical a véritablement révolutionné le domaine de l'imagerie médicale car cette technique indolore permet de détecter des anomalies qui ne sont pas visibles sur des radiographies classiques ou des échographies : kystes, tumeurs ou ganglions...

Le scanner a notamment permis de grandes avancées en neurologie en offrant des images inédites du cerveau, plusieurs années avant l'invention de l'IRM, comme dans le diagnostic de maladies neurodégénératives telles qu'Alzheimer.

1 À partir de la fig. 12, décrire le dispositif utilisé lors de l'examen.

Un anneau émetteur et récepteur de rayons X tourne autour du patient allongé sur une table d'examen mobile. L'image est récupérée sur un écran.

2 À partir du doc. 5, lister les intérêts diagnostiques et les avantages de la scanographie par rapport à la radiologie classique.

Avantages : examen plus précis, moins dangereux. Intérêts : détection de kystes, tumeurs, traumatisme crânien, diagnostic de maladies neurodégénératives.

- 3 En utilisant vos connaissances sur la radiographie classique, expliquer le principal avantage et le principal inconvénient de l'usage d'un produit de contraste.

Avantage : on rend opaque aux rayons X une structure invisible.

Inconvénient : ce produit peut provoquer des allergies, être mal toléré par le patient.

Activité 8 Vocabulaire médical

- 1 Rechercher la définition des termes suivants :

Ostéosynthèse : réparation d'une fracture.

Réduction : opération consistant à réunir deux fragments d'os.

Cal osseux : résultat d'une consolidation osseuse.

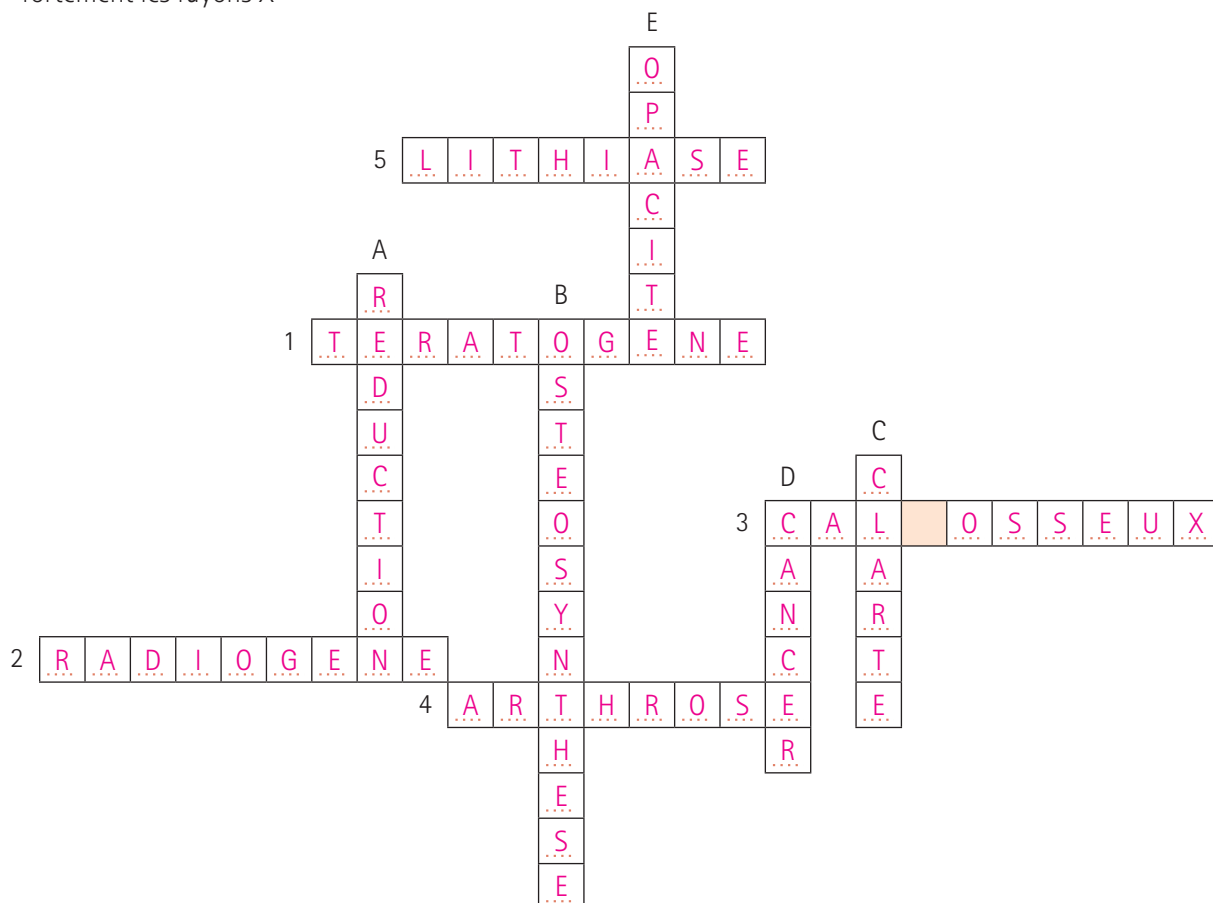
- 2 En vous aidant des différentes activités, compléter les mots croisés.

Verticalement :

- A. Opération consistant à réunir deux fragments d'os
- B. Réparation d'une fracture
- C. Image radiologique d'un organe absorbant peu les rayons X
- D. Maladie maligne résultant d'une multiplication anarchique des cellules
- E. Image radiologique d'un organe absorbant fortement les rayons X

Horizontalement :

- 1. Qui provoque des anomalies chez le fœtus
- 2. Qui émet des rayons X
- 3. Résultat d'une consolidation osseuse
- 4. Dégénérescence d'une articulation
- 5. Formation de calculs



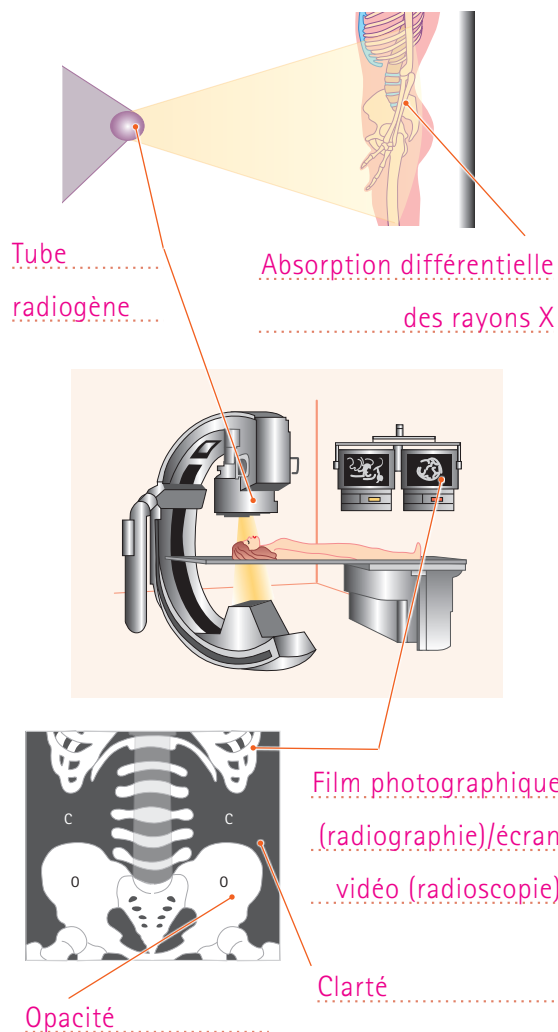
Je construis mon cours

Applications : la radiographie permet d'établir un diagnostic de certitude dans de nombreux domaines.

Orthodontie : caries ; cancérologie : cancer ;
pneumologie : maladies infectieuses et respiratoires ;
médecine digestive : polype, sténose de l'œsophage ;
ostéologie : fractures ; gynécologie : obstruction des trompes utérines

Principe : certaines explorations nécessitent l'injection ou l'absorption d'un produit de contraste à base d'iode ou de baryum. Dans le cas de la scanographie, on utilise un anneau, cet examen permet d'obtenir des images en coupes. Moins dangereux qu'une radiographie classique, il est aussi plus précis, permettant, par exemple, la détection de kystes, tumeurs, traumatismes...

Effets nocifs des rayons X : au niveau de la cellule et de la molécule d'ADN : effet mutagène des rayons X à l'origine de cancer ; au niveau de la peau : brûlure, érythème, dermite ; après injection ou ingestion d'un produit de contraste : allergie au produit de contraste ; personnes à risque : femmes enceintes, enfants.



Je sais dire

Termes médicaux	Définitions
<u>Radiogène</u>	Qui génère des rayons.
<u>Cal osseux</u>	Résultat d'une consolidation osseuse.
<u>Ostéosynthèse</u>	Réparation d'une fracture.
<u>Réduction</u>	Opération consistant à réunir deux fragments d'os.
<u>Cancer</u>	Maladie résultant d'une multiplication anarchique des cellules.
<u>Tératogène</u>	Qui provoque des anomalies chez le fœtus.

je sais faire le jour du bac

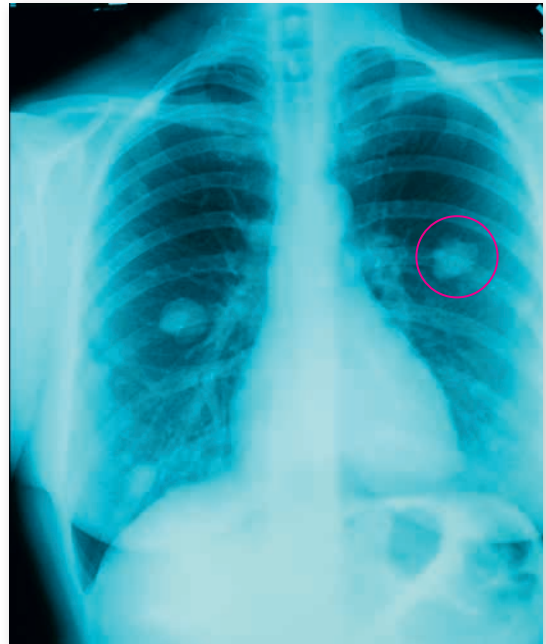
M. X est fumeur depuis 30 ans. Il présente des difficultés respiratoires. Afin d'affiner son diagnostic d'une pathologie pulmonaire le touchant, le médecin prescrit l'examen d'imagerie médicale présenté sur le **doc. A**.

- 1** Nommer cet examen.

Il s'agit d'une radiographie pulmonaire.

- 2** Expliquer le principe général de cet examen.

Le patient est placé devant un tube radiogène émetteur de rayons X. L'absorption des rayons X est différentielle et dépend de la densité de l'organe traversé. Les rayons X non absorbés impressionnent une plaque photographique placée derrière la partie à explorer. Sur le cliché, des clartés et des opacités apparaissent.



Doc. A

- 3** Sur ce document, entourer une opacité anormale sur le poumon gauche. Interpréter cette anomalie.

Au niveau du poumon gauche, on observe une opacité c'est-à-dire une zone opaque aux rayons X, alors que normalement les poumons remplis d'air laissent passer les rayons X et apparaissent noirs sur le cliché et non clairs. Cette opacité peut révéler une tumeur au niveau du poumon.

- 4** L'usage d'un produit de contraste apparaît-il nécessaire dans le cas de cet examen ? Justifier.

Non, car la tumeur « dessine » une opacité visible.

- 5** Expliquer en quoi un scanner thoracique aurait permis un diagnostic plus précis.

Le scanner permet une observation en coupe donnant une vision plus précise de la tumeur, et notamment de son étendue.

7

Pathologies de l'appareil locomoteur

- ➔ Définir une maladie dégénérative.
- ➔ À partir de documents, présenter les techniques de diagnostic, les facteurs de risque et les traitements de la coxarthrose.
- ➔ À partir de documents, présenter les manifestations, les facteurs de risques et les traitements d'un trouble musculo-squelettique.

Activité 1 Visualiser la coxarthrose

Doc. 1 Reconnaître l'arthrose de la hanche (coxarthrose)

La douleur, premier signal de l'arthrose de la hanche

L'arthrose de la hanche peut se manifester par une douleur au niveau du pli de l'aîne, qui irradie vers l'avant ou l'intérieur de la cuisse ; moins souvent, la douleur se situe dans la fesse ou derrière la cuisse.

La douleur de l'arthrose de la hanche augmente lorsque la personne fait un effort, marche, monte et descend des escaliers. Elle est calmée par le repos et ne réveille pas la nuit (sauf à un stade avancé). Une sensation de raideur peut être ressentie le matin et lorsque la douleur se prolonge, une tendance à boiter peut s'installer.

La gêne est particulièrement importante lors des mouvements de rotation de la hanche. Il est par exemple de plus en plus difficile d'enfiler des chaussettes ou un collant.

Le diagnostic de l'arthrose de la hanche

L'examen médical de la hanche se pratique debout, pendant que la personne marche (pour repérer une boiterie ou une attitude anormale), puis en position allongée. Une radiographie de la hanche confirme le diagnostic de l'arthrose et peut éventuellement préciser sa nature primitive ou secondaire.

Sur les radiographies, l'arthrose est confirmée par :

- ▶ la diminution de l'espace entre les deux extrémités osseuses, du fait de l'amincissement du cartilage ; une densification de l'os sur lequel repose le cartilage ;
- ▶ la prolifération d'os (ostéophyte).

Il est rare que d'autres examens soient nécessaires.



fig. 1 Cliché d'une articulation de la hanche saine

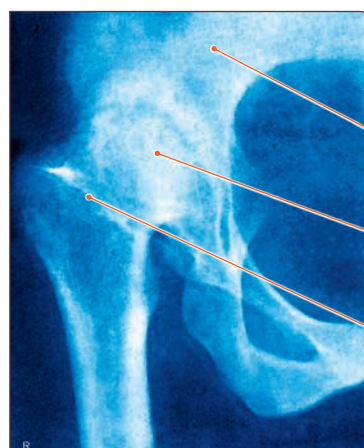


fig. 2 Cliché d'une coxarthrose

- 1 Nommer l'examen ayant permis d'obtenir les deux clichés.

Il s'agit d'une radiographie.

- 2 Légender la fig. 2.

- 3** Observer les fig. 1 et 2, et, en vous aidant du **doc. 1**. Expliquer la différence observée en termes d'absorption des rayons X en lien avec les modifications anatomiques.

La destruction du cartilage met les os en contact. Les rayons X ne traversent plus l'articulation mais des structures beaucoup plus denses : les os. L'opacité prédomine sur le cliché.

- 4** Citer la différence observable au niveau de l'articulation en termes d'absorption des rayons X.

Il y a un pincement de l'espace articulaire sur la fig. 2 avec un épaississement de l'os et des zones moins opaques.

- 5** La coxarthrose est un exemple de maladie dégénérative. Formuler une définition pour « maladie dégénérative ».

Il s'agit d'une maladie qui se manifeste par l'altération progressive d'une structure (ici, la destruction du cartilage articulaire) se traduisant par des troubles fonctionnels (ici, une difficulté de mobilité).

- 6** Citer le signe d'appel amenant à la réalisation d'une radiographie.

La douleur lors de la marche ou d'un effort, en particulier de rotation.

Activité 2 Origine de la coxarthrose

Doc. 2 Les facteurs de risque

L'arthrose de la hanche à une malformation ou une peut être primitive (sans maladie. Elle peut évoluer cause anatomique ou traumatisme) ou secondaire, (sur plus de dix ans) ou devenir invalidante c'est-à-dire apparaître suite plus rapidement.

Les facteurs de risque de l'arthrose de la hanche primitive

L'arthrose est un processus dégénératif dont la principale cause est l'excès de pression. L'arthrose de la hanche primitive peut être favorisée par :

- l'obésité ;
- une surcharge sur les articulations (port fréquent de charges lourdes au travail ou lors d'activités sportives) : le surmenage des ligaments et des articulations entraîne des microtraumatismes ;
- l'âge : l'arthrose de la hanche est rare chez les moins de 40 ans ;
- le sexe et le statut hormonal : les femmes, surtout après la ménopause, sont plus touchées que les hommes ;
- les antécédents familiaux d'arthrose pourraient être un facteur de risque (des facteurs génétiques ont formellement été établis pour les arthroses de la main et du genou).

Les facteurs de risque de l'arthrose de la hanche secondaire

L'arthrose de la hanche secondaire peut être favorisée par :

- les anomalies anatomiques, l'articulation travaille dans de mauvaises conditions :
 - une luxation de la hanche (congénitale ou acquise) ;
 - l'inégalité de longueur des membres inférieurs ;
- les atteintes osseuses (fracture ou destruction de l'os situé sous le cartilage) ;
- les lésions ligamentaires de l'articulation de la hanche ;
- les maladies métaboliques, inflammatoires ou infectieuses, touchant directement le cartilage ou les autres tissus de l'articulation.

www.ameli-sante.fr

- 1** À partir du **doc. 2**, déduire quelles sont les personnes les plus à risque pour la coxarthrose.

Les personnes les plus à risque sont les femmes, les personnes âgées, les sportifs de haut niveau ou pratiquant une activité physique intense et les personnes en surpoids.

2 Après avoir pris connaissance du doc. 2, classer les facteurs de risque selon leur nature.

Causes anatomiques	Malformations (inégalité de longueur des membres ou luxation congénitale).
Causes traumatiques	Fracture, luxation, lésions ligamentaires.
Causes génétiques	Ménopause, antécédents familiaux.
Pathologies	Surpoids/obésité, ostéoporose, maladies inflammatoires, infectieuses et métaboliques.

Activité 3 Les traitements de la coxarthrose

Doc. 3 Soigner la coxarthrose

L'évolution de l'arthrose de la hanche peut être ralentie, voire traitée par la chirurgie dans les cas les plus avancés. L'opération consiste en la pose d'un greffon ou d'une prothèse. Mais dans tous les cas, l'intervention chirurgicale demande des soins médicaux et un temps de rééducation. Le traitement médical et une bonne hygiène de vie peuvent ralentir l'évolution de la coxarthrose, même pour les formes avancées.

Le traitement de l'arthrose de la hanche repose sur l'association de plusieurs mesures :

- des traitements médicamenteux, pour soulager la douleur lors des poussées inflammatoires d'arthrose : le paracétamol est utilisé en première intention, et s'il est inefficace, des anti-inflammatoires non stéroïdiens ;
- une bonne hygiène de vie : des activités physiques adaptées, une perte de poids lorsqu'elle est nécessaire ;
- la rééducation ;
- si nécessaire, des infiltrations de corticoïdes qui agissent sur la douleur, mais n'ont aucun effet sur la structure du cartilage.

Le traitement chirurgical de l'arthrose de la hanche

Dans certains cas, compte tenu de l'importance des douleurs et de leur impact sur la vie quotidienne, une solution chirurgicale est étudiée. Le médecin traitant adresse alors son patient à un chirurgien.

Il existe différentes chirurgies de la hanche :

- la chirurgie conservatrice : une ostéotomie ou la mise en place d'une butée (greffon osseux placé près de l'articulation pour la protéger) sont des interventions réservées à des cas spécifiques ;
- les prothèses : dans la majorité des cas, c'est la prothèse totale de hanche qui est mise en place. Il existe de nombreux types de prothèses. Pour que cet implant soit le plus adapté au patient, son choix tient compte de son état de santé, de son âge, de la forme anatomique de la hanche.

www.ameli-sante.fr

1 En vous aidant du doc. 3, indiquer le traitement réalisé sur le patient de la fig. 3.

Il a été réalisé une chirurgie qui a consisté à poser une prothèse de la hanche.

2 Décrire le dispositif chirurgical et indiquer la région anatomique substituée par la prothèse.

La prothèse utilisée s'insère dans le fémur et remplace la tête et le col de cet os.

3 Citer les traitements palliatifs, c'est-à-dire permettant de soulager le patient.

Les traitements palliatifs pouvant soulager le patient sont des anti-inflammatoires, des antalgiques et de la rééducation.

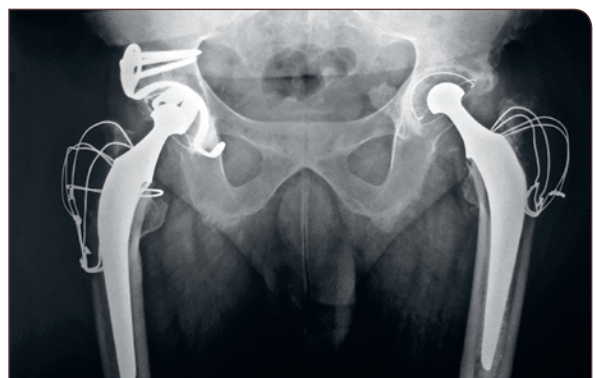


fig. 3 Radiographie frontale des hanches après chirurgie

Activité 4 Étude d'un trouble musculo-squelettique de la main : le syndrome du canal carpien

- 1 Dans le cas de Mme X, indiquer la (ou les) cause(s) de son trouble.

Il s'agit des mouvements répétitifs réalisés lors du passage des articles en caisse.

- 2 Indiquer les principales manifestations physiques du syndrome qui touche Mme X.

Les premières manifestations physiques ont été des fourmillements ou paresthésie. Ces signes ont évolué vers des douleurs et une réduction de la mobilité limitant ses mouvements.

- 3 Relever la thérapeutique proposée à Mme X.

Le traitement consiste en une immobilisation et la prescription d'antalgique pour soulager les douleurs qui sont le plus souvent nocturnes.

- 4 Proposer une définition du « syndrome du canal carpien ».

C'est un TMS dont l'ensemble des manifestations physiques touche le poignet et la main.

Doc. 4 Cas clinique

Mme X travaille pour une grande surface en tant que caissière depuis 10 ans. Depuis 5 ans, elle ressent une gêne qui entrave son travail : des fourmillements (paresthésie) qui ont laissé place à une douleur lancinante aux deux mains mais plus intense à droite, en particulier la nuit. Cette douleur s'est intensifiée ces derniers mois, ce qui a poussé Mme X à consulter.

L'examen clinique révèle des mains douloureuses à la palpation et une diminution de leur mobilité. Le médecin pose le diagnostic d'un syndrome du canal carpien et prescrit un arrêt de travail d'un mois bien que le fait de boiter ne soit pas en rapport direct avec le métier Mme X. Il préconise, par ailleurs et en première intention, une immobilisation de la main droite à l'aide d'une attelle ainsi que l'administration d'antalgique.

Activité 5 Les troubles musculo-squelettiques (TMS)

Doc. 5

Quelle différence entre usure due à l'arthrose et TMS ?

<http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-tms-la-douleur-du-geste-repetitif-895.asp?1=1>

Doc. 6

Les TMS : les gestes en cause

<http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-tms-la-douleur-du-geste-repetitif-895.asp?1=1>

Doc. 7

Qu'est-ce que les troubles musculo-squelettiques ?

<http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-tms-la-douleur-du-geste-repetitif-895.asp?1=1>

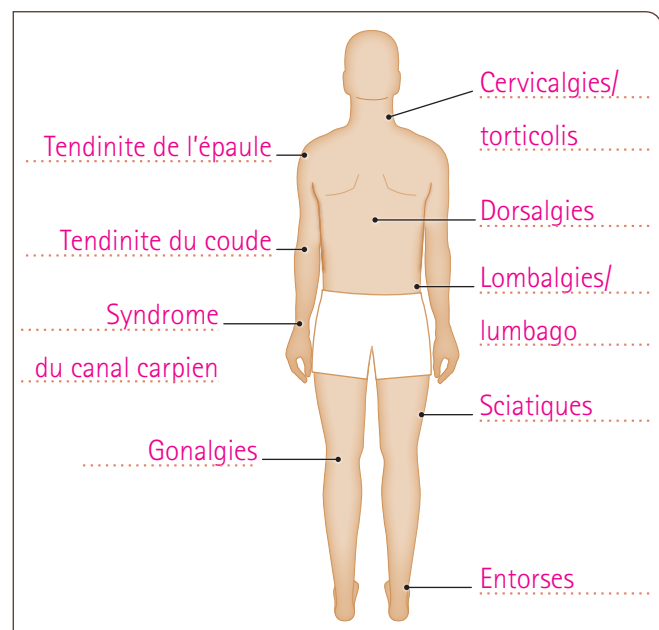


fig. 4 Localisation et nature des TMS

1 Quelles sont les parties du corps touchées lors d'un TMS ?

Les parties du corps touchées lors d'un TMS sont le cou, le dos, les épaules, le poignet, la main, le coude et le genou.

2 Quelles structures anatomiques du corps sont altérées ?

Les structures anatomiques du corps qui sont touchées sont les articulations, les tendons, les muscles, les nerfs et les ligaments.

3 Quels professionnels sont les plus atteints ?

Certains professionnels comme les caissières, les manutentionnaires, certains professionnels de la santé comme les aides-soignantes, les personnes travaillant devant un ordinateur.

4 Quelles sont les principales causes des TMS ?

Les causes sont les mouvements répétitifs, les mouvements brusques associés à une mauvaise posture, le stress, mais aussi le surpoids, l'âge, l'hérédité, le froid.

5 Quelles sont les principales manifestations physiques de cette pathologie et les conséquences ?

Douleur, réduction de la mobilité, maladresse et perte de force, fatigue.

6 Déduire quelles mesures sont actuellement mises en œuvre pour prévenir ou soigner les TMS.

Les mesures mises en œuvre sont l'aménagement du poste de travail, l'adoption de bonnes postures ; l'immobilisation de la partie malade, le repos (arrêt de travail), l'administration d'antalgiques, de myorelaxants, d'anti-inflammatoires ; des traitements chirurgicaux, à l'aide d'ultrasons, etc.

Activité **6** Étude d'un TMS du cou : le torticolis

1 Relever la cause du torticolis dont souffre M. B.

Le manque de sommeil est à l'origine du torticolis de M. B.

2 Indiquer l'anomalie mise en évidence par l'examen radiologique.

L'examen radiologique montre une raideur des muscles du cou.

3 Selon vous, quelles mesures thérapeutiques ont été proposées à M. B ?

Les mesures thérapeutiques proposées sont le repos et du sommeil ainsi que l'administration de myorelaxants pour réduire la contracture musculaire.

Doc. 8 Cas clinique

M. B. consulte aux urgences pour un torticolis sévère. Il est inquiet parce qu'il a déjà eu un arrêt de travail de plusieurs mois, en raison de l'intensité importante de la douleur ressentie. L'examen radiologique réalisé ne montre rien d'autre qu'une raideur des muscles du cou en rapport avec le motif de la consultation. L'interrogatoire met en évidence des horaires de travail très atypiques en raison de sa profession et un manque de sommeil notoire. En effet, M. B. est DJ et se couche à 7 heures du matin. Il dort très peu le jour et dit ne plus avoir le temps de faire de sieste. Il avoue souffrir régulièrement de somnolence en journée. Il est surpris d'apprendre que cette privation de sommeil peut suffire, à elle seule, à provoquer un tel handicap.

Activité 7 Les mots des TMS

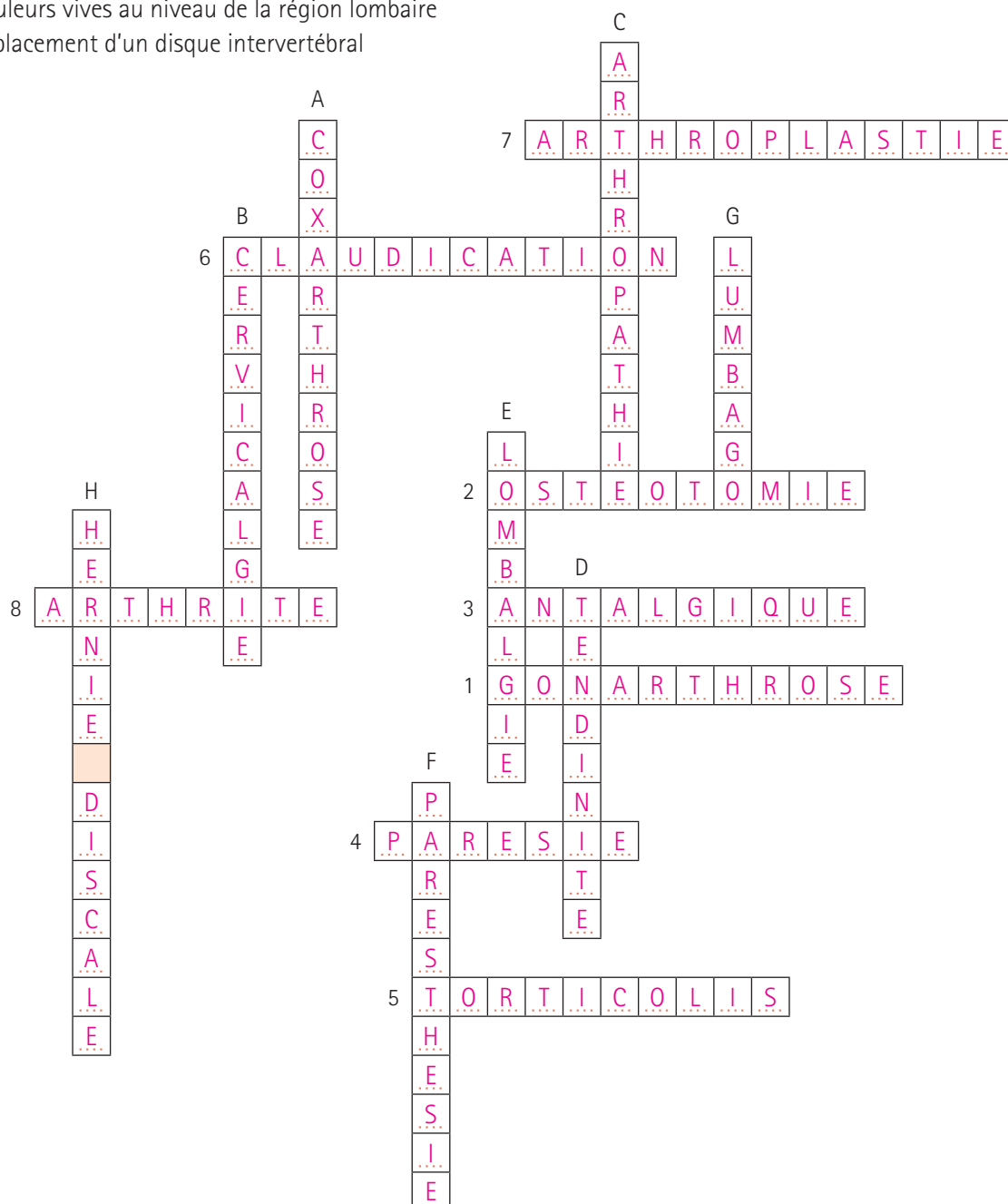
Complétez les mots croisés.

Verticalement :

- A. dégénérescence de l'articulation de la hanche
- B. douleur au niveau du cou (des vertèbres cervicales)
- C. maladie touchant une articulation
- D. inflammation au niveau d'un tendon
- E. douleur au niveau du bas du dos (des vertèbres lombaires)
- F. troubles de la sensibilité (fourmillement, picotement)
- G. douleurs vives au niveau de la région lombaire
- H. déplacement d'un disque intervertébral

Horizontalement :

- 1. dégénérescence de l'articulation du genou
- 2. incision au niveau d'un os
- 3. qui permet de lutter contre la douleur
- 4. perte de la force musculaire
- 5. douleur musculaire au niveau du cou
- 6. terme désignant le fait de boiter
- 7. réparation chirurgicale d'une articulation
- 8. inflammation d'une articulation



Je construis mon cours

La coxarthrose

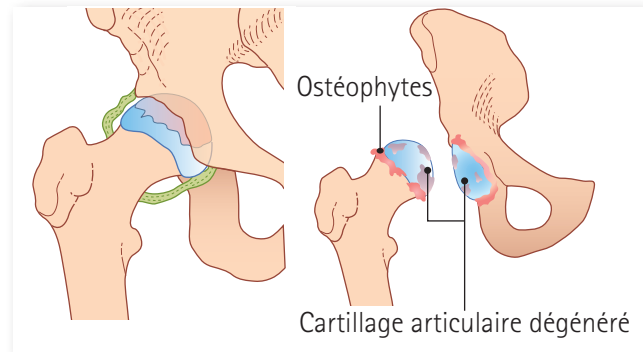
Définition : Dégénérescence du cartilage de l'articulation située entre le fémur et le bassin (articulation coxo-fémorale).

Traitement curatif chirurgical : pose d'une prothèse.

Traitements palliatifs : repos, antalgiques, anti-inflammatoires, rééducation.

Facteurs de risque : anomalies ou atteintes anatomiques, obésité, génétique, âge, sexe, traumatismes répétés.

Diagnostic : douleur ou difficultés à marcher. Diagnostic confirmé par une radiographie.



Les troubles musculo-squelettiques

Principaux facteurs de risque

Exemples de personnes atteintes	Facteurs de risque
Caissière	Répétitivité
Sportif de haut niveau	Effort
Manutentionnaire	Mouvements brusques
Secrétaire	Posture

Principaux traitements : médicaments (antalgiques, anti-inflammatoires, relaxants musculaires), chirurgie, repos/immobilisation, rééducation.

Manifestations physiques selon la région anatomique touchée

Régions anatomiques	Nom du TMS	Structures touchées
Épaule	Tendinopathie	Tendons
Cou	Torticolis	Muscles
Poignet / main	Syndrome du canal carpien	Nerf
Dos	Hernie discale = spondylopathie, lumbago	Disques intervertébraux
Coude	Épicondylite	Tendons

Je sais dire

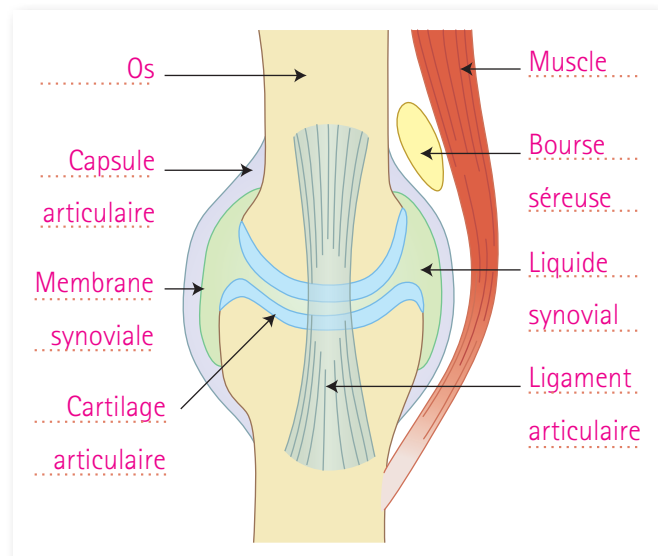
Terme	Définition
Gonarthrose	Dégénérescence de l'articulation du genou
Ostéotomie	Incision au niveau d'un os
Cervicalgie	Douleur au niveau du cou (des vertèbres cervicales)
Arthroplastie	Réparation chirurgicale d'une articulation
Tendinite	Inflammation au niveau d'un tendon

je sais faire le jour du bac

En France en 2010, les troubles musculo-squelettiques (TMS) ont occasionné près de 100 000 accidents du travail, plus de 8 millions de journées de travail perdues, et ont coûté près de 800 millions d'euros (données CNAMTS). Les TMS sont ainsi le premier facteur d'inaptitude au travail. Les facteurs à l'origine de l'apparition d'un TMS peuvent être liés à l'organisation du poste de travail, à l'ambiance de travail, aux contraintes et stress liés à la fonction, etc.

Maurice, 57 ans, travaille depuis l'âge de 18 ans dans une fromagerie du nord de la France. Il est affecté au frottage des fromages : cette tâche consiste à frotter avec une saumure chaque pièce de fromage des deux côtés. Il doit manipuler de manière répétitive des pièces de fromage de 250 g à 750 g, dans un environnement très humide (hygrométrie de 80 %) et très bruyant (bruit des machines, etc.).

Maurice est régulièrement en arrêt de travail pour des épicondylagies du coude. Son médecin a de plus diagnostiqué récemment une arthrose au niveau du coude et des poignets.



Doc. A Articulatio

1 Légender le doc. A.

2 Définir le mot arthrose.

Le mot arthrose signifie dégénérescence d'une articulation.

3 Indiquer deux des principaux facteurs qui favorisent l'arthrose dans la population générale, en précisant celui qui concerne particulièrement Maurice.

Les principaux facteurs qui favorisent l'arthrose dans la population générale sont la répétition de certains mouvements, à l'origine de l'affection de Maurice, et le surpoids.

8

Organisation et exploration du système nerveux et traumatismes du rachis

- ➔ Localiser et identifier les éléments constitutifs des systèmes nerveux central et périphérique : principales structures encéphaliques, médullaires, nerfs.
- ➔ Annoter un schéma de neurone.
- ➔ Décrire l'organisation d'un nerf en fibres nerveuses.
- ➔ Définir l'IRM. Préciser ses intérêts diagnostiques en neurologie.
- ➔ Présenter les conséquences d'une fracture de la colonne vertébrale avec section de la moelle épinière.

Activité 1 Organisation générale du système nerveux

Doc. 1 Systèmes nerveux central et périphérique

Le système nerveux central (SNC) est situé dans le crâne et la colonne vertébrale. Il est périphérique lorsqu'il sort de ces structures par des prolongements appelés respectivement nerfs crâniens et nerfs rachidiens ou spinaux.

Dans le crâne, il y a l'encéphale formé de plusieurs parties :

- ▶ le cerveau qui possède deux hémisphères (droit et gauche) ;
- ▶ à l'intérieur du cerveau, il y a des cavités remplies de liquide : les ventricules ;
- ▶ en dessous du cerveau il y a une partie antérieure appelée le tronc cérébral qui fait la jonction entre le cerveau et la moelle épinière contenue dans la colonne vertébrale.

Le tronc cérébral est lui-même formé de trois parties :

- ▶ les pédoncules cérébraux, qui s'appellent aussi le mésencéphale, en dessous duquel on trouve le pont de Varole dans la partie la plus inférieure du tronc cérébral, on trouve la moelle allongée anciennement appelée bulbe rachidien ;
- ▶ on trouve un petit cerveau postérieur au tronc cérébral toujours représenté avec des lamelles, le cervelet, qui joue un rôle dans l'équilibre et la motricité.

La moelle épinière est en continuité du tronc cérébral et est située dans la colonne vertébrale.

Le système nerveux central est entouré de trois membranes appelées les méninges qui protègent et assurent les échanges.

1 À partir du doc. 1, compléter les légendes des fig. 1 et 2.

2 À partir de la fig. 1, associer l'adjectif correspondant au niveau de rachis dont sont issus les nerfs.

Cou → nerfs cervicaux

Dos → nerfs dorsaux

Bas du dos (lombes) →
nerfs lombaires

Coccyx → nerfs coccygiens

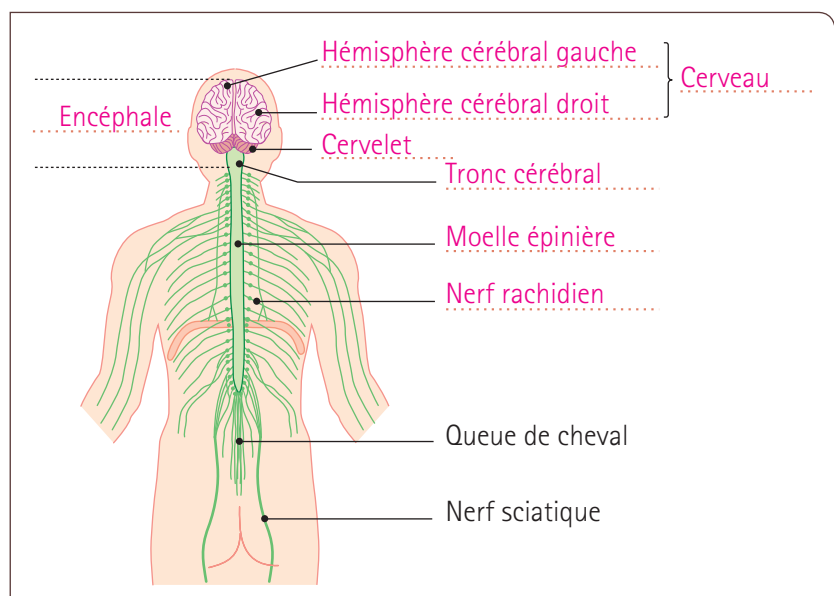


fig. 1 Organisation cérébrale du système cérébro-spinal

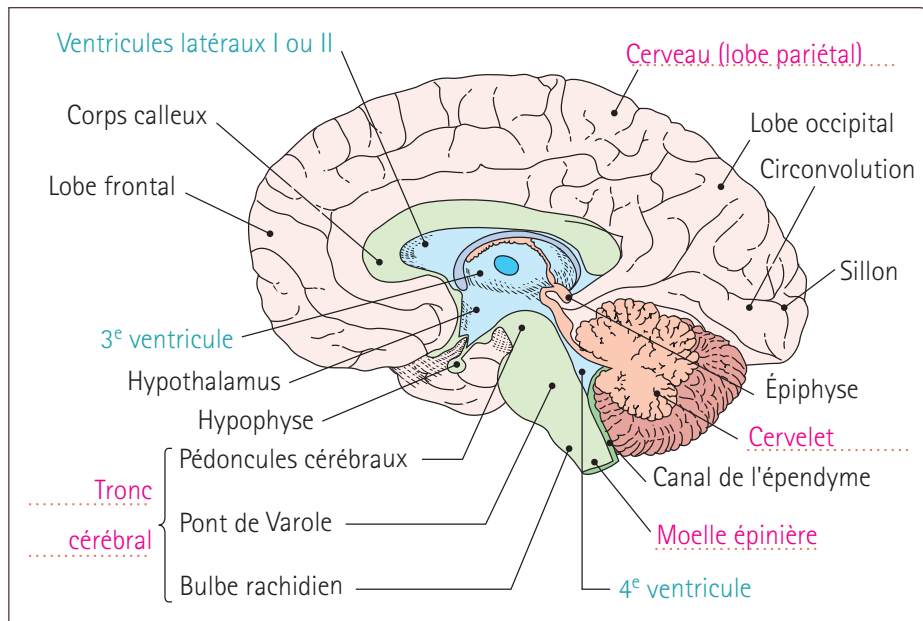


fig. 2 Coupe sagittale de l'encéphale

Activité 2 Organisation de la moelle épinière

À partir du doc. 2 et de vos connaissances, légendez le schéma de la fig. 3.



Anatomie du système nerveux : la moelle épinière

<https://www.youtube.com/watch?v=zfbxpPou2es>

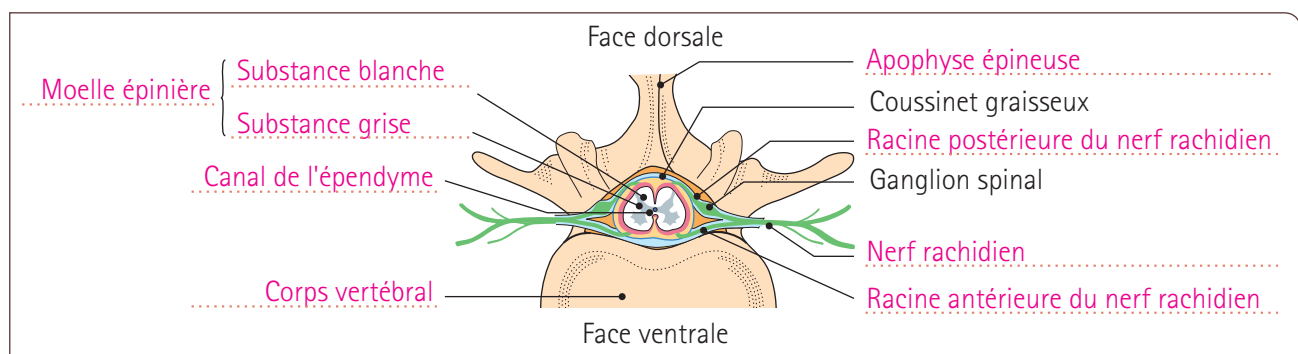


fig. 3 Coupe transversale de la moelle épinière au niveau d'une vertèbre

Activité 3 Structure d'un neurone

Doc. 3 Les cellules nerveuses

Les neurones comportent un corps cellulaire associé à des prolongements cytoplasmiques : les dendrites (de petite taille) et l'axone (plus long) à l'extrémité duquel se situe le bouton synaptique.

Les cellules gliales correspondent aux astrocytes et aux oligodendrocytes dans le SNC et aux cellules de Schwann

dans le SNP. Les oligodendrocytes et les cellules de Schwann entourent l'axone de certains neurones et forment la gaine de myéline. Cette gaine isole l'axone et permet d'augmenter la vitesse de propagation des messages nerveux. On appelle nœuds de Ranvier les endroits où la gaine de myéline s'interrompt le long d'un axone.

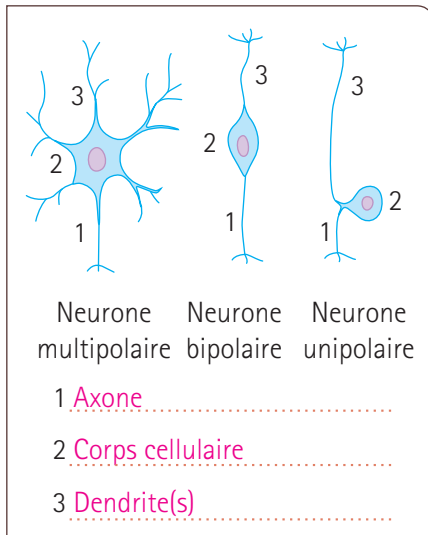


fig. 4 Polymorphisme des neurones

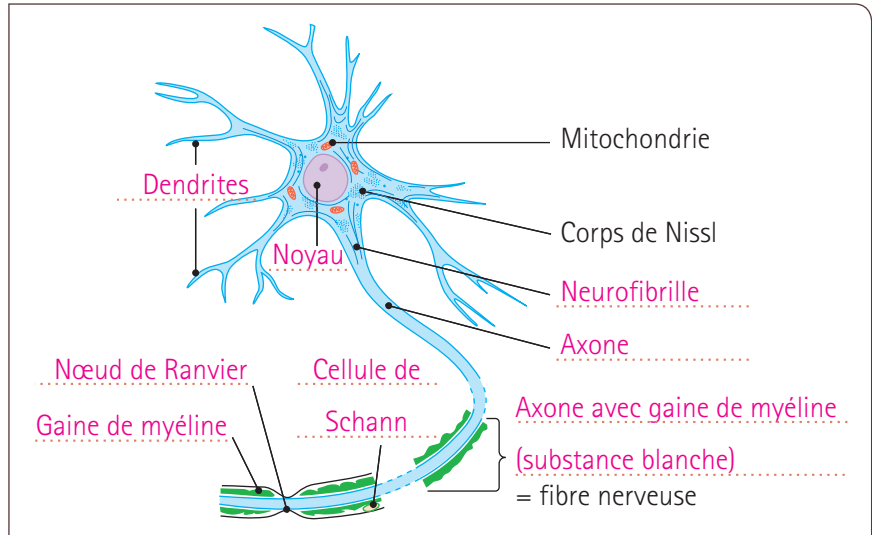


fig. 5 Ultrastructure d'un motoneurone

En vous aidant des doc. 2 et 3, légendez les schémas des fig. 4 et 5 et tenter l'exercice sur www.musibiol.net/biologie/exercice/relation/neurone.htm

Activité 4 Les nerfs

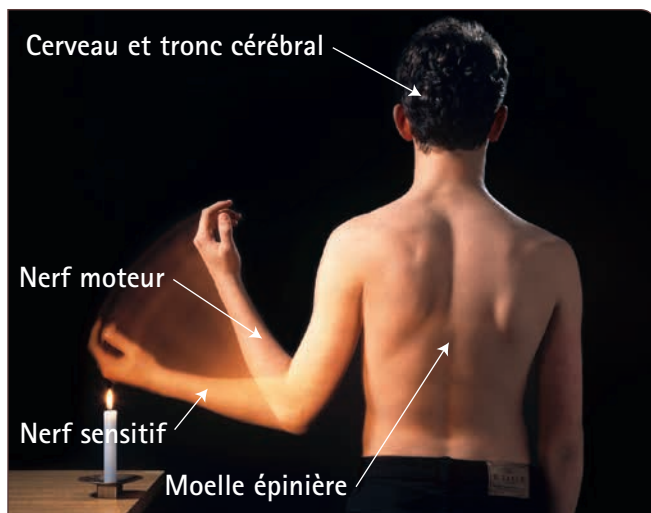


fig. 6 Nerfs afférents (qui arrivent) et efférents (qui partent) du SNC

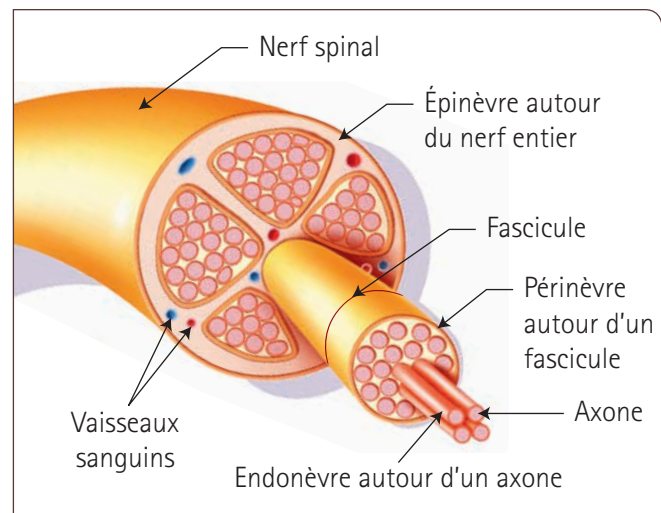


fig. 7 Organisation d'un nerf. Les fibres nerveuses correspondent aux axones myélinisés

1 À partir de la fig. 6, préciser le type de message acheminé par les différents nerfs et le sens de propagation.

La figure montre un nerf sensitif : il transfère une information relative à une perception (sensation de brûlure). Les messages se propagent vers la moelle épinière puis remontent jusqu'au cerveau. Un nerf sensitif est donc un nerf afférent au système nerveux. Elle montre aussi un nerf moteur : il transfère une information du système nerveux central vers la main (les muscles de la main) afin de réaliser un mouvement (retrait de la main). Un nerf moteur est donc un nerf efférent au SNC.

2 À partir du doc. 2 et de la fig. 7, expliquer en quoi un nerf est une structure nerveuse.

Il est formé de faisceaux d'axones, prolongements cytoplasmiques d'un neurone.

Activité 5 Vrai ou faux ?

Répondre par vrai ou faux aux affirmations suivantes et corriger les affirmations fausses.

Proposition	Vrai	Faux	Justification
Les nerfs moteurs permettent la transmission de messages sensitifs.	.....	X	Ils permettent d'acheminer des messages à l'origine des mouvements, c'est-à-dire des messages efférents.
Le cortex est la région périphérique du cerveau.	X .....	.....
Les circonvolutions du cerveau permettent d'augmenter son volume.	X .....	.....
Le système nerveux central est constitué de la moelle épinière et des nerfs.	.....	X	Le système nerveux central est composé de la moelle épinière, de l'encéphale.
Le système nerveux périphérique est notamment formé d'un ensemble de fibres nerveuses.	X .....	.....
Les nerfs contiennent des faisceaux d'axones des neurones.	X .....	.....
La substance grise est constituée par les axones des neurones.	.....	X	Elle contient les corps cellulaires.
La substance grise est localisée au niveau de la matière centrale de la moelle épinière et de la matière périphérique du cerveau.	X .....	.....
La substance blanche est composée des corps cellulaires des neurones.	.....	X	Elle renferme les axones recouverts de gaine de myéline.
Les méninges, appelées dure-mère, arachnoïdes et pie-mère, ne protègent que le cerveau.	.....	X	Elles entourent aussi la moelle épinière.
Le liquide céphalo-rachidien n'est présent dans le cerveau qu'au niveau de cavités appelées les ventricules.	.....	X	On retrouve aussi du liquide céphalo-rachidien entre la pie-mère et l'arachnoïde mais aussi au niveau de la moelle épinière.

Activité 6 Qui suis-je ?

1 Nous sommes plus d'une centaine de milliards dans le système nerveux. Nous sommes... ?

Les neurones et les cellules gliales.

2 Au nombre de trois, nous constituons les séreuses du système nerveux. Nous sommes... ? Les méninges.

3 Situés dans le cerveau, nous constituons des cavités remplies de liquide céphalo-rachidien. Nous sommes... ?

Les ventricules.

- 4 Je permets d'amortir les chocs, de diminuer la pression au niveau du cerveau et j'assure les échanges entre les différentes régions cérébrales. On effectue à mon niveau des ponctions ou des anesthésies. Je suis... ?
Le liquide céphalorachidien (LCR).
- 5 Je joue un rôle dans l'équilibre et la motricité et je constitue la partie postérieure et inférieure de l'encéphale. Je suis... ? Le cervelet.
- 6 Je suis une spécialité qui étudie le système nerveux et les pathologies qui lui sont associées. Je suis... ?
La neurologie.
- 7 Je suis un prélèvement de liquide céphalorachidien au niveau de la colonne vertébrale. Je suis... ?
Une rachicentèse.
- 8 Je constitue un faisceau de fibres nerveuses émanant de la colonne vertébrale. Je suis... ?
Un nerf rachidien.
- 9 Pathologie provoquée le plus souvent par une infection virale, je provoque une inflammation des méninges. Je suis... ? La méningite.
- 10 Inflammation de la substance grise de la moelle épinière et de l'encéphale. Nous sommes... ?
La poliomyélite et la polioencéphalite.
- 11 Je représente la périphérie des hémisphères cérébraux impliquée dans le traitement des informations. Je suis... ? Le cortex.
- 12 Je suis un des nombreux replis du cortex cérébral délimités par des sillons. Je suis... ?
Une circonvolution.

Activité 7 Vocabulaire médical

Associer chaque définition au terme ou à l'expression qui lui correspond.

Perte de la sensibilité provoquée par l'injection d'une substance dans l'espace sous arachnoïdien et rachidien	■	Rachialgie
Examen qualitatif et quantitatif de la moelle épinière	■	Rachianesthésie
Faisceau de fibres nerveuses sensibles reliant un récepteur périphérique au système nerveux central	■	Névrite
Douleur au niveau du rachis	■	Névrалgie
Douleur ressentie au niveau du trajet d'un nerf	■	Myélogramme
Inflammation d'un nerf	■	Gaine de myéline
Cellules du tissu nerveux associées aux neurones assurant leur nutrition et leur protection	■	Nerf afférent
Adjectif relatif au cervelet	■	Fente synaptique
Substance qui entoure l'axone de certains neurones et associée à la substance blanche	■	Cérébelleux
Espace situé entre deux cellules nerveuses	■	Cellules gliales

Activité 8 L'IRM : l'exploration magnétique du système nerveux

1 Donner un titre aux fig. 8 et 9 en indiquant les plans de coupe utilisés.

2 À partir de l'ensemble des clichés ainsi que de la fig. 2, citer les structures ayant rapport au système nerveux observables.

Les structures ayant rapport au système nerveux observables sont : la moelle épinière, les hémisphères cérébraux, le cervelet, les ventricules, le liquide céphalo-rachidien, la boîte crânienne, le tronc cérébral. Les corps calleux, le bulbe rachidien et le cortex peuvent également être cités.

3 Indiquer ce qu'il a été nécessaire de réaliser pour obtenir le cliché de la fig. 10.

Il y a eu l'usage d'un produit de contraste.

4 Expliciter l'acronyme IRM.

Imagerie par résonance magnétique.

5 L'IRM cérébrale est le plus souvent un examen de seconde intention réalisé suite à un examen radiologique (scanographie). Proposer des exemples d'anomalies décelables grâce à cet examen.

Tumeur, processus dégénératif, problème vasculaire (exemple : AVC), maladie infectieuse (méningite) ou inflammatoire.

6 À l'instar de la scanographie, l'IRM permet de visualiser des coupes d'organes. Citer l'avantage d'obtenir de telles images du corps humain.

Un examen plus précis permet une exploration des structures nerveuses profondes et superficielles.

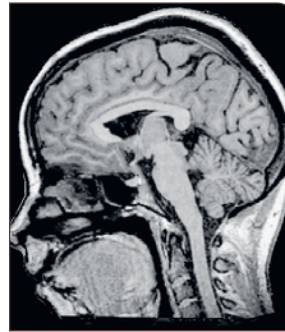


fig. 8 Coupe sagittale de la tête

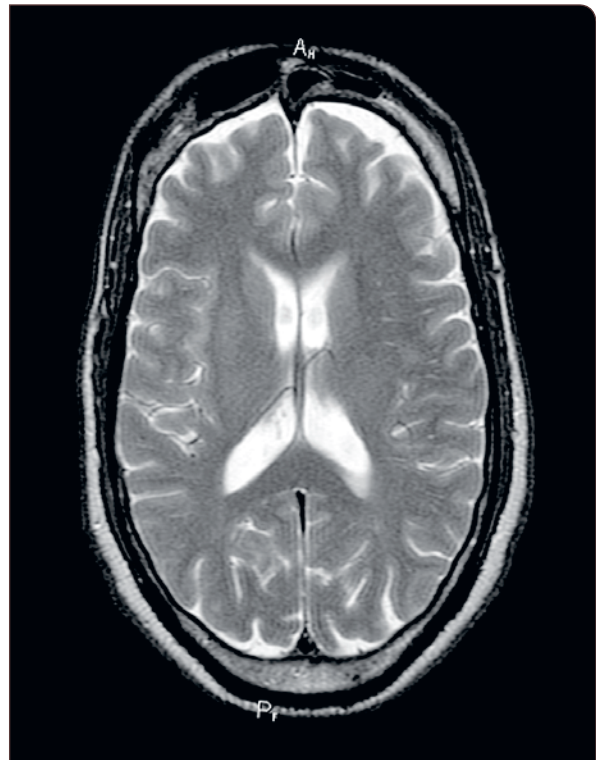


fig. 9 Coupe transversale du crâne

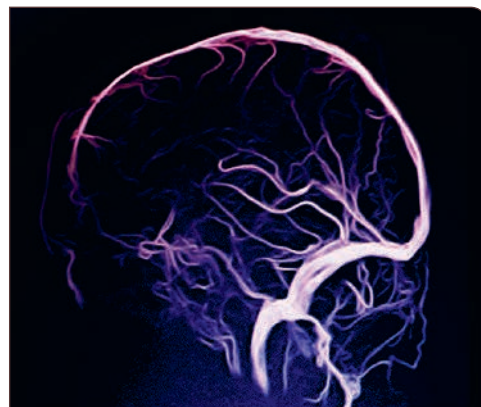


fig. 10 Exploration vasculaire du cerveau

Activité 9 Les conséquences des traumatismes du rachis

1 Qu'est-ce qui est annulé lorsque la moelle épinière est touchée ? La communication entre le cerveau et le reste de l'organisme.



Doc. 4 Paralyse : la moelle épinière touchée

<http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-paralyse-la-moelle-epiniere-touchee-198.asp?1=1#2>

2 Quand parle-t-on de lésions médullaires complètes ? Quelle en est la conséquence ?

Lorsqu'il y a une section complète de la moelle épinière, ce qui engendre une paralysie complète.

3 À quoi la gravité d'une section de la moelle épinière est-elle liée ?

Plus la section est haute, plus les conséquences sont graves.

4 Quand parle-t-on de lésion médullaire incomplète ? Lorsque la moelle épinière est partiellement touchée comme à l'occasion d'une compression avec déplacement d'une vertèbre.

5 Quelles en sont les conséquences ? Paralysie incomplète avec maintien d'un tonus musculaire toutefois insuffisant pour générer un mouvement et le maintien d'une sensibilité partielle.

6 En utilisant la liste des termes anatomiques donnée, légender la fig. 11 : tronc cérébral, moelle épinière, nerf rachidien (dorsal), nerfs rachidiens (coccygiens)/queue de cheval.

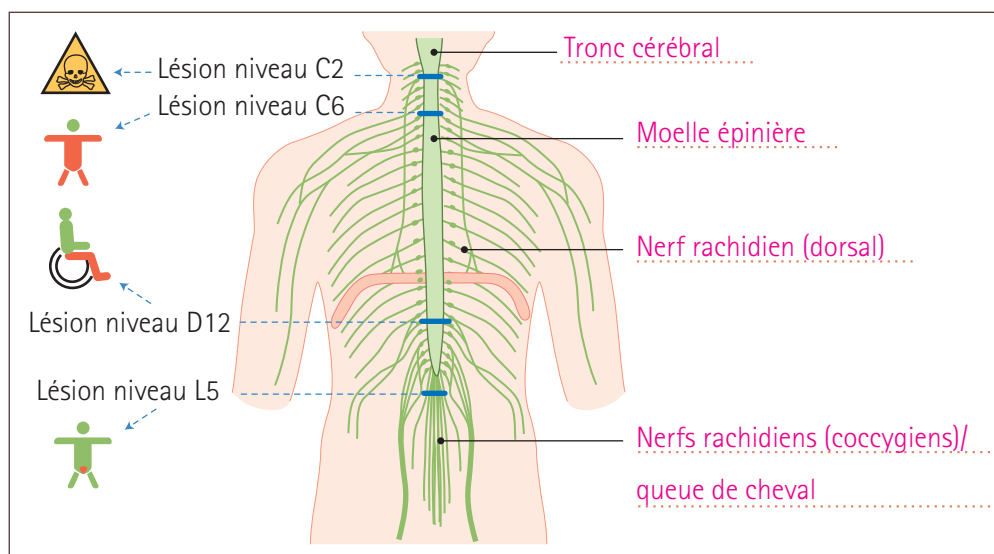


fig. 11

Conséquences fonctionnelles d'une section de la moelle épinière selon le niveau du rachis touché

7 D'après le doc. 5, rappeler les principales causes des traumatismes du rachis et préciser leur point commun.

Les principales causes sont les accidents de la voie publique, suivis des accidents de travail, puis des accidents de sport. Leur point commun est l'intensité des forces physiques impliquées au cours de l'impact.

8 Quelles pourront être les conséquences d'un transfert important d'énergie au niveau du rachis ?

Déformation du rachis par déplacement des vertèbres, voire fracture, le simple déplacement peut engendrer des lésions médullaires.

Doc. 5 Causes et conséquences des lésions de la moelle épinière et processus traumatique

Les traumatismes du rachis sont des lésions fréquentes et dans la majorité des cas bénignes. Mais lorsque ces lésions affectent le système nerveux, les conséquences neurologiques et leurs complications peuvent être extrêmement graves et mettre en jeu le pronostic vital et/ou fonctionnel. La fréquence maximale de ces traumatismes se situe entre 15 et 24 ans, touchant principalement les hommes (3 hommes pour 1 femme).

Les causes les plus fréquentes sont d'abord les accidents de la voie publique, suivis des accidents de travail, puis des accidents de sport.

Chaque année en France, entre 1 000 et 1 500 accidents de la voie publique causent des lésions de la moelle épinière avec pour conséquence notamment des paralysies.

Lors d'un choc à très grande vitesse, une partie de l'énergie cinétique est transférée au point d'impact. Au cours du processus traumatique, ces forces et énergie imposent aux systèmes organiques des contraintes dont les conséquences dépendent en grande partie des propriétés physiques des tissus. En effet, un organe élastique aura une capacité d'absorption de cette énergie transférée liée à sa capacité de déformation, on parle de tolérance. Lorsque l'énergie dépasse le seuil de tolérance, on observe selon les tissus mous, osseux, fibreux encapsulés, respectivement des lésions par rupture, fracture et éclatement.

9 D'après le doc. 5, comment pourrait-on définir la notion de traumatisme ?

On pourrait le définir comme une modification anatomique et physiologique provoquée par une agression physique brutale.

10 À l'aide de la fig. 11, compléter le tableau suivant.

Niveaux de section de la moelle épinière	Conséquences	Termes médicaux associés
Jusqu'au niveau C2	Mort	
Jusqu'au niveau C6	Paralysie des 4 membres et du tronc	Tétraplégie ou quadriplégie
Jusqu'au niveau D12	Paralysie des membres inférieurs	Paraplégie
Niveau L5	Troubles de la sensibilité et paralysie de la région pelvienne	Parésie, paresthésie, hypoesthésie, anesthésie, nevralgies, incontinence, troubles de l'érection



fig. 12 Spondylolisthésis (en bleu sur le cliché)

11 Observer la fig. 12 et expliquer la nature de cette lésion.

Il s'agit d'un déplacement de vertèbre avec pincement/compression de la moelle épinière.

12 À l'aide du tableau ci-dessus, définir les termes suivants.

Paralysie : perte complète de la motricité d'un muscle.

Hémiplégie : paralysie de la moitié droite ou gauche du corps.

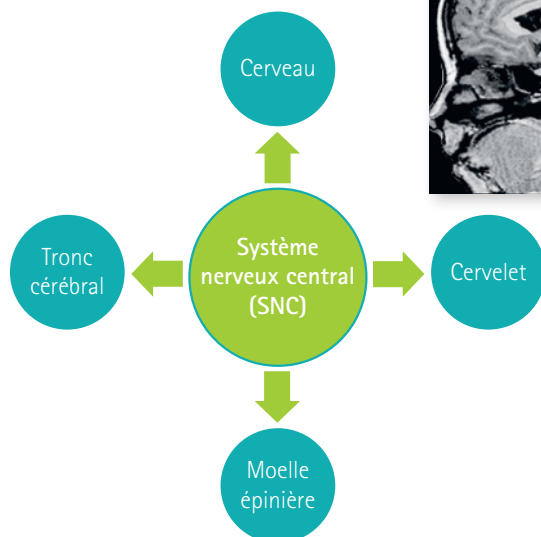
Parésie : perte partielle de la motricité d'un ou plusieurs muscles.

Anesthésie : absence de sensibilité.

Paresthésie : troubles de la sensibilité du type fourmillement ou picotement.

Je construis mon cours

Coupe sagittale du système nerveux central



Classer les termes suivants dans le tableau ci-dessous : *hémisphères cérébraux, pont, cortex, mésencéphale, diencéphale, bulbe rachidien, circonvolutions, ventricules, méninges.*

Au niveau du cerveau	Au niveau du tronc cérébral
Hémisphères.....	Méninges, pont,.....
cérébraux, cortex,.....	mésencéphale,.....
diencéphale,.....	bulbe rachidien.....
circonvolutions,.....	.....
ventricules,.....	.....
méninges.....	.....

Le système nerveux périphérique (SNP) est constitué de nerfs impliqués dans la perception (*sensitif ou afférent*.....) et la motricité (*moteur ou efférent*.....). Certains nerfs contiennent des fibres nerveuses sensibles et motrices et sont qualifiés de *mixtes*.....

Les techniques d'exploration du système nerveux

L'*Imagerie*..... par *Résonance*..... *Magnétique*..... permet de diagnostiquer des anomalies telles que : *tumeur, processus dégénératif, problème vasculaire, maladie infectieuse ou inflammatoire*.....

Comme la scanographie, cet examen permet d'obtenir des images en *coupes*.....

Conséquences des traumatismes du rachis

Sur la tonicité musculaire : *paralysie ou parésie*.....

Sur la sensibilité : *anesthésie, paresthésie, hypoesthésie*.....

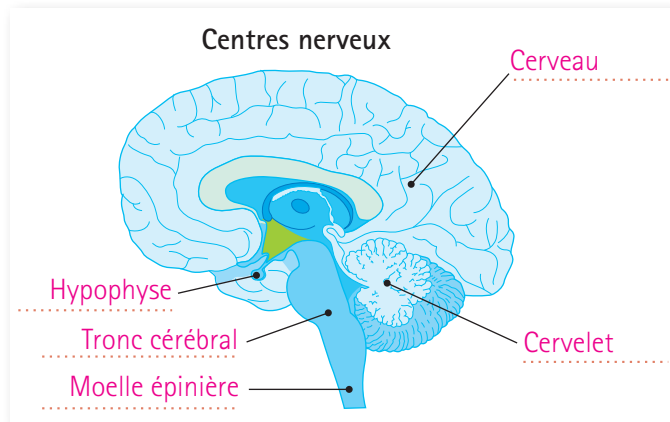
Mort, selon la nature du traumatisme (*section de la moelle épinière*)..... et son niveau (*C1 et C2*).....

Je sais dire

Terme	Définition	Racines	
<i>Neuropathie</i>	Pathologie touchant le système nerveux.	Neuro : <i>système nerveux</i>	Algie : <i>douleur</i>
<i>Névralgie</i>	Douleur ressentie au niveau d'un nerf.	Pathie : <i>pathologie</i>	Myelo : <i>moelle épinière</i>
Myélite	Inflammation de la moelle épinière.	Névro : <i>nerf</i>	Ite : <i>inflammation</i>

je sais faire le jour du bac

Le système nerveux est constitué de différentes régions responsables du traitement et de la coordination des actions avec l'extérieur ainsi que de la communication rapide entre les différentes parties du corps. Les **doc. A** et **B** représentent certaines de ces régions. La sclérose en plaques, notée SEP, est la pathologie neurologique non traumatique du système nerveux central la plus fréquente chez les jeunes adultes. Elle se caractérise par une réaction inflammatoire développée contre la myéline du système nerveux avec pour conséquences des troubles moteurs, sensitifs et visuels.

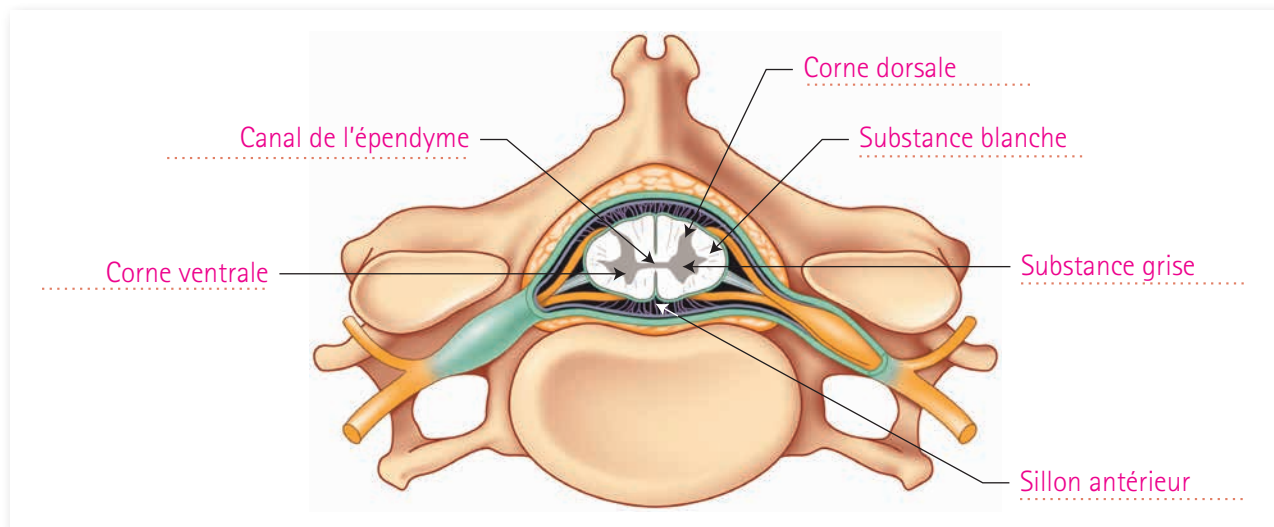


Doc. A Coupe du système nerveux central

- 1 Préciser le plan de coupe utilisé dans le **doc. A** et distinguer la partie antérieure et postérieure.

Il s'agit d'une coupe sagittale.

- 2 Légender le **doc. A**.



Doc. B Coupe d'une région du système nerveux

- 3 Préciser le plan de coupe utilisé. Il s'agit d'une coupe transversale.
- 4 Nommer et localiser dans le corps humain cette région. Cette image représente la moelle épinière contenue au niveau du rachis.
- 5 Légender le **doc. B**.
- 6 Expliquer les conséquences d'une altération de la myéline. La transmission du message nerveux devient moins efficace à l'origine des diverses manifestations physiques de la maladie.

9

Le potentiel de membrane

➔ À partir d'enregistrements, caractériser le message nerveux.

Activité 1 Mise en évidence du potentiel de repos d'une cellule

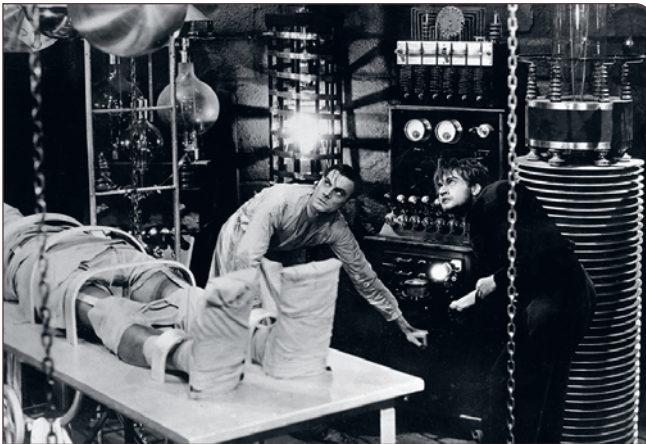


fig. 1 Film de James Whale, *Frankenstein*, 1931

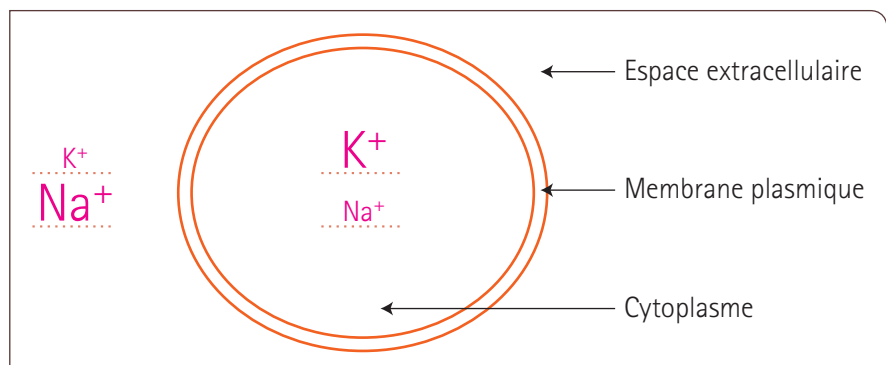
Doc. 1 Le potentiel électrique

Dans le roman de Mary Shelley, le Dr Frankenstein a fabriqué une créature de forme humaine, à partir d'organes prélevés sur des cadavres. Afin de donner la vie à sa créature, il utilise l'énergie de la foudre. En effet, la foudre génère un potentiel électrique très important, et la relation entre électricité et communication nerveuse est établie depuis longtemps. Un potentiel électrique (en volt) est créé par les charges (ions par exemple). Lorsque deux potentiels en deux lieux distincts sont différents, il existe une différence de potentiel mesurable grâce à un oscilloscope équipé de deux électrodes de mesure (placées en chacun des lieux).

Doc. 2 Mesure des concentrations ioniques de part et d'autre de la membrane d'une cellule

Ions	Concentration en mmol/L dans le milieu extérieur	Concentration en mmol/L dans le cytoplasme
Na ⁺	140	16
K ⁺	5	138
Cl ⁻	146	14
Autres anions	0	140

1 À l'aide du doc. 2, compléter le schéma ci-contre avec le nom des cations, en utilisant une taille de lettre proportionnelle à la concentration de chaque cation.



- 2 On place deux électrodes de mesure à la surface d'un neurone. Indiquer la valeur de la différence de potentiel (ddp) mesurée.

Les potentiels mesurés par les deux électrodes de mesure sont égaux, donc la différence de potentiel entre ces deux valeurs vaut 0 mV.

- 3 On place une électrode de mesure dans la cellule et l'autre sur la membrane, du côté extracellulaire. Justifier l'apparition d'une différence de potentiel.

La répartition des charges (ions) est différente dans les deux compartiments, donc les potentiels ont des valeurs distinctes. On mesure donc une ddp différente de zéro.

Doc. 3 Mise en évidence du potentiel de repos d'une cellule

L'étude est réalisée sur l'axone d'un neurone géant de calmar. Les deux électrodes de l'oscilloscope sont nommées R1 et R2.

R2 reste tout au long de l'expérience du côté extérieur de la membrane. Dans un premier temps R1 est à l'extérieur de la cellule, puis est insérée dans le cytoplasme. La ddp, mesurée par l'oscilloscope est enregistrée tout au long de l'expérience.

- 4 Commenter et expliquer l'évolution de la ddp au cours de l'expérience.

La ddp vaut 0 mV lorsque les deux électrodes sont dans le même milieu, puis elle passe à - 62 mV lorsque l'électrode R1 est introduite dans la cellule.

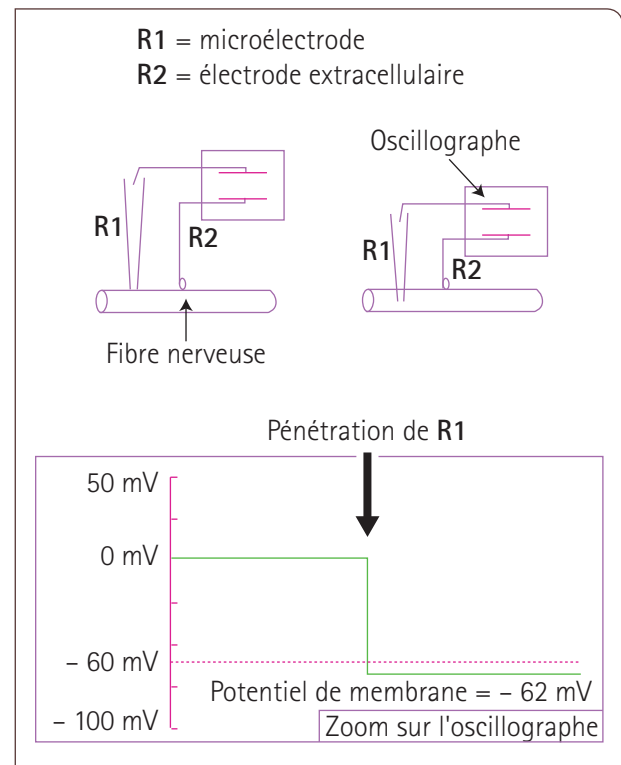


fig. 2 Dispositif d'enregistrement d'un potentiel de membrane

- 5 Donner la valeur de la ddp transmembranaire d'un neurone au repos, d'après l'expérience du doc. 3.

La valeur de la ddp transmembranaire d'un neurone au repos, d'après l'expérience, est - 62 mV.

- 6 Le potentiel de repos du neurone vaut - 62 mV. En déduire une définition du potentiel de repos, à partir de la question précédente.

Le potentiel de repos du neurone est la valeur de la ddp transmembranaire de ce neurone au repos.

- 7 Justifier l'idée du Dr Frankenstein d'utiliser la foudre afin de créer la vie.

Il utilise la foudre comme génératrice de potentiel électrique. Ce potentiel existe naturellement dans les cellules d'un organisme vivant.

Activité 2 Origine du potentiel de repos

- 1 Lorsque la concentration d'un ion varie de part et d'autre de la membrane, les ions ont tendance naturellement à aller du compartiment où leur concentration est la plus élevée vers celui où elle est la plus faible. D'après le doc. 2, déterminer le sens naturel de déplacement des ions potassium (K^+) et sodium (Na^+).

Le potassium a tendance à sortir de la cellule et le sodium à y rentrer.

Doc. 4 Les déplacements des ions sodium et potassium à travers la membrane

La diffusion facilitée : des canaux spécifiques permettent aux ions de passer à travers la membrane, dans le sens de leur gradient de concentration (sens naturel). Ce transport ne nécessite pas d'énergie.

La perméabilité à travers les canaux K^+ est 20 fois plus importante que celle à travers les canaux Na^+ .

Le transport actif : la pompe Na/K ATPase transporte les ions Na^+ et K^+ contre leur gradient de concentration. Cela nécessite de l'énergie (ATP).

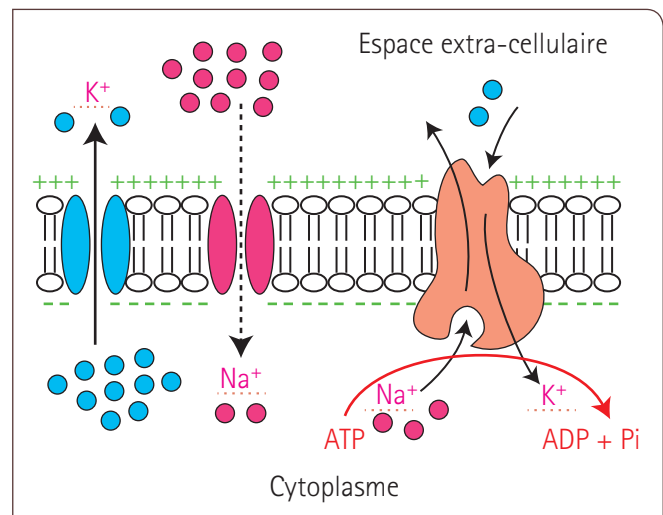


fig. 3 Les échanges membranaires (la flèche en pointillé signifie que le déplacement est peu important)

- 2 À partir des indications du doc. 4, compléter le schéma de la fig. 3 avec Na^+ et K^+ .
- 3 Le cyanure est un poison qui empêche la production d'ATP. Indiquer la conséquence d'une exposition au cyanure sur la pompe Na/K ATPase.

La conséquence d'une exposition au cyanure sur la pompe Na/K ATPase est que la pompe ne fonctionne plus.

- 4 Indiquer la conséquence d'une exposition au cyanure en complétant le tableau, à l'aide de +.

	Augmentation de la concentration de sodium	Augmentation de la concentration de potassium
Cytoplasme +
Milieu extracellulaire +

- 5 Dédurre l'évolution de la ddp, en présence de cyanure.

La ddp approche 0 mV.

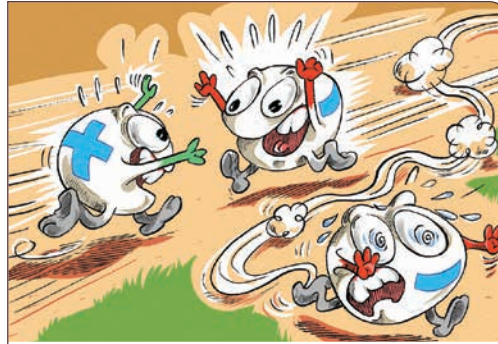
- 6 Compléter le texte suivant.

Dans un neurone au repos, la différence de potentiel (ddp) transmembranaire mesurée est appelée **potentiel de repos**. Cette différence de potentiel est due à une distribution inégale des ions Na^+ et K^+ , chargés positivement. Cette distribution est maintenue grâce à la **pompe Na/K ATPase**, qui transporte l'ion **sodium** et l'ion **potassium** contre leur gradient de concentration.

Activité 3 Étude approfondie des canaux ioniques



Les ions ont tendance à aller vers la région où ils sont le moins concernés.



Les ions chargés positivement (cations) sont attirés par les ions chargés négativement (anions) et sont repoussés par les cations.

fig. 4 Comportement des molécules en fonction de leur charge et des concentrations

1 Représenter sur la fig. 5, par une flèche rouge, le déplacement des ions K^+ selon le gradient de concentration et, par une flèche bleue, le déplacement des ions K^+ selon la répartition des charges.

2 Expliquer pourquoi les canaux potassium ouverts ne laissent pas sortir tous les K^+ .

Il existe un équilibre entre les forces qui font sortir les ions K^+ (gradient de concentration) et les forces qui les font entrer (gradient de charge).

3 Représenter sur la fig. 6, par une flèche rouge, le déplacement des ions Na^+ selon le gradient de concentration et, par une flèche bleue, le déplacement des ions Na^+ selon la répartition des charges.

4 Conclure sur le sens et l'importance du déplacement des ions Na^+ lorsque le canal est ouvert.

Les deux gradients favorisent l'entrée des Na^+ , donc l'ion peut rentrer en grande quantité lorsque le canal est ouvert.

5 Conclure, à partir des réponses précédentes, sur l'état (ouvert ou fermé) des canaux sodium et potassium à l'équilibre.

Les canaux K^+ peuvent être ouverts ou fermés, alors que les canaux Na^+ doivent être fermés pour conserver l'excès de Na^+ à l'extérieur.

6 Donner la conséquence sur le potentiel transmembranaire d'une ouverture continue des canaux sodium.

La ddp est diminuée rapidement.

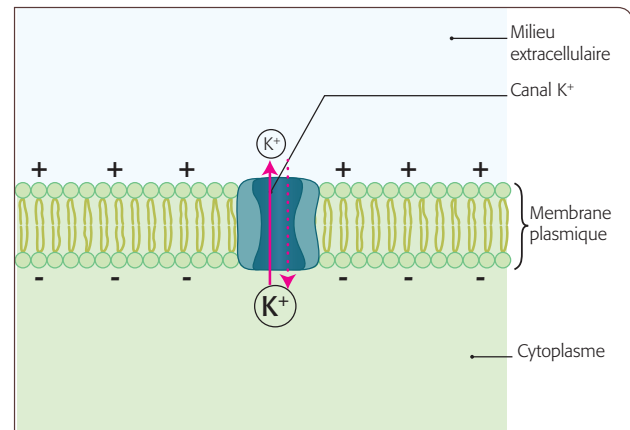


fig. 5 Déplacement des ions K^+

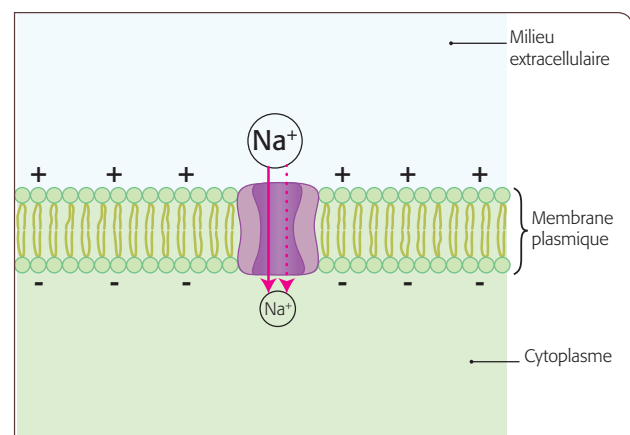


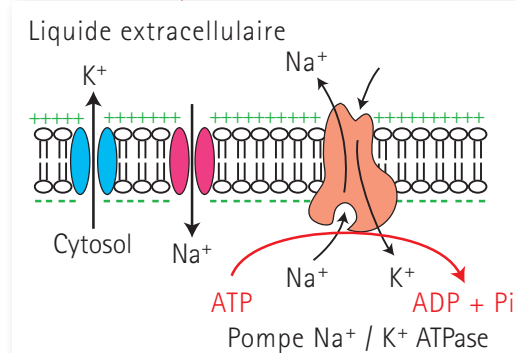
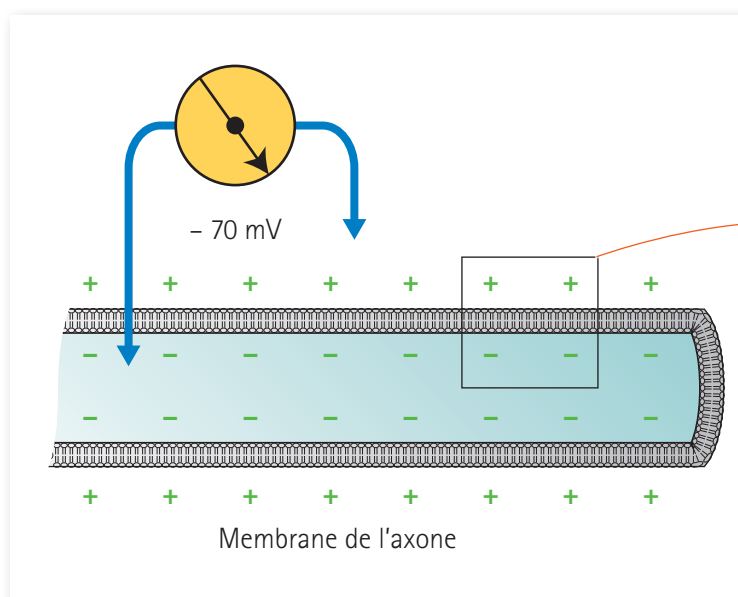
fig. 6 Déplacement des ions Na^+

Je construis mon cours

Le **potentiel de repos** d'une cellule correspond à la différence de potentiel de part et d'autre de sa membrane plasmique (ddp transmembranaire = (potentiel côté **interne** - potentiel côté **externe**) de la membrane) lorsqu'elle n'est pas excitée. Pour un neurone, ce potentiel a une valeur de l'ordre de **-62 mV**.

L'origine de ce potentiel de repos est une distribution **asymétrique** des cations Na^+ (principalement du côté **externe** de la membrane) et K^+ (principalement du côté **interne** de la membrane). Cette distribution est maintenue par l'action de la **pompe Na/K ATPase** qui utilise de l'énergie (ATP) pour faire **sortir** les ions Na^+ de la cellule et **entrer** les ions K^+ .

Au repos, les canaux K^+ sont ouverts et les canaux Na^+ sont majoritairement **fermés**.



Je sais dire

Terme	Définition
ddp	Différence de potentiel
Canal	Élément membranaire qui laisse passer les ions dans le sens de leur gradient de concentration
Pompe	Élément membranaire qui transporte les ions contre leur gradient de concentration

je sais faire le jour du bac

Une expérience est réalisée sur un axone de calmar. Deux électrodes (R1 et R2) sont placées à la surface externe de l'axone. Elles sont reliées à un oscilloscope. Le résultat obtenu est présenté dans le document ci-contre.

- 1 Nommer la grandeur mesurée par l'oscilloscope dans cette expérience, en précisant la signification des lettres de l'abréviation habituelle.

ddp = différence de potentiel.

- 2 Justifier l'aspect du tracé obtenu.

Les deux électrodes sont dans le même milieu, donc les deux potentiels sont égaux, et la ddp vaut zéro.

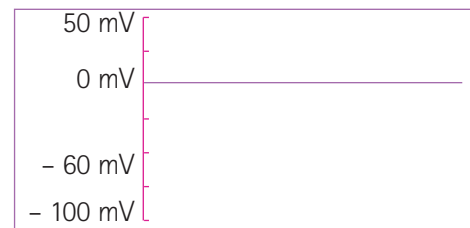
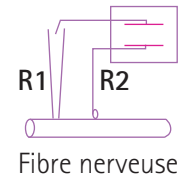
- 3 Un autre montage permet d'observer une valeur de -65 mV sur l'oscilloscope. Dessiner ce nouveau montage. Indiquer à quoi correspond cette valeur.

La ddp de -65 mV correspond au potentiel de repos.

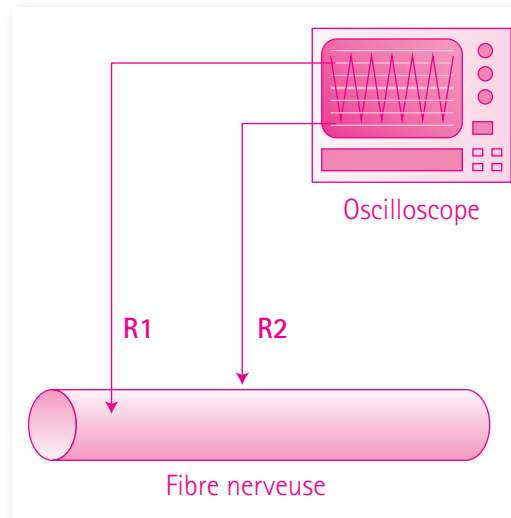
- 4 La dernière valeur observée sur l'oscilloscope est due à une répartition asymétrique des ions K^+ et Na^+ . Citer les structures membranaires impliquées dans le transport de ces ions.

Les structures membranaires impliquées dans le transport de ces ions sont : canal K^+ , canal Na^+ et pompe Na/K ATPase.

R1 = microélectrode
R2 = électrode extracellulaire



Écran de l'oscilloscope



10

Cellules excitables,
potentiel d'action

➔ À partir d'enregistrements, caractériser le message nerveux.

Activité 1 Loi du tout ou rien

1 Indiquer les conséquences sonores dans les différentes situations suivantes :

- ▀ en absence de coup de marteau.

Pas de son de cloche.

- ▀ après un coup de marteau faible.

Pas de son de cloche.

- ▀ après un coup de marteau suffisamment fort pour permettre au système de taper la cloche.

Un son de cloche est émis.

- ▀ après un coup de marteau encore plus fort que le précédent.

Un même son de cloche est émis.

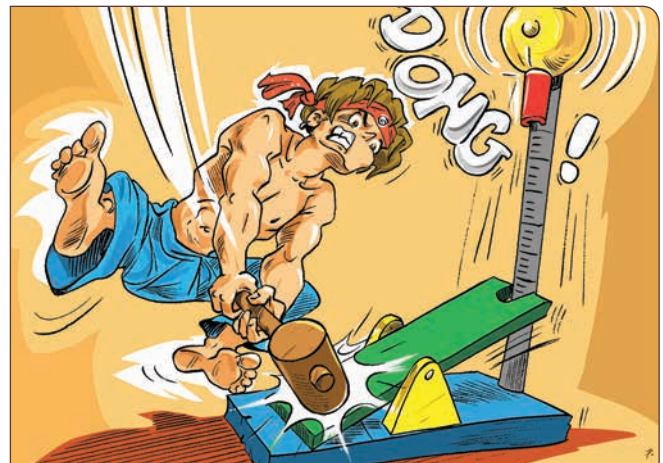


fig. 1 Illustration de la loi du tout ou rien

2 Compléter la phrase.

Dans un système régi par la loi du tout ou rien, si la stimulation est insuffisante, l'effet est nul. Si la stimulation est suffisante, c'est-à-dire si elle atteint un seuil, un effet est observé. Si la stimulation est supérieure au seuil, un effet identique (de même intensité) est observé.

Doc. 1 Réponses d'un neurone à des stimulations d'intensité croissante

Un neurone est stimulé par des décharges électriques d'intensité croissante (S1 à S5). La ddp du neurone est mesurée par un oscilloscope. Les résultats sont présentés ci-contre.

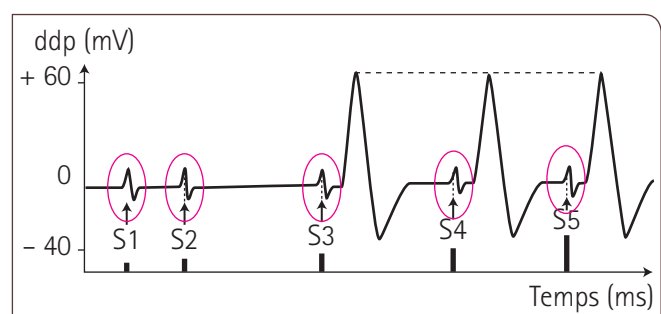


fig. 2 Réponse d'une fibre nerveuse après 5 stimulations d'intensité croissante

3 Entourer les artéfacts de stimulation sur la fig. 2.

4 Déterminer pourquoi la fibre nerveuse obéit à la loi du tout ou rien.

Une stimulation d'intensité insuffisante (S1 et S2) n'a pas d'effet. Une stimulation d'intensité suffisante a toujours le même effet.

5 Indiquer entre quelles intensités de stimulation se situe le seuil d'excitation du neurone.

Il se situe entre S2 et S3.

Doc. 2 Définition d'un artéfact

Un artéfact est un effet créé de toutes pièces par les conditions expérimentales. Il ne correspond pas à une réalité physiologique et ne doit pas être pris en compte dans l'interprétation des expériences. Par exemple un artéfact est observé après chaque stimulation électrique d'un neurone.

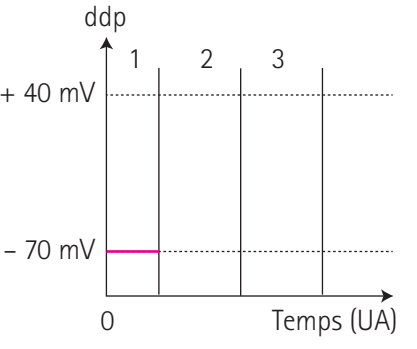
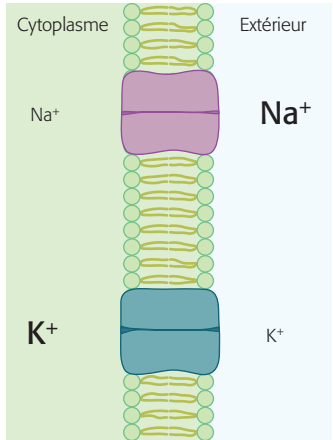
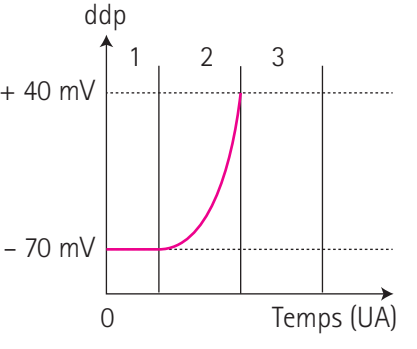
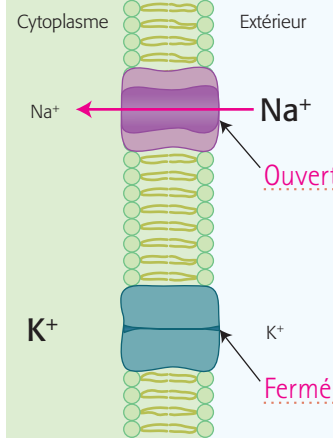
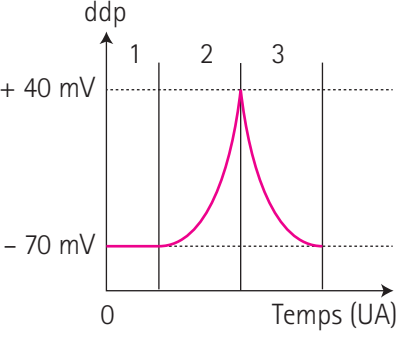
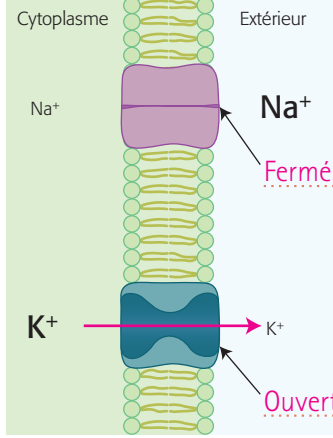
Activité 2 Les canaux voltage-dépendants

Doc. 3 Les canaux voltage-dépendants

Des canaux voltage-dépendants sont présents dans la membrane plasmique d'un neurone. On distingue :

- les canaux sodium qui s'ouvrent lors d'une stimulation d'intensité supérieure ou égale au seuil et qui se referment lorsque la ddp est de + 40 mV ;
- les canaux potassium qui s'ouvrent lorsque la ddp est de + 40 mV.

En s'aidant du doc. 3, compléter le texte dans la 1^{re} colonne, dessiner l'allure du graphique dans la 2^e colonne et indiquer par une flèche les mouvements d'ions dans la troisième colonne, ainsi que l'état des canaux (ouverts ou fermés).

<p>1. Neurone au repos</p> <p>La ddp vaut <u>- 70</u> mV .</p> <p>Les canaux sodium voltage-dépendants sont <u>fermés</u> .</p> <p>Les canaux potassium voltage dépendants sont <u>fermés</u> .</p>	<p>Oscillogramme :</p> 	
<p>2. Évolution après une stimulation efficace (1^{er} temps)</p> <p>Les canaux sodium voltage-dépendants sont <u>ouverts</u> .</p> <p>Les ions Na⁺ <u>entrent dans</u> la cellule.</p> <p>La ddp passe de <u>- 70</u> mV à <u>+ 40</u> mV. La ddp <u>augmente</u> .</p> <p>Les canaux potassium voltage dépendants sont <u>fermés</u> .</p>	<p>Oscillogramme :</p> 	
<p>3. Évolution après une stimulation efficace (2^e temps)</p> <p>Les canaux sodium voltage-dépendants sont <u>fermés</u> .</p> <p>Les canaux potassium voltage dépendants sont <u>ouverts</u> . Les ions K⁺ <u>sortent</u> <u>rapidement</u> de la cellule.</p> <p>La ddp <u>diminue</u> .</p>	<p>Oscillogramme :</p> 	

Activité 3 Le potentiel d'action

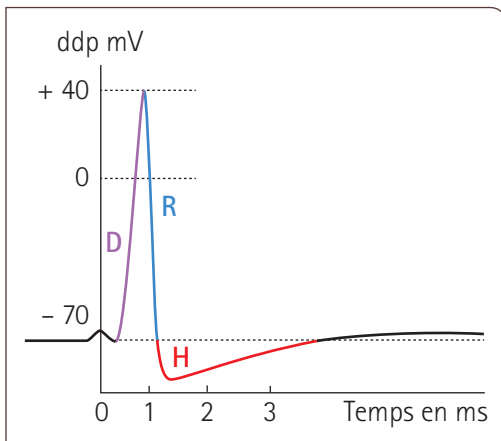


fig. 3 Potentiel d'action monophasique

Doc. 4 Le potentiel d'action

Le potentiel d'action (PA) est une réponse stéréotypée (même intensité et même durée) de la ddp transmembranaire d'un axone en réponse à une stimulation efficace. Elle est très courte et dure quelques millisecondes. L'enregistrement présenté dans la fig. 3 permet de mettre en évidence plusieurs phases.

- 1 La flèche présentée sur le graphe de l'oscilloscope indique une petite variation de la ddp due à la stimulation électrique expérimentale de l'axone. Nommer un tel type de variation.

C'est un artéfact (de stimulation).

- 2 Décrire l'évolution de la ddp lors de la phase de dépolarisation D en précisant les valeurs d'origine et finale.

La ddp augmente et passe de -70 mV à $+40 \text{ mV}$.

- 3 Justifier le terme de dépolarisation pour la phase D, en complétant le texte.

La membrane est qualifiée de polarisée au repos lorsque sa ddp vaut -70 mV . Lorsque la cellule a une ddp égale à zéro, elle n'est pas polarisée. Entre -70 mV et 0 mV , on constate donc une dépolarisation.

- 4 Généralement, par abus de langage, on considère que la phase de dépolarisation se poursuit tant que la ddp augmente. Décrire les phénomènes ioniques à l'origine de cette phase de dépolarisation.

Une entrée de Na^+ , passant par les canaux Na^+ voltage-dépendants, est à l'origine de la dépolarisation.

- 5 Décrire l'évolution de la ddp lors de la phase de repolarisation R.

La ddp diminue et passe de $+40 \text{ mV}$ à -70 mV .

- 6 Justifier le terme de repolarisation pour la phase R, en complétant le texte.

Cette phase R correspond à l'inverse de la phase de dépolarisation D, c'est donc une repolarisation. À l'issue de cette phase la ddp de la cellule correspond au potentiel de repos.

- 7 Décrire les phénomènes ioniques à l'origine de cette phase de repolarisation.

Une sortie de K^+ , passant par les canaux K^+ voltage-dépendants, est à l'origine de la repolarisation. Les canaux Na^+ voltage-dépendants sont fermés.

- 8 Justifier l'appellation d'hyperpolarisation de la phase H.

La membrane est encore plus polarisée qu'au potentiel de repos, c'est une hyperpolarisation.

- 9 Une cellule hyperpolarisée ne peut pas générer un potentiel d'action. En vous aidant d'un dictionnaire, le cas échéant, justifier l'utilisation de l'expression période réfractaire, employée parfois pour la phase H.

Durant cette période, d'éventuelles stimulations du neurone sont sans effet.

Activité 4 Neurone : propagation du potentiel d'action

1 La réponse du neurone ne reste pas localisée au lieu de la stimulation. Justifier cela à partir de la fig. 4.

Le lieu d'enregistrement est éloigné de celui de stimulation. La réponse doit donc pouvoir se propager.

2 Les électrodes stimulatrices et de mesures sont séparées de 20 millimètres. Le potentiel d'action est enregistré 1 milliseconde après la stimulation. Calculer la vitesse de propagation du potentiel d'action en m/s. Le PA parcourt 20 mm en 1 ms, il se déplace à 20 m/s.

3 La dépolarisation de la membrane due à un PA en un lieu provoque l'ouverture des canaux voltage-dépendants à proximité. Indiquer la conséquence de cette remarque.

Le PA se déplace de proche en proche.

4 La myéline permet une transmission de la dépolarisation sans utiliser les canaux sur la partie de l'axone qu'elle recouvre. Indiquer l'intérêt de la myéline concernant la propagation du PA.

La myéline augmente la vitesse de propagation d'un PA.

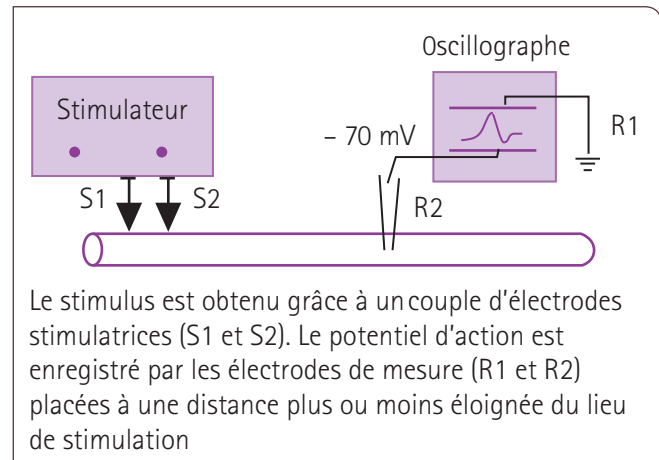


fig. 4 Dispositif de stimulation et d'enregistrement de la réponse d'une cellule excitable.

Activité 5 Excitabilité d'un nerf

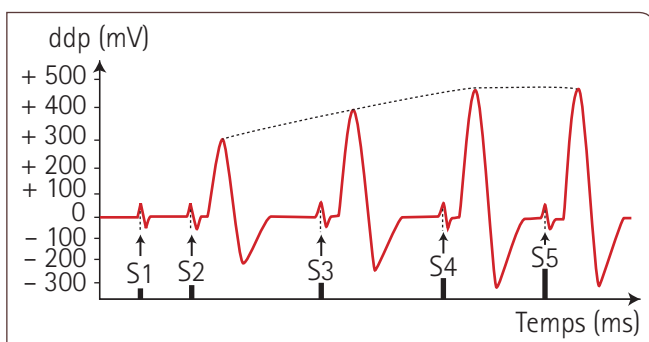


fig. 5 Réponse d'un nerf à des stimulations d'intensité croissante

Doc. 5 Réponse d'un nerf à des stimulations d'intensité croissante

Un nerf est composé de plusieurs axones de neurones qui peuvent ou non être excités lors d'une stimulation. L'enregistrement de la réponse du nerf correspond à la réponse de l'ensemble des fibres nerveuses (axones).

Compléter le texte à l'aide des doc. 1 et 5.

La stimulation efficace d'une fibre nerveuse produit un potentiel d'action toujours identique. La stimulation efficace d'un nerf produit un signal qui augmente lorsque la stimulation augmente et ce jusqu'à atteindre un maximum : c'est la loi d'excitation croissante puis maximale.

Je construis mon cours

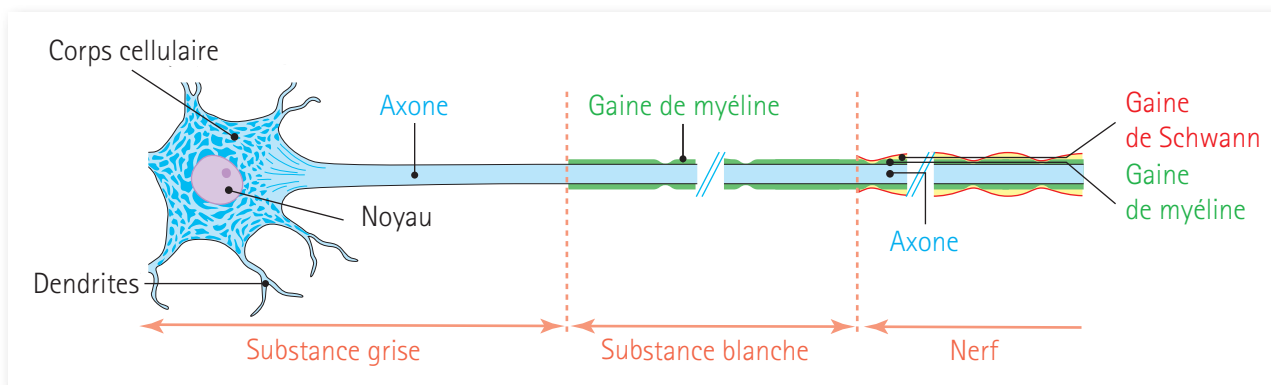
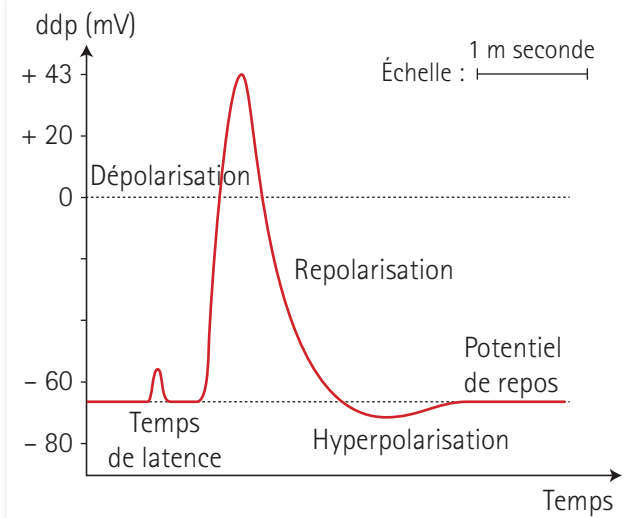
Les neurones sont des cellules excitables. Un stimulus efficace (d'intensité supérieure au seuil d'excitation) déclenche l'apparition d'un potentiel d'action selon la loi « du tout ou rien ».

Ce potentiel d'action a une durée constante (quelques millisecondes) et une intensité constante.

On observe trois phases dans l'évolution de la ddp :

- dépolarisation due à l'ouverture de canaux Na^+ voltage-dépendants
- repolarisation due à l'ouverture de canaux K^+ voltage-dépendants
- hyperpolarisation qui définit une période réfractaire (pas de nouveau potentiel d'action possible)

Le potentiel d'action se propage le long de l'axone. La myéline permet une transmission plus rapide du potentiel d'action.



Je sais dire

Loi d'excitation croissante puis maximale

Au niveau des nerfs, la réponse à des stimulations (supérieures à un seuil) augmente avec l'intensité des stimulations jusqu'à un maximum.

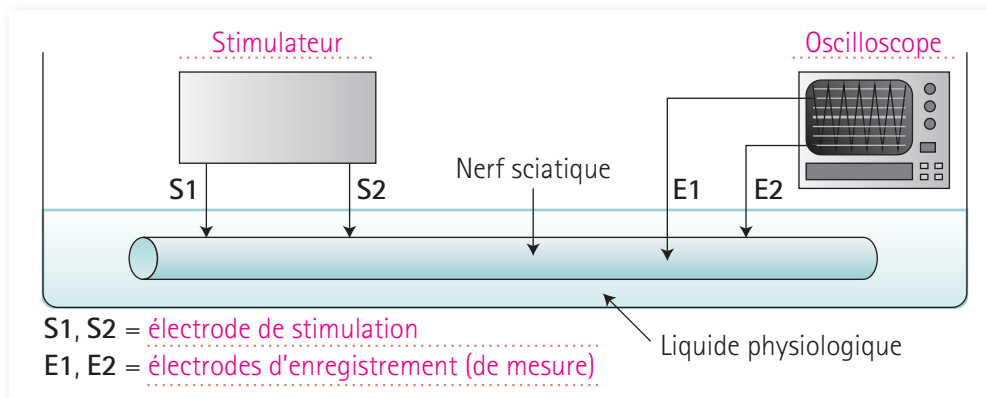
Autres noms de la loi

Loi du recrutement des fibres

Loi de sommation

je sais faire le jour du bac

- 1 Un nerf sciatique de grenouille est soumis à des chocs électriques grâce à des électrodes d'excitation. Les réponses aux excitations sont mesurées grâce à deux électrodes de mesure reliées à un oscilloscope. Compléter le schéma de l'expérience.



Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Chocs électriques (μA)	1	2	3	5	10	15	20	25
Réponses (mV)	0	0	0	0	5	41	60	60

- 2 Interpréter les résultats pour les chocs électriques inférieurs à $5 \mu\text{A}$.
Le seuil d'excitation n'est pas atteint.
- 3 Décrire l'évolution des réponses pour des excitations dues à des chocs électriques compris entre 10 et $20 \mu\text{A}$ et donner le nom de la loi correspondante.
Les réponses augmentent avec l'intensité de l'excitation. Il s'agit de la loi d'excitation croissante puis maximale (ou loi du recrutement des fibres ou loi de sommation).
- 4 Commenter les valeurs obtenues pour des chocs électriques de $20 \mu\text{A}$ et $25 \mu\text{A}$.
Les réponses sont identiques, toutes les fibres du nerf sont recrutées.
- 5 Comparer les résultats obtenus ici pour un nerf avec ceux que l'on obtiendrait avec un axone isolé.
Avec un axone isolé on observerait la loi du tout ou rien.
- 6 Une deuxième série d'expériences sur un nerf de grenouille est conduite. Un choc de $15 \mu\text{A}$ est réalisé. Puis, un second choc de même intensité est réalisé après un temps plus ou moins long noté Δt . La réponse due au second choc est mesurée. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant.

Δt (ms)	0,5	1	1,5	10
Réponse (mV)	0	0	0	70

Nommer la période pendant laquelle le neurone ne donne pas de réponse à une seconde excitation. Donner la durée minimum de cette période.

C'est la période réfractaire. Elle dure au moins 1,5 ms.

11

Le muscle, la cellule musculaire et sa contraction

- ➔ Mettre en évidence l'organisation hiérarchisée du muscle à la myofibrille.
- ➔ Localiser les myofilaments d'actine et de myosine dans un sarcomère.
- ➔ Présenter simplement le mécanisme de la contraction musculaire.

Activité 1 Contractions et mouvements

- 1** Déterminer la longueur séparant la silhouette du point d'appui fixe (le mur), dans le cas des boîtes d'allumettes décontractées (semi-ouvertes) de la fig. 1.

La longueur est d'environ 40 cm.



fig. 1 Boîtes décontractées

- 2** Déterminer la longueur séparant la silhouette du point d'appui fixe (le mur), dans le cas des boîtes d'allumettes contractées (fermées) de la fig. 2.

La longueur est d'environ 30 cm.



fig. 2 Boîtes contractées

- 3** Indiquer la conséquence pour la position de la silhouette.

Elle se rapproche de 10 cm du mur.

- 4** Nommer le phénomène qui a permis la conséquence indiquée ci-dessus.

Il y a eu glissement (ou coulissement) d'un compartiment par rapport à l'autre, de proche en proche.



fig. 3 Boîtes sans appui fixe

- 5** Préciser la conséquence sur le déplacement de la silhouette si l'ensemble des boîtes n'est pas accroché à un appui fixe comme sur la fig. 3.

Malgré le coulissement la silhouette ne bouge pas.

- 6** Compléter le texte suivant, concernant la contraction musculaire.

Le muscle est accroché à un point fixe (l'os) par son tendon. La contraction du muscle provoque une diminution de sa longueur. Cette contraction se produit par coulissement d'éléments du muscle.

L'extrémité non fixe se rapproche de l'extrémité fixe : cela permet le mouvement. Le relâchement (ou décontraction) du muscle provoque à l'inverse un éloignement de ses deux extrémités.

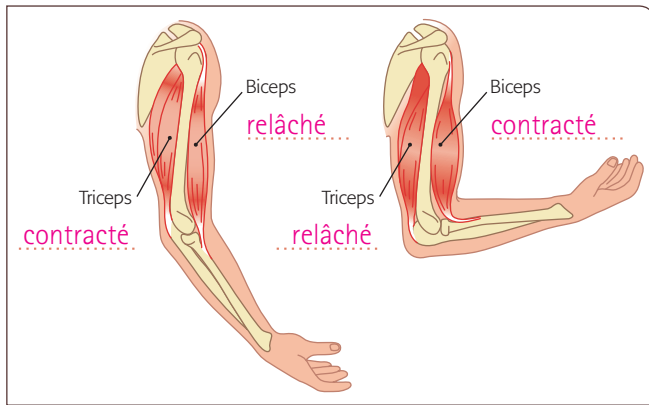


fig. 4 Triceps et biceps

7 Compléter les cadres de la fig. 4 avec les termes « relâché » ou « contracté ».

8 Dans le cadre du mouvement étudié sur la fig. 4, indiquer la localisation des os fixes et des os mobiles.

Les os fixes sont dans les bras. Les os mobiles sont dans les avant-bras.

Activité 2 Les particularités du muscle strié

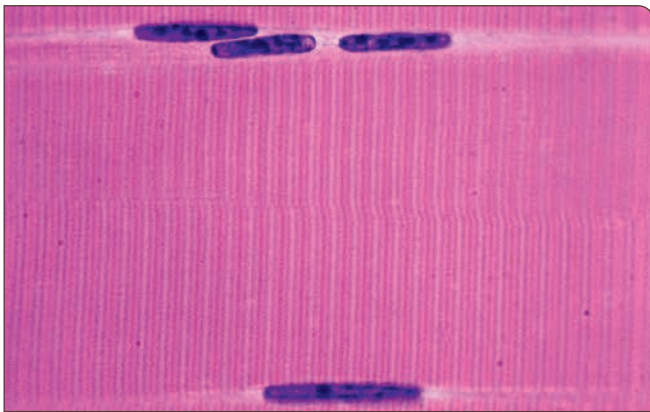


fig. 5 Histologie d'un muscle strié squelettique

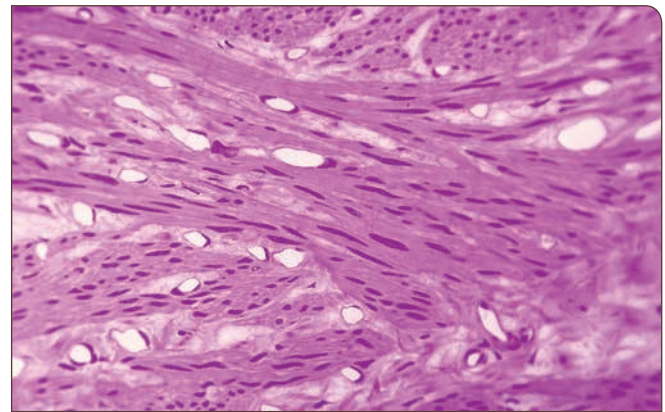


fig. 6 Histologie d'un muscle lisse

Doc. 1 Comparaison muscles striés et muscles lisses

Les muscles lisses se trouvent dans la paroi des artères, du tube digestif, des bronches, de la vessie et des voies génitales. Leur contraction n'est pas volontaire. Les muscles striés squelettiques sont attachés aux os du squelette par un tendon. Leur contraction est volontaire.

Remarque : le muscle cardiaque est un muscle strié dont la contraction n'est pas volontaire.

1 Justifier, à partir du doc. 1, l'utilisation des adjectifs strié et squelettique pour le muscle représenté sur la fig. 5.

On observe des stries verticales qui justifient

« strié ». La fixation aux os justifie « squelettique ».

2 Compléter le tableau suivant avec des + ou des -.

	Présence de stries	Fixation sur os	Entoure une cavité (ou est un organe creux)	Contraction volontaire
Muscle squelettique	+	+	-	+
Muscle lisse	-	-	+	-
Muscle cardiaque	+	-	+	-

Activité 3 Organisation d'un muscle strié squelettique

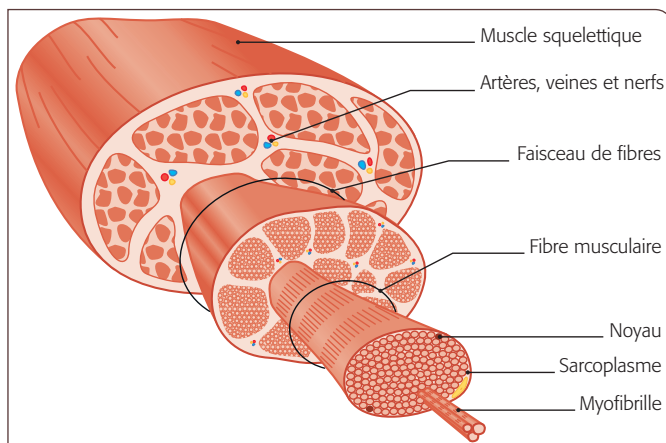


fig. 7 Muscle strié squelettique

Doc. 2 Description d'un muscle strié squelettique

Un muscle strié squelettique est attaché à un os par un tendon. Il est composé de tissus conjonctifs (tissu adipeux, tissu vasculaire) et de faisceaux de fibres.

Chaque faisceau de fibres est composé de nombreuses fibres musculaires appelées également myocytes.

Les myocytes sont délimités par une membrane plasmique appelée sarcolemme. Ils contiennent plusieurs noyaux, de nombreuses mitochondries et des éléments contractiles : les myofibrilles. Leur cytoplasme est appelé sarcoplasme.

- 1 Donner le nombre de faisceaux de fibres composant le muscle schématisé dans la fig. 7.

Ce muscle est composé de 8 faisceaux (dont un partiellement caché).

- 2 Donner le nombre de fibres musculaires dans le faisceau de fibres mis en avant.

On compte 12 fibres musculaires.

- 3 Justifier la présence de nombreuses mitochondries dans le myocyte.

Les mitochondries sont le lieu de synthèse de l'ATP, qui est utilisé pour fournir de l'énergie lors de la contraction musculaire.

- 4 Comparer le nombre de noyaux dans les myocytes par rapport aux autres cellules du corps humain.

Les autres cellules ne possèdent qu'un noyau. (Les fibres musculaires, ou myocytes, sont issues de la fusion de plusieurs cellules, ce qui explique leur longue taille et la présence de plusieurs noyaux.)

- 5 L'organisation d'un muscle (fig. 7) présente de nombreuses analogies avec celle d'un nerf (fig. 8). Compléter le tableau ci-dessous.

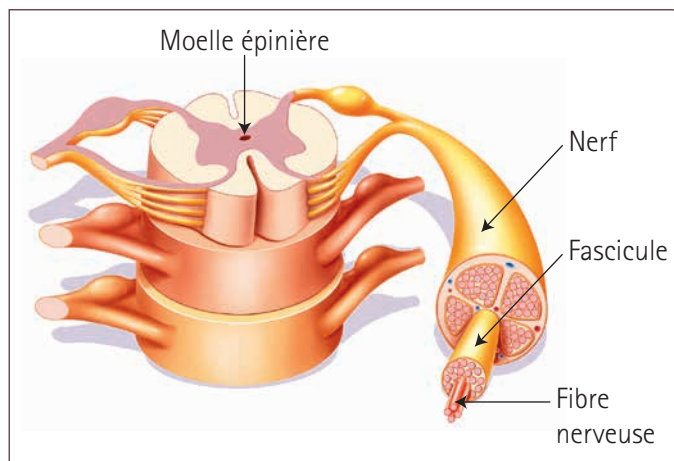


fig. 8 Organisation d'un nerf

Nom de la cellule	Association de fibres	Nom de l'organe
Fibre nerveuse	Fascicule	Nerf
Fibre musculaire	Faisceau de fibres	Muscle

Activité 4 Organisation d'une myofibrille

Doc. 3 Ligne Z et filaments d'actine

La myofibrille est constituée d'une succession de sarcomères, qui contiennent des filaments d'actine et des filaments de myosine.
L'actine est une protéine. Plusieurs actines peuvent s'associer (polymérisation) et former un long filament, appelé filament fin ou filament d'actine.
Dans une myofibrille les filaments d'actine sont accrochés à une structure en Zigzag appelée ligne Z. Les filaments d'actine sont alors parallèles les uns aux autres. La ligne Z est souvent schématisée par une ligne droite.

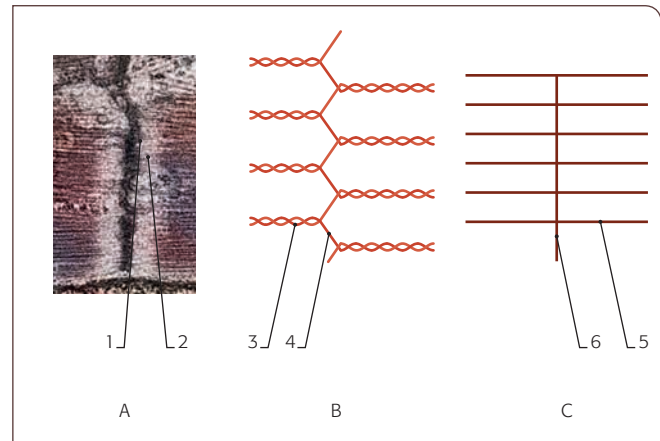


fig. 9 Photographie et schéma de la ligne Z

1 À partir du doc. 3, attribuer un nom aux structures 1 à 6 présentées sur la fig. 9.

Filament d'actine : 2, 3, 5

Ligne Z : 1, 4, 6

2 Nommer la technique utilisée afin d'obtenir la photographie A de la fig. 9.

La technique utilisée afin d'obtenir la photographie A est la microscopie électronique en transmission.

Doc. 4 Ligne M et filaments de myosine

La myosine est une protéine qui se polymérise et forme des filaments épais, les filaments de myosine (en vert sur le schéma). Les filaments de myosine sont accrochés à une structure appelée ligne M. Ces filaments sont alors parallèles les uns aux autres. La ligne M n'est souvent pas représentée dans les schémas.

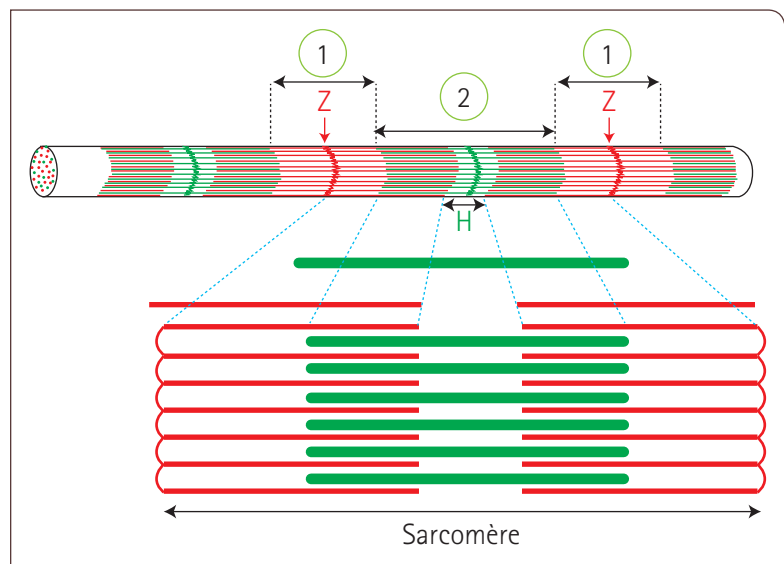


fig. 10 Organisation des sarcomères d'une myofibrille

3 Identifier le filament contenu dans la zone 1 qui est appelée « disque clair ».

Le filament contenu dans la zone 1 est l'actine, autour du disque Z.

4 Identifier le filament présent dans toutes les parties de la zone 2 qui est appelée « disque sombre ».

Le filament présent dans toutes les parties de la zone 2 est la myosine.

- 5 Dans la zone 2, indiquer l'unique filament présent dans la région H.

L'unique filament présent dans la région H est la myosine.

- 6 Nommer la ligne située au centre de la région H.

La ligne située au centre de la région H est la ligne M.

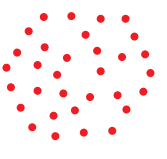
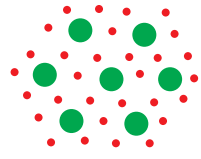
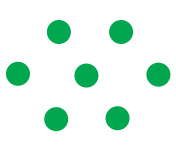
- 7 Indiquer les filaments présents dans la zone 2, en dehors de la région H.

Les filaments présents dans la zone 2, en dehors de la région H sont l'actine et la myosine.

- 8 Compléter la phrase suivante, à partir des informations de la fig. 10.

Le sarcomère est une région de la myofibrille délimitée par deux stries Z consécutives.

- 9 Compléter le tableau suivant en mettant des croix lorsque les éléments concordent.

Coupe transversale de sarcomère				
Partie du sarcomère coupée	Zone 1	<u>+</u>		
	Zone 2 partie H			<u>+</u>
	Zone 2 hors partie H		<u>+</u>	

- 10 En s'aidant du tableau précédent, commenter la fig. 11.

La coupe transversale a une organisation géométrique. On observe des points épais (myosine) entourés de points plus fins (actine). La coupe se situe dans la zone 2 du sarcomère, en dehors de la partie H.

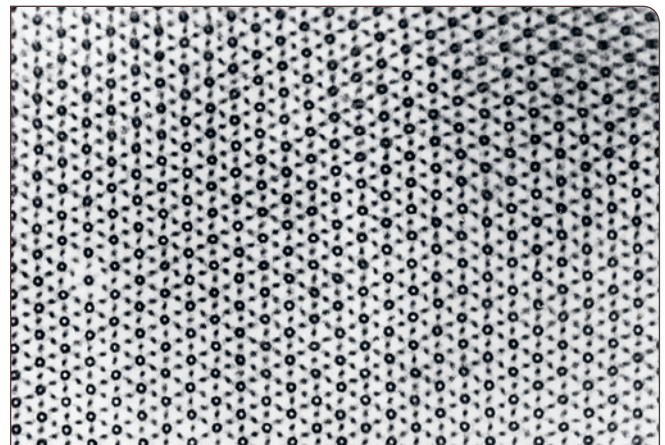


fig. 11 Coupe transversale de myofibrille

- 11 En fonction des habitudes, on retrouve dans les mots relatifs au muscle la racine latine « myo » ou la racine grecque « sarco » qui signifient toutes les deux muscle.

Souligner, dans les phrases suivantes, les mots comportant ces racines.

Les myocytes contiennent des myofibrilles qui sont constituées d'une succession de sarcomères. Ces myofibrilles sont dans le sarcoplasme (cytoplasme du muscle) dans lequel on peut distinguer du réticulum sarcoplasmique. Elles sont délimitées par une membrane plasmique appelée sarcolemme.

Activité 5 Conséquences de la contraction des sarcomères

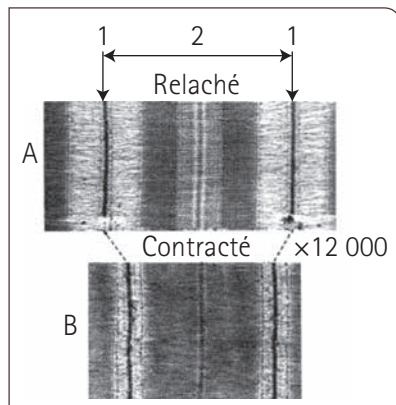


fig. 12

Deux états d'une fibre musculaire

1 Identifier les éléments 1 et 2 de la fig. 12.

1 : strie Z

2 : sarcomère

2 Décrire l'évolution de la zone H lors de la contraction, et en tirer une conséquence sur l'organisation du disque sombre.

La largeur de la zone H diminue. Dans le muscle contracté le disque sombre contient quasi uniquement les deux fibres recouvertes.

3 En reprenant le mécanisme proposé dans l'activité 1 et l'organisation de la fibre musculaire de la fig. 10, indiquer le phénomène moléculaire à l'origine du raccourcissement de la fibre musculaire.

Les filaments d'actine couissent au niveau des filaments de myosine.

Il y a un recouvrement des deux types de fibre. Le sarcomère devient plus court.

4 Le sarcomère relâché mesure en réalité 2,5 μm . Calculer la taille du sarcomère contracté, en utilisant la règle de proportionnalité.

(Taille du sarcomère contracté réelle) = (Taille du sarcomère relâché réelle) \times (Taille du sarcomère contracté sur la photo)/(Taille sarcomère relâché sur la photo)

Le sarcomère contracté mesure $(2,9 \times 2,5) / 3,6 = 2 \mu\text{m}$

5 Dédurre de la question précédente le raccourcissement maximum d'un sarcomère.

Raccourcissement = taille relâchée - taille contractée = $(2,5 - 2) = 0,5 \mu\text{m}$.

6 Calculer le raccourcissement possible d'un muscle dont les fibres contiennent l'équivalent de 2 millions de sarcomères successifs.

$2\,000\,000 \times 0,5 = 1\,000\,000 \mu\text{m} = 1 \text{ m}$

7 L'ATP (une molécule dont l'hydrolyse fournit de l'énergie) est nécessaire afin de décontracter les sarcomères. On constate que lorsque la mort survient, le corps passe par une étape de rigidité. On parle de « *rigor mortis* » ou de « rigidité cadavérique ». Mettre en relation ces deux observations.

L'ATP de la personne morte disparaît rapidement. Le muscle contracté n'a pas d'ATP à sa disposition afin de se relâcher. Les sarcomères restent contractés. Le corps est rigide.

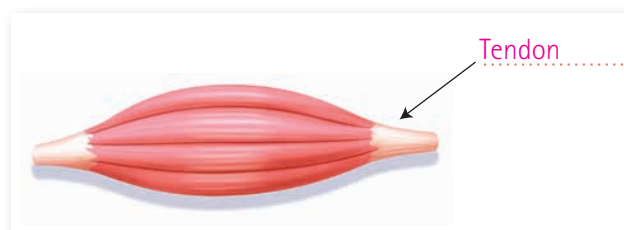
8 La « *rigor mortis* » finit par cesser. Proposer une explication.

Le muscle est dégradé (microorganismes, enzymes de dégradation...).

Je construis mon cours

Le muscle

Le muscle strié squelettique est fixé aux **os** par des tendons. Il est composé de tissus conjonctifs et de faisceaux de fibres musculaires.



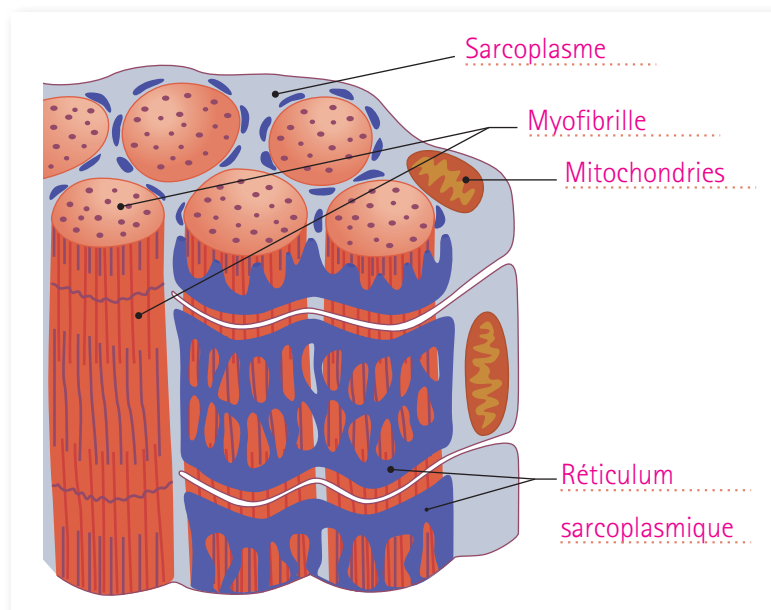
La fibre musculaire

La cellule musculaire est aussi appelée **fibre musculaire** ou myocyte.

C'est une cellule allongée, délimitée par une membrane plasmique appelée **sarcolemme**.

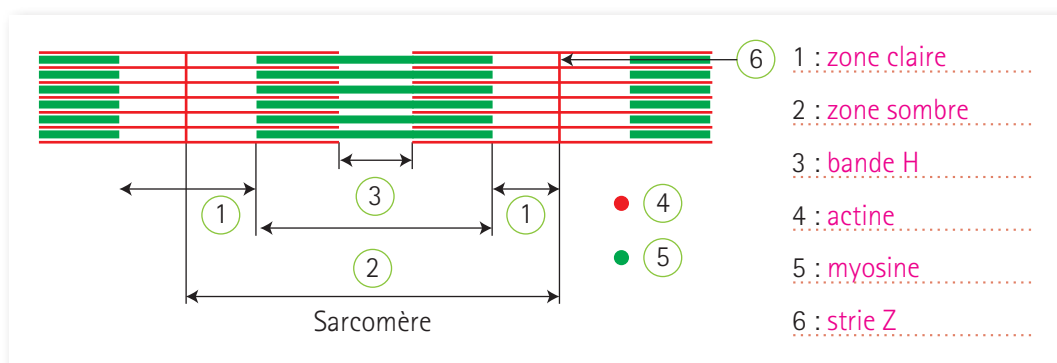
Le cytoplasme, appelé **sarcoplasme**, contient plusieurs noyaux, de nombreuses mitochondries, des myofibrilles entourées d'un réticulum endoplasmique lisse particulier appelé réticulum sarcoplasmique.

Les myofibrilles sont composées d'une succession de sarcomères.

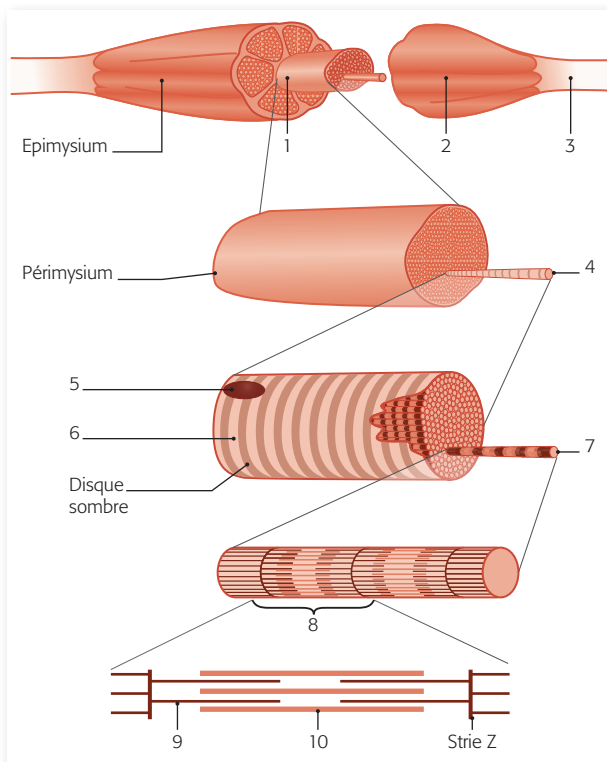


Le sarcomère

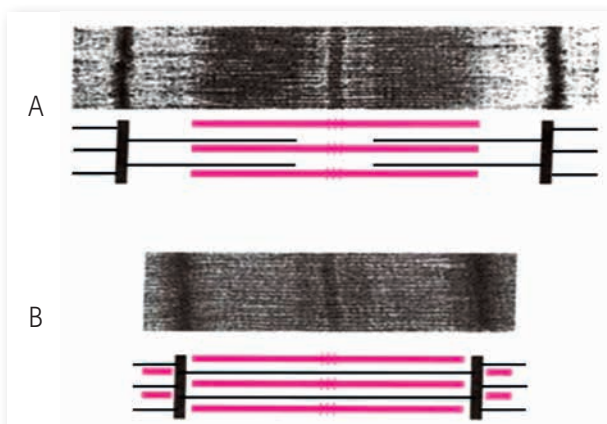
Lors de la contraction musculaire, les filaments d'actine **coulissent** le long des filaments de myosine. La bande H **diminue** et la taille des sarcomères **diminue aussi**.



je sais faire le jour du bac



Doc. A



Doc. B

Les muscles striés squelettiques sont attachés aux os par les tendons. Le muscle est enveloppé, avec des vaisseaux sanguins et des neurofibres, par une gaine de tissu conjonctif appelée l'épimysium. Le muscle est constitué de faisceaux de fibres musculaires où chaque faisceau est entouré par du tissu conjonctif, le périmsium. L'observation au microscope optique montre que, à leur tour, les fibres musculaires sont entourées de tissu conjonctif, appelé endomysium. L'observation montre aussi que les fibres musculaires sont des cellules géantes, très longues et cylindriques. Elles sont disposées en rangs parallèles. Les fibres musculaires, appelées aussi myocytes ou myofibrilles, sont formées de :

- une membrane plasmique : le sarcolemme ;
- un cytoplasme : le sarcoplasme ;
- tous les organites habituels ;
- plusieurs noyaux repoussés à la périphérie.

Les myocytes apparaissent striés : il existe une série de striations transversales qui correspondent à l'alternance de bandes sombres et de bandes claires, avec une strie Z dans la bande claire (deux stries Z délimitent un sarcomère). Au fort grossissement, le sarcoplasme apparaît rempli de petites fibres : les myofibrilles. Chaque myofibrille est formée, elle aussi, par une succession de bandes claires et de bandes sombres. L'examen en microscopie électronique d'une myofibrille montre qu'elle est formée de deux types de protéines organisées en filaments (myofilaments) :

- protéine organisée en filaments épais : la myosine ;
- protéine organisée en filaments fins : l'actine.

1 Utiliser le texte pour retrouver les annotations 1 à 10 du doc. A.

1 : faisceau de fibres 2 : muscle 3 : tendon

4 : fibre musculaire 5 : noyau 6 : disque clair

7 : myofibrille 8 : sarcomère 9 : actine 10 : myosine

2 Le doc. B représente deux photographies vues au microscope électronique de l'unité fonctionnelle du muscle lors de sa contraction et leur schéma d'interprétation. Analyser ce document, puis l'interpréter en utilisant les informations données dans le doc. A et dans le texte.

Le cliché A représente un sarcomère allongé contenant une alternance zones claires et sombres (muscle décontracté). Le cliché B représente un sarcomère plus court avec uniquement des zones sombres (muscle contracté). Une zone sombre indique un recouvrement des filaments d'actine et de myosine. Il y a eu un coulisement des filaments.

12

La jonction neuro-musculaire

➔ Décrire de façon chronologique le fonctionnement de la synapse neuro-musculaire.

Activité

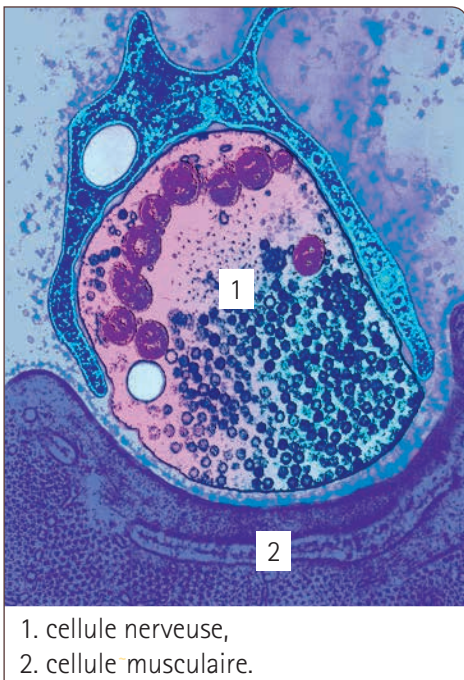
1

Présentation de la transmission de l'information nerveuse au muscle



fig. 1

Michel-Ange, *La Création d'Adam*, 1512. Rome, musée du Vatican.
Sur ce détail des fresques de la chapelle Sixtine, Dieu insuffle la vie à Adam



1. cellule nerveuse,
2. cellule musculaire.

fig. 2 Jonction neuro-musculaire (MET, fausses couleurs)

- 1 Sur la fig. 1, distinguer le personnage qui donne l'information et celui qui la reçoit.
Dieu donne l'information à Adam qui la reçoit.
- 2 Préciser s'il y a contact direct entre les mains des deux personnages.
Non, il n'y a pas contact direct entre les mains des deux personnages.
- 3 Indiquer l'élément que le message doit franchir.
Il doit franchir l'air (le vide entre les deux doigts).
- 4 Préciser si l'échange d'information est unidirectionnel ou bidirectionnel.
Il est unidirectionnel. Dans la scène représentée c'est bien Dieu qui crée l'homme, et non l'inverse.

- 5 Par analogie avec les réponses aux questions précédentes et en observant le cliché de la jonction neuro-musculaire, compléter le texte suivant.

Le muscle se contracte en réponse à une stimulation nerveuse. Le neurone donne l'information au muscle, qui la reçoit. Il n'y pas de contact direct entre les deux cellules, et le message nerveux doit franchir un espace afin d'atteindre le muscle. Le message est unidirectionnel : il va du nerf au muscle.

- 6 Sur le cliché de la fig. 2, identifier les composants de la cellule musculaire qui apparaissent comme des points régulièrement espacés dans le cytoplasme.

Ce sont les myofilaments l'actine et la myosine.

- 7 Déterminer si la coupe de la cellule musculaire représentée est une coupe longitudinale ou transversale.

C'est une coupe transversale, qui coupe les filaments dans leur largeur.

Activité 2 Anatomie de la jonction neuro-musculaire

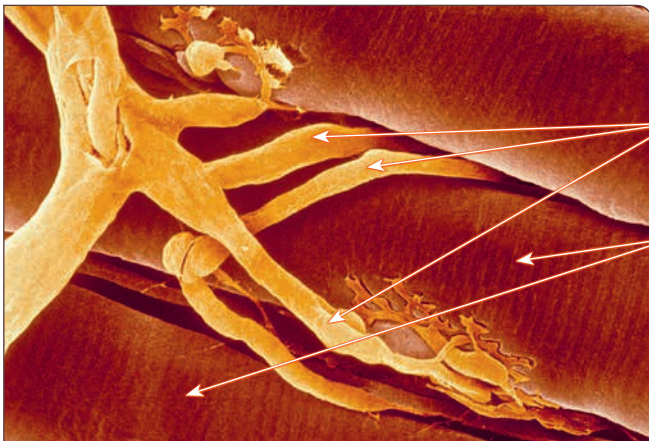


fig. 3 Jonction neuro-musculaire (MEB)

Doc. 1 La jonction neuro-musculaire

Un neurone qui excite un muscle est appelé motoneurone. Il se ramifie à l'extrémité distale de son axone pour créer de nombreuses jonctions neuro-musculaires aussi appelées plaques-motrices. Sur la fig. 3 on observe les ramifications terminales du neurone et plusieurs fibres musculaires.

Ramifications terminales du neurone

Fibres musculaires

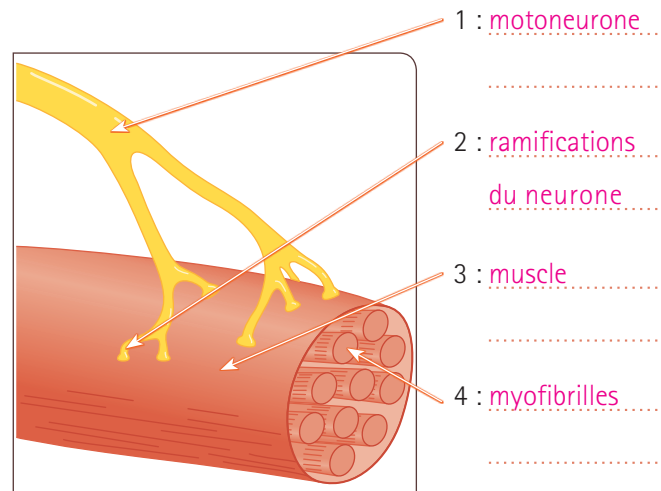


fig. 4 Jonction neuro-musculaire (schéma)

- 1 Annoter la fig. 3.
- 2 Nommer le type de muscle photographié, en justifiant la réponse.

C'est un muscle strié, car on observe les stries parallèles.

3 D'après l'activité 1, préciser s'il y a contact direct entre les structures jaunes et rouges de la photographie.

Non, il existe un espace.

4 Légender le schéma de la fig. 4.

Activité 3 Anatomie fine de la jonction neuro-musculaire

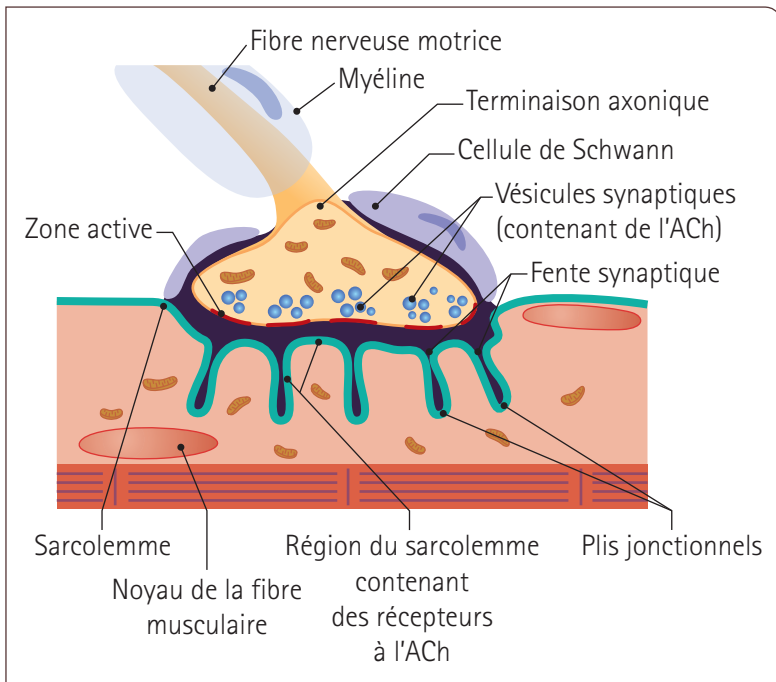


fig. 5 Schéma d'une plaque motrice

Doc. 2 Description de la synapse neuro-musculaire

L'extrémité du neurone (bouton synaptique) contient de nombreuses vésicules remplies d'une molécule appelée acétylcholine (ACh). L'espace entre la membrane du neurone (membrane pré-synaptique) et la membrane de la cellule musculaire s'appelle fente synaptique ou synapse. La membrane des cellules musculaires (membrane post-synaptique ou sarcolemme) contient de nombreux récepteurs sur lesquels se fixe l'ACh.

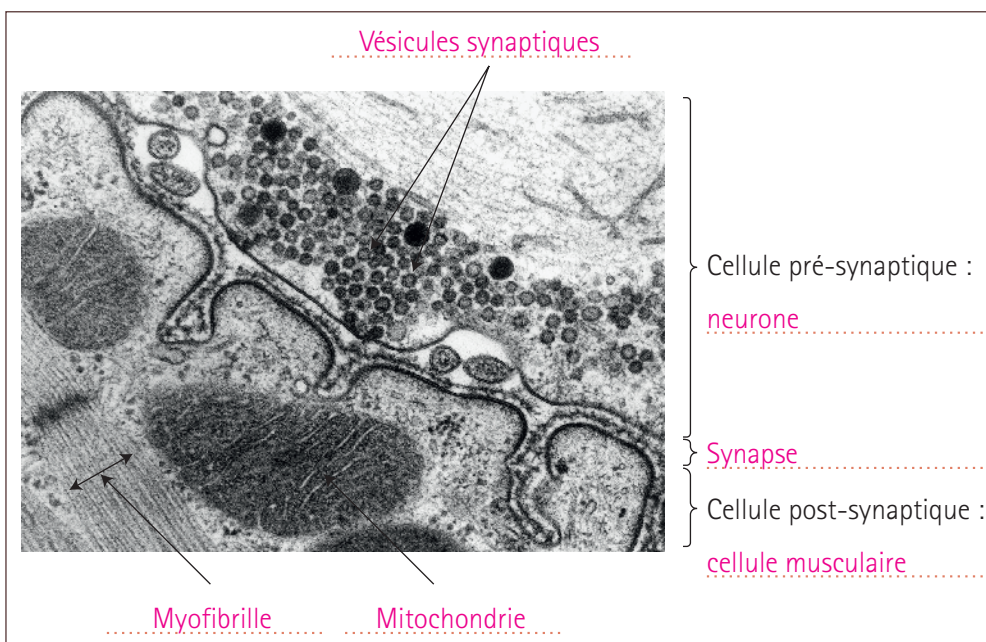


fig. 6 Jonction neuro-musculaire (MET)

À l'aide du doc. 2 et de la fig. 5, légendez la photographie de microscopie électronique de la fig. 6.

Activité 4 Fonctionnement de la plaque motrice

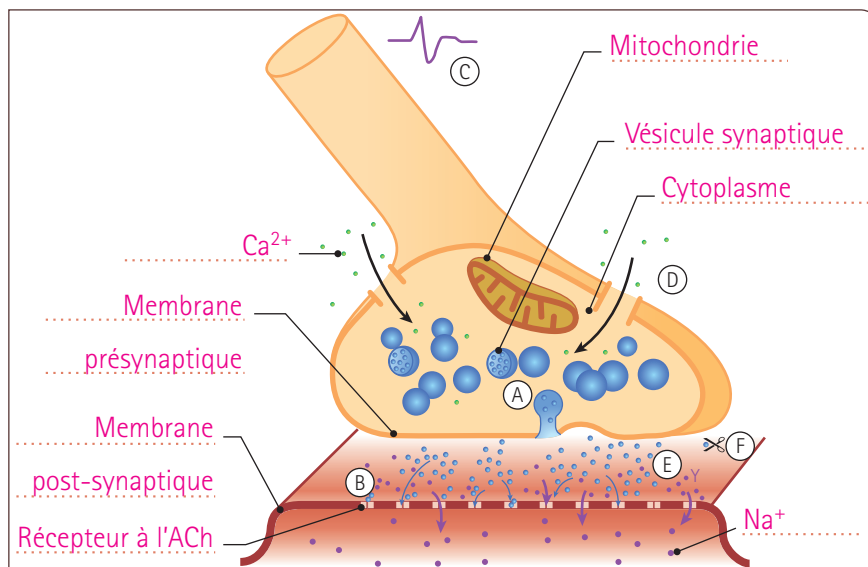


fig. 7 Jonction neuro-musculaire

Doc. 3 Aspects moléculaires de la transmission d'information

Le potentiel d'action arrive au bouton terminal, ce qui provoque l'ouverture de canaux Ca^{2+} voltage-dépendants. L'entrée massive de Ca^{2+} provoque la fusion des vésicules synaptiques avec la membrane pré-synaptique. Cela provoque le déversement de l'ACh dans la fente synaptique. L'ACh se fixe sur les récepteurs de la membrane post-synaptique qui s'ouvrent et laissent entrer des ions Na^+ dans la cellule musculaire. La stimulation se termine par la dégradation de l'ACh dans la fente synaptique par une enzyme.

1 Légender le schéma de la fig. 7.

2 Décrire les événements annotés A à F sur la fig. 7, en les plaçant dans l'ordre chronologique.

C	Arrivée du potentiel d'action
D	Entrée de Ca^{2+} dans le cytoplasme du neurone
A	Déversement (exocytose) d'ACh dans la fente synaptique
B	Fixation de l'ACh sur les récepteurs spécifiques de la membrane post-synaptique
E	Entrée du Na^+ dans le cytoplasme de la cellule musculaire
F	Dégradation de l'ACh

Activité 5 L'acétylcholine

Doc. 4 Définitions des messagers intercellulaires

Hormone : molécule sécrétée par une glande endocrine, véhiculée par le sang et qui agit sur des cellules cibles.

Neurotransmetteur : molécule sécrétée par un neurone dans un espace synaptique et qui agit sur une cellule cible à proximité

Neurohormone : molécule sécrétée par un neurone, véhiculée par le sang et qui agit sur des cellules cibles.

À partir des définitions du doc. 4, indiquer en justifiant la réponse à quel type de molécules appartient l'acétylcholine au niveau de la plaque motrice.

C'est un neurotransmetteur car l'ACh est sécrétée par un neurone dans un espace synaptique et agit sur une cellule musculaire post-synaptique.

Activité 6 Effet de l'acétylcholine sur la membrane post-synaptique



fig. 8 *Torpedo californica*

Doc. 5 La torpille (*Torpedo californica*)

La torpille noire peut peser jusqu'à 90 kg et délivrer des chocs électriques de 230 volts. Elle produit son électricité grâce à des cellules dérivées des myocytes et appelées électroplaques qui peuvent représenter jusqu'à 80 % de la masse du poisson.

Les électroplaques possèdent un grand nombre de canaux ioniques à sodium qui s'ouvrent simultanément en présence d'acétylcholine.

- 1 Donner la conséquence de la fixation de l'acétylcholine sur les canaux sodium post-synaptiques de la torpille.

La fixation de l'acétylcholine sur les canaux sodium post-synaptiques de la torpille a pour conséquence l'ouverture de ces canaux.

- 2 Indiquer la conséquence au niveau du déplacement des ions au niveau des électroplaques.

La conséquence au niveau du déplacement des ions au niveau des électroplaques est l'entrée massive de Na^+ .

- 3 Donner la conséquence électrique au niveau de la membrane post-synaptique.

La conséquence électrique est une dépolarisation de la membrane post-synaptique (car le Na^+ entre).

- 4 Compléter le texte suivant, afin de justifier l'intérêt de la torpille comme modèle d'étude de la plaque motrice.

L'organe électrique de la torpille fonctionne comme la plaque motrice. Dans un premier temps un neurone excité libère de l'acétylcholine à proximité du myocyte chez l'homme, ou de l'électroplaque chez la torpille. Puis, l'acétylcholine se fixe, dans les deux cas, sur des récepteurs spécifiques qui sont des récepteurs canaux. Enfin, ces récepteurs canaux s'ouvrent et laissent entrer dans la cellule cible les ions Na^+ , ce qui provoque une dépolarisation de la membrane. Le fonctionnement chez l'homme et la torpille est basé sur le même principe, mais la membrane de l'électroplaque de la torpille est plus facile à obtenir et plus concentrée en récepteurs à l'ACH, ce qui en fait un objet d'étude pratique.

- 5 Platon compare Socrate dans le *Ménon* à une torpille qui « plonge dans la torpeur aussitôt qu'on s'en approche et qu'on y touche », montrant par là que Socrate permet à son interlocuteur une remise en question de ses idées préconçues. Indiquer le terme aujourd'hui utilisé pour désigner le choc dû à une torpille.

On parle d'électrocution (passage d'ions).

Doc. 6 Les vésicules de membrane post-synaptique de torpille

Il est possible d'isoler des fragments de membrane plasmique de l'organe électrique de la torpille. On les place dans un milieu qui contient du sodium radioactif très concentré. En exerçant une pression importante des vésicules en conservant l'orientation de la membrane plasmique. En effet les fragments de membrane se sont refermés sur eux-mêmes. Ces vésicules closes, concentrées en Na^+ radioactif, peuvent être placées dans différents milieux.

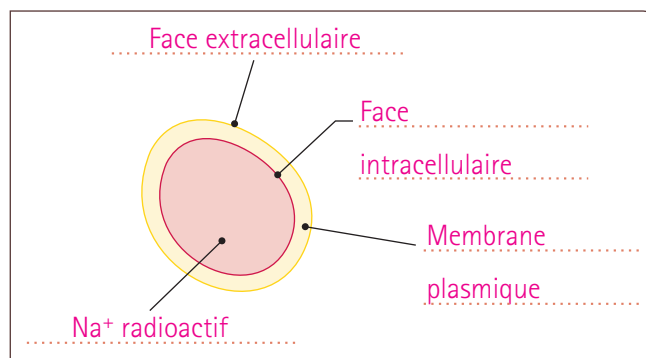


fig. 9 Structure des vésicules closes

6 Compléter la fig. 9 avec : membrane plasmique, face extracellulaire, face intracellulaire, Na^+ radioactif.

7 Lorsque ces vésicules sont placées dans de l'eau pure, indiquer le sens de déplacement du sodium.

Le sodium sort des vésicules (car il va du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré).

8 En déduire l'évolution de la radioactivité dans le milieu extérieur lorsque les canaux sont ouverts.

Lorsque les canaux sont ouverts, la radioactivité augmente.

9 À partir du doc. 7, compléter le tableau suivant.

Composition du milieu extérieur	Radioactivité dans le milieu extérieur
Eau désionisée	-
Acétylcholine	+
Nicotine	+
Curare	-
Curare puis acétylcholine	-

Doc. 7 Effet de différentes substances

Le curare et la nicotine sont deux substances capables de se fixer aux récepteurs de l'acétylcholine.

Le curare est une molécule extraite de certaines lianes d'Amazonie. Il provoque une paralysie des muscles. Cela s'explique car le curare se fixe sur les récepteurs à l'acétylcholine, mais ne permet pas l'ouverture des canaux Na^+ . D'autre part, le curare empêche la fixation de l'acétylcholine.

La nicotine est une molécule qui permet aux plantes de résister aux acariens, aux champignons et aux insectes. Elle est responsable de la dépendance au tabac chez l'homme. Elle se fixe sur les récepteurs à l'acétylcholine et permet l'ouverture des canaux Na^+ .

Doc. 8 Liposome

Un liposome est une structure sphérique artificielle creuse, délimitée par une membrane composée uniquement de lipides (bicouche lipidique).

Il est possible d'incorporer lors de la fabrication des liposomes du sodium radioactif. Dans ce cas, on ne retrouve pas de Na^+ radioactif dans le milieu extérieur, y compris en présence d'acétylcholine.

10 Interpréter l'expérience du doc. 8 et proposer une solution pour obtenir des liposomes permettant la sortie d'ions Na^+ .

Les ions ne traversent pas la bicouche lipidique, ils passent à travers des canaux qu'il faudrait incorporer aux liposomes.

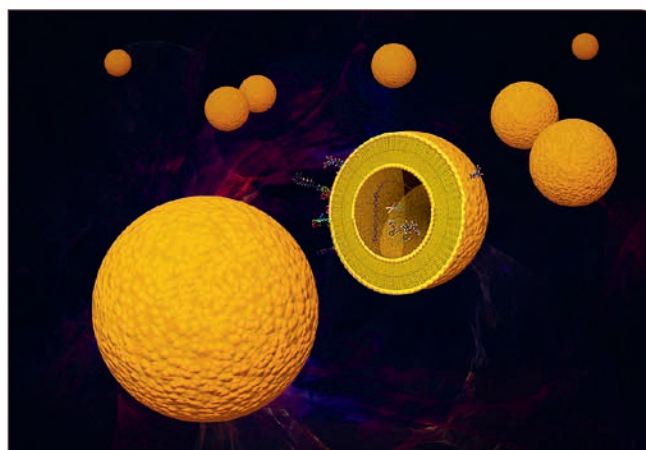
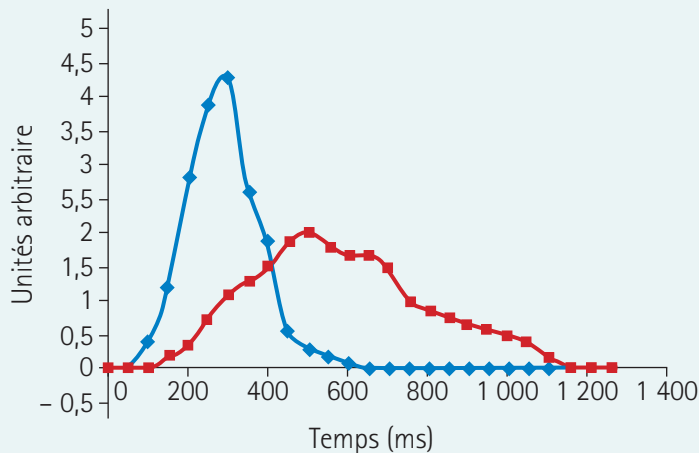


fig. 10 Représentation d'un liposome

Activité 7 Rôle du calcium dans les myocytes

Doc. 9 Analyses sur le muscle excité



Un muscle strié squelettique est excité (suite à la libération d'acétylcholine au niveau des plaques motrices du muscle). La concentration intracellulaire du calcium est mesurée dans le myocyte (courbe bleue). La tension du muscle est aussi mesurée afin d'évaluer sa contraction (courbe rouge).

1 Commenter l'aspect des deux courbes présentées dans le doc. 9.

Dans les deux cas, on observe une augmentation des grandeurs suivies jusqu'à une valeur maximale, puis une diminution. Dans le cas de la tension du muscle, la diminution est plus lente.

2 En comparant les temps correspondant aux valeurs maximales, déterminer la chronologie des événements dans le muscle excité.

Au bout de 300 ms la concentration calcique est maximale, ce qui est le cas après 500 ms pour la tension musculaire. Donc l'augmentation de calcium a lieu avant la contraction.

3 L'augmentation du sodium intracellulaire permet la libération, dans le cytoplasme du myocyte, du calcium stocké dans le réticulum sarcoplasmique. Ce calcium permet à l'actine de se fixer à la myosine et de déclencher la contraction. Décrire la suite d'événements qui ont lieu consécutivement à la fixation de l'ACH sur son récepteur et jusqu'à la contraction musculaire.

- fixation de l'acétylcholine et ouverture des canaux Na^+
- entrée de Na^+ dans le cytoplasme
- libération du Ca^{2+} du réticulum sarcoplasmique
- fixation de l'actine sur la myosine
- contraction des sarcomères

4 L'EDTA est une substance capable de piéger (chélater) les ions Ca^{2+} . Justifier qu'en sa présence la contraction musculaire n'est plus observée.

En chélatant le calcium, on empêche la fixation de l'actine sur la myosine et donc la contraction.

5 À la fin de la contraction musculaire, le calcium est éliminé grâce à l'action de pompes. Indiquer le phénomène classique observé lors d'un effort physique prolongé (lorsque les pompes ne suffisent pas à éliminer le calcium).

Il s'agit des crampes (des pompes $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ fonctionnent moins bien, en partie à la suite de la perte de Na^+ par sudation).

Activité 8 Le Botox : mécanisme d'action

Doc. 10 Description du mécanisme

Dans le neurone présynaptique, le neurotransmetteur (acétylcholine) est présent dans des vésicules. Celles-ci fusionnent avec la membrane plasmique et déversent l'acétylcholine dans la fente synaptique : exocytose. Avant de réaliser l'exocytose, les vésicules doivent obligatoirement s'accrocher à la membrane plasmique grâce

à trois protéines (fig. 11). Ces protéines sont détruites par les toxines botuliques.

Les toxines botuliques sont des molécules produites par une bactérie, *Clostridium botulinum*. On considère qu'à dose égale, elles sont 40 millions de fois plus toxiques que le cyanure.

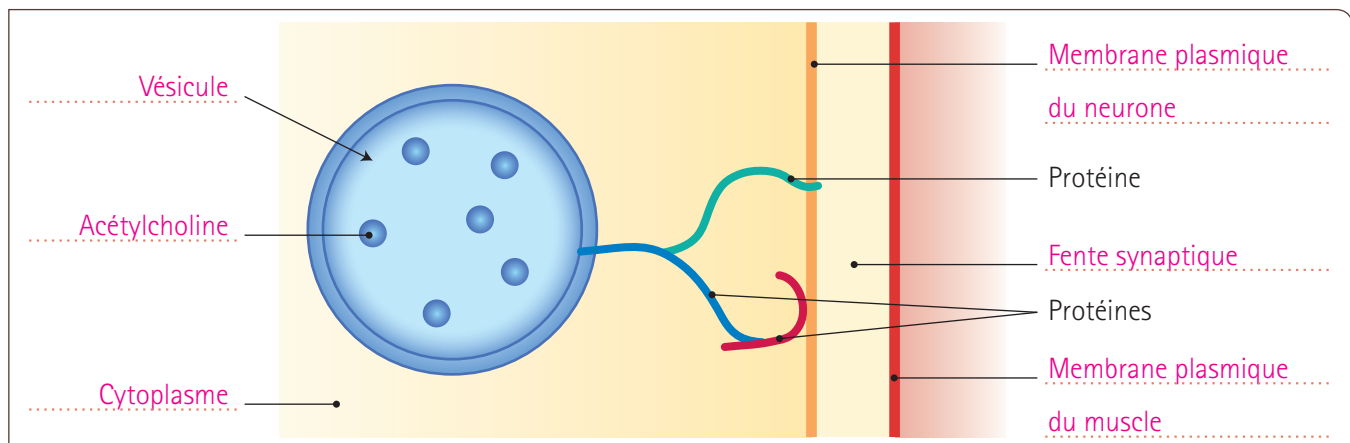


fig. 11 Accrochage d'une vésicule avant exocytose



fig. 12 Film de Ronny Yu, *Freddy contre Jason*, 2003. Les muscles sont apparents suite à des brûlures

4 Expliquer l'action du Botox.

Les toxines du Botox détruisent les protéines qui permettent l'exocytose. L'acétylcholine n'est pas libérée. Les muscles ne sont pas stimulés. Dans cette position relâchée, les rides s'atténuent.

1 Compléter la fig. 11 avec les termes : cytoplasme, fente synaptique, vésicule, acétylcholine, membrane plasmique du neurone et membrane plasmique du muscle.

2 Donner les conséquences de l'action des toxines botuliques sur la libération de l'acétylcholine dans la fente synaptique.

Les toxines détruisent les protéines permettant l'exocytose. L'acétylcholine n'est plus libérée dans la fente.

3 Donner les conséquences de l'action des toxines botuliques sur la contraction musculaire.

En l'absence d'acétylcholine dans la fente synaptique, le muscle ne se contracte pas.

Doc. 11 Impact du Botox sur les rides

Les rides sont formées lorsque les muscles du visage sont contractés. Le Botox contient des toxines botuliques en faible quantité. Il est utilisé en esthétique par injection locale afin d'atténuer temporairement les rides.

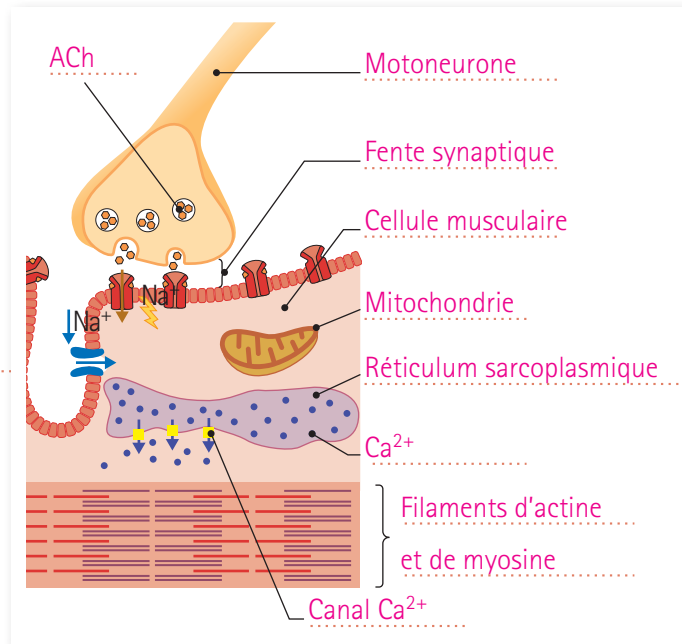
Je construis mon cours

La jonction neuro-musculaire (plaque motrice) est constituée du bouton terminal de l'axone, de l'espace intercellulaire (**fente synaptique**.....) et du myocyte.

L'arrivée du potentiel d'action au niveau du bouton terminal déclenche l'ouverture de **canaux Ca^{2+} voltage-dépendants**.....

L'entrée de calcium permet la libération d'un neurotransmetteur (**acétylcholine**.....) dans la fente synaptique, grâce à **l'exocytose**..... des vésicules synaptiques.

L'acétylcholine se fixe sur des récepteurs canaux Na^+ du sarcolemme de la cellule musculaire. L'entrée de sodium dans le cytoplasme entraîne l'ouverture des canaux Ca^{2+} du réticulum sarcoplasmique. Le Ca^{2+} permet l'association de **l'actine**..... et de **la myosine**..... et provoque la contraction.



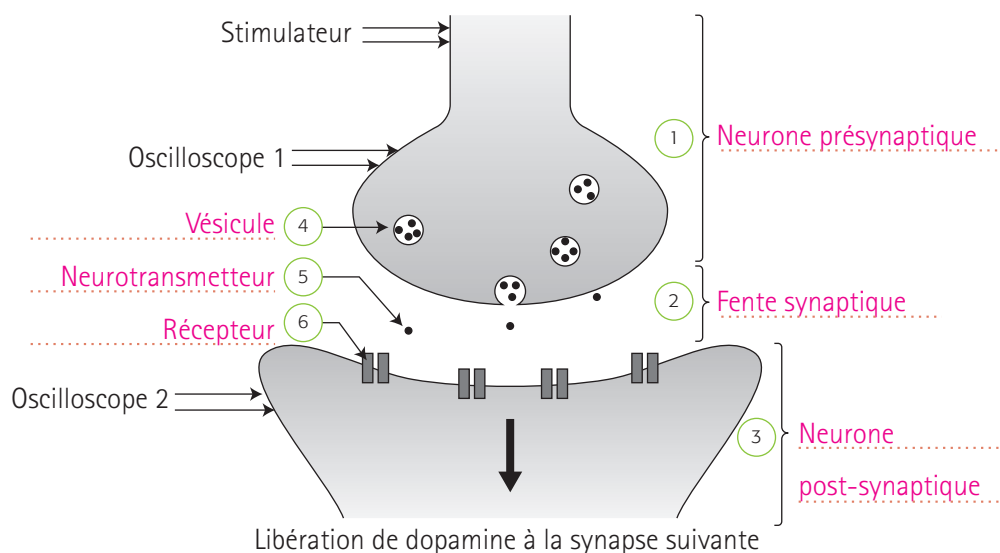
Je sais dire

Terme	Définition
Synapse	Espace entre une cellule nerveuse et une cellule effectrice
Neurotransmetteur	Molécule déversée par un neurone dans la fente synaptique
Acétylcholine	Neurotransmetteur des synapses neuro-musculaires
Exocytose	Fusion d'une vésicule cytoplasmique avec la membrane plasmique et déversement de son contenu dans le milieu extérieur

je sais faire le jour du bac

La nicotine modifie le fonctionnement des synapses entre les neurones dopaminergiques, qui libèrent de la dopamine (circuit neuronal de la récompense et du plaisir).

1 Compléter le schéma représentant une synapse.



Les expériences réalisées et les résultats obtenus sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Protocole expérimental	Enregistrement de l'oscilloscope 1	Enregistrement de l'oscilloscope 2	Libération de dopamine par l'élément 3
A : Aucune stimulation appliquée			Non
B : Stimulation appliquée sur l'élément 1 du doc.			Oui
C : Aucune stimulation appliquée et injection de nicotine dans la zone 2 du doc.			Oui

2 Analyser les expériences du tableau et montrer l'effet de la nicotine sur la transmission synaptique.

Expérience A : le neurone 1 n'est pas stimulé (pas de signal électrique). Le neurone post-synaptique (élément 3) n'est pas stimulé, il ne libère pas de dopamine.

Expérience B : le neurone 1 est stimulé (potentiel d'action détecté). Le neurone post-synaptique est également stimulé et libère de la dopamine.

Expérience C : le neurone 1 n'est pas stimulé. La nicotine ajoutée dans la synapse stimule le neurone post-synaptique qui libère alors de la dopamine.

Conclusion : la nicotine entraîne la libération de dopamine (circuit de la récompense et du plaisir).

13

Un exemple de pathologie musculaire : la myopathie

➔ À partir de documents, relever les signes caractéristiques de la maladie.

Activité 1 Le Téléthon

Doc. 1 Le Téléthon

Le Téléthon est un programme télévisuel qui dure 30 heures et dont le but est de recueillir des fonds pour une œuvre caritative. En France, le premier Téléthon a été organisé en 1987 par l'Association française contre les myopathies (AFM), pour financer des projets de recherche sur les maladies génétiques (en particulier les maladies génétiques neuromusculaires, dont la myopathie).



fig. 1 Téléthon

- 1 Un mot-valise est un mot inventé (néologisme) formé par la fusion d'au moins deux mots existants, de telle sorte qu'un de ces mots au moins y apparaisse tronqué, voire méconnaissable. Une spécificité du Téléthon étant sa durée importante, identifier les deux mots à l'origine de ce mot-valise.

Les deux mots à l'origine de ce mot-valise

sont : « télé » pour télévision et « thon » pour un marathon (mot méconnaissable).

Doc. 2 Notions de génétique

Des caractères (taille, couleur des yeux, groupes sanguins) se transmettent dans la descendance d'un couple grâce à l'ADN. On parle alors de caractères génétiques héréditaires. Parmi ces caractères certains ne sont observés que pour les personnes d'un sexe donné. On parle alors d'hérédité liée au sexe.

- 2 Définir le terme myopathie, grâce aux racines le composant.
Une myopathie est une maladie (pathie) des muscles (myo).
- 3 Compléter la définition donnée ci-dessous d'une maladie génétique neuro-musculaire.
Une maladie génétique neuro-musculaire est une pathologie qui est liée à l'ADN transmis par les parents et qui touche les muscles, les moto neurones et la transmission neuro-musculaire.
- 4 De nombreuses myopathies, dont la plus connue, la myopathie de Duchenne, affectent quasi uniquement les garçons. En tirer une conclusion sur le type d'hérédité correspondante.
Les myopathies citées sont des maladies génétiques liées au sexe.
- 5 Le Téléthon finance des recherches sur les maladies neuro-musculaires et des maladies dites rares. Indiquer pourquoi la plupart de ces dernières sont souvent aussi des maladies orphelines (pour lesquelles il n'existe pas de traitement).
L'investissement consacré à la découverte et à la mise au point d'un traitement dans le cas d'une maladie rare est la plupart du temps insuffisant. Il existe par ailleurs des disparités selon la richesse des populations touchées.

Activité 2 Les manifestations de la myopathie de Duchenne

- 1 Le tonus (musculaire) est l'état permanent de tension qui s'exerce sur les muscles afin de maintenir la posture en permettant notamment de lutter contre la gravité et le maintien de l'équilibre. Expliquer le terme hypotonie.

L'hypotonie est un tonus (tonie) diminué (hypo).

- 2 En quoi les signes décrits dans le doc. 3 sont-ils compatibles avec une myopathie ?

Les muscles servent à maintenir le squelette et permettent le mouvement. Un non-fonctionnement des muscles (myopathie) se traduit par des troubles à ces deux niveaux.

Doc. 3 Évolution de la maladie

À partir de 3 ans l'enfant présente une hypotonie, c'est-à-dire une incapacité à se relever sans prendre appui sur les genoux. L'utilisation permanente d'un fauteuil roulant est généralement observée vers 12 ans. L'usage des membres supérieurs disparaît progressivement et les muscles respiratoires et cardiaques sont également touchés. L'espérance de vie est d'environ 30 ans.

Activité 3 Techniques diagnostiques de la maladie

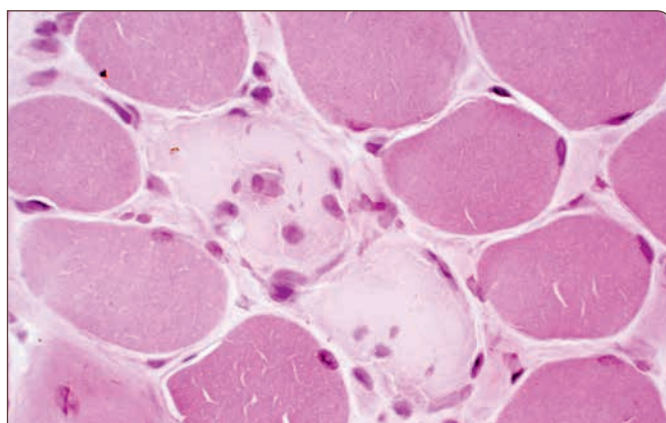
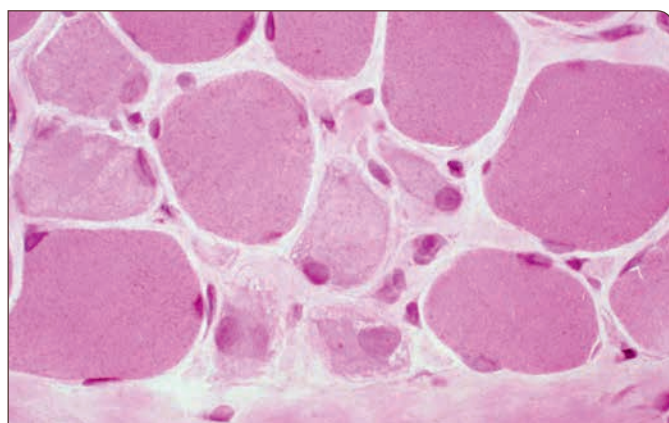


fig. 2 Coupes transversales de tissu musculaire strié d'un individu sain (gauche) et d'un individu atteint de myopathie (droite)

- 1 Comparer l'état des cellules (fibres musculaires) dans les deux cas présentés.

Chez l'individu sain, les fibres remplissent l'espace harmonieusement, tandis que chez l'individu malade on observe des zones avec des cellules abîmées.

Doc. 4 La biopsie : examen de tissu

Une biopsie consiste en un prélèvement de tissu. Dans le cas présent, il s'agit d'un fragment de muscle. Ce fragment est coupé finement, coloré puis observé au microscope optique.

- 2 Une autre technique diagnostique consiste à doser dans le sang une protéine (la créatine-phosphokinase). Elle est présente en grande quantité dans les myocytes. Chez un patient atteint de myopathie, sa concentration sanguine est importante. Faire le lien avec la question précédente.

Les myocytes abîmés libèrent cette protéine dans le sang.

- 3 À l'aide du doc. 2, justifier l'étude de l'ADN du patient comme test de référence pour détecter la myopathie de Duchenne.

C'est une maladie génétique donc liée à l'ADN.

Activité 4 Aspect moléculaire de la myopathie de Duchenne

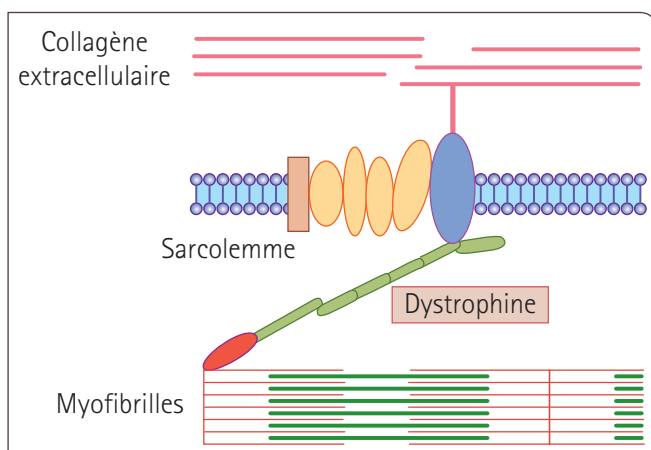


fig. 3 Myocytes sains

Doc. 5 Rôle de la dystrophine

Les études génétiques ont montré que les patients atteints de la myopathie de Duchenne ne peuvent pas fabriquer une protéine appelée la dystrophine. Le schéma de la fig. 3 montre l'intérieur d'une cellule musculaire séparés par la membrane plasmique (sarcolemme). On peut observer dans le milieu extérieur le collagène qui est une protéine importante du tissu musculaire. Dans le cytoplasme (sarcoplasme) on peut observer les fibres d'actine et de myosine qui forment les myofibrilles.

1 Indiquer les éléments mis en relation par la dystrophine.

La dystrophine relie l'actine des myofibrilles au collagène extracellulaire.

2 Indiquer ce que devient l'organisation décrite ci-dessus chez un patient atteint de myopathie.

Chez un patient atteint de myopathie, il y a perte de la relation entre les myofibrilles et le collagène extracellulaire.

3 Les myocytes des personnes atteintes de myopathie sont plus fragiles. Proposer une explication.

En absence de lien, l'ensemble présente moins de cohésion (mécanisme encore inconnu).

4 La myopathie de Duchenne, ou dystrophie musculaire de Duchenne (DMD), est une dystrophinopathie. Justifier cette appellation au regard de cette activité.

L'absence de dystrophine est appelée dystrophie.

Activité 5 Mise au point de traitements de la myopathie de Duchenne

Doc. 6 Le test 6MWT

Le test 6MWT (6 minutes walk test) est appelé en France le « test 6 minutes de marche ». Ce test est utilisé dans des situations diverses (évaluation de problèmes respiratoires, cardiaques, musculaires). Il consiste à mesurer la distance la plus grande possible que peut parcourir un sujet sur une surface plane et en 6 minutes.

1 Indiquer en quoi les résultats de ce test 6MWT sont utilisables dans le suivi de la myopathie de Duchenne.

La myopathie se traduit par un affaiblissement des muscles et notamment ceux des membres inférieurs. Une diminution de la distance parcourue au 6MWT est un marqueur de l'évolution de la maladie.

- 2 Le test 6MWT peut être réalisé à plusieurs reprises sur une même personne pendant une période donnée. Dégager l'intérêt de la réalisation de ces tests dans l'évaluation de l'efficacité d'un médicament testé.

Pour tester l'efficacité d'un médicament, on peut comparer l'évolution des résultats du test chez un enfant prenant le médicament et chez un enfant n'en prenant pas (les deux enfants étant atteints de myopathie).

Deux enfants de 7 ans subissent toutes les 6 semaines le test 6MWT. Seul un des enfants est atteint de myopathie. Chaque courbe correspond aux résultats d'un enfant.

- 3 Commenter l'allure des deux courbes et identifier la courbe correspondant à l'enfant atteint de myopathie.

La distance parcourue par l'enfant de la courbe bleue varie peu lors des 48 semaines. La distance de l'enfant de la courbe violette est initialement inférieure et diminue d'une centaine de mètres en 48 semaines : cette courbe correspond à l'enfant atteint de myopathie.

- 4 Ce test est utilisé dans l'évaluation de l'efficacité de nouveaux médicaments. Représenter sur le graphique de la fig. 4 l'allure de la courbe théorique d'un enfant atteint de myopathie et traité par un médicament qui serait efficace.

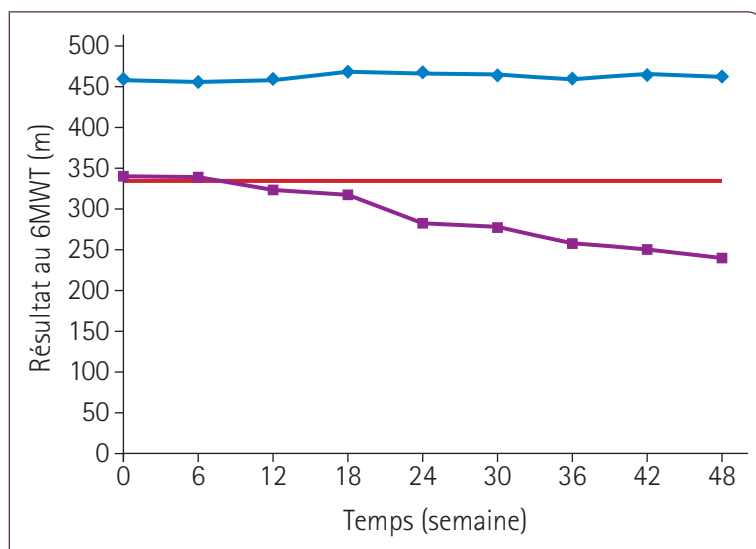


fig. 4 Résultats des tests 6MWT pour deux enfants de 7 ans

Doc. 7 Traitements, dépistage

Certains médicaments à l'essai ciblent le gène défectueux responsable de la maladie. L'objectif est alors de rétablir le fonctionnement normal du gène (thérapie génique).

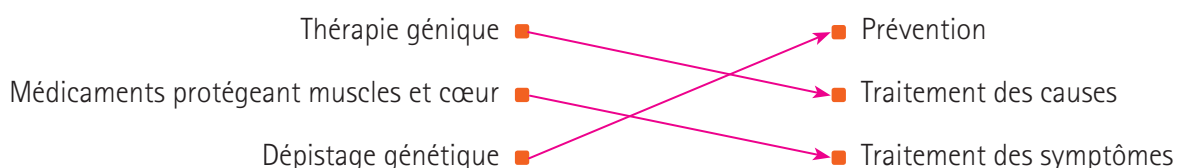
D'autres médicaments ont pour objectif de protéger les muscles et le cœur, qui sont des organes touchés dans les myopathies en conséquence du mauvais fonctionnement du gène.

Les techniques de dépistage génétique de la myopathie de Duchenne consistent à vérifier l'état du gène incriminé. Ce test peut être réalisé sur le fœtus mâle pendant la grossesse (quelques cellules suffisent).

- 5 Lorsqu'un médicament est testé, certains patients reçoivent à la place une molécule qui n'a pas d'effet (appelée placebo). Justifier l'intérêt d'une telle démarche.

Cela permet d'éviter les effets psychologiques non dus aux médicaments.

- 6 Faire correspondre les différents éléments ci-dessous :



- 7 Indiquer pourquoi le test de dépistage génétique n'est réalisé que sur les fœtus mâles.

En général, cette maladie ne touche que les garçons.

Je construis mon cours

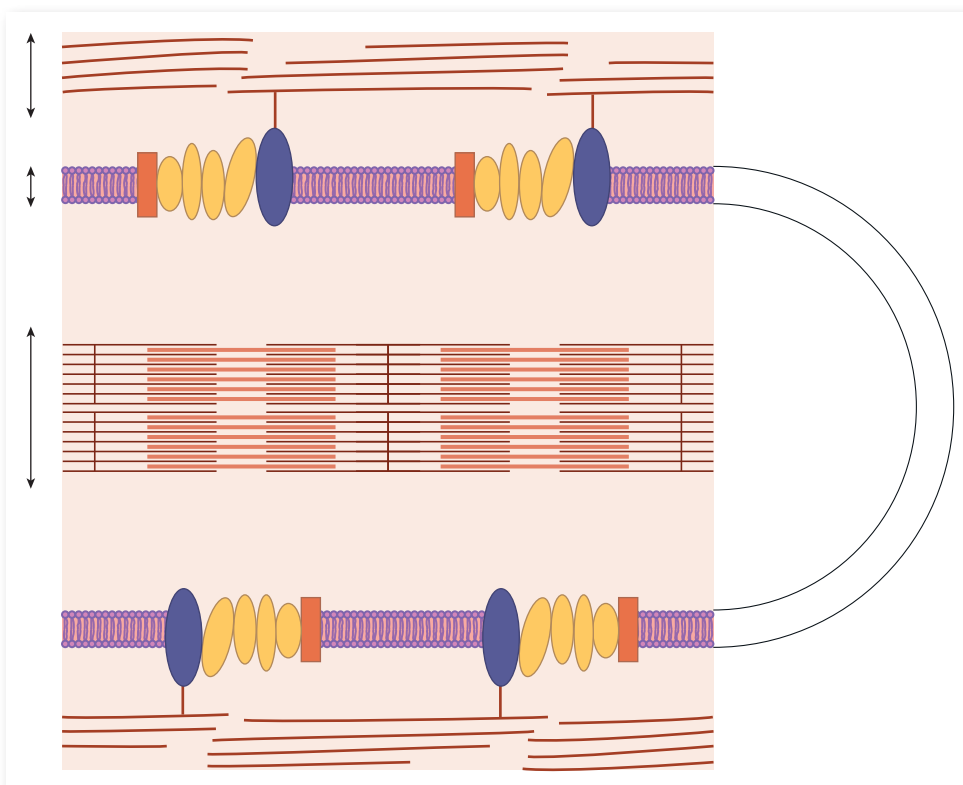
Les myopathies sont des maladies touchant le système musculaire. Elles ont des origines et des conséquences diverses. Parmi ces maladies, la plus connue est la myopathie de Duchenne, aussi appelée **dystrophie musculaire de Duchenne** (DMD). Cette maladie a une origine génétique liée au sexe : les garçons sont les plus touchés.

Les muscles des patients DMD ne contiennent plus de **dystrophine**. Cette protéine relie **l'actine des myofilaments** intracellulaires au **collagène** extracellulaire. Son absence **fragilise** les muscles. L'affaiblissement progressif des muscles nécessite l'utilisation d'un fauteuil roulant. L'espérance de vie est aux alentours de 30 ans.

Le principal test diagnostique est un test **génétique**.

À l'heure actuelle, seuls des traitements symptomatiques (qui améliorent la qualité des malades sans les guérir) existent.

Organisation
de la dystrophine
dans le muscle normal



Je sais dire

Terme	Définition
Myopathie	Maladie du système musculaire
Hypotonie	Faiblesse musculaire
Myocyte	Cellule musculaire

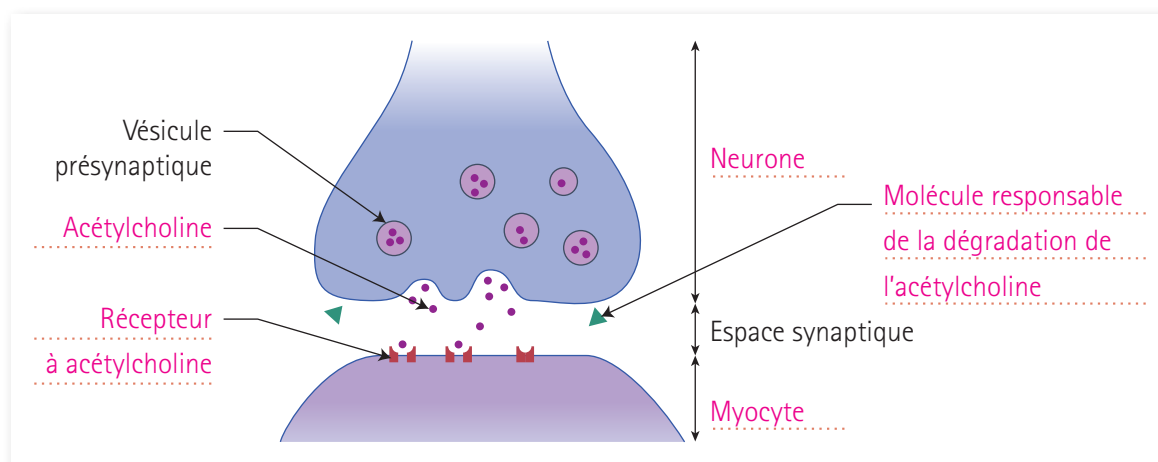
je sais faire le jour du bac

Diverses pathologies musculaires d'origine génétique existent. Un certain nombre sont regroupées sous le nom de syndromes myasthéniques congénitaux (SMC).

Parmi ceux-ci, on distingue trois types de maladies, en fonction de la localisation de la protéine absente (tableau).

Type de maladie	Localisation de la protéine absente
SMC présynaptique	Neurone
SMC synaptique	Espace intersynaptique
SMC postsynaptique	Myocyte

- 1 Compléter le schéma de la jonction neuro-musculaire avec les termes neurone, myocyte, récepteur à acétylcholine, acétylcholine et molécule responsable de la dégradation de l'acétylcholine.



- 2 À partir du schéma, donner les conséquences d'une stimulation du motoneurone sur le muscle dans les cas suivants. Préciser à chaque fois le type de SMC.

a) Le récepteur à l'acétylcholine est absent.

L'acétylcholine ne peut pas se fixer sur le récepteur : le muscle ne se contracte pas. Le récepteur est une protéine du muscle : SMC postsynaptique.

b) La molécule responsable de la dégradation de l'acétylcholine est absente.

L'acétylcholine reste fixée sur le muscle. Le muscle reste contracté. La molécule (acétylcholine estérase) est une protéine située dans la fente synaptique : SMC synaptique.

c) La protéine qui permet la synthèse d'acétylcholine est absente.

L'acétylcholine est absente. Il n'y a pas de contraction. L'acétylcholine est fabriquée dans le motoneurone : SMC présynaptique.

- 3 Un autre type de pathologie musculaire d'origine génétique est connu sous le nom de myopathie de Duchenne. Nommer la protéine absente et la cellule qui la contient normalement. Donner les noms des deux molécules liées par cette protéine.

La dystrophine se trouve dans les myocytes. Elle lie le collagène aux myofibrilles.

14

La maladie d'Alzheimer

➔ À partir de documents identifier les signes caractéristiques de la maladie.

Activité 1 L'imagerie médicale dans le diagnostic de la maladie d'Alzheimer

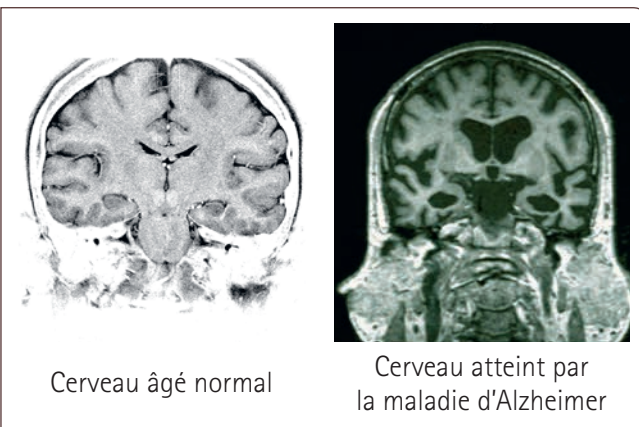


fig. 1 Scanographie cérébrale

1 À partir des fig. 1 et 2, nommer les régions touchées et indiquer la nature de la lésion qui touche le cerveau.

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurodégénérative, car dans le cerveau des régions se détruisent. Les régions touchées sont le cortex et l'hippocampe : il y a une atrophie. Une dilatation ventriculaire est aussi observée.

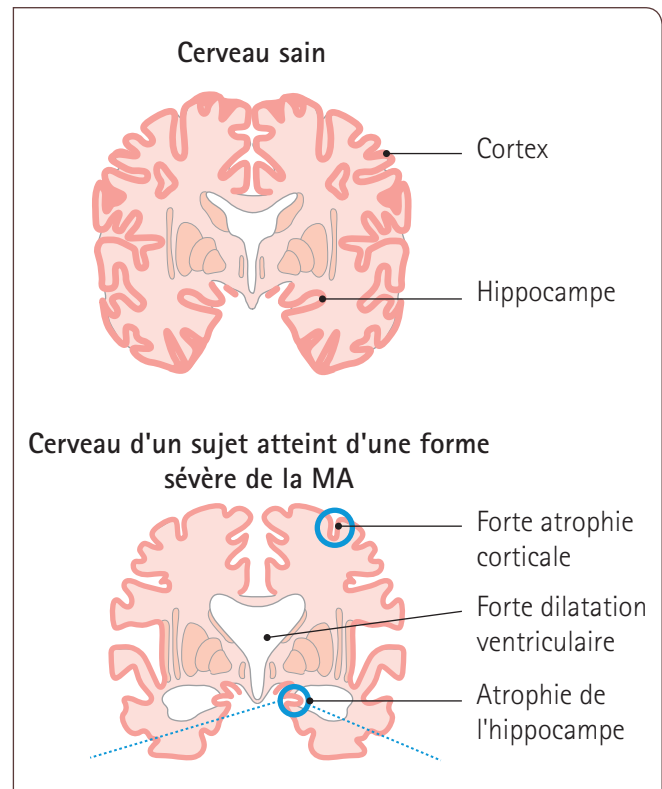


fig. 2 Lésions anatomiques

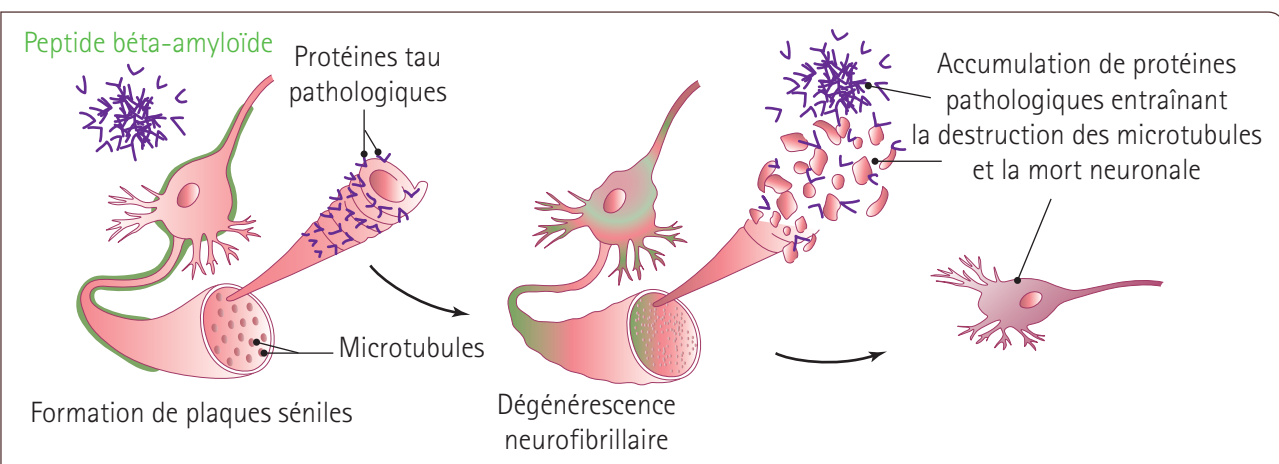


fig. 3 Lésions histologiques

2 À partir de la fig. 3, préciser l'origine des lésions observées en imagerie médicale.

Il y a accumulation, dans le cerveau, de protéines tau anormales intracellulaires provoquant une dégénérescence neurofibrillaire et de peptides bêta amyloïdes formant des plaques séniles. Ces deux phénomènes aboutissent à la destruction des neurones.

Activité 2 Les autres examens diagnostiques

Doc. 1 Alzheimer : vers un diagnostic biologique de la maladie

Des examens sophistiqués peuvent détecter plus précocement la maladie

Une équipe de chercheurs français vient de montrer qu'il était possible de diagnostiquer avec certitude la maladie d'Alzheimer, grâce à des signes biologiques et d'imagerie, et plus uniquement sur des symptômes cliniques. Aujourd'hui, les médecins, face à un patient souffrant notamment de troubles de la mémoire, établissent un diagnostic après avoir éliminé toutes les autres maladies possibles. Ils procèdent à un interrogatoire, à des batteries de tests neurologiques, évaluent la coordination, les mouvements des yeux, la parole et les réflexes... Faute de diagnostic formel, ce n'est qu'une fois ces examens terminés que les professionnels concluent à une « maladie d'Alzheimer probable ».

Des biomarqueurs facilement identifiables

Dans un article publié lundi en ligne dans la revue *The Lancet Neurobiology*, le Pr Dubois, qui dirige à l'hôpital parisien de la Pitié-Salpêtrière l'Institut de la mémoire, vient de redéfinir cette maladie comme un syndrome clinico-biologique, ce qui permettrait de poser un diagnostic beaucoup plus précoce. « Il n'est plus nécessaire d'attendre l'examen post-mortem pour confirmer la maladie, le diagnostic peut désormais être posé grâce aux biomarqueurs identifiables facilement chez les patients vivants, même à un stade très précoce de la maladie », a estimé le Pr Dubois. Les auteurs de l'article estiment qu'il n'est plus nécessaire d'attendre que la démence soit avérée pour poser un diagnostic de certitude.

La signature biologique inclut plusieurs marqueurs comme la mise en évidence par IRM d'une modification structurale d'une région du cerveau associée à la maladie, la mise en évidence d'une anomalie dans le liquide céphalo-rachidien obtenu par ponction lombaire et, enfin, la découverte par imagerie fonctionnelle d'un métabolisme réduit dans certaines zones du cerveau. Cette avancée va, selon le Pr Dubois, « permettre de proposer des critères d'inclusion de patients pour des essais de nouveaux médicaments ». Il n'est pas question de proposer cette batterie très lourde d'examens à tous les patients présentant des symptômes évocateurs. Et ce, d'autant moins qu'aucun médicament n'est capable à l'heure actuelle de faire régresser la maladie.

1 Relever les examens diagnostiques réalisés par les médecins.

Les médecins pratiquent un examen clinique : interrogation du patient, différents tests neurologiques, des examens biologiques : dosage de marqueurs dans le LCR, des examens d'imagerie : IRM et scanographie.

2 Indiquer les paramètres évalués à l'occasion des divers examens.

L'interrogation permet de connaître l'âge, l'anamnèse, les motifs de la consultation, de connaître les antécédents familiaux et personnels du patient, le contexte familial, le mode de vie, la profession. Les tests neurologiques permettent d'apprécier les capacités cognitives et motrices du patient. Les examens biologiques et d'imagerie permettent de visualiser et confirmer des atteintes cérébrales.

3 Indiquer l'intérêt du diagnostic biologique de cette maladie.

D'abord asymptomatiques, les personnes atteintes d'Alzheimer souffrent de démence dans la phase ultime de la maladie. Le diagnostic biologique permet de ne plus attendre ce stade de démence pour prendre en charge les personnes à risque, bien qu'il n'existe à ce jour aucun traitement de la maladie.

Activité 3 Les signes caractéristiques de la maladie

Les lésions observées et dont l'origine précise est encore mal connue entraînent des altérations des fonctions cognitives (capacités liées à la mémoire, au langage, aux mouvements, au raisonnement), qui se traduisent par des symptômes dont l'intensité et la vitesse d'évolution sont difficiles à prévoir. À partir du cas clinique, relever les manifestations de la maladie chez Mme R.

Le diagnostic de la maladie est posé par l'observation de différents signes chez le patient qui se traduisent par des troubles de la mémoire, du comportement, de la concentration, de la parole, de la coordination des mouvements et de la perception de l'espace et du temps et un état dépressif.

Doc. 2 Cas clinique

Alertés par des pertes de mémoire apparues il y a 10 ans, les proches de Mme R l'avaient poussée à consulter. Des tests avaient été réalisés et avaient révélé que Mme R avait du mal à se concentrer et à résoudre des exercices, à comprendre certains mots et à coordonner certains mouvements.

Aujourd'hui, Mme R est âgée de 80 ans, veuve, elle a des relations compliquées avec ses enfants dont les visages et les noms ne lui sont plus familiers. Elle est prise en charge dans un centre psychogériatrique car elle n'a plus les capacités à se prendre en charge au quotidien, devenant incapable d'exécuter des gestes simples ou de s'orienter dans sa chambre. En présence des autres malades, elle a du mal à maîtriser ses émotions et est souvent d'humeur changeante.

Depuis quelques mois, elle participe peu aux activités proposées par les soignants car elle ne peut soutenir un effort de concentration au-delà de quelques minutes et préfère rester assise et isolée. Les médecins ont diagnostiqué un état dépressif.

Activité 4 Les mots du cerveau

- 1 À partir des affirmations, déduire le sens des racines en complétant le tableau :
 - a) Certaines interventions chirurgicales imposent une anesthésie, le patient n'a alors plus de sensibilité.
 - b) Un enfant dyspraxique a des difficultés pour réaliser ses mouvements lorsqu'il veut les faire volontairement.
 - c) Un enfant sur dix est atteint de dyslexie, plutôt les garçons. Ils ont du mal à apprendre à lire et à écrire.
 - d) L'aire de Broca désigne une zone du cerveau impliquée dans le langage. Une lésion à son niveau et c'est la dysphasie assurée.
 - e) Toute personne atteinte d'anorexie finit par souffrir d'amyotrophie.

Racines	Relatives à
mnésie	La mémoire
a/an	Une absence
phasie	La parole/le langage
trophie	La nutrition
praxie	Les mouvements coordonnés
lexie	La lecture et l'écriture
dys	La difficulté

- 2 Associer à la liste de vocabulaire suivante, la définition qui correspond :
amnésie, apathie, aphasie, alexie, apraxie, atrophie, processus neurodégénératif, démence.

Perte de la capacité à lire : alexie

Perte de la capacité à parler : aphasie

Diminution du volume d'un organe : atrophie

Maladie se caractérisant par la destruction progressive et irréversible d'une ou plusieurs structures : processus dégénératif

Perte de la mémoire : amnésie

État se traduisant par un manque d'énergie et une passivité : apathie

Perte de la capacité à réaliser des mouvements coordonnés : apraxie

Perte des capacités cognitives : démence

Activité 5 Le point sur la maladie d'Alzheimer

À l'aide du **doc. 3** et des activités précédentes, indiquer si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses. Justifier.



Comprendre la maladie d'Alzheimer en 6 minutes

<http://www.youtube.com/watch?v=HyP82JP-z9w>

a) Alzheimer est une maladie liée au vieillissement.

Vrai, c'est une maladie qui touche davantage de personnes de plus de 85 ans et beaucoup plus rarement des personnes entre 40 et 50 ans.

b) Les femmes sont plus touchées par la maladie que les hommes.

Vrai, car elles vivent plus longtemps. Le diabète, qui touche plus les femmes, et les traitements de la ménopause seraient responsables d'une aggravation des altérations.

c) C'est une maladie dégénérative car la gaine de myéline est détruite

Faux, les neurones au niveau du cerveau sont détruits.

d) L'apparition et l'accumulation de plaques séniles caractérisent la maladie d'Alzheimer.

Vrai, avec l'accumulation de protéines tau anormales intracellulaires. Dans les deux cas, ces accumulations sont toxiques pour les neurones.

e) Les plaques séniles résultent de l'accumulation anormale de protéine tau.

Faux, ce sont les polymères bêta-amyloïdes qui s'accumulent anormalement à certains endroits du cerveau.

f) Les personnes Alzheimer souffrent d'une atteinte du cortex.

Vrai, il y a une atrophie.

g) Les protéines tau sont des protéines qui n'apparaissent qu'à l'occasion de la maladie d'Alzheimer.

Faux, ces protéines intracellulaires consolident les neurofilaments, éléments du cytosquelette.

h) Il n'y a aucun moyen d'évaluer le stade de la maladie.

Faux, il existe divers tests permettant d'apprécier les capacités cognitives (mémoire, raisonnement, etc.) d'un patient.

i) Les symptômes sont réversibles sous l'effet d'un traitement.

Faux, aujourd'hui on ne peut que tenter de ralentir l'évolution des symptômes.

j) La scanographie et l'IRM sont utilisés pour diagnostiquer la maladie.

Vrai, elles permettent d'apprécier les lésions cérébrales.

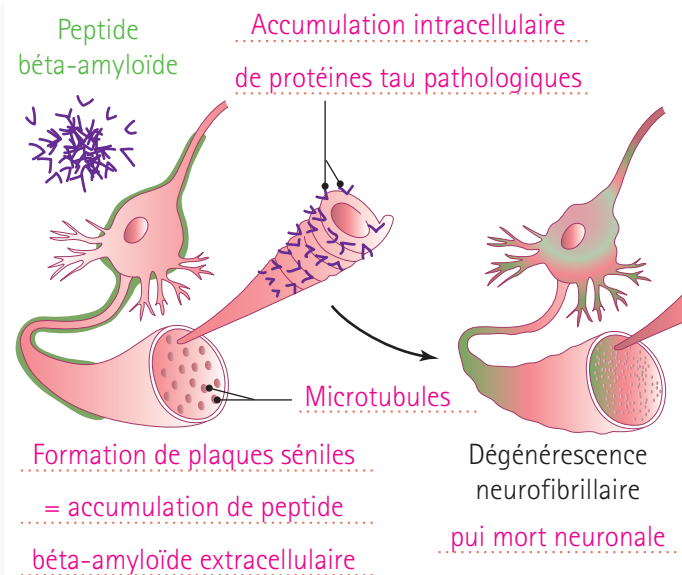
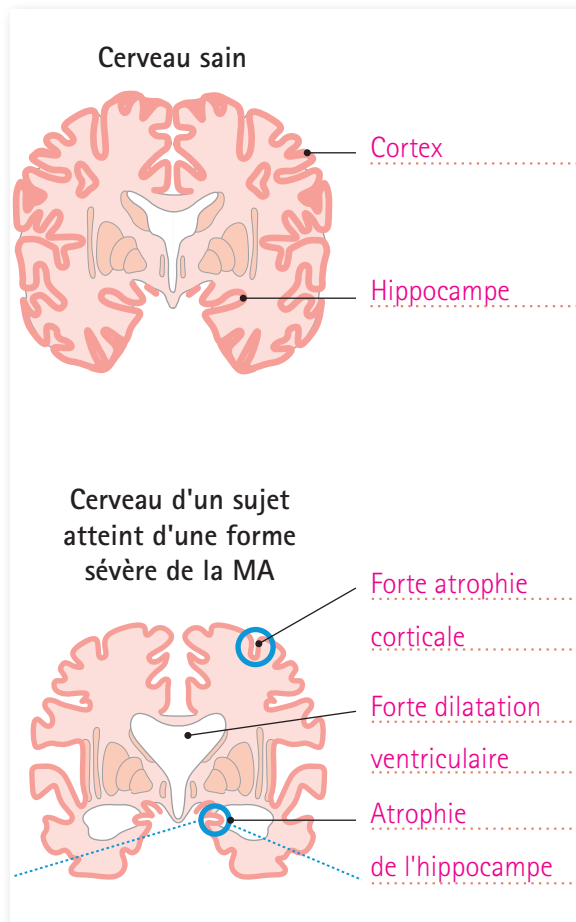
k) Alzheimer se traduit par des troubles de la vision et de l'audition.

Vrai, selon les régions du cerveau touchées, un patient peut avoir des hallucinations.

l) Les signes d'appel de la maladie sont des troubles cognitifs et du comportement.

Vrai, les troubles du langage et les pertes de mémoire sont les premiers signes d'alerte.

Je construis mon cours



Les manifestations biologiques de la maladie

L'hippocampe est une partie du cerveau qui joue un rôle primordial dans le processus de mémorisation.

Le cortex cérébral est la couche externe des deux hémisphères du cerveau. Il est constitué de corps cellulaires de neurones et d'autres cellules et joue un rôle dans le traitement des informations nerveuses.

Le diagnostic

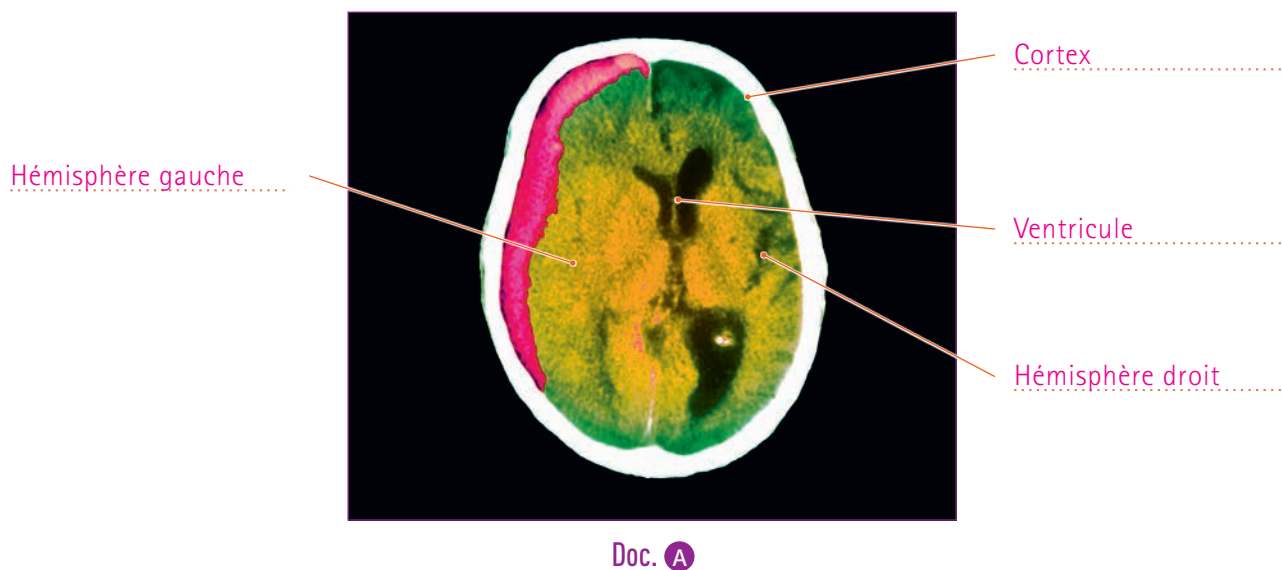
L'imagerie médicale dans le diagnostic de la maladie permet de visualiser les atteintes cérébrales : **scanographie, IRM, rachicentèse avec recherche de marqueurs dans les formes graves, tests psychométriques.**

Je sais dire

Terme	Définition
Aphasie	Perte de la capacité à s'exprimer
Atrophie	Diminution du volume d'un organe
Processus dégénératif	Maladie se caractérisant par la destruction progressive et irréversible d'une ou plusieurs structures
Amnésie	Perte de la mémoire

je sais faire le jour du bac

M. D est passionné de musique, il continue à pratiquer quotidiennement son art : le clavecin. Il aime toujours autant jouer quelques morceaux à ses amis et membres de sa famille, à l'occasion de divers événements festifs. Ces derniers mois, M. D note qu'il a de plus en plus de difficultés à retrouver les notes de partitions qu'il connaissait jusque-là par cœur, ce qui le met dans une colère noire. En raison de son âge (85 ans) et inquiétée par ces troubles soudains et à répétition de la mémoire, la sœur de M. D a préféré l'amener réaliser le MMSE (*Mini Mental State Examinations*), un test permettant d'évaluer sa mémoire et ses facultés psychiques. En raison des résultats à ce test révélant une forme modérée de la maladie d'Alzheimer, un examen d'imagerie médicale lui a alors été prescrit afin de compléter le diagnostic. Le résultat figurant sur le **doc. A** est sans appel et confirme l'apparition de la maladie chez M. D.



- 1 Nommer et légender l'organe observable sur le cliché.

Il s'agit d'une scanographie du cerveau.

- 2 Nommer le type de coupe observable sur le cliché

Il s'agit d'une coupe transversale du cerveau.

- 3 Citer les lésions visibles sur le cliché d'imagerie et expliquer leur origine à l'échelle moléculaire et cellulaire.

On observe une atrophie du cortex et une dilatation des ventricules. À l'échelle moléculaire, cela résulte de l'accumulation de plaques amyloïdes et de protéines tau. À l'échelle cellulaire, il y a une destruction des neurones.

- 4 Indiquer l'évolution possible des symptômes chez M. D. Les termes médicaux sont attendus.

M. D souffre déjà d'amnésie. Les autres signes pouvant apparaître sont une alexie, une apraxie, une aphasie, une apathie, des troubles du comportement et de l'humeur.

- 5 Donner le principe de la scanographie.

Procédé radiologique de reconstruction informatique de l'image d'une coupe du corps obtenue par la rotation autour du patient d'un anneau émetteur/récepteur de rayons X.

15

Aliments, nutriments, molécules

- ➔ Différencier aliments et nutriments.
- ➔ Indiquer l'importance et la répartition de l'eau dans l'organisme.
- ➔ Nommer les quatre familles de biomolécules : protides, lipides, glucides et acides nucléiques.
- ➔ Définir les termes polymère et monomère à partir d'exemples de polymères glucidiques et protidiques.
- ➔ Définir le terme dimère à partir d'exemples glucidiques.
- ➔ Présenter l'hydrophobicité des lipides et schématiser un triglycéride.
- ➔ Définir vitamines.
- ➔ Définir et comparer oligoéléments et macroéléments.

Activité 1 Classification des aliments

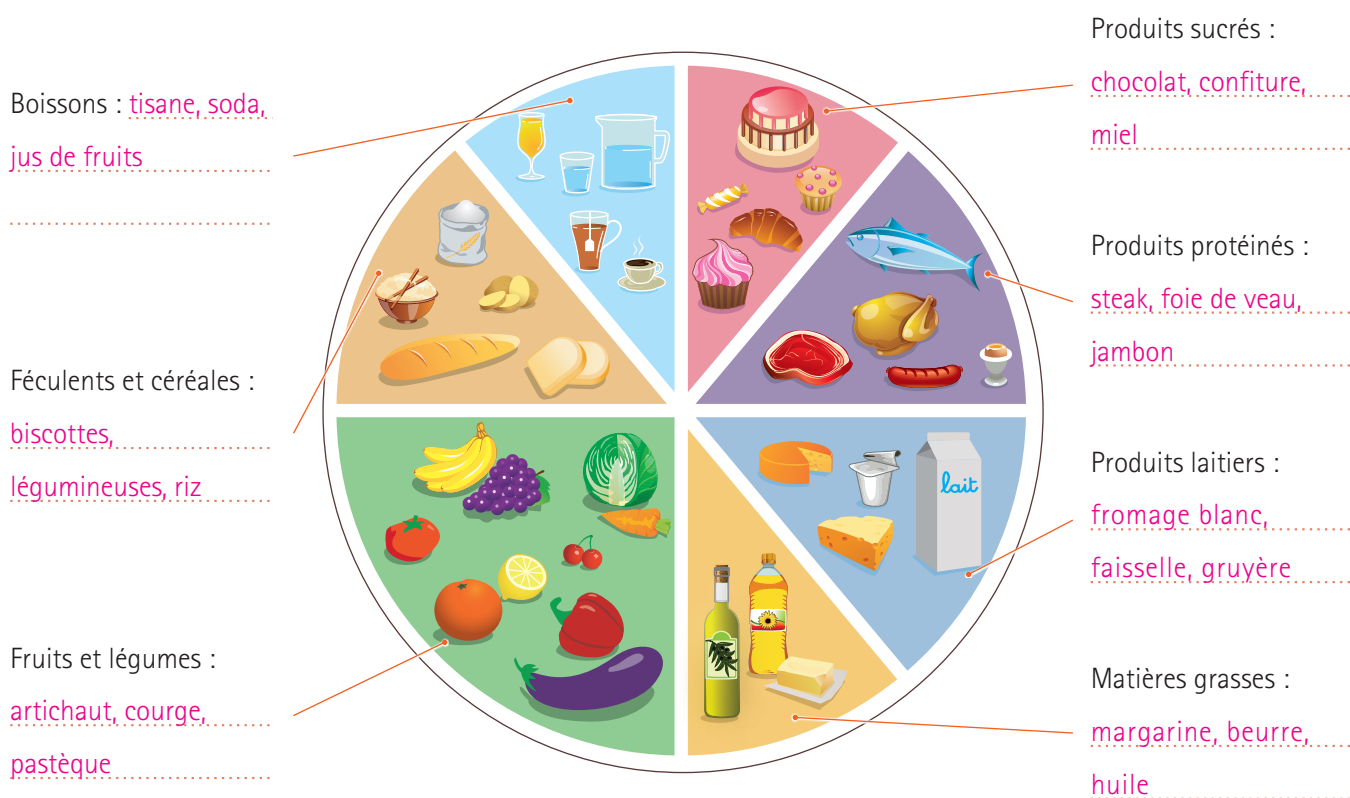


fig. 1 Représentation des sept groupes d'aliments classés en fonction de leur composition chimique

1 Une alimentation saine et équilibrée est un facteur de santé essentiel. Les aliments sont classés en sept groupes en fonction de leur composition chimique. Sur la fig. 1, identifier les sept grandes catégories d'aliments et illustrer chacun d'eux par trois exemples autres que ceux représentés.

2 Citer le critère probablement utilisé pour réaliser le classement des aliments.

C'est probablement la composition chimique des aliments qui détermine leur classement (produits protéinés, sucrés, matières grasses...).

Activité 2 Composition qualitative des aliments

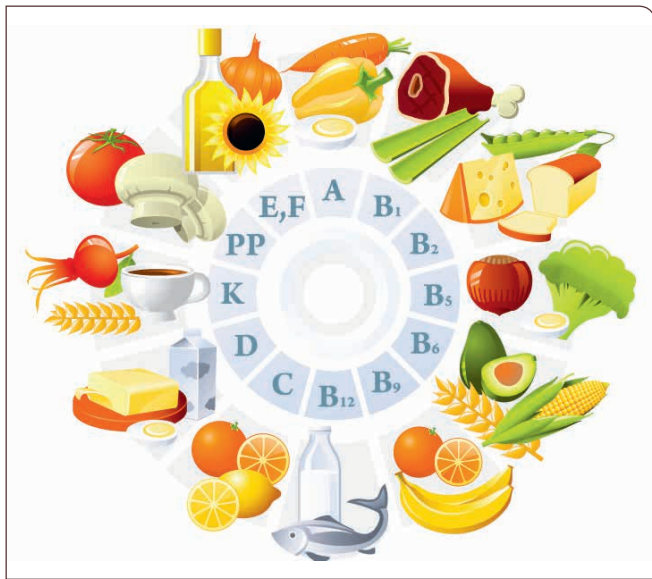


fig. 2 Origine des vitamines

Doc. 1 Composition d'un aliment

Les aliments sont constitués d'eau, de biomolécules (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), de minéraux et de vitamines, tous indispensables au bon fonctionnement des cellules.

Les minéraux sont des substances inorganiques (c'est-à-dire sans atome de carbone) présentes en faible quantité dans les aliments. Ils doivent faire partie des apports nutritionnels journaliers car l'organisme ne peut pas les fabriquer. Ils sont classés en deux catégories en fonction de leur quantité dans l'organisme. Par ordre décroissant de quantité, on distingue :

- les macroéléments : calcium (Ca), magnésium (Mg), chlore (Cl), potassium (K), sodium (Na), phosphore (P)
- les oligoéléments : fer (Fe), iode (I), cuivre (Cu), zinc (Zn), chrome (Cr), sélénium (Se), cobalt (Co), manganèse (Mn).

Les vitamines sont des molécules organiques, nécessaires à l'organisme car celui-ci ne peut les synthétiser ou les synthétise en quantité insuffisante. Elles participent à la croissance et au maintien de l'équilibre de l'organisme. Elles agissent en très faible quantité. Elles sont classées en fonction de leur solubilité :

- vitamines hydrosolubles : vitamines B, PP, C ;
- vitamines liposolubles : vitamines A, D, E, K.

- 1 Citer les principaux ingrédients retrouvés dans un aliment.

Les principaux ingrédients retrouvés dans un aliment sont des biomolécules, de l'eau, des minéraux et des vitamines.

- 2 Cocher la bonne réponse. Les biomolécules présentes dans les aliments sont :

- | | | | | |
|--|-------------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sodium | <input type="checkbox"/> Vitamine C | <input checked="" type="checkbox"/> Glucides | <input type="checkbox"/> Vitamine A | <input type="checkbox"/> Iode |
| <input checked="" type="checkbox"/> Protides | <input type="checkbox"/> Eau | <input type="checkbox"/> Calcium | <input checked="" type="checkbox"/> Lipides | <input type="checkbox"/> Sélénium |

- 3 Cocher la bonne réponse. Les minéraux présents dans les aliments sont :

- | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Sodium | <input type="checkbox"/> Vitamine C | <input type="checkbox"/> Glucides | <input type="checkbox"/> Vitamine A | <input checked="" type="checkbox"/> Iode |
| <input type="checkbox"/> Protides | <input type="checkbox"/> Eau | <input checked="" type="checkbox"/> Calcium | <input type="checkbox"/> Lipides | <input checked="" type="checkbox"/> Sélénium |

- 4 Cocher la bonne réponse. Les vitamines présentes dans les aliments sont :

- | | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sodium | <input checked="" type="checkbox"/> Vitamine C | <input type="checkbox"/> Glucides | <input checked="" type="checkbox"/> Vitamine A | <input type="checkbox"/> Iode |
| <input type="checkbox"/> Protides | <input type="checkbox"/> Eau | <input type="checkbox"/> Calcium | <input type="checkbox"/> Lipides | <input type="checkbox"/> Sélénium |

- 5 Parmi les ingrédients retrouvés dans un aliment, citer ceux que l'organisme n'est pas capable de fabriquer (ou en quantité insuffisante), et commenter leur présence dans les apports nutritionnels journaliers recommandés.

L'organisme n'est pas capable de fabriquer les minéraux et les vitamines, or ceux-ci sont indispensables au bon fonctionnement des cellules ; ils doivent donc être obligatoirement apportés par l'alimentation et font ainsi partie des apports nutritionnels journaliers recommandés.

Activité 3 Composition quantitative des aliments

Doc. 2 Composition quantitative des aliments

Les aliments sont classés en fonction de leur composition chimique. Le tableau suivant indique une estimation de la quantité nutritionnelle des sept groupes d'aliments :

Groupe	Glucides	Protides	Lipides	Eau	Minéraux	Vitamines
1 : Féculents et céréales	++	++		+	+	+
2 : Lait et produits laitiers	+	++	+	++	+	+
3 : Fruits et légumes	+	+		++	++	++
4 : Corps gras			+++	+		+
5 : Sucres et produits sucrés	+++				+	+
6 : Viande, poissons, œufs		+++	++	++	+	+
7 : Boissons				+++	+	+

+++ : quantité très importante, ++ : quantité assez importante, + : quantité non négligeable

1 D'après le tableau précédent, relier les bonnes propositions.

- | | | |
|-----------------------------------|---|------------|
| Groupe le plus riche en lipides | ■ | ■ Groupe 1 |
| Groupe le plus riche en glucides | ■ | ■ Groupe 2 |
| Groupe le plus riche en protides | ■ | ■ Groupe 3 |
| Groupe le plus riche en eau | ■ | ■ Groupe 4 |
| Groupe le plus riche en vitamines | ■ | ■ Groupe 5 |
| Groupe le plus riche en minéraux | ■ | ■ Groupe 6 |
| | | ■ Groupe 7 |

2 Citer le groupe d'aliments parfait (groupe d'aliments très riches à la fois en glucides, protides, lipides, vitamines et minéraux).

Aucun groupe d'aliments n'est parfait.

3 Conclure sur la nécessité de varier son alimentation.

Il est nécessaire de varier son alimentation car aucun aliment n'est complet sur le plan nutritionnel.

4 Le thon fait partie d'un groupe d'aliments particulier. Donner le nom de ce groupe et justifier, par rapport à sa composition, le classement du thon au sein de ce groupe.

Le thon appartient au groupe « viande, poissons, œufs ». Sa richesse en protéines permet de le classer dans ce groupe.

Activité 4 Des aliments aux nutriments

Doc. 3 Digestion des aliments en nutriments

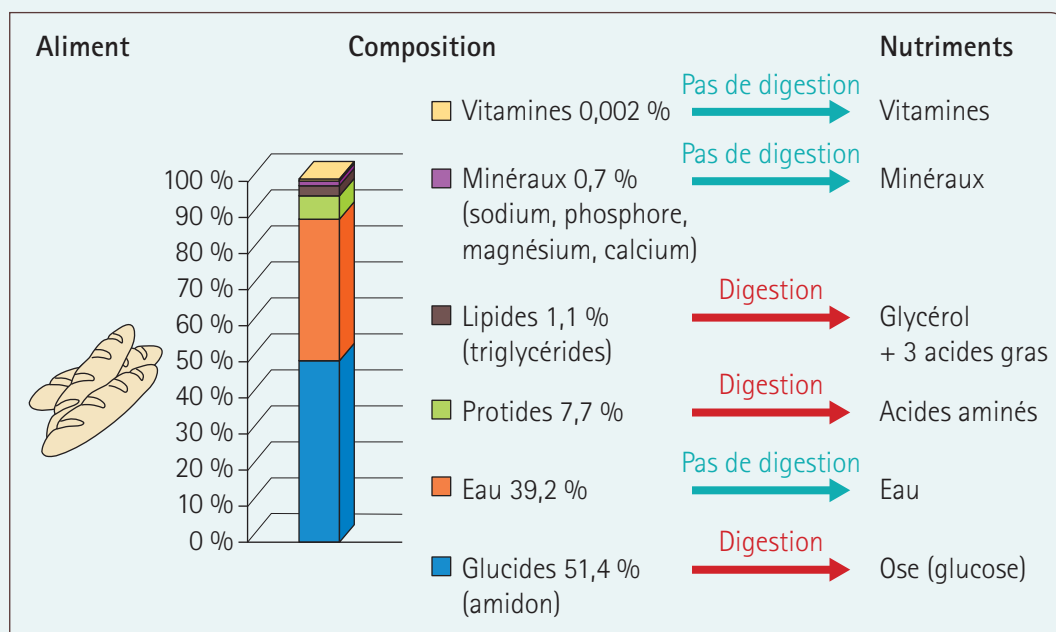
Tout au long de la digestion, phénomènes mécaniques, enzymes et réactions chimiques vont permettre de transformer les aliments en nutriments simples, plus petits et parfaitement assimilables par l'organisme. Les vitamines et minéraux, quant à eux, ne subissent pas ce processus de simplification moléculaire.

Doc. 4

Qu'est-ce que la digestion ?

<http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-comment-faciliter-la-digestion--1435.asp?1=1#3>

Doc. 5 Composition nutritionnelle du pain



1 À partir des doc. 3, 4 et 5, établir la différence entre un aliment et un nutriment, en complétant le texte suivant à l'aide des termes : *aliments, nutriments, biomolécules, protides, minéraux, vitamines, sang, cellules, intestinal*.

Un **aliment** est une substance destinée à être ingérée par l'être humain en vue de répondre à ses besoins nutritionnels. Un aliment est constitué de **biomolécules** (glucides, **protides**, lipides, acides nucléiques), d'eau, de **vitamines**, et de **minéraux**. Au cours de la digestion, les aliments sont transformés en **nutriments** (oses, acides aminés, acides gras...). Ces derniers sont absorbés au niveau **intestinal**. Ils peuvent passer dans le **sang** ou la lymphe et sont utilisables par les **cellules**.

2 À partir des définitions précédentes, souligner dans la liste suivante les termes représentant des aliments et surligner ceux représentant des nutriments.

Pain, céréales, **vitamine C**, **calcium**, **glucose**, steak, lait, **acide aminé**.

Activité 5 Biomolécules : du monomère au polymère

Doc. 6 Du monomère au polymère

Les biomolécules sont des molécules organiques entrant dans la composition des êtres vivants. Il en existe quatre familles : les glucides (sucres), les protides (protéines), les lipides (graisses) et les acides nucléiques (ADN dans le noyau des cellules ainsi que dans les mitochondries, ARN dans le cytoplasme).

La plupart des biomolécules (glucides, protides et acides nucléiques) sont constituées de plusieurs dizaines, centaines, voire milliers, d'éléments identiques enchaînés les uns aux autres successivement par des liaisons covalentes. On les appelle alors des macromolécules. Ces

biomolécules sont donc des polymères constitués d'un grand nombre de monomères reliés les uns aux autres. L'hydrolyse des liaisons par des enzymes spécifiques permet de libérer les monomères constitutifs : les fameux nutriments...

Cas particulier des lipides : le triglycéride n'est pas un polymère. Il est constitué d'un glycérol et de trois acides gras constitués d'une longue chaîne hydrocarbonée (atomes de carbone reliés les uns aux autres et reliés à des atomes d'hydrogène, ce qui le rend insoluble dans l'eau ou hydrophobe (apolaire)).

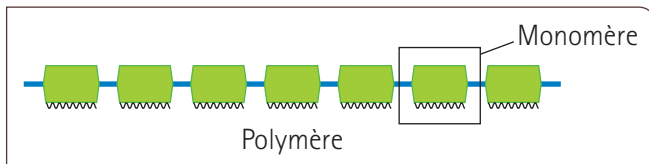


fig. 3 Monomère et polymère

	Glucides		Protides	Lipides
Aliment	Pomme de terre	Lait	Viande	Beurre
	Polymère : amidon	Dimère : lactose	Protéine	Lipides : triglycérides
Polymère				
Monomère ou nutriment	Glucose 	Glucose Galactose 	Acides aminés 	1 Glycérol Acide gras Acide gras Acide gras

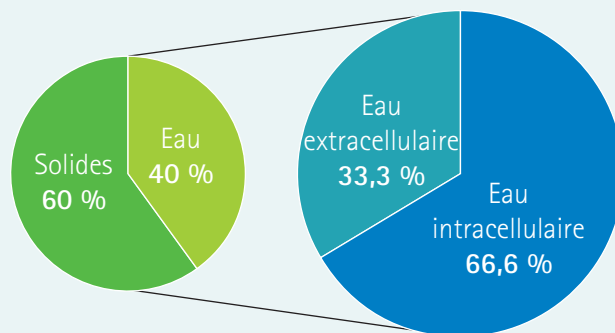
À l'aide du doc. 6, cocher la bonne proposition.

- a) L'amidon est un polymère :
☐ d'acides aminés ☐ de lipides ☐ d'acides nucléiques ☒ de glucose
- b) Les protides sont des polymères :
☒ d'acides aminés ☐ de lipides ☐ d'acides nucléiques ☐ de glucose
- c) Le lactose est un dimère :
☐ de glucose + glucose ☐ de glucose + fructose ☐ aucune bonne proposition
☒ de glucose + galactose ☐ de glucose + glycérol
- d) Les lipides sont des polymères :
☐ d'acides aminés ☐ d'acides nucléiques ☒ aucune bonne proposition
☐ de lipides ☐ de glucose

Activité 6 Et l'eau dans tout ça ?

Doc. 7 Importance de l'eau dans l'organisme

L'eau est une molécule constituée d'un atome d'oxygène relié à deux atomes d'hydrogène. C'est une molécule vitale qui possède des propriétés biologiques importantes. L'eau se répartit ainsi dans l'organisme :



1 Compléter le tableau suivant en calculant le pourcentage en eau de chaque organisme.

	Homme	Femme	Homme âgé	Homme obèse	Nourrisson
Poids total (kg)	80	60	70	120	4
Poids en eau (kg)	56	33	40	72	3
% eau	70 %	55 %	57 %	60 %	75 %

2 Cocher les bonnes réponses en vous aidant du tableau précédent. Corriger les propositions fausses.

Le pourcentage en eau d'un organisme :

☐ est plus important chez les femmes par rapport aux hommes (plus faible)

☒ est important chez le nourrisson

☒ diminue chez les personnes obèses

☒ diminue avec l'âge

3 Surligner la bonne proposition :

► L'organisme est constitué majoritairement d'eau/ de graisse/ de glucides.

► Les liquides de l'organisme sont majoritairement à l'intérieur/ à l'extérieur des cellules.

4 À partir de la fig. 4, préciser les organes dont la teneur en eau est élevée et ceux au contraire dont la teneur en eau est faible.

Organes à forte teneur en eau : reins, sang, poumon, cœur, muscles, estomac.

Organes à faible teneur en eau : os, tissu adipeux.

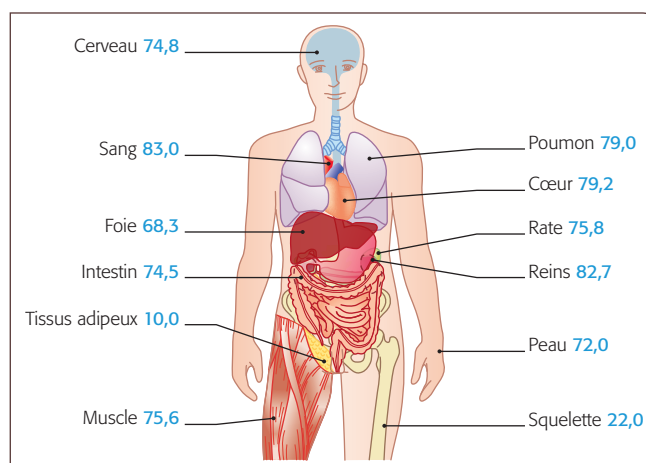


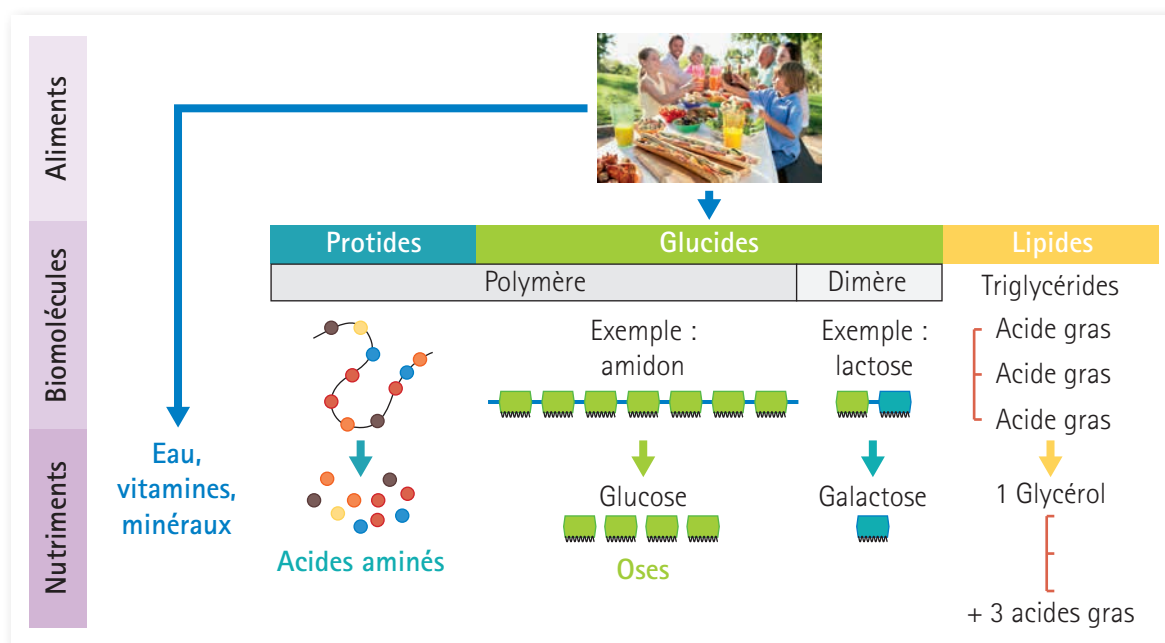
fig. 4 Pourcentage en eau des différents organes

Je construis mon cours

Les 7 groupes d'aliments

Groupe d'aliments	Féculents et céréales	Produits laitiers	Fruits et légumes	Matières grasses	Viande, œufs, poissons	Produits sucrés	Boissons
Riche en	Glucides	Calcium	Minéraux Vitamines	Lipides	Protéines	Glucides	Eau

De l'aliment au nutriment



Les acides nucléiques, ADN et ARN sont également des polymères hydrolysés en monomères, les nucléotides.

Je sais dire

Terme	Signification
Biomolécules	Molécules organiques entrant dans la composition des êtres vivants (glucides, lipides, protides, acides nucléiques).
Nutriment	Substance nutritive pouvant être absorbée au niveau intestinal.
Monomère	Unité de base des dimères et polymères.
Dimère	Molécule constituée de deux monomères.
Polymère	Macromolécule résultant de l'enchaînement de nombreux monomères reliés entre eux par des liaisons covalentes.

je sais faire le jour du bac

- 1 L'œuf fait partie d'un groupe d'aliments particulier. Rappeler le nom de ce groupe et justifier par rapport à sa composition, le classement de l'œuf dans ce groupe.

L'œuf appartient au groupe « viande, œuf, poisson » car il est riche en protéines.

- 2 Citer deux autres aliments appartenant à un autre groupe. Préciser leur groupe en justifiant la réponse par rapport à leur composition dans ce classement.

Chocolat, classé dans les « produits sucrés » car il est riche en glucides. Beurre, classé dans les « corps gras » car il est riche en lipides.

- 3 Citer les quatre classes de biomolécules.

Les quatre classes de biomolécules sont : glucides, lipides, protéines et acides nucléiques.

- 4 Expliquer schématiquement la formation d'un polymère et donner un exemple.

Un polymère est formé par l'agencement de monomères reliés entre eux par des liaisons covalentes.

Exemples :

- une protéine est un enchaînement d'acides aminés ;
- un glucide comme l'amidon est un enchaînement de glucose.

- 5 Schématiser un triglycéride et préciser la catégorie de biomolécules à laquelle il appartient.

Il s'agit d'un lipide.

Glycérol

{ Acide gras
 { Acide gras
 { Acide gras

- 6 Donner les nutriments issus de la digestion d'un triglycéride.

Après digestion, un triglycéride donne une molécule de glycérol et trois molécules d'acides gras.

16

Rations alimentaires

- ➔ Définir les besoins qualitatifs et quantitatifs.
- ➔ À partir d'exemples de menus, montrer comment ces besoins sont satisfaits.
- ➔ Analyser les variations de ces besoins selon différents états physiologiques.

Activité 1 L'alimentation contemporaine

1 Caractériser le contenu du caddie.

Le caddie contient des produits alimentaires industriels en abondance.

2 Rechercher les indices placés par Duane Hanson afin de situer le milieu social de la femme.

Pantoufles, bigoudis, habits bon marché, bas filés : la femme n'évolue pas, a priori, dans un milieu aisé.

3 Dédire des deux premières réponses la contradiction mise en évidence par l'artiste.

La femme est d'un milieu peu aisé mais son caddie est plein de produits alimentaires.

4 Indiquer le détail de la sculpture qui évoque la malbouffe des pays occidentaux.

La surcharge pondérale.

5 Pour lutter contre les mauvaises habitudes nutritionnelles des pays occidentaux, les gouvernements organisent des campagnes d'information. Faire correspondre les 4 slogans du doc. 1 avec l'une des deux phrases proposées :

- La nourriture ne doit pas amener trop d'énergie (sucres, graisses) par rapport au mode de vie. C'est l'aspect **quantitatif**.

Cette phrase correspond aux slogans b, c et d.

- La nourriture doit être variée et apporter certains éléments importants (vitamines). C'est l'aspect **qualitatif**.

Cette phrase correspond au slogan a.

6 Compléter le texte.

L'équilibre alimentaire correspond à la satisfaction des besoins nutritionnels **qual**itatifs (apport des différents éléments nécessaires) et **quant**itatifs (apport d'énergie adapté).



fig. 1 Ménagère au caddie de Duane Hanson (1969, Aix-la-Chapelle, Ludwig Collection), est une sculpture grandeur nature, en résine, d'un personnage réel moulé

Doc. 1 Campagnes nutritionnelles

Depuis le 28 février 2007, la loi française impose aux marques d'aliments et boissons dans lesquels il y a ajout de sucre, de sel ou d'édulcorants, et aux marques d'aliments manufacturés d'introduire les messages sanitaires suivants dans leurs publicités et autres outils de communication :

- a. « Pour votre santé, mangez au moins cinq fruits et légumes par jour » ;
- b. « Pour votre santé, pratiquez une activité physique régulière » ;
- c. « Pour votre santé, évitez de manger trop gras, trop sucré, trop salé » ;
- d. « Pour votre santé, évitez de grignoter entre les repas ».

Activité 2 Besoins quantitatifs : les apports énergétiques de référence

Doc. 2 Information énergétique

L'énergie nécessaire au fonctionnement de l'organisme doit être apportée par les aliments. L'apport d'énergie conseillé par jour est appelé apport de référence. L'unité officielle est le joule (J), mais l'unité la plus connue par le grand public est la calorie (cal).

(F) Apports de Référence pour un adulte type (8 400 kJ / 2 000 kcal)

Valeurs nutritionnelles moyennes pour	100 g	1 pot
Énergie	387 kJ (92 kcal) 5 % des AR	484 kJ (115 kcal) 6 % des AR

Ce produit contient 8 pots.

fig. 2 Indications sur un pack de yaourts

- 1 Déterminer, grâce à l'étiquette de la fig. 2, combien de kJ correspondent à 1 kcal.

Un kcal correspond à $8\,400/2\,000$ (ou $387/92$ ou $484/115$) = 4,2 kJ.

- 2 Indiquer la valeur de l'apport énergétique de référence journalier d'un adulte type.

La valeur de l'apport énergétique de référence journalier d'un adulte type est 8 400 kJ ou 2 000 kcal.

- 3 Calculer la masse de yaourt (en grammes) nécessaire pour obtenir l'énergie nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme (d'un point de vue énergétique).

100 g donnent 387 kJ, donc 1 g donne 3,87 kJ. Il faut donc $8\,400/3,87 = 2\,170$ g de yaourt.

- 4 Convertir la masse calculée en nombre de pots de yaourts.

Un pot de yaourt fait 125 g, donc il faudrait manger (d'un point de vue énergétique) $2\,170/125 = 17$ yaourts.

- 5 À la lumière du doc. 1, indiquer pourquoi il n'est pas souhaitable de se nourrir exclusivement de yaourts.

Les yaourts peuvent apporter l'énergie nécessaire (d'un point de vue quantitatif), mais ils ne procurent pas tous les nutriments nécessaires (aspect qualitatif).

Activité 3 Besoins quantitatifs : variations des apports énergétiques

- 1 Dédire du doc. 3 les facteurs de variation des apports énergétiques conseillés.

Les apports énergétiques conseillés varient selon l'âge, le sexe, l'activité physique et le statut physiologique (enceinte, allaitante) de la personne.

- 2 En prenant l'exemple d'une femme de 20 à 40 ans, montrer que l'évolution de l'apport énergétique conseillé est prévisible.

Une activité physique importante entraîne une grande dépense énergétique. Cette dépense doit être compensée par une alimentation plus importante d'un point de vue énergétique.

- 3 Commenter également la surconsommation énergétique de la femme enceinte.

Il est nécessaire de pourvoir aux besoins d'un embryon, puis d'un fœtus, ce qui justifie l'addition de 630 puis 1 050 kJ par jour.

- 4 La représentation graphique de la fig. 3 permet de comparer facilement les apports énergétiques de différents aliments. Expliquer pourquoi la visibilité du graphe a nécessité de proposer la valeur énergétique de 10 mL d'huile (au lieu de 100 mL) ou 100 g, comme pour les autres aliments.

C'est un problème d'échelle. L'huile apporte énormément de joules (énergie). 100 mL d'huile correspondent ainsi à 20 fois plus d'énergie que 100 g de carottes. Le graphique ne serait plus lisible.

- 5 Un homme, désireux de perdre son léger embonpoint, hésite à supprimer chaque jour de son alimentation quotidienne ses deux bananes (environ 100 g l'une) du déjeuner, ou son éclair au chocolat du petit-déjeuner, ou sa canette de 333 mL de Coca-cola du goûter, ou ses 200 grammes de carottes râpées du souper. Compléter le tableau à l'aide de la fig. 3. En déduire le choix le plus judicieux d'un point de vue énergétique.

Aliment	kJ
2 bananes	800
Canette de Coca	666
1 éclair au chocolat	1 100
200 g de carottes	400

Supprimer l'éclair au chocolat semble le meilleur choix, d'un point de vue énergétique.

Doc. 3 Apports énergétiques conseillés (AEC) en kJ/jour

Niveau d'activité physique (NAP)	Homme (70 kg) de 40 à 60 ans	Femme (60 kg) de 40 à 60 ans	Homme (70 kg) de 20 à 40 ans	Femme (60 kg) de 20 à 40 ans
Faible	9 240	7 560	10 080	8 400
Moyen	10 500	8 400	11 340	9 240
Fort	11 760	9 660	12 600	10 500
Intense	13 440	10 080	14 280	10 920

Remarque : il est conseillé aux femmes enceintes de rajouter 630 kJ aux apports conseillés, lors du premier trimestre de grossesse, et 1 050 kJ lors des seconds et troisième trimestres. Lors de l'allaitement, un ajout de 2 100 à 2 520 kJ est conseillé.

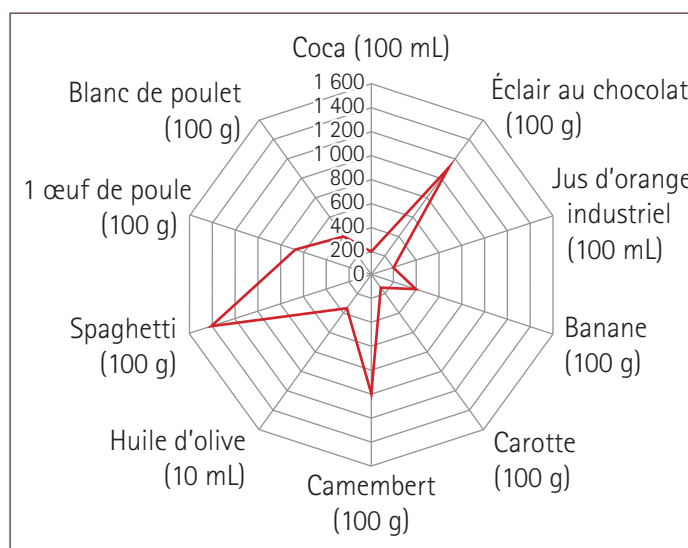


fig. 3 Apports énergétiques de divers aliments en kJ



fig. 4 Régime

Doc. 4 Composition moyenne des groupes alimentaires (pour 100 g)

Catégories d'aliments	Protides (g)	Glucides (g)	Lipides (g)	Énergie (kJ)
Lait et produits laitiers	6,6	3,3	3,3	295
Viande, poissons, œufs	25	12		629
Corps gras			100	3 800
Fruits et légumes frais	1	8,4		160
Céréales, féculents, légumes secs	5	38		731
Produits sucrés		100		1 700

Un gramme de glucides apporte 17 kJ. Un gramme de protides apporte de 17 kJ. Un gramme de lipides apporte 38 kJ.

- 6 Calculer l'apport énergétique moyen de 100 g de fruits et légumes.

Apport énergétique moyen = $1 \text{ g} \times 17 \text{ kJ/g} + 8,4 \text{ g} \times 17 \text{ kJ/g} = 160 \text{ kJoules}$.

- 7 Indiquer dans le tableau du doc. 4 l'apport moyen en kJ de chaque catégorie d'aliment.

- 8 Classer les catégories d'aliments selon leur apport énergétique.

Corps gras → Produits sucrés → Céréales → VPO → Lait → Fruits (du plus énergétique au moins énergétique).

Activité 4 Besoins qualitatifs

- 1 Indiquer comment l'organisme obtient les nutriments essentiels.

Les nutriments essentiels doivent être présents dans la nourriture.

- 2 Compléter le texte.

Une personne qui mange abondamment satisfait ses besoins énergétiques (ou quantitatifs). Si son alimentation est peu variée, la personne peut manquer de nutriments essentiels et ne pas couvrir ses besoins qualitatifs.

Doc. 5 Les nutriments essentiels

Un nutriment essentiel est nécessaire au bon fonctionnement d'un organisme vivant. Il ne peut être synthétisé en trop faible quantité par la personne.

Parmi les nutriments essentiels on trouve :

- des lipides (acide linoléique et acide linolénique) ;
- des acides aminés (isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, valine) ;
- des vitamines (vitamines A, B, C, D, E, K) ;
- des minéraux (sodium, calcium, fer...).



fig. 5 Enchiladas



fig. 6 Couscous



fig. 7 Paëlla

- 3** La lysine est un acide aminé peu représenté dans les céréales (blé, semoule, riz...) mais abondant dans les légumineuses (haricots, petits pois, lentilles, soja, pois chiche...). Indiquer pourquoi les associations présentes dans les plats ci-dessus sont judicieuses.

La lysine est un acide aminé essentiel, qui doit donc être présent dans l'alimentation. La lysine est absente dans les galettes de maïs (enchiladas), la graine de couscous et le riz de la paëlla. Les haricots rouges, les pois chiches et les petits pois compensent ce manque.

- 4** Le fer est présent dans les globules rouges et participe à l'oxygénation des tissus. Expliquer pourquoi l'apport en fer doit être plus important chez la femme enceinte.

La femme doit pourvoir au dioxygène des tissus supplémentaires de son fœtus. Ses besoins quantitatifs en fer augmentent donc.

Activité 5 Analyse d'un menu

Doc. 6 Ration alimentaire conseillée

Nutriments	Protides	Lipides	Glucides	Eau
Quantité quotidienne	12 % des AEJ*	33 % des AEJ	55 % des AEJ	2,5 L
Répartition à respecter dans la ration	50 % d'origine animale 50 % d'origine végétale	60 % d'origine animale 40 % d'origine végétale	15 % de glucides simples 75 % de glucides complexes 10 % de fibres	1,5 L par les boissons 1 L par les aliments

*AEJ = Apports énergétiques journaliers

Pour les protides, la composition en acides aminés diffère selon leur origine.

Pour les lipides, les acides gras animaux (graisses) sont différents des acides gras végétaux (huiles).

Les glucides sont séparés en glucides simples, rapidement assimilables, en glucides complexes dits sucres lents (présents dans les féculents) et en fibres non digestibles (qui facilitent le transit intestinal).

- 1** Montrer que le respect de la règle du doc. 6 permet implicitement de satisfaire les besoins qualitatifs.

Pour respecter cette règle, il faut consommer des aliments issus de toutes les catégories. Cela permet de fournir tous les nutriments essentiels.

Doc. 7 Menu du midi

- Radis (50 g) plus beurre (15 g) et pain (30 g)
- Steak haché (100 g)
- Pâtes (150 g) à l'huile d'olive (5 g)
- Portion de camembert (25 g)
- Poire (50 g)

2 La poire et les radis du menu du doc. 7 apportent 160 kJ. Justifier cette valeur à partir des données du doc. 4.

Ce sont des fruits et légumes et l'ensemble pèse 100 g. D'après le doc. 4, cela correspond à 160 kJ.

3 Calculer l'énergie apportée par les lipides du menu d'origine animale d'une part et d'origine végétale d'autre part. Exprimer le résultat en % et conclure à partir des données du doc. 6.

Lipide végétal : 5 g (huile). Lipide animal : 15 g (issu du beurre) et $3,3 \times 25 / 100 = 0,8$ g (issu du camembert).

En énergie, lipide végétal : 5×37 kJ = 185 kJ et lipide animal = $15,8 \times 37 = 585$ kJ.

En pourcentage, on a $(185 / (185 + 585)) \times 100 = 24$ % de lipides d'origine végétale et donc 76 % d'origine animale. Cela ne correspond pas aux données du doc. 6 (60 % de l'énergie des lipides venant de lipides d'origine animale).

4 Indiquer pourquoi ce résultat n'est pas forcément en désaccord avec les recommandations du doc. 6.

Les conseils sont donnés à l'échelle de la journée, or ici il ne s'agit que d'un repas, qui pourrait être compensé par d'autres repas.

5 Identifier les événements a, b, c et d de la fig. 8 en justifiant l'aspect de la courbe.

a : petit-déjeuner

b : déjeuner

c : goûter

d : dîner

Ces 4 prises alimentaires apportent du glucose et augmentent la glycémie.

4 Indiquer le terme couramment utilisé afin de décrire une prise alimentaire en dehors des événements identifiés ci-dessus. Commenter cette pratique alimentaire.

Le terme utilisé est « grignotage » (qu'il est souvent difficile de distinguer de « collation »).

Le grignotage concerne souvent des aliments riches en glucides et corps gras et peut entraîner une prise de poids trop importante. En outre, cette pratique est cariogène (responsable de caries).

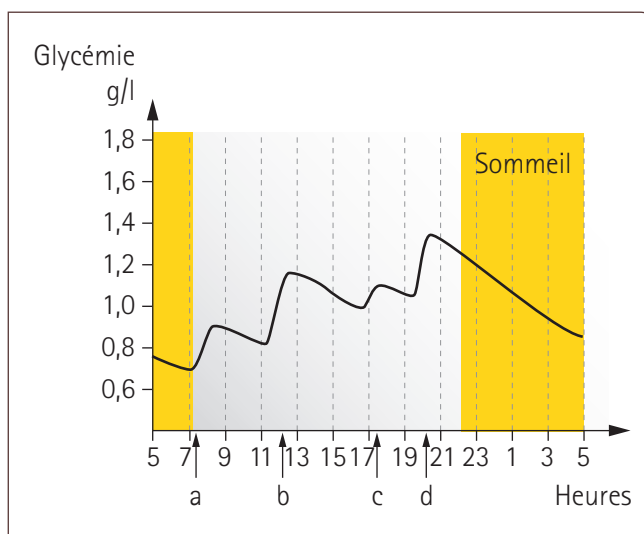


fig. 8 Évolution de la glycémie au cours du temps

Doc. 8 Glycémie et prise de nourriture

La glycémie correspond au glucose présent dans le plasma du sang (en g/L). Le glucose provient en partie du glucose contenu dans les aliments. La prise de nourriture sucrée engendre donc une augmentation de la glycémie.

Je construis mon cours

La ration alimentaire apporte à l'organisme des **nutriments** qui vont permettre de compenser **l'énergie** dépensée ainsi que la matière perdue (eau). On parle d'apports **quantitatifs**

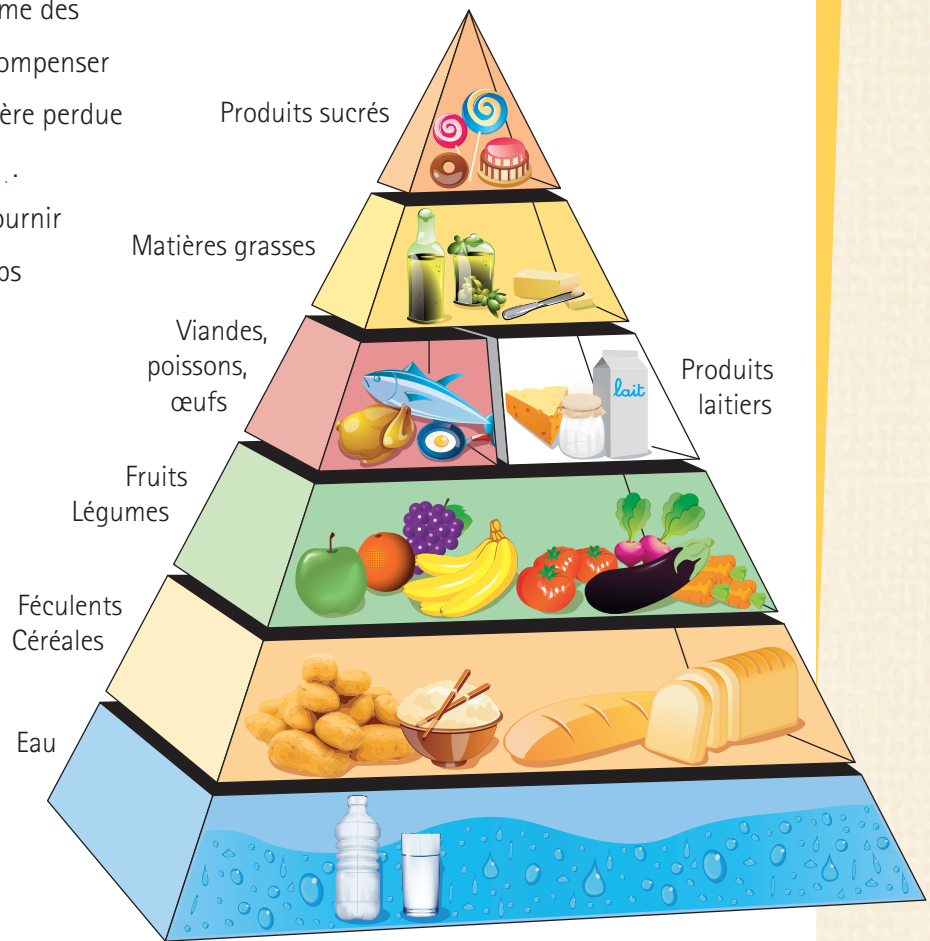
D'autre part, la ration alimentaire doit fournir des **nutriments essentiels** que le corps ne peut fabriquer. On parle d'apports **qualitatifs**

Les besoins qualitatifs et quantitatifs dépendent de nombreux facteurs : âge, sexe, activité, état physiologique.

Les conseils nutritionnels proposent des règles afin d'avoir une alimentation **équilibrée**

Au niveau des portions, on utilisera la règle 421 GPL (4 portions riches en glucides, 2 portions riches en protéines et 1 portion riche en lipides). Les lipides auront pour moitié une origine végétale.

La pyramide alimentaire illustre les proportions souhaitables de chaque catégorie d'aliment.



Je sais dire

kJ	Abréviation de kilojoule Unité officielle d'énergie.
kcal	Abréviation de kilocalorie Unité d'énergie.
Ration alimentaire	Quantité et nature d'aliments qu'une personne doit consommer en un jour, afin de subvenir aux besoins de son corps.
Nutriment essentiel	Nutriment nécessaire à l'organisme mais que celui-ci ne synthétise pas ou en quantité insuffisante par l'organisme. Il doit être présent dans l'alimentation.
AEC ou AEJ	Apports énergétiques conseillés ou apports énergétiques journaliers. Ils concernent les apports quantitatifs par jour.
ANC ou ANJ	Apports nutritionnels conseillés ou apports nutritionnels journaliers. Ils concernent les apports qualitatifs par jour.

je sais faire le jour du bac

Un nutritionniste fait un bilan nutritionnel d'un patient. Le tableau présente la quantité d'aliments consommés en une journée par le patient.

Aliments	Quantité (g)	Protides (g)	Glucides (g)	Lipides (g)
Laitages	300	21	9	9
Viandes	200	50	24	
Corps gras	50			50
Fruits et légumes	300	3	24	
Céréales	250	13	100	
Produits sucrés	50		50	

Un gramme de glucides ou de protides apportent chacun une énergie de 17 kJ.
Un gramme de lipides apporte 38 kJ.

- 1 Indiquer les deux types de besoins que doit satisfaire une ration alimentaire équilibrée.

Une ration alimentaire équilibrée doit satisfaire des besoins qualitatifs et des besoins quantitatifs.

- 2 Déterminer les quantités totales de protides, de lipides et de glucides apportées par les repas de la journée.

• protides = 87 g

• glucides = 207 g

• lipides = 59 g

- 3 Les nutritionnistes recommandent une répartition d'environ 4 portions de glucides pour 2 portions de protides et une portion de lipides. Commenter le bilan nutritionnel du patient.

Il ingère $207 / (207 + 87 + 59) = 58 \%$ de glucides, 25% de protides et 17% de lipides. L'ordre de grandeur est à peu près respecté.

- 4 Calculer l'apport énergétique global de la consommation du patient.

Apport énergétique global = $(87 + 207) \times 17 + 59 \times 38 = 7\,240$ kJ

- 5 L'apport énergétique conseillé (AEC) pour ce patient est de 8 000 kJ par jour. Proposer une modification à apporter à l'alimentation du patient.

Le patient peut manger plus.

- 6 Citer des facteurs pris en compte pour évaluer l'AEC.

Les facteurs pris en compte pour évaluer l'AEC sont l'âge, le sexe, l'activité et le statut physiologique.

17

Troubles nutritionnels : obésité

- ➔ Définir et calculer l'IMC.
- ➔ À partir d'un cas clinique, repérer la (ou les) origine(s) d'une obésité.
- ➔ Identifier les conséquences pathologiques de l'obésité.
- ➔ Présenter les mesures hygiéno-diététiques et les traitements.

Activité 1 Définition et diagnostic de l'obésité

Doc. 1 Définition et mesure de l'obésité

Définition

Le surpoids et l'obésité sont définis comme une accumulation anormale ou excessive de graisse qui présente un risque pour la santé.

Mesure de l'obésité

La mesure du surpoids et de l'obésité la plus communément utilisée chez les individus adultes est l'indice de masse corporelle (IMC). Il correspond au rapport entre la masse d'un individu exprimée en kilogrammes et le carré de sa taille exprimée en mètres.

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \frac{\text{masse (kg)}}{\text{taille (m)} \times \text{taille (m)}}$$

Un second critère consiste à mesurer le tour de taille, représentant l'excès de masse grasse localisée autour du ventre.

IMC (kg/m ²)	Interprétation
Moins de 16,5	Dénutrition
16,5 à 18,5	Maigreur
18,5 à 25	Corpulence normale
25 à 30	Surpoids
30 à 35	Obésité modérée
35 à 40	Obésité sévère
Plus de 40	Obésité morbide ou massive

	Tour de taille (cm)	Interprétation (OMS)
Homme	Supérieur à 100	Obésité abdominale
Femme	Supérieur à 88	

1 Calculer l'IMC des individus suivants et les relier aux silhouettes correspondantes.

Poids : 70 kg
Taille : 1,75 m

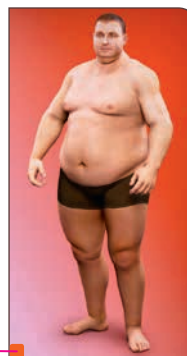
IMC = 22,9 kg/m²

Poids : 100 kg
Taille : 1,75 m

IMC = 32,7 kg/m²

Poids : 120 kg
Taille : 1,75 m

IMC = 39,2 kg/m²



2 Calculer l'IMC des individus suivants et conclure sur les limites d'utilisation de cet indice.

- Sportif de haut niveau : poids : 100 kg, taille : 1,75 m, $IMC = 32,7 \text{ kg/m}^2$
- Femme enceinte : poids : 78 kg, taille : 1,60 m, $IMC = 30,5 \text{ kg/m}^2$

D'après leurs IMC respectifs, ces deux individus sont considérés comme obèses, or ni l'un ni l'autre ne le sont. Cet indice n'est pas valable chez les sportifs à forte musculature ni chez les femmes enceintes, car ces personnes auront un IMC élevé sans pour autant présenter d'excès de masse grasse.

Activité 2 Obésité : une maladie aux multiples causes

Doc. 2 Origines de l'obésité

L'obésité est généralement le résultat d'un déséquilibre entre les calories consommées et les calories dépensées.

Les facteurs favorisant le surpoids et pouvant mener à une obésité sont multiples.

Le cerveau joue un rôle important car il contrôle la prise alimentaire en envoyant des signaux de satiété permettant à l'organisme de se sentir rassasié.

Doc. 3 Cas clinique

Le médecin traitant d'Elsa lui recommande d'effectuer un bilan sur son alimentation afin de retrouver un équilibre alimentaire correct.

Il ressort de cet entretien que Elsa présente une polyphagie et déjeune souvent au fast-food près de chez elle et mange peu de légumes. Les études et la préparation du baccalauréat l'angoissent beaucoup. Elle grignote des barres chocolatées entre les repas lorsqu'elle révisé pour ses contrôles.

Enfin, elle ne pratique pas de sport, et préfère de loin regarder la télévision ou surfer sur le web.



fig. 1 Origines de l'obésité

Doc. 4 Expérience

Si pendant 3 mois, on augmente la ration alimentaire quotidienne de 1 000 kcal, chez des volontaires, certains prennent 2 kg d'autres 12 kg. Si on réalise la même expérience chez des jumeaux monozygotes (génétiquement identiques), la prise de poids est la même.

1 Sachant que la racine « phagie » signifie « manger », donner la définition du terme hyperphagie (ou polyphagie) et expliquer le rôle de ce trouble du comportement alimentaire dans l'obésité d'Elsa.

L'hyperphagie consiste en l'ingestion d'une quantité d'aliments trop importante. Elsa mange sans jamais se sentir rassasiée ; du coup, son apport énergétique est supérieur à ses dépenses, d'où la prise de poids.

- 2 Dans le cas clinique présenté dans le doc. 3, souligner et commenter les indices ayant mené à l'obésité.

Alimentation déséquilibrée :

• « Polyphagie, grignote des barres chocolatées » : déséquilibre nutritionnel quantitatif, Elsa consomme trop de nourriture donc, ses apports énergétiques sont trop importants.

• « Déjeune souvent au fast-food près de chez elle et mange peu de légumes » : déséquilibre nutritionnel qualitatif.

Sédentarité : « Elle ne pratique pas de sport, et préfère de loin regarder la télévision ou surfer sur le web » : Elsa est sédentaire, elle ne pratique pas d'activité physique donc elle ne brûle pas de calories, du coup, ses dépenses énergétiques sont faibles.

- 3 Conclure quant aux origines de l'obésité d'Elsa.

Les apports énergétiques d'Elsa sont trop importants par rapport à ses dépenses.

- 4 Conclure, à partir des résultats de l'expérience mentionnée dans le doc. 4, sur un autre facteur pouvant expliquer l'obésité.

Nous ne sommes pas tous égaux face à la prise de poids, certaines personnes prennent plus de poids que les autres, d'où l'hypothèse qu'il existe des facteurs génétiques impliqués dans la prise de poids.

Activité

3

Obésité : une maladie aux multiples conséquences

Dans le doc. 5, surligner les conséquences pathologiques de l'obésité, les classer dans les cases correspondantes.

Problèmes cardiovasculaires

Hypertension artérielle

Infarctus du myocarde

Accident vasculaire cérébral

Athérosclérose

Problèmes respiratoires

Dyspnée

Apnées du sommeil

Problèmes métaboliques

Diabète de type 2

Problèmes articulaires et musculaires

Arthrose

Lombalgies

Doc. 5 Cas cliniques évoquant certaines conséquences de l'obésité

M. R se retrouve aux urgences suite à un infarctus du myocarde. Il est obèse depuis 20 ans et souffre de diabète de type 2 depuis 10 ans. M. R est courtier en bourse. Son travail est extrêmement stressant et ne lui laisse pas le temps de faire du sport, de plus il enchaîne les déjeuners d'affaires régulièrement.

Mlle S est une jeune femme qui consulte son médecin dans le cadre du suivi de son obésité car elle voudrait avoir un enfant et souhaite que sa grossesse se déroule en toute quiétude. Elle souffre de dyspnée (difficulté respiratoire), d'apnées du sommeil, d'arthrose du genou et de lombalgies. Dans sa famille, sa mère et son oncle sont également obèses. Sa mère fait de l'hypertension artérielle, son grand-père maternel, également obèse de son vivant, souffrait d'athérosclérose et est décédé d'un accident vasculaire cérébral à 45 ans.

Activité 4 Prévention de l'obésité

Doc. 6 Prévention de l'obésité

La prévention de l'obésité peut se réaliser à différents niveaux :

- Les **mesures hygiéno-diététiques** sont les conseils relatifs au mode de vie et à l'alimentation : équilibre alimentaire, activité physique, permettant de prévenir et/ou de traiter l'obésité.
- Les **traitements médicamenteux** : molécules anorexigènes ou empêchant l'absorption des lipides :

en général peu efficaces et présentant des effets secondaires.

- La **chirurgie bariatrique** : traitement de dernier recours, réservés aux patients avec un IMC > 40 kg/m², (ou > 35 kg/m² avec une complication associée, par exemple diabète de type 2) ; consistant à restreindre l'absorption des aliments, diminuant, de fait, l'apport calorique journalier.

- 1 Reprendre le cas clinique d'Elsa (activité 2) et proposer des mesures hygiéno-diététiques qui pourraient lui permettre de maigrir.

Réduction de sa consommation alimentaire, suppression du grignotage. Amélioration de son équilibre alimentaire qualitatif. Pratique d'une activité physique régulière.

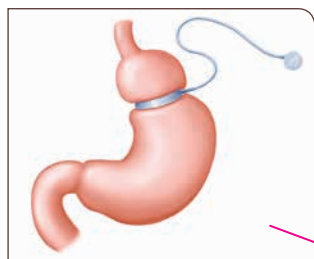


Doc. 7

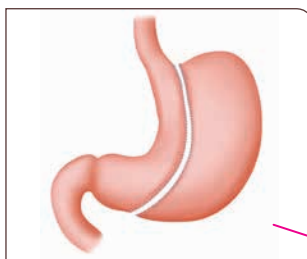
Chirurgie de l'obésité

<http://www.allodocteurs.fr/actualite-sante-la-chirurgie-de-l-obesite-3401.asp?1=1>

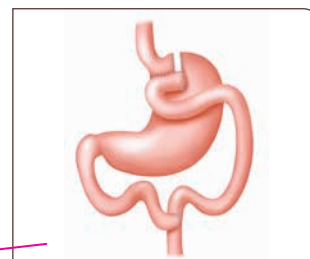
- 2 À l'aide du doc. 7, relier le nom des techniques de chirurgie bariatrique à leur schéma respectif.



By-pass : court-circuit du tube digestif faisant passer les aliments de l'œsophage à la partie moyenne de l'intestin grêle.



Anneau gastrique : rétrécissement de la partie supérieure de l'estomac.



Gastrectomie : ablation des deux-tiers de l'estomac.

- 3 Indiquer si les techniques de chirurgie présentées à la question précédente sont réversibles ou définitives.

L'anneau gastrique et le by-pass sont réversibles, la gastrectomie est irréversible.

- 4 Expliquer pourquoi la sensation de satiété est procurée par l'ingestion d'une faible quantité d'aliments, avec la pose d'un anneau gastrique.

L'anneau gastrique est posé dans la partie supérieure de l'estomac formant ainsi un petit réservoir qui se remplit très vite même si la quantité d'aliment ingérée est faible, donnant la sensation que l'estomac est plein.

- 5 Établir le lien entre techniques de chirurgie bariatrique et diminution calorique de l'apport alimentaire.

Avec l'anneau gastrique et la gastrectomie, la sensation de satiété arrive rapidement, donc le patient cesse de s'alimenter. Avec le by-pass, les aliments ingérés ne passent quasiment plus de temps dans l'estomac, donc leur digestion et par conséquent leur assimilation est limitée.

Je construis mon cours

La mesure de l'obésité

- L'indice de masse corporelle : $IMC (kg/m^2) = \frac{\text{masse (kg)}}{\text{taille (m)} \times \text{taille (m)}}$
- La mesure du tour de taille (cm)

Les causes de l'obésité



Déséquilibre
alimentaire



Sédentarité



Facteurs
génétiques



Certains
médicaments



Arrêt du
tabagisme



Facteurs
psychologiques :
stress ...

Les conséquences de l'obésité

Problèmes respiratoires	Problèmes métaboliques	Problèmes cardiovasculaires	Problèmes articulaires et musculaires
Dyspnée	Diabète de type 2	Hypertension artérielle	Arthrose
Apnées du sommeil		Infarctus du myocarde	Gonalgies
		Accident vasculaire cérébral	Lombalgies
		Athérosclérose	

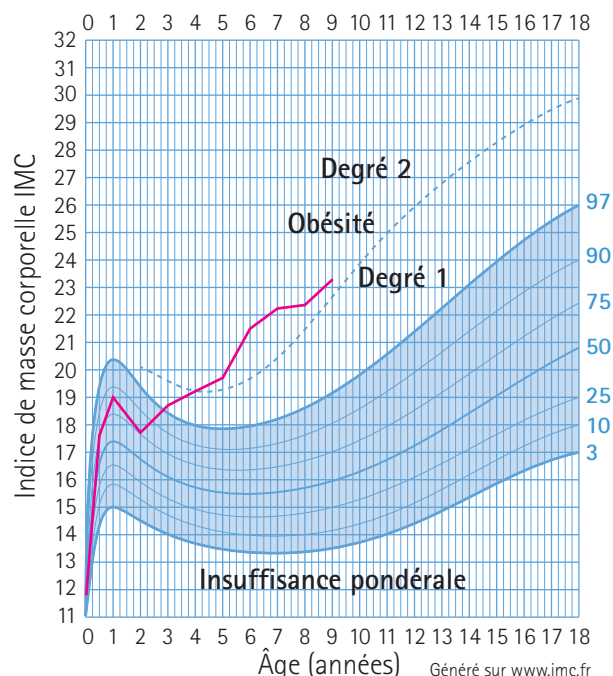
Les traitements de l'obésité

Mesures hygiéno-diététiques	Traitements médicamenteux	Chirurgie bariatrique
Équilibre alimentaire	Molécules anorexigènes ou	Restriction de l'absorption des
Activité physique	empêchant l'absorption des	aliments diminuant l'apport
	lipides	calorique journalier

Je sais dire

- Obésité : accumulation anormale ou excessive de graisse qui présente un risque pour la santé.
- Polyphagie/hyperphagie : trouble du comportement alimentaire consistant en une ingestion de quantités d'aliments trop importantes, sans jamais se sentir rassasié.

je sais faire le jour du bac



Doc. A Courbe de corpulence moyenne pour les garçons âgés de 0 à 18 ans

Pierre est un enfant qui passe beaucoup de temps devant la télévision ou sur sa console de jeux. Il ne pratique aucun sport en dehors de l'école. Il n'aime pas les légumes et en mange très peu. Il privilégie la viande rouge et les œufs, et grignote beaucoup, principalement des sucreries et des chips. À long terme, Pierre s'expose à l'athérosclérose.

Doc. B Le cas de Pierre

Âge (an)	IMC (kg/m ²)
0	12
0,5	17,5
1	19
2	17,8
3	18,7
4	19,3

Âge (an)	IMC (kg/m ²)
5	19,7
6	21,5
7	22,2
8	22,4
9	23,2

- 1 L'IMC dépend de la taille et du poids de l'individu. Indiquer le mode de calcul de l'IMC.

$$\text{IMC} = \frac{\text{Poids (kg)}}{\text{Taille}^2 (\text{m}^2)}$$

- 2 Repérer sur les courbes de corpulence du doc. A les deux périodes qui correspondent à une augmentation normale de l'IMC. Justifier cette augmentation de l'IMC, à l'aide des besoins énergétiques.

Les deux périodes correspondant à une augmentation normale de l'IMC sont 0/1 an et 10/18 ans (adolescence)

Au cours de ces périodes, les besoins énergétiques augmentent pour la croissance des cellules et le développement des organes.

- 3 À l'aide des données du tableau, tracer sur le doc. A la courbe de corpulence de Pierre, IMC en fonction de l'âge.

- 4 Analyser la courbe de corpulence de Pierre. Conclure. L'IMC de Pierre augmente jusqu'à l'âge d'1 an, puis il diminue jusqu'à l'âge de 2 ans. Il se situe dans les valeurs moyennes. À 3 ans, son IMC passe au-dessus des valeurs moyennes. À 5 ans, Pierre atteint le 2^e degré d'obésité. Conclusion : Pierre souffre d'obésité.

- 5 Préciser si cette conclusion était prévisible, compte tenu du mode de vie de Pierre. L'obésité était prévisible à cause du manque d'activité et d'une alimentation déséquilibrée.

18 Les carences nutritionnelles

- ➔ Mettre en relation une carence globale et ses conséquences pathologiques.
- ➔ Mettre en relation une carence spécifique et ses conséquences pathologiques.

Activité 1 Diversité des types et des causes de carences nutritionnelles



fig. 1 Robert Mc Ginnis (1926) présente sur cette lithographie un chargement d'oranges et de citrons. La consommation de ces agrumes va permettre de lutter contre une épidémie de scorbut déclarée à bord du navire

Doc. 1 Le scorbut

Le scorbut est une maladie qui se développait lors de grands voyages maritimes. L'haleine devient de plus en plus fétide et les gencives se putréfient. Des ulcères apparaissent, les dents se déchaussent, les hémorragies se multiplient et le malade finit par mourir. George Anson raconte dans son *Voyage autour du monde* (1751) : « Nous prenions une grande quantité de bonites, de dauphins [...] et le temps était extrêmement pluvieux. [...] Mais malgré cette abondance d'eau et de poissons frais, [...] les malades [atteints de scorbut] ne s'en portèrent pas mieux pour cela. »



« Vous aviez faim... vous aviez faim... ça n'est pas une raison... mais moi aussi presque tous les jours j'ai faim et je ne vole pas pour cela ! »

fig. 2 La disette. Cette caricature de 1845 de Honoré Daumier illustre la pénurie alimentaire qui ne touche qu'une partie de la population



fig. 3 La grève de la faim. Cette couverture du 24 mai 1913 fait référence aux suffragettes anglaises qui, emprisonnées pour avoir demandé le droit de vote des femmes, firent la grève de la faim et furent gavées de force

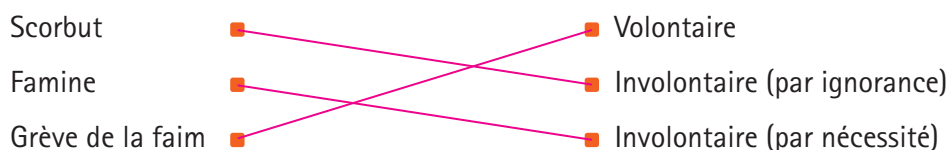
- 1 Après analyses des données du doc. 1 et de la fig. 1, indiquer si le scorbut est dû à un manque global de nourriture (carence globale) ou à l'absence d'un élément particulier (carence spécifique).

La nourriture en quantité suffisante ne suffit pas à guérir. Il faut ajouter un élément contenu dans le citron (vitamine C ou acide ascorbique). C'est une carence spécifique.

- 2 Indiquer le type de carence consécutive à une famine ou à une grève de la faim.

La nourriture n'est pas suffisante pour apporter l'énergie nécessaire. C'est une carence globale.

- 3 Faire correspondre l'adjectif le plus adapté aux causes des trois exemples proposés (fig. 1, 2 et 3).



Activité 2 L'anorexie mentale et ses conséquences

- 1 Commenter l'allure générale de la courbe (fig. 4).

Le poids diminue dans un premier temps jusqu'à s'approcher de 30 kilos, puis remonte et se stabilise.

- 2 Déterminer le temps pendant lequel le poids de cette jeune femme évolue sous la valeur initiale de 57 kg.

Environ 60 mois, soit 5 ans.

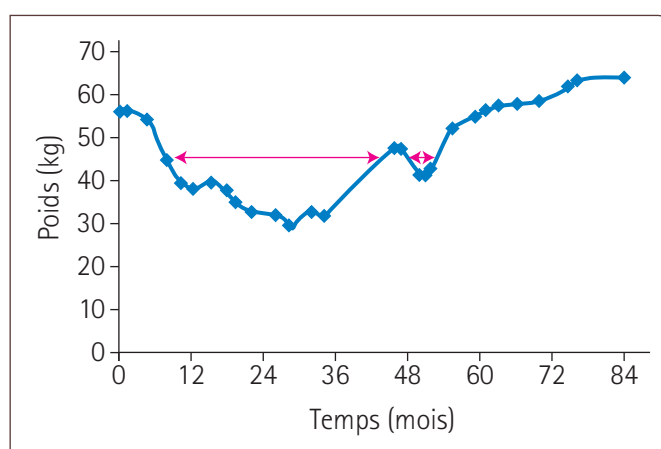


fig. 4 Suivi du poids d'une jeune femme anorexique mesurant 1,60 m. Le temps 0 correspond à ses 15 ans

Activité 3 Population touchée par l'anorexie mentale

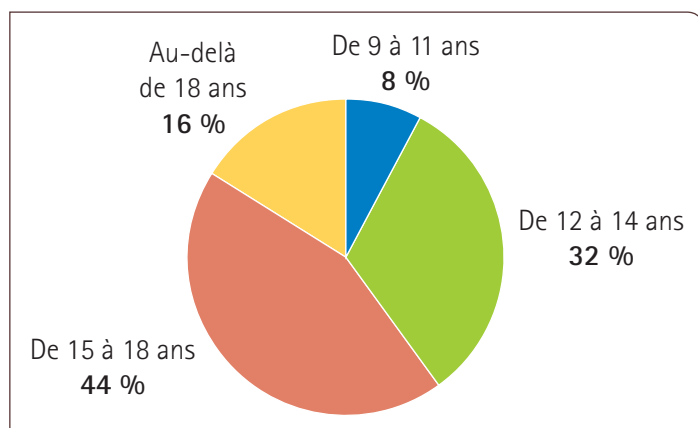


fig. 5 L'anorexie selon l'âge

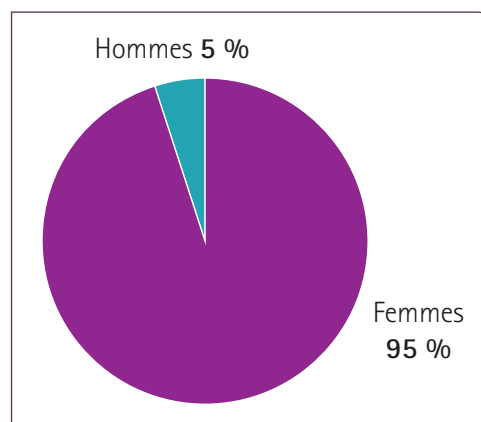


fig. 6 L'anorexie selon le sexe

- Déterminer, d'après les données ci-dessus, les populations principalement touchées par l'anorexie.

Les populations principalement touchées par l'anorexie sont des femmes de 12 à 18 ans.

Activité 4 Diagnostic de l'anorexie mentale



fig. 7 Anorexie mentale

Doc. 2 Le diagnostic de l'anorexie mentale

Des critères cliniques ont été établis par des organismes internationaux :

- Amaigrissement : IMC inférieur à 17.5.
- Restriction alimentaire, rejet de certains aliments, refus de s'alimenter, phases boulimiques, vomissements provoqués, prises de laxatifs.
- Perception biaisée de soi : refus de reconnaître sa maigreur, perception déformée de son corps.
- Influence excessive du poids sur l'estime de soi : peur de grossir.
- Absence de règles depuis au moins 3 mois.

- 1 Sachant que l'indice de masse corporelle vaut $\frac{\text{poids(kg)}}{(\text{taille en m})^2}$ déterminer l'IMC de la patiente étudiée sur la courbe de la fig. 4, à l'âge de 15 ans.

$IMC = 57 / (1,60)^2 = 22,3 \text{ (kg.m}^{-2}\text{)}.$

- 2 Déterminer par des flèches sur le graphe de la fig. 4 les périodes pendant lesquelles le sujet est en anorexie selon le critère de l'IMC.

- 3 La boulimie est définie comme l'ingestion excessive d'aliments, de façon répétitive et durable. Justifier le fait qu'une crise de boulimie est souvent suivie de vomissements provoqués chez la personne anorexique.

La personne anorexique veut contrôler son poids et se fait vomir en cas d'ingestion excessive.

- 4 Compléter la définition simplifiée ci-dessous.

L'anorexie mentale est un trouble du comportement alimentaire, qui touche essentiellement les femmes de moins de 18 ans, et entraîne une privation alimentaire stricte et volontaire pendant plusieurs mois, voire plusieurs années.

- 5 Commenter l'étymologie du terme « anorexie » (a : privatif et orexis : appétit) en insistant sur l'aspect négligé par cette étymologie mais essentiel au diagnostic (doc. 2).

Anorexie : absence d'appétit. L'aspect « restriction volontaire » n'apparaît pas.

- 6 Sir William Gull, médecin de la reine Victoria, décrit l'anorexie mentale qu'il appela dans un premier temps « Apepsia hystérique » avant de lui donner son nom actuel. « Hystericus » signifie utérus en latin et « pepsia » fait référence aux sécrétions de l'estomac. Justifier le changement de nom.

Apepsia : absence de sécrétions de l'estomac. Ce n'est pas le cas. Hystérique : référence aux femmes.

Or certains hommes font également de l'anorexie mentale.

Activité 5 Évolution de la maladie et traitements

Doc. 3 Évolutions de la maladie

À la suite d'un diagnostic d'anorexie, une hospitalisation est organisée. Selon l'âge de la patiente, elle peut débiter en service de pédiatrie ou dans un service de psychiatrie spécialisé dans les troubles des conduites alimentaires.

En cas de risques majeurs pour la santé ($IMC < 13$), le patient rejoint un service de médecine spécialisée, voire de réanimation pour démarrer une renutrition (par des perfusions ou des sondes naso-gastriques). Une hospitalisation de jour est possible lorsque le poids est en cours de stabilisation. Une thérapie familiale peut aussi être envisagée.

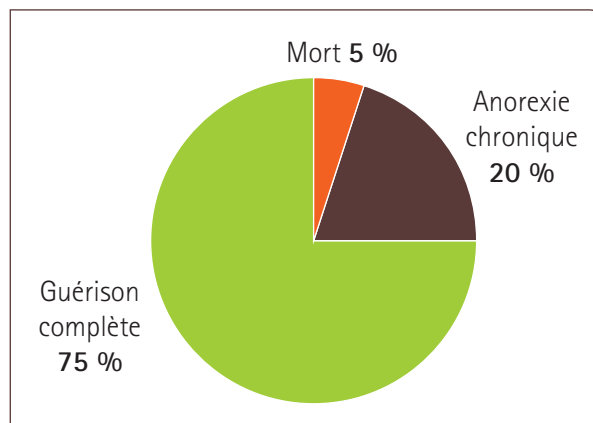


fig. 8 Évolutions de l'anorexie

- 1 Parmi les trois devenir possibles, indiquer celui de la patiente de la fig. 4.

Il semble qu'elle soit guérie totalement, 5 ans après le début des troubles.

- 2 Par rapport à l'utilisation de sondes gastriques, caricaturée sur la fig. 3, donner l'intérêt des perfusions (injection directe dans le sang) dans le cas d'anorexies très graves.

La perfusion permet d'introduire des nutriments directement dans le sang, ce qui évite tout rejet (par vomissement) et un meilleur contrôle (pas de problème d'absorption).

Activité 6 Marasme

- 1 Indiquer la caractéristique physique évidente observable chez l'enfant souffrant de marasme.

La caractéristique physique évidente est un état de maigreur généralisée.

Doc. 4 Pesée d'un enfant atteint de marasme

La photographie reste l'un des médias les plus efficaces afin de permettre à un large public de prendre conscience de situations insupportables. L'image présentée ici a été réalisée dans un camp de déplacés dans le nord de l'Ouganda en 2009.

Peser et mesurer les enfants font partie des premiers actes réalisés par les équipes médicales lors de la prise en charge des personnes déplacées.



fig. 9 Enfant atteint de marasme

- 2 Donner la raison de cette caractéristique.

L'enfant n'a pas mangé suffisamment pendant une longue période (famine).

- 3 Avant de donner une ration alimentaire, l'enfant est pesé. Justifier l'intérêt de cette pesée.

Il s'agit d'ajuster la ration alimentaire au besoin.

- 4 Dans le cas d'une famine, préciser le type de carence.

Il s'agit d'une carence globale (subie).

- 5 Compléter le texte.

La sous-alimentation peut être sévère et mettre la personne en danger de mort. C'est le cas du marasme. Cette maladie apparaît lors de famines..... Les personnes atteintes présentent une extrême maigreur..... et, parfois, une décoloration de la peau et des cheveux. Elles manquent des différents éléments énergétiques apportés par la ration alimentaire..... : protéines, glucides..... et lipides..... C'est une carence globale.....

Activité 7 Le kwashiorkor



fig. 10 Enfant atteint de kwashiorkor

- 1 Le kwashiorkor est une carence alimentaire grave. Indiquer le signe clinique qui permet de différencier immédiatement le kwashiorkor du marasme.

Dans le cas du marasme, la personne est extrêmement maigre. Dans le cas du kwashiorkor, la personne semble gonflée (ventre, pieds et jambes).

- 2 La personne atteinte a des œdèmes (poches d'eau) qui peuvent représenter jusqu'à un tiers de son poids. Expliquer que cela n'a rien à voir avec l'embonpoint.

L'embonpoint est constitué de graisses (lipides) qui témoignent d'une alimentation trop riche.

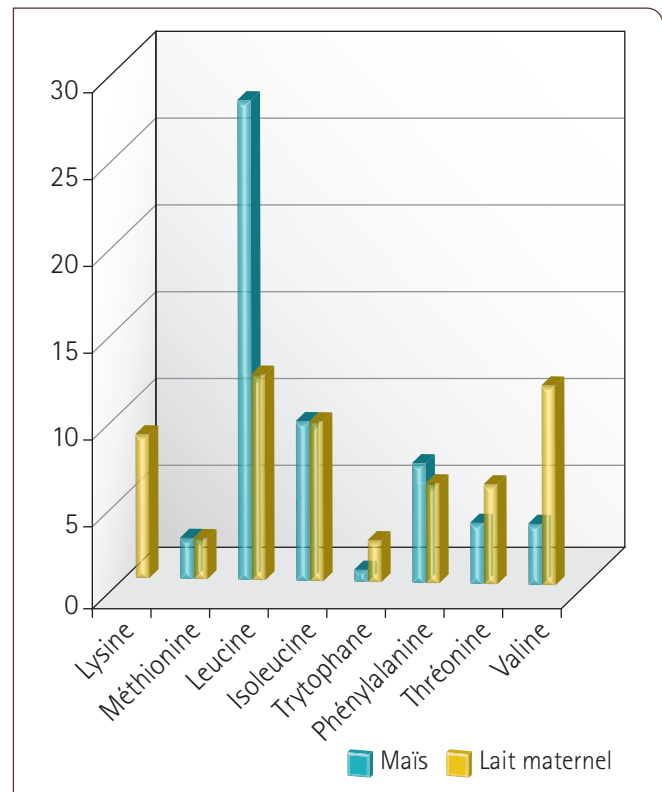


fig. 11 Compositions en acides aminés des protéines du lait et des protéines du maïs

3 Compléter le texte.

Chez de nombreuses personnes atteintes de kwashiorkor, l'apport énergétique de la ration alimentaire est (relativement) suffisant. La ration alimentaire n'apporte pas un type d'élément : il s'agit d'une carence spécifique.

4 À partir de la fig. 11, indiquer le nom des acides aminés présents dans le lait mais absents (ou presque) dans le maïs.

Les acides aminés présents dans le lait mais absents (ou presque) dans le maïs sont la lysine et le tryptophane.

5 Le kwashiorkor apparaît chez les enfants après le sevrage, lorsque les enfants passent d'une nourriture lactée à une nourriture à base de maïs. En s'aidant du doc. 5, indiquer une des causes possibles du kwashiorkor.

Le kwashiorkor est dû (entre autres) à une carence en tryptophane et en lysine.

Doc. 5 Expérience d'Osborne et de Mendel

- De jeunes rats sont nourris avec de la caséine (une protéine du lait). Leur croissance est normale.
- De jeunes rats sont nourris avec la zéine (une protéine végétale pauvre en lysine et en tryptophane). Leur croissance ralentit.
- De jeunes rats sont nourris avec la zéine additionnée de lysine et de tryptophane. Leur croissance est normale.

6 Justifier l'affirmation : « le kwashiorkor est une carence spécifique en protéines ».

La maladie apparaît lorsque l'apport de protéines est trop faible pour fournir les acides aminés indispensables au métabolisme.

7 Indiquer un traitement possible du kwashiorkor.

Un traitement possible du kwashiorkor serait un apport de protéines (animales) ou un ajout à la ration alimentaire de lysine et de tryptophane.

Activité 8 Exemple d'avitaminose : la pellagre**Doc. 6** Description de la pellagre

La pellagre est une maladie dont le syndrome (ensemble des symptômes) est dit des trois D :

- Dermatite : la peau exposée au soleil devient craquelée. Sur la photo de la fig. 12, on observe le « collier de Casal » dû au port d'une chemise à col ouvert.
- Diarrhée.
- Démence puis mort.

La maladie est apparue en Europe, au XVIII^e siècle, en même temps que la consommation croissante du maïs. Cependant, certaines civilisations ont utilisé pendant longtemps le maïs comme culture principale mais n'ont pas connu cette maladie (les Aztèques par exemple). Aujourd'hui, la pellagre concerne essentiellement les pays d'Afrique subsaharienne. En Europe et aux États-Unis, les rares cas sporadiques (isolés) rencontrés concernent des personnes souffrant d'alcoolisme chronique.



fig. 12 Personne souffrant de pellagre

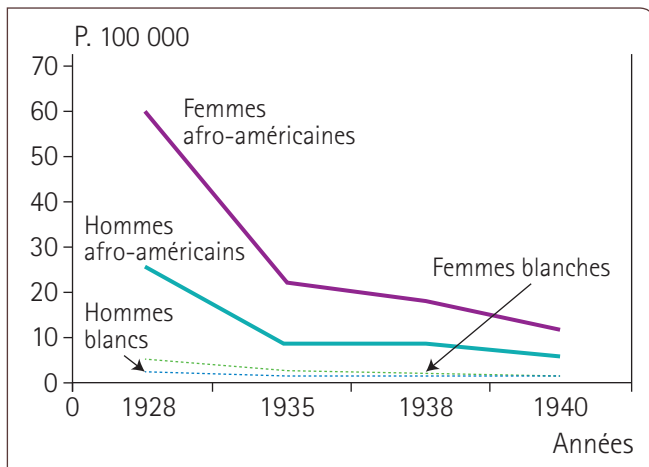


fig. 13 Proportion de décès par pellagre selon le sexe et l'ethnie, aux États-Unis, entre 1928 et 1940

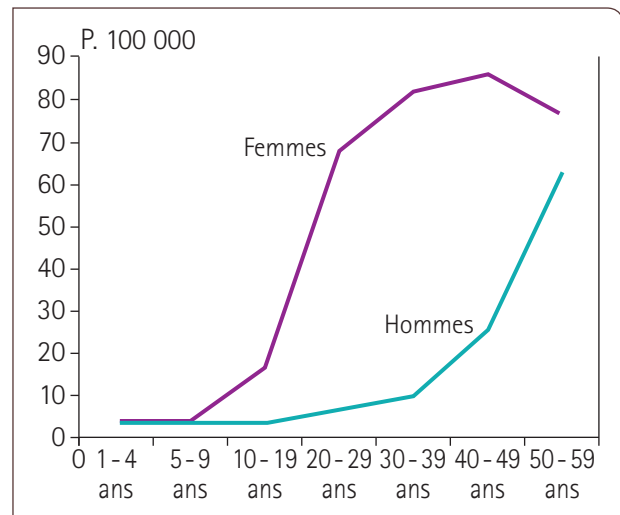


fig. 14 Proportion de décès par pellagre selon le sexe et l'âge, aux États-Unis, entre 1928 et 1940

- 1 Durant de nombreuses années, les médecins ont pensé (à tort) que la pellagre était une maladie infectieuse (due à un micro-organisme). Les médecins pensaient qu'elle était similaire à la célèbre maladie dite du « feu de Saint Antoine » qui est due à un champignon microscopique (l'ergot) qui se développe dans le seigle (une céréale, comme le maïs) puis empoisonne les consommateurs. D'après le doc. 6, justifier cette théorie puis indiquer un élément difficilement compatible avec cette théorie.

La pellagre est corrélée avec la consommation de maïs. On peut imaginer qu'un micro-organisme pathogène s'y développe. Cependant, il est difficile de comprendre l'absence de cette maladie chez les Aztèques ainsi que les cas sporadiques (chez les personnes alcooliques).

- 2 La seconde hypothèse sur l'origine de la maladie est celle d'une carence. Indiquer, à partir du doc. 6 et des fig. 13 et 14, les arguments en faveur de cette hypothèse.

Doc. 6 : Aujourd'hui, la pellagre concerne essentiellement des pays où l'alimentation est insuffisante (Afrique subsaharienne).

Fig. 13 : Dans la première moitié du xx^e siècle, les populations afro-américaines sont très pauvres et ont une alimentation insuffisante.

Fig. 14 : Les femmes sont plus atteintes, en particulier en période fertile. D'un point de vue physiologique, elles ont des besoins accrus. D'un point de vue culturel, elles ont plus de difficultés à avoir accès à la nourriture en période de disette.

Doc. 7 Les expériences de Joseph Goldberger (1874-1929)

Expérience 1 : Il carence en nourriture 12 prisonniers (volontaires). Ces derniers développent une pellagre. Le retour à une alimentation équilibrée permet la guérison des prisonniers.

Expérience 2 : Lui et plusieurs volontaires (dont sa femme) ingèrent quotidiennement des capsules contenant des excréments et des croûtes de patients atteints de pellagre. Aucun ne tombe malade.

Expérience 3 : La maladie de la langue noire des chiens est équivalente à la pellagre de l'homme. Joseph Goldberger provoque cette maladie en carencant en nourriture les chiens. Il constate ensuite la guérison des chiens après ajout de levure à la nourriture.

- 3 Relier chaque expérience du doc. 7 à une interprétation.

- | | | |
|--------------|---|---|
| Expérience 1 | ■ | La levure contient la molécule manquante |
| Expérience 2 | ■ | La pellagre est due à une carence alimentaire |
| Expérience 3 | ■ | La pellagre n'est pas une maladie infectieuse (qui se transmet) |

4 Compléter le texte.

La pellagre est une maladie due à l'absence d'une molécule qui est contenue dans la levure. Cette molécule, appelée niacine, est nécessaire en faible quantité au bon fonctionnement de l'organisme et doit être apportée par l'alimentation : c'est une vitamine. L'absence de cette molécule provoque une carence spécifique.

5 Justifier le terme d'avitaminose employé pour décrire la pellagre, en décomposant le terme.

La pellagre est une maladie (ose) due à l'absence (a) d'une vitamine (vitamin).

6 Compléter le texte à l'aide des doc. 6 et 8.

La niacine est une vitamine. Elle est présente dans le maïs mais elle ne peut pas être absorbée par l'organisme. Les populations qui utilisent le maïs comme source principale d'alimentation ont donc un manque dans un type d'aliment : carence spécifique. Cependant, certaines techniques de préparation du maïs permettent de libérer la niacine du maïs. La population ne développe pas la pellagre.

Doc. 8 Maïs et niacine

La niacine, appelée également vitamine G (en mémoire de Joseph Goldberger) ou vitamine B3 ou vitamine PP, est présente dans de nombreux aliments y compris le maïs. Cependant, l'homme ne peut pas absorber la niacine du maïs. Les Aztèques réalisaient leur farine de maïs par nixtamalisation. Le maïs était trempé une nuit dans de l'eau de chaux. Ce traitement libère la niacine et la rend assimilable.

7 La niacine est une vitamine hydrosoluble (c'est-à-dire soluble dans l'eau). Indiquer le devenir de la niacine lorsqu'un aliment qui en contient est cuit dans de l'eau.

La niacine sort de l'aliment et passe dans l'eau de cuisson.

8 Indiquer, à partir de la question précédente, l'importance des pratiques culinaires dans l'apport vitaminique. On comparera l'apport en vitamines hydrosolubles de légumes bouillis et de légumes cuits à la vapeur.

Dans les légumes bouillis, les vitamines hydrosolubles sont parties (dans le bouillon).

9 L'alcoolisme chronique produit des troubles de l'absorption intestinale. Expliquer l'existence de cas sporadiques de pellagre décrits dans le doc. 6.

Les personnes atteintes d'alcoolisme chronique peuvent ne pas absorber la niacine. Elles développent la pellagre.

10 Justifier l'intérêt des recommandations de la FAO (doc. 9) dans le cadre de la lutte contre la pellagre.

Il s'agit de lutter contre la carence spécifique en niacine, soit en rajoutant de la niacine à la farine de maïs, soit en changeant les habitudes alimentaires (plus grande diversité, autre technique de préparation du maïs).

Doc. 9 Recommandations de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

- Favoriser la diversité alimentaire.
- Ajouter de la niacine à la farine de maïs.
- Réaliser des programmes d'éducation nutritionnelle.
- Donner des comprimés de niacine dans les régions endémiques.

Je construis mon cours

La ration alimentaire doit couvrir les besoins énergétiques (macronutriments) et apporter les éléments essentiels au fonctionnement de l'organisme (micronutriments).

La **malnutrition** correspond à une alimentation déséquilibrée en quantité ou en qualité.

On distingue la suralimentation (qui conduit à **l'obésité**) et la sous-alimentation qui se traduit par des **carences**.

Les carences alimentaires peuvent être **globales** (déficit de toutes les classes d'aliments, comme dans le cas du marasme ou de **l'anorexie**) ou **spécifiques** (déficit en un type de nutriment, comme dans le cas du kwashiorkor ou de **la pellagre**).

Une des causes des carences est l'absence de nourriture disponible (marasme, **kwashiorkor**).

Une autre cause est une mauvaise pratique alimentaire (mauvaise préparation du maïs, dans le cas de **la pellagre**). Enfin, dans certains cas, la carence résulte d'un comportement alimentaire inadéquat « volontaire » (**anorexie**).

La pellagre est une carence **spécifique** due à l'absence de vitamine B3. C'est une **avitaminose**. L'apport de vitamine B3 permet la guérison.

L'anorexie est une carence **globale** due à une alimentation insuffisante. Elle concerne principalement les **jeunes femmes**.

Elles refusent de s'alimenter et souffrent d'une maigreur extrême (cachexie).

Les images omniprésentes de « people » très maigres sont considérées comme un facteur de risque.

Je sais dire

Terme	Définition
Malnutrition	État pathologique causé par la déficience ou l'excès d'un ou plusieurs nutriments.
Carence	État pathologique causé par la déficience d'un ou plusieurs nutriments.
Carence globale	État pathologique causé par un apport insuffisant de nutriments par rapport aux besoins énergétiques.
Carence spécifique	État pathologique causé par un apport insuffisant d'un nutriment nécessaire au fonctionnement de l'organisme.
Avitaminose	Carence spécifique due à l'apport insuffisant d'une vitamine.

je sais faire le jour du bac

La collectivité départementale de Mayotte, territoire français de l'océan Indien, a connu, entre avril et juillet 2004, une augmentation inhabituelle du nombre de décès chez des nourrissons : 32 cas de malades atteints du bérubéri, âgés de 1 à 4 mois, ont été signalés. Le traitement a consisté en l'administration d'une vitamine, la thiamine.

Doc. A Rapport d'investigation de l'Institut de veille sanitaire, 2004

1 Commenter les histogrammes du **doc. B**.

L'ajout de thiamine diminue de manière très importante le nombre de décès des malades atteints de bérubéri.

2 Justifier, à partir du rapport d'investigation du **doc. A**, l'utilisation du terme avitaminose concernant le bérubéri.

L'ajout de thiamine (une vitamine) suffit à guérir le malade, c'est donc bien une avitaminose.

3 Indiquer le type de carence responsable du bérubéri, en justifiant la réponse.

C'est une carence spécifique, car un seul micronutriment est impliqué.

4 Citer l'autre catégorie de carence et donner un exemple.

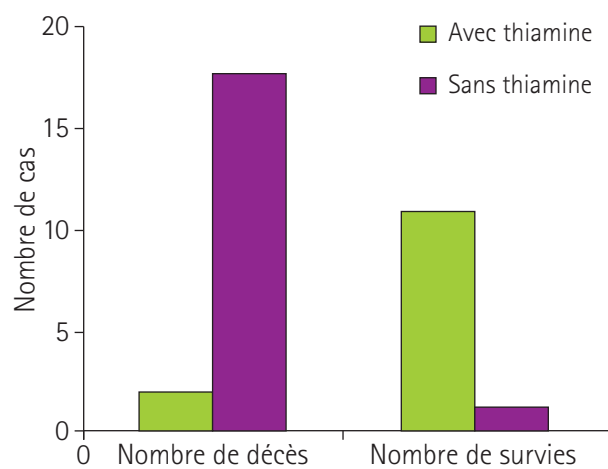
L'autre catégorie de carence est la carence globale dont le marasme est un exemple.

5 Expliquer, à partir du **doc. C**, pourquoi les nobles à la cour du Japon qui se nourrissaient essentiellement de riz blanc étaient plus atteints de bérubéri que le reste de la population.

Le riz blanc contient 5 fois moins de thiamine que le riz brun.

6 Le riz blanc s'obtient par polissage industriel des grains de riz brun. L'enveloppe extérieure, foncée, disparaît alors. Indiquer la localisation de la thiamine dans un grain de riz.

La thiamine est dans l'écorce.



Doc. B Évolution de l'état des malades en fonction du traitement par thiamine reçu en urgence

Germes de blé	1 - 1,5
Œufs de poissons	1 - 1,2
Pois secs, haricots secs	0,4 - 0,8
Porc, jambon	0,6
Lentilles	0,43
Riz blanc	0,06
Riz brun	0,30 - 0,37
Rognons	0,32
Petits pois	0,2 - 0,3
Amandes, cacahuètes	0,25
Pain complet	0,25

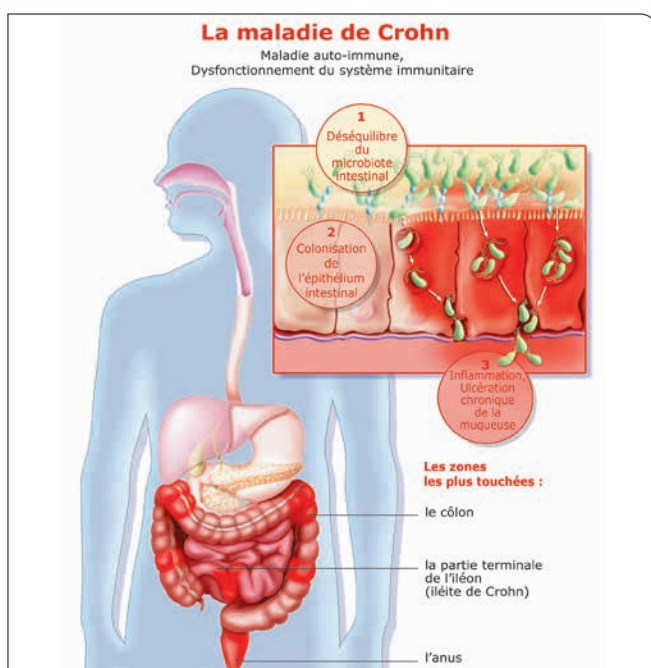
Doc. C Teneur de certains aliments en thiamine, une vitamine (en milligrammes pour 100 g)

19

Exploration du tube digestif par fibroscopie

- ➔ Sur un schéma, localiser les différents organes de l'appareil digestif.
- ➔ Donner le principe de la fibroscopie.
- ➔ Montrer ses intérêts dans l'exploration digestive.
- ➔ Énoncer les risques liés à la technique.

Activité 1 La coloscopie comme outil de diagnostic



Doc. 1 Diagnostic de la maladie de Crohn par coloscopie

À la suite d'une coloscopie, Camille, âgée de 18 ans, apprend qu'elle est atteinte de la maladie de Crohn. Celle-ci se caractérise chez elle par des signes variés (diarrhées, douleurs abdominales, perte de poids). La maladie a atteint la partie terminale de l'intestin grêle. Pour éviter que le côlon ne soit aussi touché, le gastro-entérologue conseille à Camille d'arrêter de fumer.

1 Citer la maladie évoquée dans le doc. 1.

La maladie de Crohn.

2 Renseigner le tableau suivant.

fig. 1 La maladie de Crohn

Qui ? Qui est concerné par la maladie ?	Camille
Quoi ? De quoi souffre le patient ?	<ul style="list-style-type: none"> • Diarrhées • Douleurs abdominales • Perte de poids
Où ? Quelles sont les parties du tube digestif les plus touchées par cette maladie ?	La partie terminale de l'intestin grêle et le côlon
Quand ? À quel âge cette maladie est-elle apparue chez le patient ?	À 18 ans (jeune adulte)
Comment ? Comment diagnostiquer la maladie de Crohn ?	Par coloscopie
Pourquoi ? Pourquoi ce patient doit-il arrêter de fumer ?	Le tabac joue un rôle important dans le développement et l'aggravation de la maladie de Crohn.

Activité 2 La fibroscopie, une technique appliquée à l'exploration du tube digestif

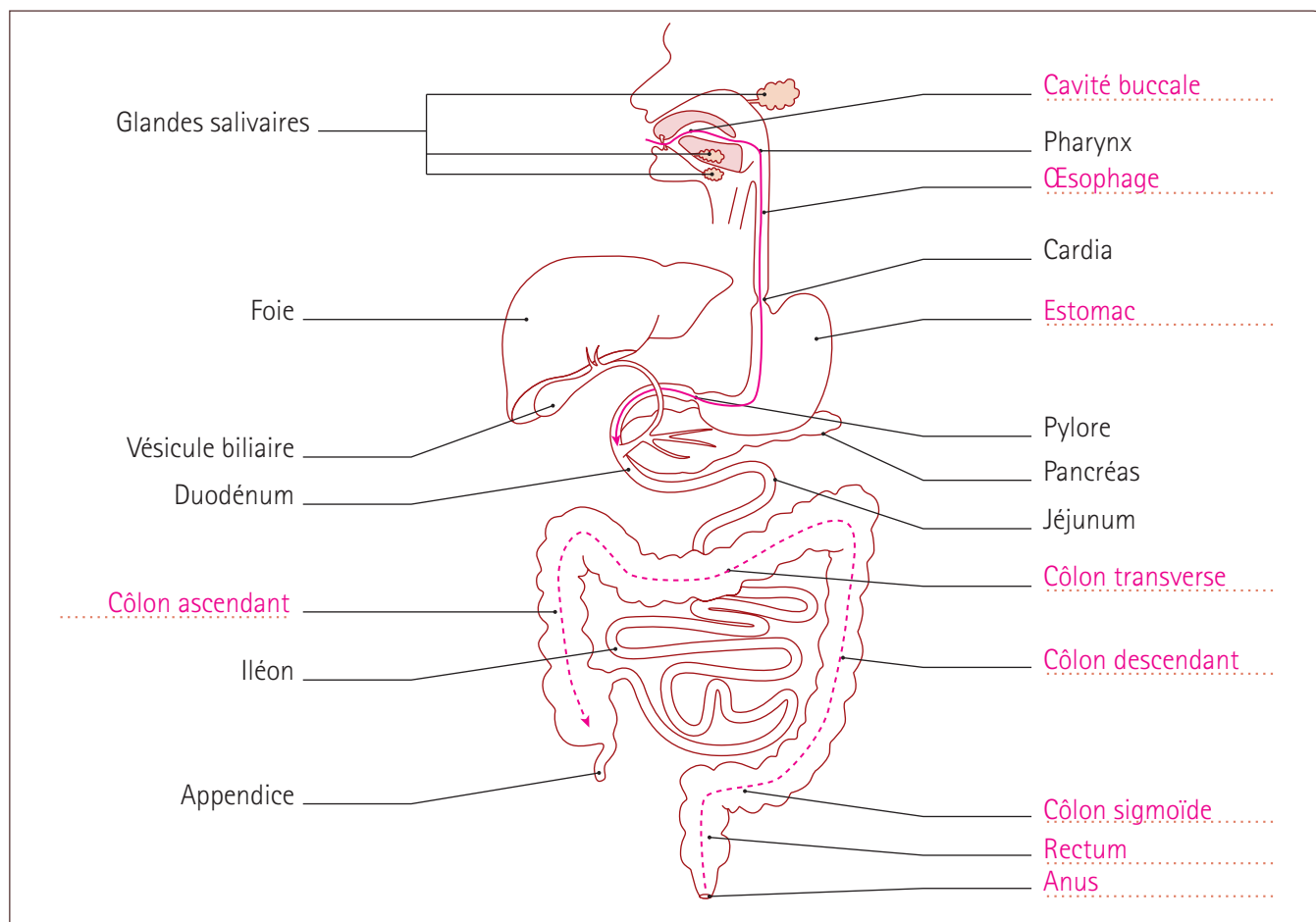


fig. 2 Appareil digestif humain

Doc. 2 Coloscopie ou fibroscopie par voie basse

Pour une coloscopie ou fibroscopie par voie basse, le gastro-entérologue introduit un fibroscope par l'anus pour explorer la paroi interne du gros intestin. La coloscopie est réalisée après un régime appauvri en fibres suivi d'une préparation purgative (lavement), qui ont pour but d'éliminer toute matière fécale dans la lumière intestinale. Elle nécessite le plus souvent une sédation ou une anesthésie. L'examen peut être pratiqué en cas de diarrhée chronique, de selles hémorragiques, de douleurs abdominales, d'antécédents familiaux de cancers coliques...

Doc. 3 Fibroscopie digestive haute

Pour une fibroscopie digestive haute, le gastro-entérologue introduit un fibroscope par la bouche du patient pour explorer la paroi interne de l'œsophage, de l'estomac et du duodénum. La fibroscopie digestive haute est réalisée à jeun. Quand elle est répétée ou pour des sujets sensibles, elle peut être réalisée sous anesthésie. L'examen peut être pratiqué en cas d'hématémèse (vomissement de sang), de gastralgies (douleurs au niveau de l'estomac), de crampes ou de brûlures dans la région supérieure de l'abdomen, de nausées et de reflux gastro-œsophagiens...

- 1 Tracer en vert sur la fig. 2 le trajet suivi par le fibroscope en cas d'une coloscopie.
- 2 Tracer en rouge sur la fig. 2 le trajet suivi par le fibroscope en cas d'une fibroscopie digestive haute.
- 3 Légender la fig. 2.

Activité 3 Comment fonctionne un fibroscope ?

Doc. 4 Fibroscope, appareil adapté à l'exploration des organes digestifs en profondeur

La fibroscopie digestive, également appelée endoscopie (endo- = à l'intérieur) digestive, donne une image en direct de l'intérieur des organes digestifs, grâce à une illumination et à une vision par des fibres optiques. L'examen se fait en introduisant par voie buccale ou par voie anale un fibroscope ou endoscope.

Le fibroscope est constitué d'un tube souple contenant une source lumineuse pour éclairer l'intérieur des

organes et un système optique pour les visualiser. Le fibroscope est muni d'orifices où passent des instruments servant à faire des prélèvements (biopsies) et à enlever des excroissances ou morceaux de tissu excédentaire qui apparaissent sur la paroi digestive, comme les polypes qui peuvent évoluer en cancer. Il transmet l'image dans l'ocilleton de l'appareil ou capte une image qui est numérisée et affichée sur un écran.

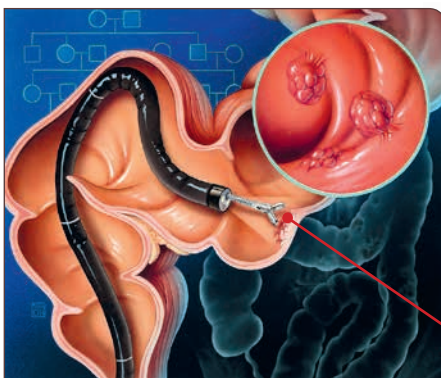


fig. 3 Fibroscope



- 1 À l'aide du doc. 4, présenter la technique de la fibroscopie digestive (ou endoscopie digestive) en mettant en évidence son principe et énoncer deux applications médicales de cette technique.

Cette technique repose sur l'utilisation de fibres optiques. Elle permet de visualiser la paroi interne des organes digestifs en introduisant par voie buccale ou par voie anale un fibroscope. Celui-ci est constitué d'un tube souple contenant une source lumineuse pour éclairer l'intérieur des organes et d'un système optique pour les visualiser. La fibroscopie digestive permet de diagnostiquer différentes maladies telles que la maladie de Crohn, le cancer colorectal...

- 2 À l'aide du doc. 4, lister les éléments constitutifs d'un fibroscope.

Des fibres optiques amènent la lumière dans la cavité explorée, d'autres transmettent l'image au médecin, et des orifices permettant l'introduction d'instruments servent à faire des biopsies ou à enlever des polypes.

- 3 En termes de diagnostic, préciser ce que la fibroscopie peut apporter de plus qu'un cliché radiographique.

L'image 3D en temps réel (forme, couleur, texture de l'organe exploré) apporte une confirmation rapide d'un diagnostic posé. L'analyse d'un prélèvement éventuel peut préciser le diagnostic.

Activité 4 Quels sont les intérêts et les risques d'une fibroscopie digestive ?

Doc. 5 Intérêts de la fibroscopie

La fibroscopie permet l'exploration par visualisation directe ainsi que photographique et même cinématographique (télévision, vidéo comprise) de la muqueuse des organes digestifs tels que l'œsophage, le duodénum, le côlon etc. La fibroscopie permet également le prélèvement d'échantillons (biopsies) de cette muqueuse pour les analyser. Enfin, les endoscopes, de façon générale, sont munis d'instruments chirurgicaux comme une pince adaptée pour saisir et retirer un corps étranger de l'intérieur d'une cavité digestive et une anse qui permet d'enlever des polypes.

2 À l'aide du doc. 5, lire et interpréter les clichés coloscopiques des fig. 4 et 5.

Le cliché A représente un côlon sain alors que le cliché B montre une excroissance, un polype.

3 Justifier l'intérêt de la coloscopie pour le patient B.

La coloscopie permet de diagnostiquer et de traiter les polypes colorectaux.

1 À l'aide du doc. 5, compléter le tableau suivant qui précise les intérêts de la fibroscopie.

Intérêt préventif	Intérêt thérapeutique
Ablation de polypes	Traiter la pathologie par la réalisation d'ablation.

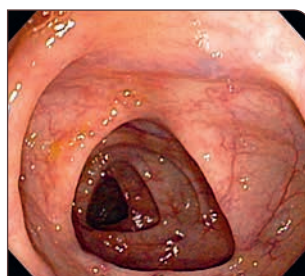


fig. 4 Cliché A

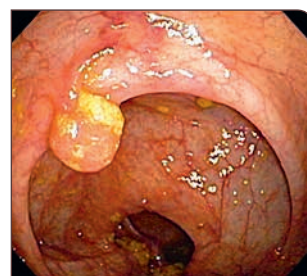


fig. 5 Cliché B

Doc. 6 Complications pendant ou après la fibroscopie digestive

Outre les complications propres à l'anesthésie, l'exploration du tube digestif par fibroscopie présente un risque de complication. Les complications de la fibroscopie sont exceptionnelles. Ce sont en particulier : la perforation, l'hémorragie et l'infection nosocomiale. Dans les conditions de nettoyage, désinfection et stérilisation validées et recommandées par la Société française d'endoscopie digestive, aucun cas de transmission d'infections virales (hépatite B, hépatite C, sida...) n'a à ce jour été décrit.

Les complications peuvent nécessiter une hospitalisation. Elles peuvent être favorisées par des antécédents médico-chirurgicaux ou par la prise de certains traitements. Il est donc important de bien donner l'ensemble de ces informations au médecin avant l'examen. Toutes ces complications apparaissent le plus souvent lors de l'endoscopie, mais peuvent également se révéler quelques jours après l'examen (douleurs abdominales, sang dans les selles, fièvre...).

4 Sur le doc. 6, surligner les risques de la fibroscopie digestive.

5 Indiquer si les propositions sont vraies ou fausses et rectifier celles qui sont fausses.

Proposition	Vrai	Faux	Justification
Durant les 3 jours précédant une coloscopie, il faut suivre un régime strict riche en fibres.		X	Il faut un régime appauvri en fibres.
La veille d'une coloscopie, il faut boire une préparation de laxatif.	X		
Avant une coloscopie, des médicaments tels que des anticoagulants peuvent être pris.		X	Jamais d'anticoagulants avant une opération.

Je construis mon cours

Le fibroscope est constitué de trois éléments :



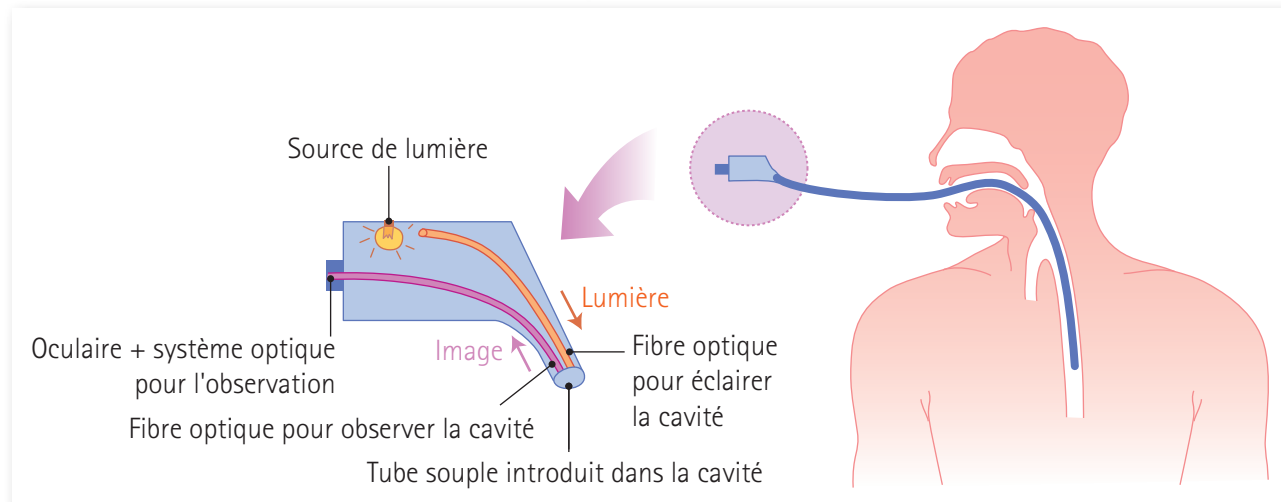
Lumière.....



Caméra.....



Pince.....



Principe

Cette technique repose sur l'utilisation de fibres optiques..... Elle permet de visualiser la paroi interne..... des organes digestifs en introduisant par voie buccale ou par voie anale un fibroscope..... Celui-ci est constitué d'un tube souple contenant une source lumineuse pour éclairer..... l'intérieur des organes et d'un système optique pour les visualiser.....

Intérêts

La fibroscopie est à visée diagnostique..... et thérapeutique.....

Risques

Les complications majeures de la fibroscopie sont la perforation....., l'hémorragie..... et l'infection.....

Je sais dire

Symptômes	Signification	Organe(s) exploré(s)	Examen pratiqué
<u>Gastralgie</u>	Douleur de l'estomac	Estomac	Gastroscopie
<u>Hématémèse</u>	Vomissement de sang d'origine digestive	Estomac Œsophage	Gastroscopie Œsophagoscopie
Troubles du transit intestinal	<u>Constipation ou diarrhée</u>	Côlon	<u>Coloscopie</u>

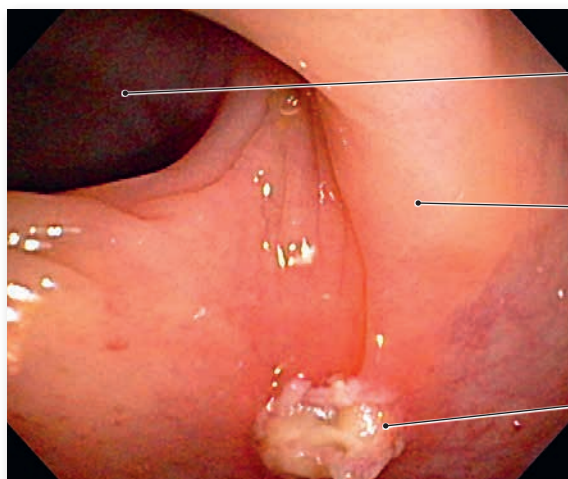
je sais faire le jour du bac

M. X., âgé de 70 ans, présente des saignements dans ses selles. Son médecin traitant l'oriente chez un confrère spécialisé en gastro-entérologie. Le spécialiste interroge M. X. et apprend que celui-ci souffre de saignements du rectum depuis des semaines. Suspectant un cancer colorectal, il lui prescrit une fibroscopie par voie basse ou coloscopie.

- 1** Définir le terme fibroscopie. Expliquer le principe de cette technique.

Cette technique repose sur l'utilisation de fibres optiques. Elle permet de visualiser la paroi interne des organes digestifs en introduisant par voie buccale ou par voie anale un fibroscope. Celui-ci est constitué d'un tube souple contenant une source lumineuse pour éclairer l'intérieur des organes et d'un système optique pour les visualiser.

- 2** Annoter le cliché endoscopique ci-dessous.



Lumière du côlon

Muqueuse colique (paroi)

Polype

- 3** Indiquer l'anomalie observée sur cette fibroscopie par rapport à un côlon normal, et indiquer pourquoi le spécialiste procède à son ablation.

Un polype volumineux est apparu au niveau du côlon, ce qui peut expliquer la présence de sang dans les selles. Il est souhaitable qu'il soit retiré pendant la coloscopie par polypectomie, car il présente un risque d'évolution en cancer colorectal.

20

Anatomie et histologie
du tube digestif

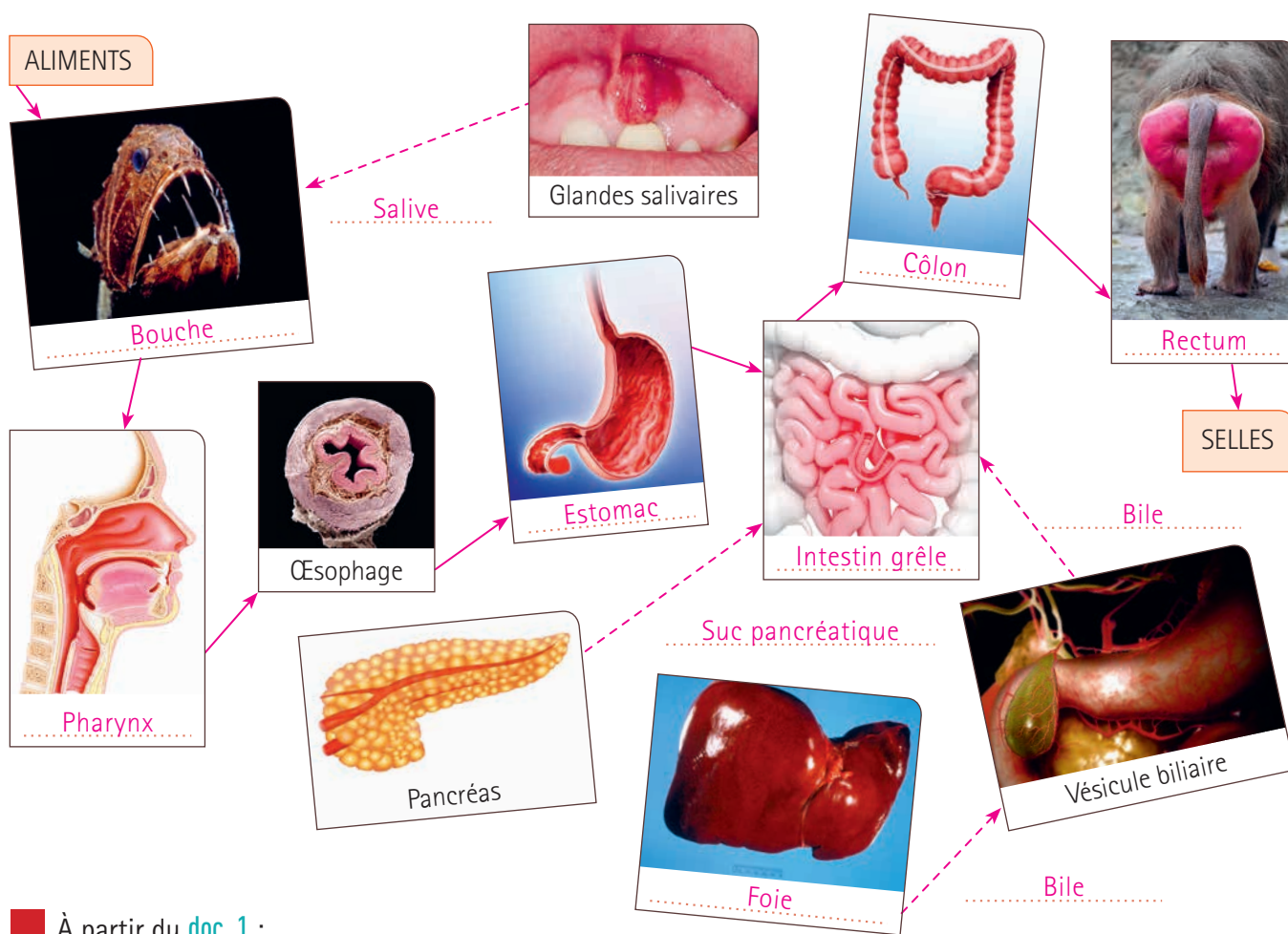
- Sur un schéma, localiser les différents organes de l'appareil digestif.
- À partir d'observations microscopiques, mettre en évidence les quatre tuniques du tube digestif.

Activité 1 Présentation de l'appareil digestif

Doc. 1 Présentation de l'appareil digestif

L'appareil digestif est constitué d'un tube digestif qui consiste en une succession de 7 organes creux (bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestin, côlon, rectum) et d'organes annexes (glandes salivaires qui produisent la salive et la déversent dans la bouche, foie qui produit de la bile qui est stockée dans la vésicule biliaire avant d'être déversée dans le duodénum, pancréas qui produit des sécrétions déversées dans le duodénum).

L'estomac est délimité par 2 sphincters : le cardia en partie haute et le pylore en partie basse (avant l'intestin). L'intestin est divisé en 3 parties : le duodénum, le jéjunum et l'iléon. À la jonction de l'intestin grêle et du côlon, on observe un petit sac appelé appendice. Le côlon est divisé en côlon ascendant, côlon transversal, côlon descendant et côlon sigmoïde. Il est suivi du rectum constitué de l'ampoule rectale, du canal anal et de l'anus.



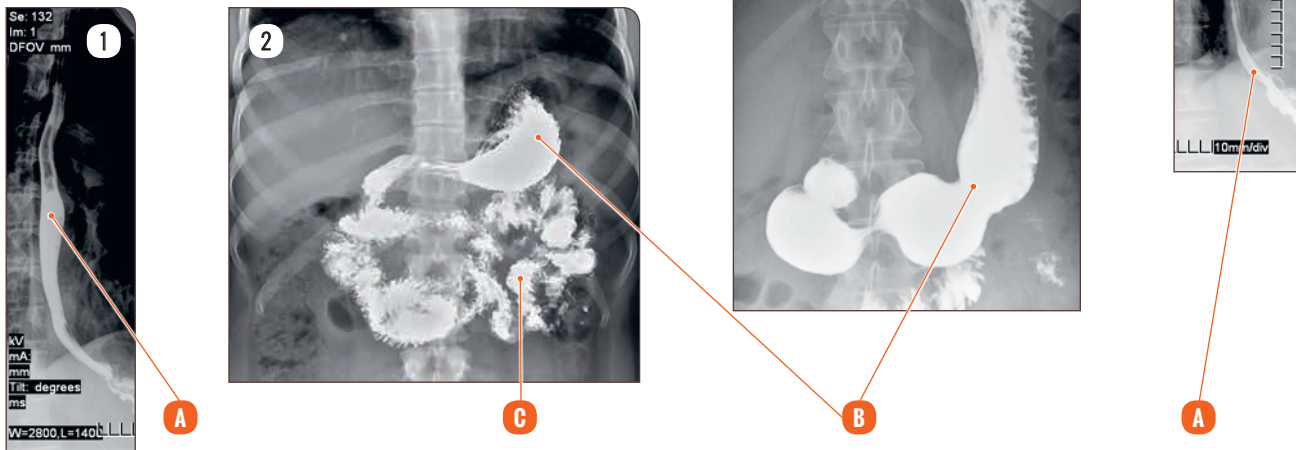
À partir du doc. 1 :

- compléter le nom des différents organes ;
- tracer le trajet des aliments jusqu'à leur transformation en selles en rouge ;
- tracer le trajet des différentes sécrétions en vert et préciser leurs noms.

Activité 2 Suivi du cheminement des aliments dans le tube digestif

Doc. 2 Le TOGD

Le TOGD (transit œso-gastro-duodénal) est un examen radiologique qui permet d'observer la partie haute du tube digestif. Le patient ingère des gorgées d'un produit de contraste, à base de baryum. Une série de clichés de durée brève est effectuée au cours du temps. Le suivi du produit permet de vérifier l'absence de rétrécissement pouvant gêner le passage des aliments.



1 Justifier l'appellation TOGD de cette technique en indiquant les organes ou parties d'organes observables.

Le TOGD permet d'observer l'œsophage (O), l'estomac (G pour gastro), et la partie haute de l'intestin, le duodénum (D).

2 À partir de l'activité précédente, nommer les organes A, B et C du tube digestif observés sur chacun des clichés.

A = œsophage, B = estomac, C = intestin grêle.

3 Ordonner les clichés 1 à 4, selon l'ordre de passage des produits dans le tube digestif.

Si l'on suit l'ordre de passage des produits dans le tube digestif, l'ordre des clichés est : 1, 4, 3, 2.

4 Seule une radiographie avec un produit de contraste (fig. 1) permet d'observer un rétrécissement au niveau du pylore de l'estomac. Justifier.

Le produit s'accumule au niveau du pylore (en raison d'une hypertrophie du sphincter).

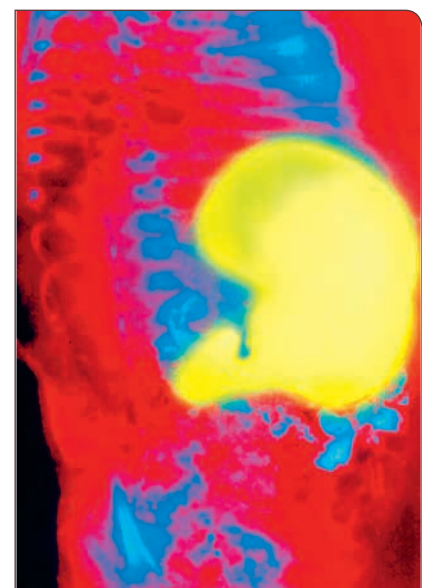


fig. 1 Mise en évidence d'un rétrécissement

Activité 3 Passage du carrefour aérodigestif

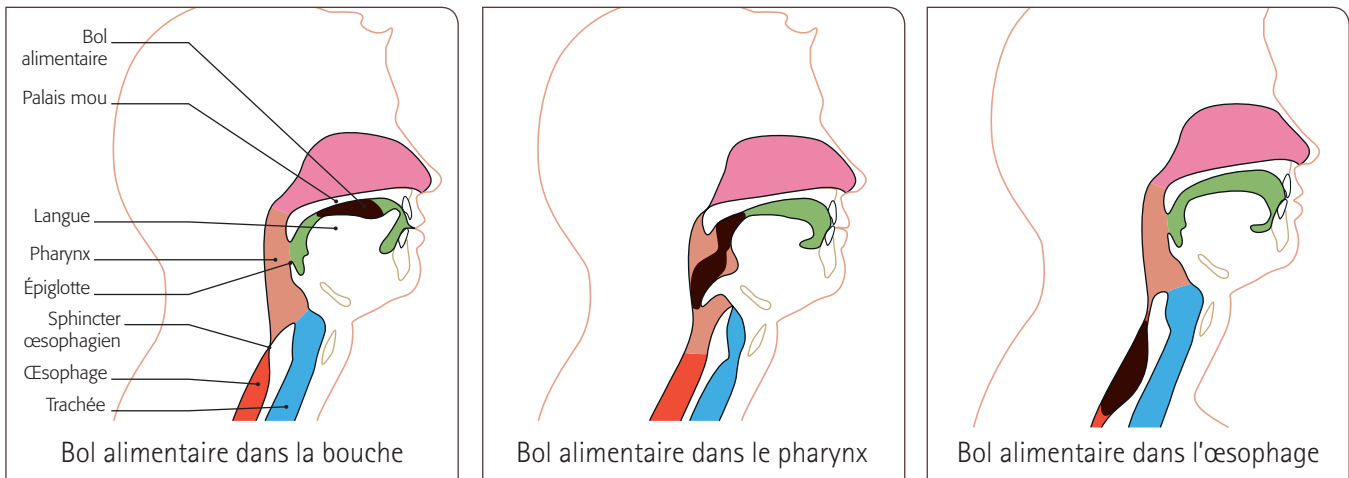


fig. 2 Anatomie et fonctionnement du carrefour aéro-digestif. La cavité nasale est colorisée en rose, le pharynx en marron, la cavité buccale en vert, la trachée en bleu, l'œsophage en rouge

- 1 L'œsophage conduit à l'estomac, tandis que la trachée conduit aux poumons. Expliciter le phénomène de « fausse route ».

Un aliment peut en théorie entrer dans la trachée (ou dans les cavités nasales).

- 2 Compléter le tableau.

	Trachée	Œsophage	Intérêt pour le bol alimentaire	Intérêt pour la respiration
Bol alimentaire dans la bouche	Ouverte	Fermé	Aucun.	L'air peut entrer jusqu'aux poumons.
Bol alimentaire dans le pharynx	Fermée	Ouvert	Entre uniquement dans l'œsophage.	Les aliments ne peuvent pas bloquer les voies respiratoires ni les fosses nasales.
Bol alimentaire dans l'œsophage	Ouverte	Fermé	Le bol alimentaire ne remonte pas.	L'air entre à nouveau jusqu'aux poumons.

- 3 Un sphincter est la partie d'un tube qui peut se contracter et empêcher tout passage. Indiquer les différents moyens de fermeture des voies respiratoires et digestives.

L'épiglote bascule en arrière et vers le bas, ce qui bloque les voies respiratoires. Le sphincter œsophagien peut se contracter, ce qui bloque les voies digestives. Le palais mou bloque les cavités nasales.

Activité 4 Du carrefour duodénal au rectum

Doc. 3 Description du carrefour duodénal

L'estomac est délimité par deux sphincters : le cardia et le pylore. L'intestin grêle est divisé en trois parties : le duodénum, le jéjunum et l'iléon. À l'entrée du duodénum, deux canaux se déversent dans l'ampoule de Vater permettant l'apport de sucs pancréatiques et de bile nécessaires à la digestion. La bile est produite dans le foie en grande quantité et est stockée dans la vésicule biliaire.

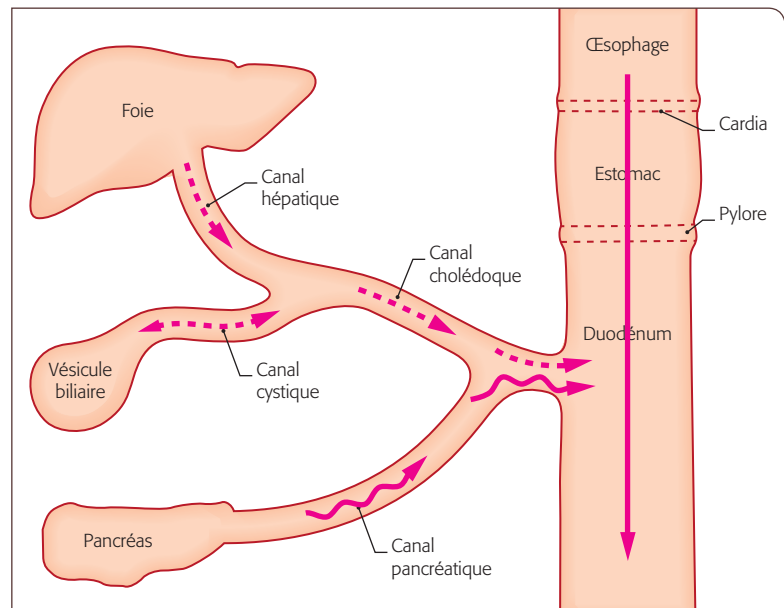


fig. 3 Le carrefour duodénal

1 Indiquer sur le schéma le sens de circulation du bol alimentaire (en rouge), de la bile (en vert) et des sucs pancréatiques (en bleu).

2 Compléter les légendes du schéma ci-contre à partir des indications données dans le doc. 3.

3 En utilisant les indications du doc. 1 et en revenant aux définitions des termes « ascendant » (vers le haut), « transversal » (à travers), « descendant » (vers le bas) et « sigmoïde » (en forme de S), légender la fig. 4.

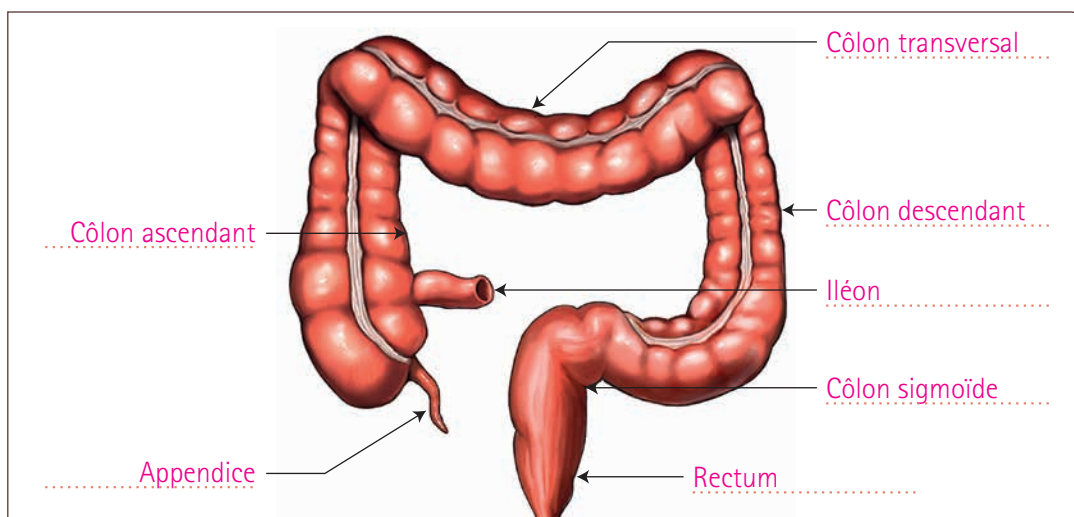
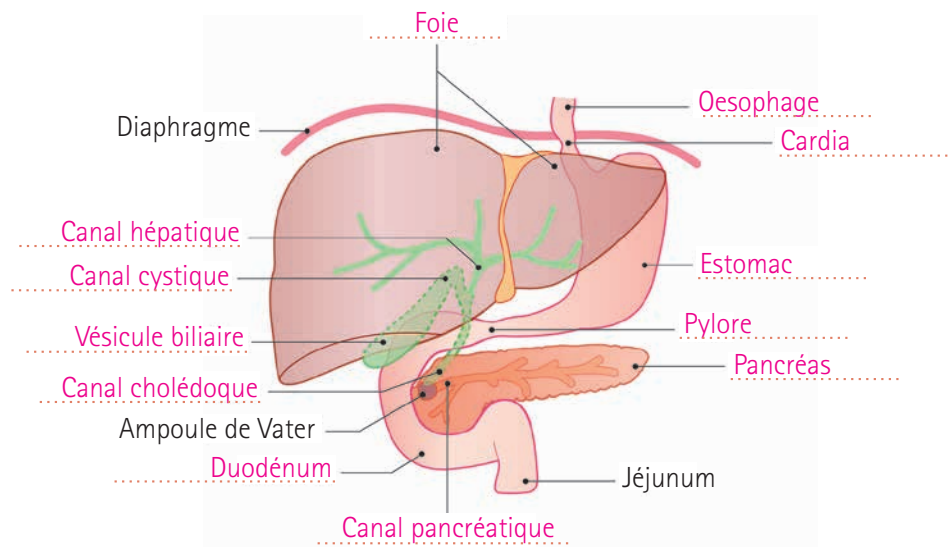


fig. 4 Division du côlon

Activité 5 Histologie du tube digestif

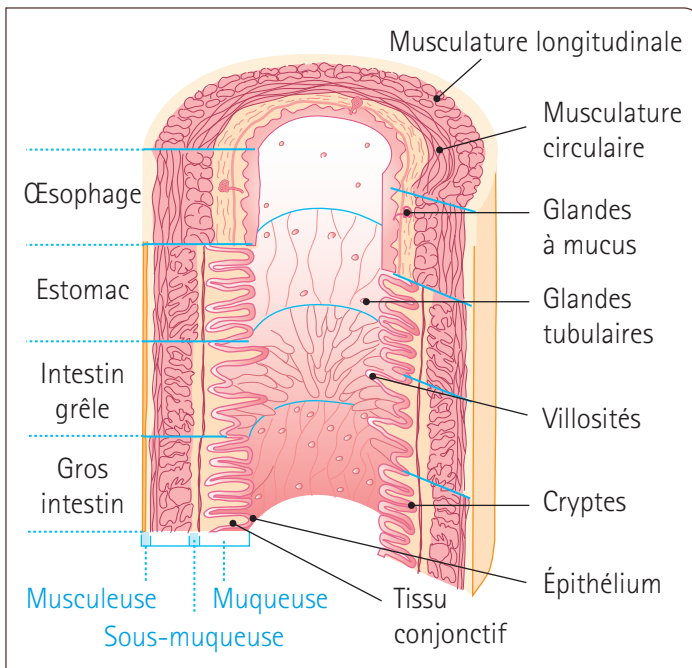


fig. 5 L'organisation histologique de 4 segments du tube digestif

Doc. 4 Les différentes couches de la paroi du tube digestif

La muqueuse est au contact de la lumière (la cavité) du tube digestif. Elle est composée d'épithéliums (frontières) et de tissu conjonctif. La sous-muqueuse sépare la muqueuse de la musculeuse.

La musculeuse est un tissu composé de cellules musculaires organisées dans deux sens (circulaire et longitudinal).

La séreuse est la plus éloignée de la lumière du tube digestif.

1 Donner les points communs au niveau structural dans l'organisation des quatre organes décrits dans le doc.4 et schématisés sur la fig. 5.

On distingue dans chacun des cas quatre couches : muqueuse, sous-muqueuse, musculeuse, séreuse.

2 Légender les coupes transversales suivantes.



Coupe transversale d'œsophage

Lumière du tube
digestif
Muqueuse
Sous-muqueuse
Musculeuse
Séreuse



Coupe transversale d'estomac

3 Commenter la répartition des différents types de muscles dans l'œsophage (doc. 5) en tenant compte du phénomène de déglutition.

La déglutition a lieu en haut de l'œsophage. C'est un phénomène volontaire qui nécessite des muscles commandés par la volonté (muscles striés).

Doc. 5 Répartition des deux types de muscles dans la musculeuse de l'œsophage

	Muscles lisses (non commandés par la volonté)	Muscles striés (commandés par le volonté)
1/3 supérieur de l'œsophage	+	++++
1/3 intermédiaire de l'œsophage	++	++
1/3 inférieur de l'œsophage	++++	+

4 Relier les particularités de chaque organe à leur fonction.

Organe	Particularité	Fonction
Œsophage	Épithélium épais	Acidification du milieu afin de dégrader les aliments
	Glande à mucus*	Augmente la surface d'échange
Estomac	Glande tubulaire, productrices d'acide chlorhydrique	Protection de l'organe vis-à-vis des agressions physiques et chimiques
Intestin grêle	Villosités**	Permet aux nutriments d'atteindre facilement les vaisseaux sanguins
	Épithélium mince (monostratifié)	Favorise le glissement des aliments

*Mucus : substance lubrifiante

**Villosités : repliement de l'épithélium

Activité 6 Pathologies du tube digestif

1 En utilisant le doc. 6, définir les termes du tableau.

Appendicectomie	Ablation de l'appendice
Appendicite	Inflammation de l'appendice
Péritonite (la première partie du mot provient de péritoine)	Inflammation du péritoine
Gastralgie	Douleurs de l'estomac
Gastro-entérite	Inflammation de l'estomac et de l'intestin grêle
Rectorragie	Écoulement de sang par l'anus

Doc. 6 Suffixes utilisés pour indiquer des pathologies

Suffixe	Signification
-ite	inflammation
-ectomie	ablation
-rragie	écoulement
-algie	douleur

2 Une appendicite non opérée peut dégénérer en péritonite. Rappeler le rôle du péritoine.

Le péritoine est une séreuse qui protège les viscères de l'abdomen.

3 La péritonite issue de l'appendicite est due à la présence de microorganismes. Indiquer l'origine de ces microorganismes.

Les microorganismes présents dans le tube digestif peuvent entrer dans la cavité protégée par le péritoine lors des lésions issues de l'inflammation de l'appendicite.

4 La péritonite entraîne rapidement une septicémie (infection qui se propage par le sang à tout l'organisme). En déduire une remarque sur la vascularisation du péritoine.

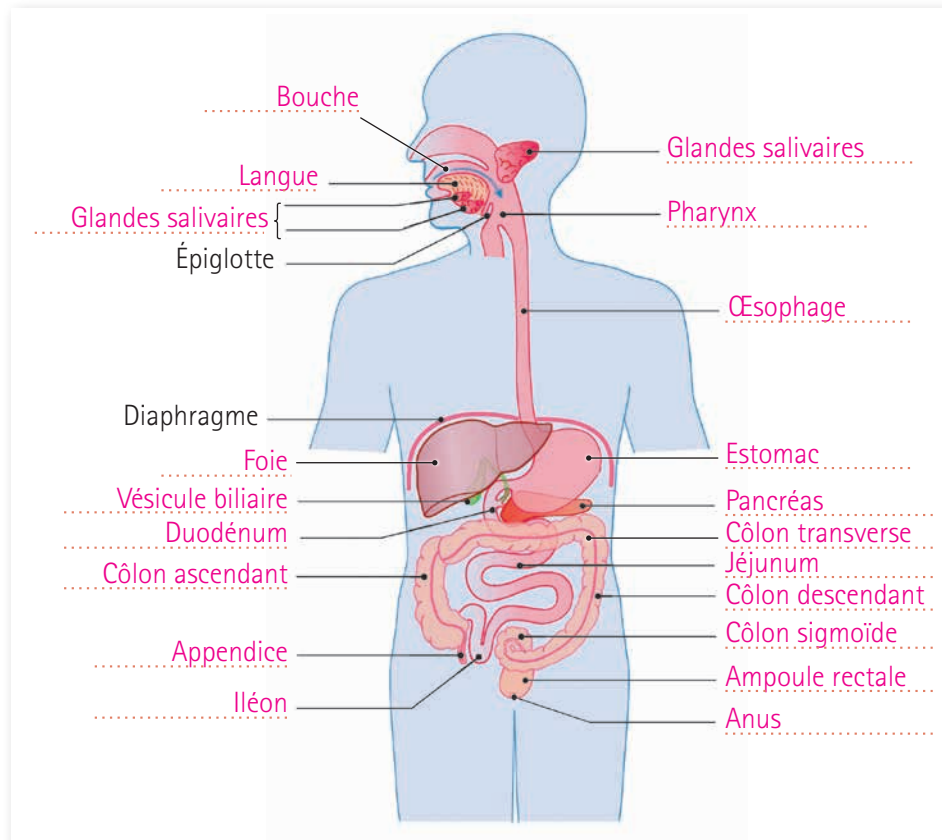
Le péritoine est très richement vascularisé.

Je construis mon cours

L'appareil digestif est composé du tube digestif et d'organes annexes.

Le tube digestif est une succession de sept organes creux. Le bol alimentaire le parcourt en se transformant peu à peu.

Tous les organes du tube digestif ont une paroi organisée en quatre couches qui sont, en partant de la lumière : la muqueuse, la sous-muqueuse, la musculaire et la séreuse (ou adventice).



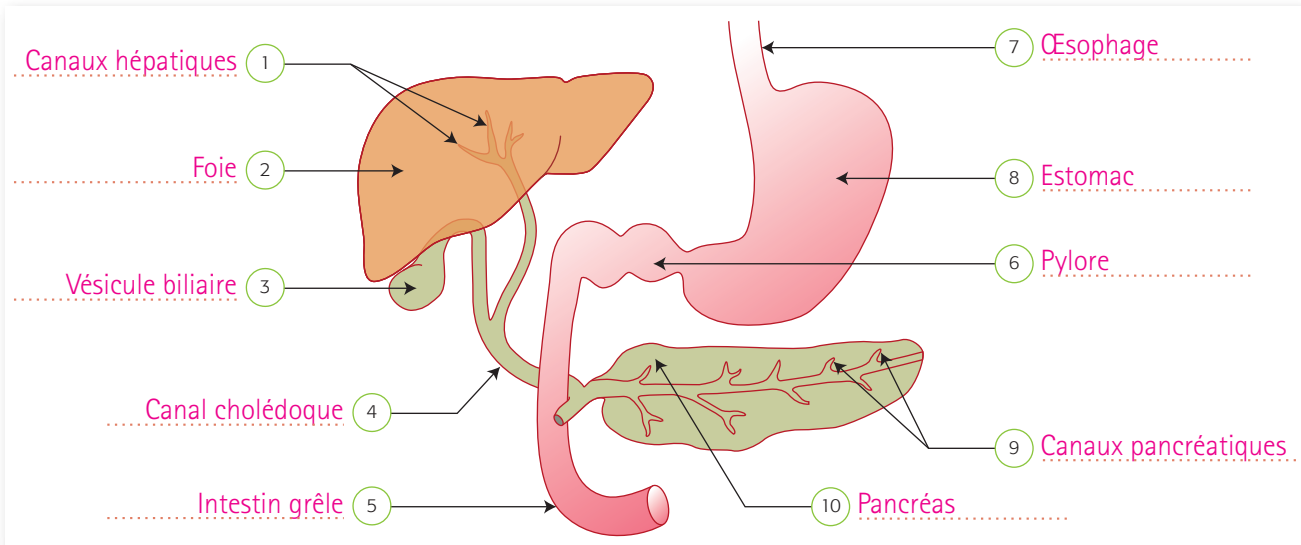
Je sais dire

Bucc(o)	Bouche
Chol(é)	Bile
Cholecyst(o)	Vésicule biliaire
Col(o)	<u>Côlon</u>
Duodén(o)	<u>Duodénum</u>

Enter(o)	<u>Intestin grêle</u>
Gastr(o)	Estomac
Gloss(o)	Langue
Hepat(o)	<u>Foie</u>
Jejun(o)	<u>Jéjunum</u>
Ile(o)	<u>Iléon</u>

Œsophag(o)	<u>Œsophage</u>
Pharyng(o)	<u>Pharynx</u>
Proct(o)	Rectum, anus
Rect(o)	<u>Rectum</u>
Stomat(o)	Bouche

je sais faire le jour du bac



Doc. A

1 Légender le schéma du doc. A.

2 Nommer la région de l'intestin grêle dans laquelle se déverse le suc pancréatique.

La région de l'intestin grêle dans laquelle se déverse le suc pancréatique est le duodénum.

3 Nommer la substance qui s'accumule dans la structure 3.

La substance qui s'accumule dans la structure 3 est la bile.

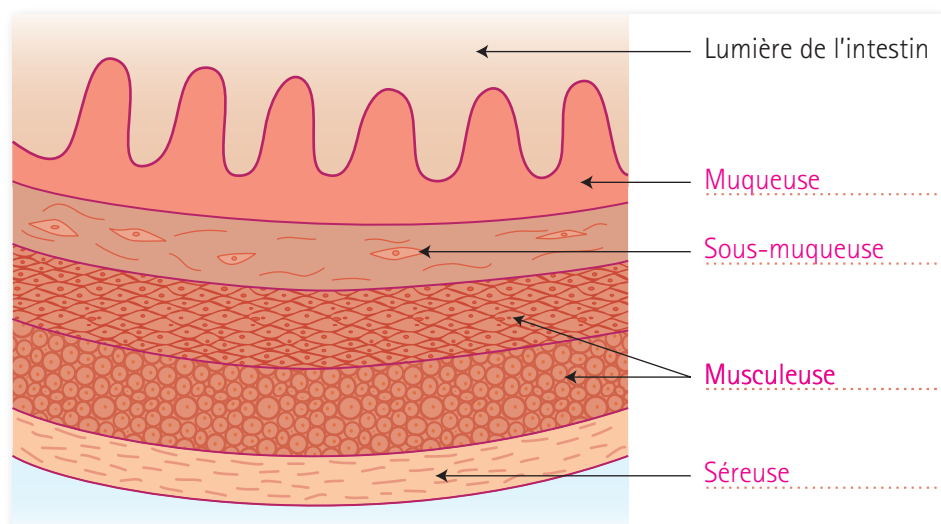
4 Nommer le sphincter d'entrée de l'estomac.

Le sphincter d'entrée de l'estomac est le cardia.

5 Donner le nom de la pathologie résultant d'une inflammation des structures 5 et 8.

Il s'agit d'une gastro-entérite.

6 Compléter le schéma du doc. B avec le nom des différentes couches formant la paroi intestinale.



Doc. B Coupe transversale du duodénum humain

21

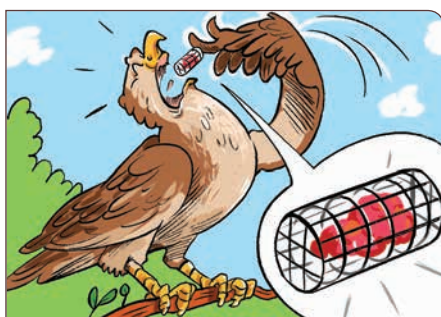
La digestion I : simplification d'aliments en nutriments

- Définir la digestion.
- Décrire les phénomènes mécaniques de la digestion.
- À partir d'expériences de digestion chimique, construire un schéma global mettant en évidence les étapes de la digestion des différentes biomolécules.

Activité

1

Les expériences célèbres de mise en évidence du mécanisme de la digestion



La buse (apprivoisée) avale un morceau de viande protégé par un tube métallique percé.



Un certain temps se passe...



La buse recrache ce qu'elle n'a pas digéré (pelote de déjection). Le tube métallique est intact mais réduction en poids et volume du morceau de viande.

fig. 1 Expérience de Réaumur (1683-1757)

- 1 Indiquer pourquoi le morceau de viande ne peut pas être broyé, dans l'expérience historique illustrée dans la fig. 1.

La viande étant protégée par un tube métallique grillagé, aucun broyage n'est possible.

- 2 L'hypothèse qui prévalait avant cette expérience était que seul le broyage expliquait la digestion. Justifier pourquoi l'expérience de Réaumur infirme cette hypothèse.

La viande est partiellement digérée. Elle n'a pas été broyée. Un élément (sucs digestifs) a traversé la grille et a permis la digestion de la viande.

- 3 L'abbé Spallanzani (1729-1799) a montré que la conclusion de Réaumur était valable également chez l'homme. Pour cela, il avala de petits tubes en bois percés de trous avec, à l'intérieur, un peu de viande. À partir de la structure du tube digestif, indiquer le lieu de récupération des tubes.

Les tubes sont récupérés dans les selles, après avoir parcouru l'ensemble du tube digestif.

- 4 Préciser les résultats attendus afin de valider l'hypothèse sur le(s) mécanisme(s) de digestion.

La viande est digérée mais les tubes en bois sont restés intacts (ils ont protégé la viande du broyage).



fig. 2 Expérience du Dr Beaumont

Doc. 1 Prélèvement de sucs gastriques

Alexis Saint-Martin reçut un coup de fusil dans le ventre. Son estomac dépassait en partie du ventre. Une petite ouverture était visible. L'estomac cicatrisa en laissant un petit canal apparent (fistule).

Le chirurgien militaire William Beaumont (1785-1853) fit de nombreuses expériences sur l'homme (qui fut obligé d'accepter car il était sous ses ordres). Il introduisit des aliments directement dans l'estomac, récupéra le jus fabriqué par l'estomac (sucs gastriques)...

- 5** Dans un tube fermé, William Beaumont mélangea un morceau de viande à du suc gastrique prélevé sur son « cobaye ». Il chauffa le tube à 37 °C. La viande fut dissoute (digérée). Justifier le choix de la température de chauffage, sachant que le chirurgien essaye de comprendre les mécanismes de la digestion chez l'homme.

37 °C correspond à la température du corps humain.

- 6** Donner un rôle du suc gastrique, à partir de l'expérience de William Beaumont.

Le suc gastrique contient des éléments (enzymes) qui permettent la digestion de la viande.

- 7** « Afin d'interpréter cette expérience, il aurait fallu également chauffer à 37 °C un tube fermé ne contenant que de la viande ». Expliquer cette remarque et indiquer le résultat attendu de cette seconde expérience afin de conclure.

Un tube témoin est nécessaire afin de montrer qu'en absence de suc gastrique la digestion n'a pas lieu.

Doc. 2 Expérience de Claude Bernard (1813-1878)

Chez les lapins, le pancréas ne débouche pas au même endroit que la vésicule biliaire. Cette dernière débouche en amont (plus haut). Claude Bernard met à profit cette particularité anatomique afin d'étudier les rôles des sucs biliaires et des sucs pancréatiques sur la digestion des graisses.

Une fois digérées, les graisses traversent la paroi de l'intestin et se retrouvent dans des vaisseaux appelés chylifères. Il observe l'aspect des chylifères après un repas riche en graisses. Lorsque les chylifères contiennent beaucoup de « graisses digérées », leur contenu a un aspect laiteux. On dit que les chylifères sont lactescents.

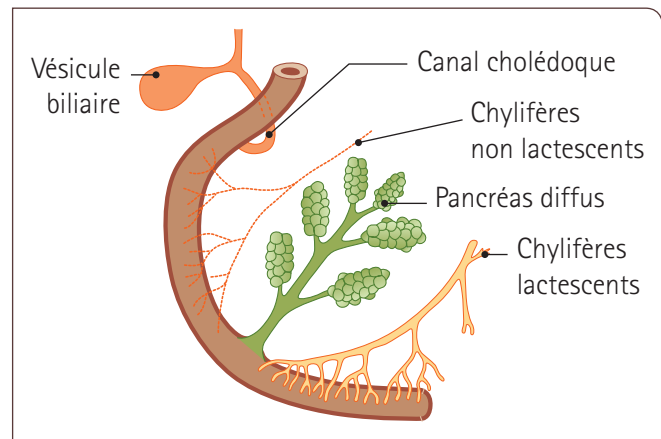


fig. 3 Observation de l'aspect des chylifères de lapin après un repas riche en graisses

- 8** Compléter le tableau en considérant les résultats de l'expérience de Claude Bernard (fig. 3).

	Localisation	Sucs digestifs présents	Graisses digérées
Chylifères non lactescents	Après arrivée du canal cholédoque et avant arrivée du canal pancréatique	Sels biliaires	Non
Chylifères lactescents	Après arrivée du canal pancréatique	Sels biliaires et sucs pancréatiques	Oui

9 Cocher les interprétations correctes de l'expérience de Claude Bernard.

	Vrai	Faux	On ne peut pas répondre
Les sucs pancréatiques sont nécessaires à la digestion des graisses.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les sels biliaires sont nécessaires pour digérer des graisses.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La digestion des graisses nécessite des sels biliaires et du suc pancréatique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

10 Cocher les interprétations correctes de l'expérience d'Albert Dastre (fig. 4).

	Vrai	Faux	On ne peut pas répondre
Les sels biliaires sont nécessaires à la digestion des graisses.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les sucs pancréatiques sont nécessaires pour digérer des graisses.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La digestion des graisses nécessite des sels biliaires et du suc pancréatique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

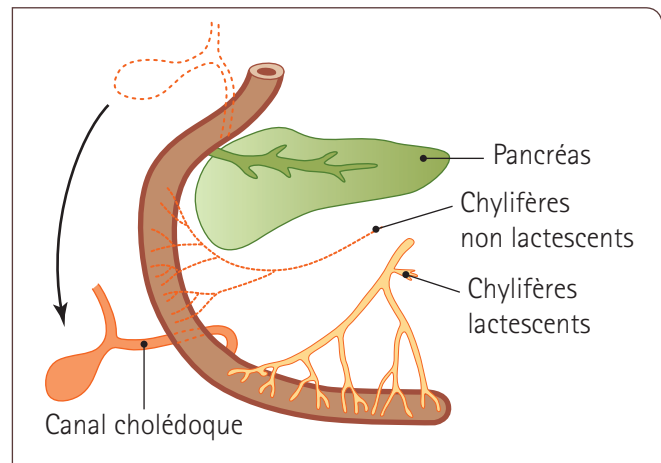


fig. 4 Observation de l'aspect des chylifères de chien après une greffe et un repas riche en graisses

Doc. 3 Expérience d'Albert Dastre

Le canal cholédoque est sectionné puis greffé en aval (plus bas) que le canal pancréatique. Les chylifères sont observés après un repas riche en graisses.

11 Compléter la phrase à partir des résultats des deux expériences (fig. 3 et 4).

La digestion des graisses nécessite des sucs pancréatiques et des sels biliaires.

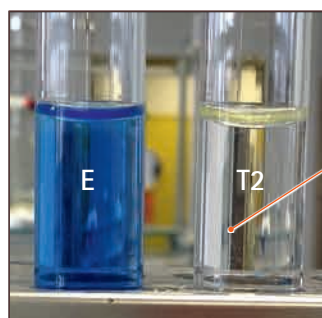
Activité 2 Importance de la taille des éléments pour l'absorption

1 Compléter le texte en utilisant le vocabulaire défini dans le chapitre 15.

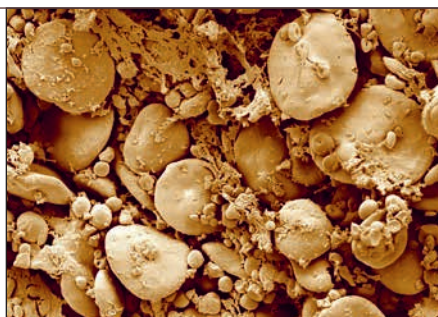
L'amidon est un glucide (bio molécule composée d'oses). C'est un polymère (composé de nombreux oses). La dégradation de l'amidon donne des dimères (deux oses liés) appelés maltose. La dégradation du maltose donne deux monomères (un seul ose) appelés glucose. L'amidon est présent dans le bol alimentaire. C'est un aliment. Le glucose peut être absorbé au niveau de l'intestin. C'est un nutriment.

2 Comparer la taille de l'amidon et celle du glucose.

L'amidon étant composé de nombreuses molécules de glucose (plusieurs dizaine de milliers), c'est une molécule beaucoup plus grosse.



Reflets
jaunes



Morceau de biscuit apéritif
observé en MEB.

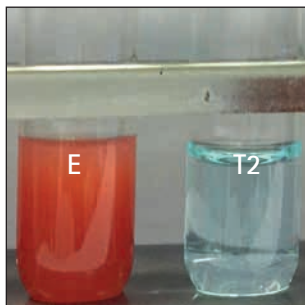
Les grosses structures sont
des grains d'amidon.

Aspects de tubes avec eau iodée :

E : amidon

T2 : eau

L'eau iodée ne réagit ni avec
le glucose, ni avec le maltose.



Aspects de tubes avec liqueur
de Fehling à chaud :

E : glucose (Le résultat serait identique
avec du maltose)

T2 : eau

La réaction n'a pas lieu avec l'amidon

fig. 5 Mise en évidence de glucides

3 À partir de la fig. 5, compléter le tableau avec les couleurs obtenues.

	Eau	Amidon	Glucose	Maltose
Liquueur de Fehling	Bleu	Bleu	Rouge (précipité)	Rouge (précipité)
Eau iodée	Jaune	Bleu	Jaune	Jaune

Doc. 4 Expériences de dialyse

Une membrane percée de très petits trous est utilisée afin de réaliser un petit sac (boudin de dialyse). Avant fermeture du boudin, une solution (amidon ou glucose ou eau) a été introduite à l'intérieur. Le montage décrit ci-contre est alors réalisé. Après deux heures d'agitation, des dosages sont réalisés (doc. 5). La membrane est considérée comme la paroi intestinale : un nutriment peut la traverser.

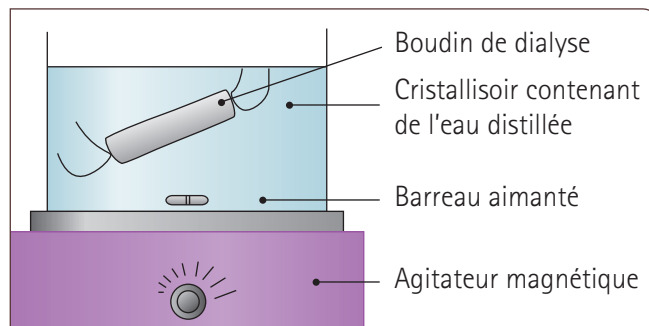


fig. 6 Schéma du montage pour dialyse

Doc. 5 Résultats des dosages réalisés avant et après dialyse

Molécules dans le boudin au départ	Analyse du contenu du boudin au départ		Analyse du bécber au temps 0		Analyse du bécber au temps 2 h	
	Ajout d'eau iodée	Ajout de liqueur Fehling	Ajout d'eau iodée	Ajout de liqueur Fehling	Ajout d'eau iodée	Ajout de liqueur Fehling
Eau	Jaune	Bleu	Jaune	Bleu	Jaune	Bleu
Glucose	Jaune	Rouge	Jaune	Bleu	Jaune	Rouge
Amidon	Bleu	Bleu	Jaune	Bleu	Jaune	Bleu

- 4 Compléter le doc. 5 avec les mots « eau », « glucose » et « amidon ».
- 5 Identifier la ou les molécule(s) qui ont traversé la membrane et faire le lien avec la taille.
L'amidon (grosse molécule) n'a pas traversé la membrane. Le glucose (petite molécule) a traversé.

Doc. 6 Modification de l'amidon par des sucs digestifs

L'expérience précédente est reproduite. Le boudin contient de l'amidon et des sucs digestifs.
L'expérience est menée à 37 °C.

Molécules dans le boudin au départ	Analyse du contenu du boudin au départ		Analyse du bécher au temps 0		Analyse du bécher au temps 2 h	
	Ajout d'eau iodée	Ajout de liqueur de Fehling	Ajout d'eau iodée	Ajout de liqueur de Fehling	Ajout d'eau iodée	Ajout de liqueur de Fehling
Amidon + suc digestif	Bleu	Bleu	Jaune	Bleu	Jaune	Rouge

- 6 Interpréter l'expérience (doc. 6) en indiquant le rôle des sucs digestifs.
Les sucs digestifs ont dégradé l'amidon en petits sucres : glucose ou maltose (maltose en réalité car la dégradation du maltose en glucose nécessite une enzyme intestinale liée à la membrane). Le maltose est un petit sucre qui peut traverser la membrane de dialyse.
- 7 Compléter le texte.
La digestion consiste à réduire des aliments en nutriments de façon à les rendre absorbables au niveau intestinal. La digestion est de nature chimique. Elle a lieu grâce à des molécules particulières contenues dans les sucs digestifs. Ces molécules sont appelées « enzymes ».

Activité 3 Étude d'une enzyme : l'amylase

- 1 À l'aide de la fig. 5, rappeler la signification de la disparition du bleu en présence d'eau iodée.
La disparition du bleu implique la dégradation totale de l'amidon.
- 2 Déterminer le temps à partir duquel l'amidon est dégradé en présence et en absence d'enzyme.
En présence d'amylase : 10 minutes d'action.
En absence d'amylase : > 24 h.
- 3 En déduire une propriété de l'enzyme vis-à-vis d'une réaction chimique.
Une enzyme accélère une réaction chimique.

Doc. 7 Mise en évidence du rôle d'une enzyme : l'amylase

Dans l'expérience 1, on réalise le test à l'eau iodée sur une solution d'amidon après différents temps d'attente.

Dans l'expérience 2, on réalise le test à l'eau iodée sur une solution d'amidon et d'amylase après différents temps d'attente.

L'expérience est menée à 37 °C.

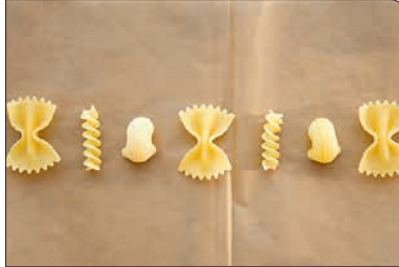
Résultats obtenus	0'	10'	30'	1 h	24 h
Expérience 1 : Amidon	●	●	●	●	●
Expérience 2 : Amidon + amylase	●	●	●	●	●

Activité 4 La spécificité enzymatique

- 1 On distingue 4 familles de biomolécules dont 3 sont retrouvées en grande quantité dans certains aliments. Identifier la biomolécule associée aux aliments dans les cas ci-dessous.



Protides



Glucides



Lipides

Doc. 8 Mise en évidence de la spécificité enzymatique

Différentes biomolécules sont mises en présence d'enzymes. Dans certains cas les biomolécules sont dégradées en éléments simples qui sont mis en évidence par des tests classiques de coloration.

	Protéase	Lipase	Amylase	Nucléase
Triglycéride (lipide)	Pas de changement	Mise en évidence d'acides gras	Pas de changement	Pas de changement
Amidon (glucide)	Pas de changement	Pas de changement	Mise en évidence de maltose	Pas de changement
Albumine (protide)	Mise en évidence d'acides aminés	Pas de changement	Pas de changement	Pas de changement
ADN (acide nucléique)	Pas de changement	Pas de changement	Pas de changement	Mise en évidence de nucléotides

- 2 Préciser l'action de la protéase sur les différentes biomolécules.

La protéase dégrade la protéine et n'a pas d'action sur les autres biomolécules.

- 3 La spécificité est la capacité d'une molécule à reconnaître et à agir sur un seul type de molécule. Indiquer en quoi la protéase est spécifique puis généraliser la réponse.

La protéase n'agit que sur un type de biomolécule, elle est donc spécifique. C'est aussi le cas pour les autres enzymes présentées dans le doc. 9.

- 4 Associer à chaque enzyme la réaction correspondante et le produit formé.

L'amylase	Hydrolyse les <u>protides</u> de la viande	Pour former du maltose
Une protéase	Hydrolyse les <u>glucides</u> des pâtes	Pour former des acides gras
Une lipase	Hydrolyse les acides nucléiques	Pour former des acides aminés
Une nucléase	Hydrolyse les <u>lipides</u> du beurre	Pour former des nucléotides

Activité 5 Intérêt du broyage



fig. 7 Broyage et surface de contact

- 1 Comparer la surface totale des édifices granitiques représentés sur les deux photos. (Chaque surface des petits cubes fait 1 cm^2).

Cas de l'édifice compact (première photo) : 22 faces « visibles » = 22 cm^2

Cas de l'édifice éclaté (seconde photo) : 6×6 faces « visibles » = 36 cm^2

- 2 Dédire de la comparaison précédente l'intérêt du broyage des aliments lors de la digestion.

La surface exposée est plus grande : les enzymes contenues dans les sucs digestifs agissent plus facilement.

- 3 Le malaxage (mélange ou pétrissage) du bol alimentaire est une autre action mécanique du tube digestif. Indiquer l'une des raisons importante qui rend le malaxage nécessaire pour la digestion.

Le malaxage permet de répartir les sucs gastriques et de favoriser l'action des enzymes.

Activité 6 Rôle de la bile

- 1 Décrire le tube 1 (fig. 8).

L'huile et l'eau ne se mélangent pas. On observe deux phases.

- 2 Décrire le tube 2 (fig. 9) et le comparer au tube 1 (fig. 8).

Les deux phases sont mélangées et n'en forment plus qu'une.

- 3 L'observation microscopique du tube 2 montre que l'huile s'est dispersée sous forme de gouttelettes dans l'eau. Légèrer la fig. 11.

- 4 Comparer la surface de contact huile/eau avant (tube 1) et après agitation (tube 2).

L'agitation augmente la surface de contact.

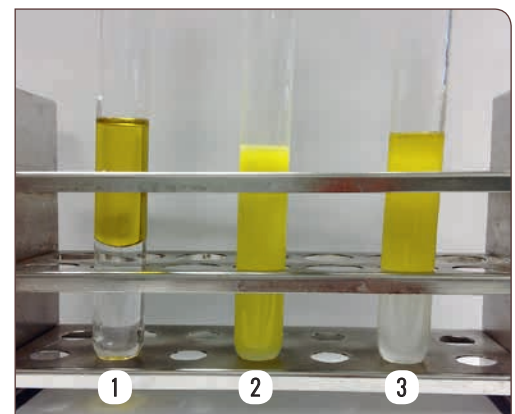


fig. 8 Tube 1 : mélange eau/huile
Tube 2 : mélange eau/huile après agitation forte
Tube 3 : mélange eau/huile 10 minutes après agitation forte

- 5 La lipase est dans une phase aqueuse. Indiquer dans quel tube elle dégradera le mieux les lipides.

Dans le tube 2, car il y a plus de surface de contact.

- 6 Compléter la phrase suivante :

Une émulsion est le résultat de la dispersion en fines gouttelettes d'une phase dans une autre phase alors que ces deux phases ne sont pas mélangeables. L'ensemble semble à l'œil homogène.

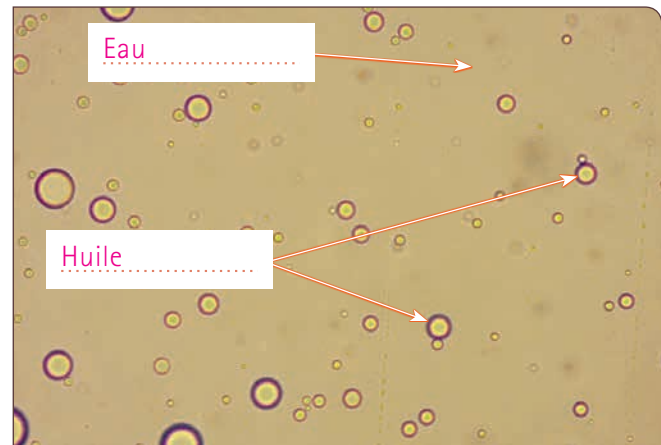


fig. 9 Observation microscopique du tube 2

- 7 Discuter de la stabilité de l'émulsion du tube 2.

Elle n'est pas stable car au bout de 10 minutes on retrouve les deux phases séparées.

- 8 En présence de bile, l'émulsion reste stable. Indiquer le rôle de la bile lors de la digestion des lipides.

La bile stabilise la dispersion des lipides, ce qui augmente durablement la surface accessible aux lipases de la fraction aqueuse.

Activité 7 Influence de l'acidité sur le fonctionnement des enzymes

Doc. 9 Protocole et résultats de l'expérience

Dans différents tubes, on introduit à 37 °C :

- 1 gramme d'amidon ;
- une goutte d'eau iodée ;
- une goutte de salive qui contient une enzyme (l'amylase) qui dégrade l'amidon.

Les tubes sont plus ou moins acides (plus le pH est faible, plus le milieu est acide).

On mesure le temps de disparition de la couleur obtenue avec l'eau iodée.

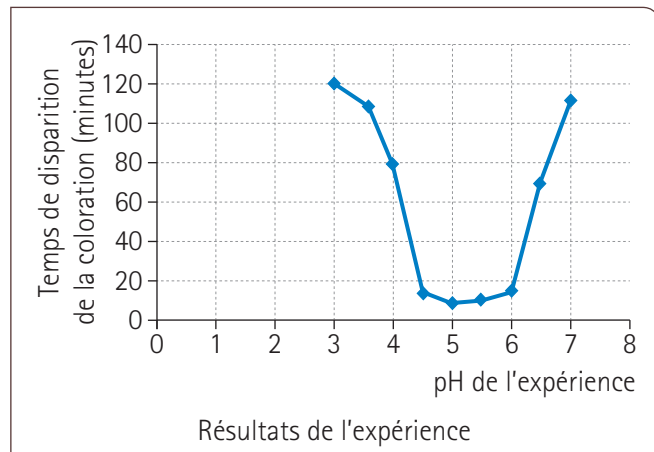


fig. 10 Observation du temps de réaction

- 1 Expliquer la raison de la disparition de la couleur due à l'eau iodée.

L'amidon est dégradé par l'amylase. La couleur disparaît.

- 2 Indiquer le pH correspondant à la disparition de l'amidon la plus rapide.

À pH = 5, l'amidon disparaît en 10 minutes.

- 3 Conclure sur l'influence du pH sur l'activité d'une enzyme.

L'enzyme fonctionne plus ou moins efficacement selon le pH.

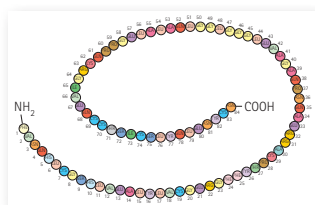
Je construis mon cours

La digestion est la simplification des **macro**..... molécules alimentaires (acides nucléiques, **protides**, **lipides**, **glucides**.....) en molécules de **petite taille**....., assimilables par l'organisme : **les nutriments**......

La digestion est essentiellement **chimique**..... Les enzymes digestives sont particulièrement impliquées.

Une enzyme est une molécule (une protéine) capable **d'accélérer**..... une réaction. Elle agit sur un type de substrat : on parle de **spécificité**..... enzymatique. Le broyage, le mélange et l'établissement ou la stabilisation d'émulsion favorisent l'action des enzymes en **augmentant**..... la surface de contact.

Protides



Protéase

Acides aminés
(coloration bleu-violet en présence de ninhydrine)

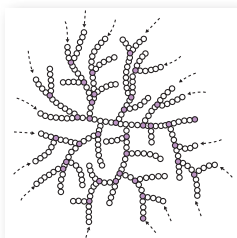
Lipides



Lipase

Glycérol + acides gras
(le milieu devient acide et le pH diminue).

Glucides (amidon, glycogène)



Amylase

Maltoses
(coloration rouge brique par la liqueur de Fehling)

Acides nucléiques



Nucléase

Nucléotides

Je sais dire

Émulsion

Mélange de deux phases liquides initialement non miscibles. L'une est dispersée en fines gouttelettes dans l'autre.

Émulsifiant

Molécule qui stabilise une émulsion.

Sucs digestifs

Liquides sécrétés par un organe du tube digestif.

je sais faire le jour du bac

1. Digestion des lipides

Tubes	Contenu du tube	Température d'incubation	Aspect du tube après agitation et incubation	pH initial	pH final
1	Même volume d'huile et d'eau	40 °C	Séparation des deux liquides	7,5	7,5
2	Même volume d'huile et d'eau + pancréatine	40 °C	Séparation des deux liquides	7,5	7,5
3	Même volume d'huile et d'eau + pancréatine + bile	40 °C	Pas de séparation des deux liquides, aspect laiteux	7,5	4,5

Tableau 1 La pancréatine est un extrait pancréatique qui contient différentes enzymes

- 1** Analyser et interpréter les résultats de l'expérience présentée dans le tableau 1.

La présence de bile permet de former une émulsion. La présence de pancréatine et de bile rend le milieu plus acide. En présence de bile et de pancréatine une réaction a généré des espèces acides.

- 2** Préciser le rôle de la bile dans cette expérience et le nom de l'enzyme de la pancréatine qui permet la dégradation des triglycérides de l'huile.

La bile est un émulsifiant. La pancréatine contient une enzyme : la lipase.

- 3** Écrire la réaction subie par les constituants de l'huile (les formules chimiques ne sont pas demandées).

Triglycéride donne glycérol et trois acides gras.

2. Digestion des glucides

Tubes	Contenu du tube	Température	pH	Test au bout de 20 min	
				Eau iodée	Liquueur de Fehling
1	Empois d'amidon	40 °C	7	Coloration bleu violet	Coloration bleue
2	Empois d'amidon + pancréatine	40 °C	7	Coloration jaune	Précipité rouge brique

Tableau 2 On réalise *in vitro* la digestion d'empois d'amidon par la pancréatine. Les résultats sont consignés dans le tableau.

- 4** Analyser les résultats obtenus et identifier le principe actif de la pancréatine impliqué.

Sans pancréatine, au bout de 20 minutes, la composition du tube n'a pas varié (amidon car bleu avec eau iodée et absence de petit sucre (maltose) car bleu avec liqueur de Fehling). Avec pancréatine, au bout de 20 minutes, la composition du tube a changé (absence d'amidon car jaune avec eau iodée et présence de petit sucre (maltose) car précipité rouge avec liqueur de Fehling). La pancréatine contient de l'amylase.

22

La digestion II : devenir d'un repas dans le tube digestif

- ➔ Définir la digestion.
- ➔ Décrire les phénomènes mécaniques de la digestion.
- ➔ À partir d'expériences de digestion chimique, construire un schéma global mettant en évidence les étapes de la digestion des différents biomolécules.

Activité 1 Compartimentation de l'appareil digestif



fig. 1 Wim Delvoye, *Cloaca Original*, 2000.
Le lien <http://vimeo.com/45127139>
présente l'appareil en marche lors d'une exposition

Doc. 1 *Cloaca* de Win Delvoye

Win Delvoye a réalisé l'œuvre *Cloaca* en 2000. L'appareil a été présenté dans de nombreuses expositions (Zurich, Lyon, New York...). Il est composé de six cloches de verre reliées par des tuyaux et qui contiennent des sucs digestifs récupérés à différents niveaux du tube digestif. Des aliments (parfois des plats préparés par de grands chefs cuisiniers) sont introduits en début de chaîne, à gauche sur la photographie, et sont finalement transformés en excréments. Ces transformations sont effectuées à 37,2 °C et durent 24 heures.

- 1 Déterminer à quoi correspondent les différentes cloches du *Cloaca* chez un être vivant.
Les cloches sont analogues aux organes du tube digestif.
- 2 Rappeler le nom des molécules actives d'un suc digestif, en précisant leur action.
Les enzymes accélèrent les réactions de transformations chimiques.
- 3 Les molécules actives des sucs digestifs fonctionnent à des pH (acidité) différents. Justifier la nécessité d'avoir plusieurs compartiments séparés, dans *Cloaca* et dans le tube digestif.
Un compartiment ayant un pH fixe, il est impossible de faire fonctionner toutes les enzymes digestives (qui fonctionnent à des pH différents) dans un même compartiment.
- 4 Justifier l'intérêt de faire fonctionner l'appareil à 37,2 °C.
37,2 °C est la température du corps et les enzymes digestives fonctionnent bien à cette température.
- 5 À l'aide du doc. 2, indiquer le nom donné aux aliments en cours de digestion en fonction des organes du tube digestif dans lesquels ils sont situés.
Bouche, pharynx œsophage : bol alimentaire. Estomac : chyme. Intestin grêle : chyle. Côlon et rectum : fèces.

Doc. 2 Évolution du bol alimentaire

À l'intérieur des différentes cloches de verre de *Cloaca*, la composition et la consistance des aliments en cours de digestion change. Il en est de même dans le tube digestif où l'on distingue le bol alimentaire, le chyme, le chyle et les fèces.

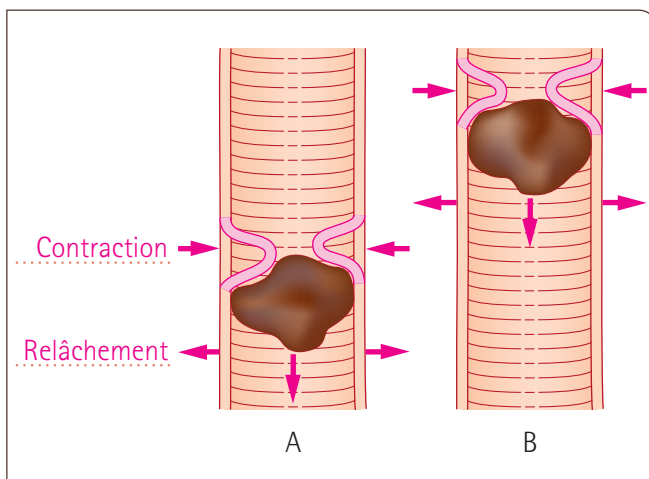
Racine	Signification
Chylus	Suc (pancréatique)
Chymus	Suc de l'estomac

6 Dans *Cloaca*, le trajet des aliments en cours de digestion s'effectue dans un seul sens. Indiquer ce qu'il se passerait si ce n'était pas le cas. Nommer le phénomène correspondant chez l'homme.

Si le trajet n'est pas unidirectionnel, il peut y avoir un reflux des aliments semi-digérés par l'entrée. Chez l'homme cela peut correspondre au vomissement (ou à un reflux gastro-œsophagien).

Activité 2 La progression des aliments (d'un compartiment à l'autre)

1 Faire figurer sur les dessins ci-dessous les zones contractées du tube digestif et les zones relâchées afin que le bol alimentaire descende.



Doc. 3 Le péristaltisme

Le péristaltisme consiste en une série de mouvements du tube digestif qui permettent au bol alimentaire d'avancer. Parmi les deux régions entourant le bol alimentaire, l'une est contractée tandis que l'autre est relâchée.

2 Classer chronologiquement les événements A et B. En déduire une propriété d'une péristaltisme.

L'ordre des événements est B puis A. Une synchronisation des mouvements est nécessaire.

3 Préciser si le péristaltisme est un phénomène commandé par la volonté.

Le mouvement du tube digestif est involontaire.

Activité 3 La digestion au niveau de la bouche

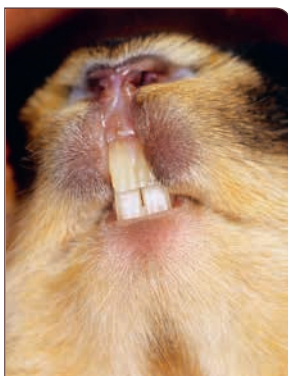


fig. 2 Dents de lapin



fig. 3 Dents de loup



fig. 4 Dent de mammoth

Doc. 4 Les catégories de dents

Les carnivores ont des canines (crocs) très développées, afin de déchiqueter la viande.

Les herbivores ont parfois des incisives très développées, afin de trancher les végétaux. D'autres herbivores ont des molaires et prémolaires (entre les canines et les molaires) très développées, afin de broyer longuement les végétaux.

L'Homme est omnivore : dans son cas, ces trois catégories de dents sont bien développées.

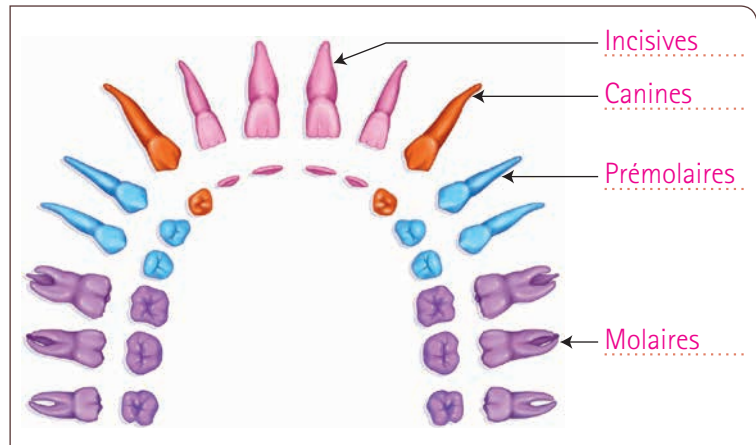


fig. 5 Dentition adulte de l'Homme

1 En s'aidant du doc. 4, identifier les catégories de dents humaines (fig. 5).

2 Rappeler le rôle de la mastication chez l'Homme.

La mastication sert à diminuer la taille de l'aliment afin de l'avaler mais aussi d'augmenter la surface de contact avec les sucs salivaires.

Doc. 5 Mise en évidence d'un principe actif dans la salive

Environ 1 litre de salive est produit chaque jour par les glandes salivaires (parotide, sous-maxillaire et sub-linguale). Elle contient 99 % d'eau.

Plusieurs tubes aux compositions différentes sont préparés. L'expérience est portée pendant 1 heure à 35 °C. Les tests sont réalisés à la fin de l'expérience.

	Composition du tube	pH	Test à l'eau iodée	Test à liqueur de Fehling
1	Salive	7	-	-
2	Amidon	7	+	-
3	Amidon + salive	7	-	+
4	Amidon + salive + acide	1	+	-
5	Amidon + salive + soude	11	+	-

D'autres expériences montrent que les protéides ne sont pas dégradés par la salive mais que les lipides le sont.

3 Justifier l'intérêt des expériences 1 et 2.

Ce sont des expériences contrôles. La salive ne contient ni amidon, ni maltose, ni glucose (exp. 1).

L'amidon en 1 heure à 35 °C n'est pas hydrolysé (exp. 2).

4 Interpréter l'expérience 3 et nommer l'enzyme impliquée.

La salive permet l'hydrolyse de l'amidon en maltose. Elle contient l'amylase.

5 Préciser si la salive contient d'autres types d'enzymes.

Elle ne contient pas de protéase, mais elle contient des lipases.

6 Justifier la température utilisée pour l'expérience.

35 °C est la température de la bouche.

7 Indiquer le rôle du pH en comparant les expériences 3 à 5.

L'amylase ne fonctionne pas à des pH trop acides ($\text{pH} = 1$) ou trop basiques ($\text{pH} = 11$).

8 Donner les avantages d'une mastication longue.

L'amylase aura un temps d'action plus long sur une plus grande surface (broyage). L'aliment est humidifié (salive abondante et avec beaucoup d'eau).

9 Après un transit de quelques secondes dans la bouche, le test à l'eau iodée est positif. Interpréter cette expérience. En quoi cela justifie la présence d'amylase dans le pancréas.

Il reste de l'amidon non digéré, qui le sera au contact de l'amylase pancréatique.

Activité 4 La digestion au niveau de l'estomac

Œsophage

Cardia

Cavité gastrique

Pylore

Duodénum

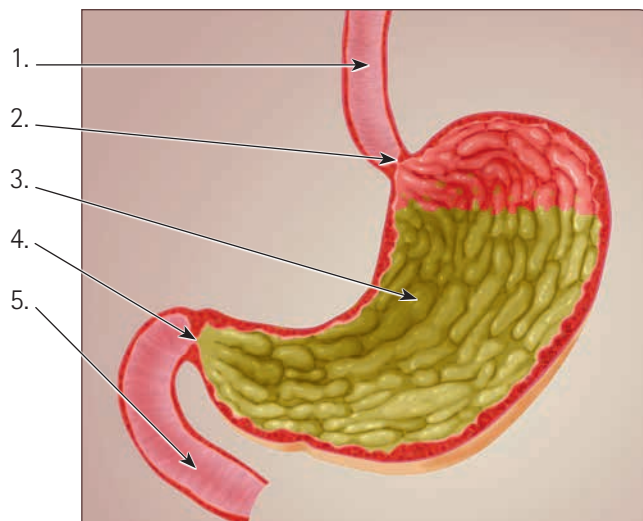


fig. 6 Structure de l'estomac

1 Légender la fig. 6.

2 Donner l'intérêt des structures 2 et 4 lors du malaxage par l'estomac du bol alimentaire.

Le bol alimentaire reste dans l'estomac.

3 Donner une conséquence possible d'un dysfonctionnement de la structure 2.

Le bol alimentaire acidifié peut remonter dans l'œsophage, on parle de remontée acide ou de reflux gastro-œsophagien.

4 À partir du doc. 6, indiquer les biomolécules hydrolysées dans l'estomac.

Les lipases dégradent les lipides et les protéases dégradent les protéides.

5 À partir du doc. 6, indiquer la zone de pH probable pour une action optimale de la pepsine.

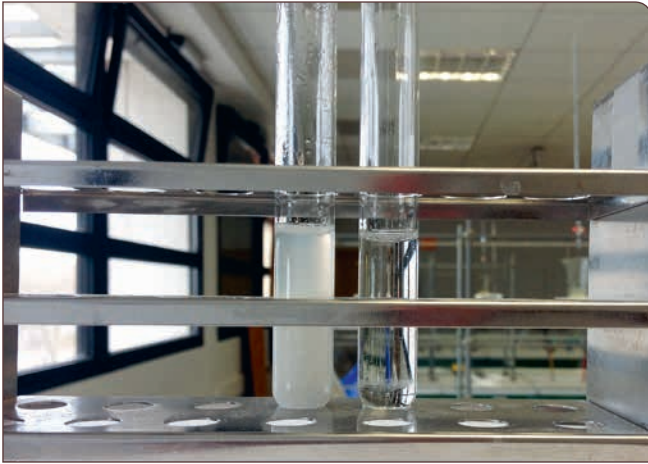
La pepsine agit optimalement à pH acide car de l'acide est sécrété.

Doc. 6 Étude du suc gastrique

Après un repas, l'estomac sécrète un suc gastrique qui contient :

- de l'acide chlorhydrique ($\text{pH} = 2$) ;
- des protéases (dont la pepsine) ;
- des lipases.

La pepsine isolée n'hydrolyse pas son substrat dans un milieu neutre ($\text{pH} 7$) ou basique ($\text{pH} > 7$).

**Doc. 7** Expérience sur l'ovalbumine

L'ovalbumine est une protéine abondante dans le blanc d'œuf. Lorsque le blanc d'œuf est chauffé (70 °C), l'ovalbumine entraîne la coagulation du blanc. En présence d'eau, on obtient des flocons en suspension (tube 1). La présence de pepsine dans certaines conditions élimine les flocons d'ovalbumine : le tube redevient limpide (tube 2).

fig. 7 Aspect des tubes lors de l'hydrolyse de l'ovalbumine

6 Préciser la réaction qui a eu lieu dans le tube 2.

La pepsine est une protéase. Elle a dégradé les flocons d'ovalbumine (une protéine). Le milieu est devenu limpide.

Doc. 8 Résultats des expériences

Expériences	Température (°C)	Contenu des tubes	PH	Résultats après 6 heures
1	38	Eau + flocons de blanc d'œuf	7	Flocons en suspension
2	38	Eau + flocons de blanc d'œuf + pepsine + acide chlorhydrique	2	Limpide
3	38	Eau + flocons de blanc d'œuf + acide chlorhydrique	2	Flocons en suspension
4	38	Eau + flocons de blanc d'œuf + pepsine	7	Flocons en suspension
5	38	Eau + flocons de blanc d'œuf + pepsine + soude	10	Flocons en suspension
6	100	Eau + flocons de blanc d'œuf + pepsine + acide chlorhydrique	2	Flocons en suspension
7	10	Eau + flocons de blanc d'œuf + pepsine + acide chlorhydrique	2	Flocons en suspension

7 Indiquer le(s) numéro(s) des expériences décrites dans le doc. 8 pour lesquelles l'enzyme a fonctionné.

Seul le résultat de l'expérience 2 est positif. L'enzyme a dégradé l'ovalbumine.

8 À partir de l'analyse des tubes 1 à 5, conclure sur le pH optimal d'action de la pepsine.

Le seul pH qui permet une dégradation de l'ovalbumine est pH = 2. On en déduit que le pH optimal de l'enzyme est acide.

9 Préciser, en justifiant la réponse, les numéros des expériences permettant de définir la température optimale de l'enzyme.

Les expériences 2, 6 et 7 sont identiques. Seule, la température change. Cela permet d'étudier l'influence de la température. La température optimale de l'enzyme est proche de 38 °C.

Activité 5 La digestion au niveau de l'intestin

- 1 Rappeler les différentes sécrétions qui aboutissent au niveau du duodénum de l'intestin grêle.

Les différentes sécrétions qui aboutissent au niveau du duodénum de l'intestin grêle sont le suc pancréatique et la bile.



fig. 8 Illustration d'une lithiase biliaire



fig. 9 Photographie d'un calcul biliaire

Doc. 9 La lithiase biliaire

Dans la vésicule biliaire des petites pierres (lithos) de cholestérol cristallisé peuvent se former. On les appelle aussi calculs biliaires. Une de ces pierres peut bloquer le canal cystique. Une pathologie associée à la lithiase est la stéatorrhée qui se traduit par des selles blanchâtres, riches en lipides non digérés.

Doc. 10 Les ecto-enzymes intestinales

Des enzymes sont accrochées à la membrane plasmique des entérocytes du côté de la lumière du tube digestif. Parmi ces enzymes, on trouve la lactase (qui hydrolyse le lactose), et la maltase (qui hydrolyse le maltose pour libérer deux glucoses).

- 2 Mettre en relation le pouvoir émulsifiant de la bile, de la lithiase biliaire et de la stéatorrhée.

Le calcul biliaire bloque l'arrivée de la bile dans le duodénum. La bile contient des émulsifiants qui permettent l'action des lipases pancréatiques. En absence de bile les lipases n'hydrolysent pas ou peu les lipides qui ne sont pas absorbés et se retrouvent dans les selles, ce qui a pour conséquence une stéatorrhée.

- 3 En absence de pancréas on observe une augmentation de protéines et de lipides dans les selles. D'autre part le suc pancréatique permet l'hydrolyse de l'amidon en maltose. En déduire les enzymes présentes dans le suc pancréatique.

Le suc pancréatique contient des lipases, des amylases et des protéases.

- 4 Indiquer le rôle de l'intestin grêle dans la digestion des glucides, et expliquer pourquoi cette action a lieu après celle des amylases.

Les amylases hydrolysent l'amidon en maltose. La maltase hydrolyse le maltose en deux glucoses absorbables.

Je construis mon cours

Au cours de la digestion les aliments sont simplifiés en **nutriments** afin d'être absorbés.

Ils subissent des actions mécaniques (**broyage** dans la bouche, **malaxage** dans l'estomac, déplacement par **péristaltisme** dans l'œsophage et l'intestin).

Ils subissent des actions chimiques d'hydrolyse catalysées par des enzymes (les **amylases** de la salive et du suc pancréatique, les **lipases** et les **protéases** des sucs gastriques et pancréatiques). La fin de la digestion est effectuée par des ecto-enzymes de **l'intestin grêle**. De l'acide est libéré dans **l'estomac** pour favoriser l'action des enzymes du suc gastrique. La bile permet **d'émulsifier** les lipides et de faciliter l'action de la **lipase** pancréatique.

Éléments responsables d'actions mécaniques

Bouche :
– **broyage**

Œsophage :
– péristaltisme

Estomac :
– **malaxage**

Intestin grêle :
– malaxage
– péristaltisme

Éléments responsables d'actions chimiques

Glandes salivaires :
– hydratation
– amylase
– lipase

Vésicule biliaire : **émulsifiant**

Estomac : – acidification
– **lipase**
– **protéase**

Pancréas : – **amylase**
– **lipase**
– **protéase**

Intestin grêle : – enzymes « accrochés »
(lactase, maltase, nucléase, peptidase)

Je sais dire

Terme	Définition
Chyme	Résultat de la digestion de la nourriture dans l'estomac.
Chyle	Résultat de la digestion de la nourriture dans le duodénum.
Reflux gastro-œsophagien	Remontée acide du bol alimentaire de l'estomac vers l'œsophage.
Stéatorrhée	Quantité anormalement élevée de graisses dans les selles.

je sais faire le jour du bac

Différentes expériences ont été menées afin de mieux comprendre certains aspects de la digestion des protéines. Des prélèvements effectués pendant la digestion et à différents niveaux du tube digestif ont permis d'obtenir les résultats consignés dans le tableau suivant.

	Taille (nm)	PRÉSENCE DANS				
		la bouche	l'estomac	le duodénum	le jéjunum de l'iléon	le côlon
Protéines	76	+++	++	Traces	Traces	Traces
Peptides	2 à 30	–	+	++	Traces	Traces
Acides aminés	0,8	–	–	+	+++	Traces

Doc. A

1 Analyser le tableau du doc. A.

On constate que la quantité de protéines diminue dans l'estomac et devient quasi nulle dans le duodénum. Les peptides qui sont des fragments de protéines apparaissent dans l'estomac et disparaissent après le duodénum. Les acides aminés qui sont le produit final de la digestion des protéines apparaissent dans le duodénum et se trouvent en grande quantité dans le jéjunum et l'iléon. Pour les trois types de molécules, il ne reste que des traces dans le côlon.

2 À l'aide des connaissances acquises et de l'analyse du tableau, indiquer à quels niveaux du tube digestif a lieu la digestion des protéines.

La digestion des protéines commence dans l'estomac (pepsine) et se poursuit dans le duodénum (protéase du suc pancréatique), pour produire des peptides, puis des acides aminés (peptidases dans les trois fractions de l'intestin grêle). Ces derniers sont absorbés dans le jéjunum et l'iléon.

3 Justifier l'importance pour les protéases de la sécrétion d'acides au niveau de l'estomac et de la sécrétion de bases (qui permettent d'éliminer l'acide) au niveau du duodénum.

Le bon fonctionnement des enzymes dépend du pH. Les enzymes de l'estomac fonctionnent à pH acide. Les enzymes de l'intestin fonctionnent à pH neutre.

4 Expliquer le rôle de la mastication dans la digestion des protéines.

La mastication permet d'augmenter la surface de contact entre les aliments et les enzymes qui dégradent les protéines.

5 Les protéines font partie du bol alimentaire. Rappeler les noms de ce bol alimentaire en fonction de la localisation dans le tube digestif.

Chyme : à la sortie de l'estomac. Chyle : à la sortie du duodénum. Selles : à partir du côlon.

23

L'absorption intestinale : du tube digestif au milieu intérieur

- ➔ Définir l'absorption.
- ➔ Relier l'histologie de la muqueuse intestinale à sa fonction d'absorption.
- ➔ Expliquer l'absorption de l'eau par osmose.
- ➔ Présenter les voies d'absorption sanguine et lymphatique.

Activité 1 Les compartiments liquidiens de l'organisme

Doc. 1 Le milieu intérieur

Le voyage fantastique (Fleischer, 1966) est un film qui décrit le périple d'un groupe de savants dans un organisme humain afin d'y détruire un caillot de sang. Les voyageurs ont été miniaturisés pour seulement une heure... La « promenade » dans le corps humain est l'occasion de présenter d'extraordinaires décors (c'est l'époque psychédélique). Sur l'image de la fig. 1, une panne (due évidemment à un sabotage) oblige les héros à faire une sortie dans l'organisme.



fig. 1 Film de Richard Fleischer, *Le voyage fantastique*, 1966

- 1 En observant la fig. 1, indiquer la nature du milieu dans lequel évoluent les personnages lorsqu'ils sont dans l'organisme.

Scaphandres et sous-marin indiquent que les personnages sont dans un milieu liquide.

- 2 Les parois du « tunnel » (fig. 1) sont composées d'éléments caractéristiques des êtres vivants. Identifier ces éléments.

Les éléments caractéristiques des êtres vivants sur les parois du décor sont des cellules.

- 3 Compléter la phrase.

Dans un organisme, l'eau est présente dans les cellules : eau intra cellulaire et à l'extérieur des cellules : eau extra cellulaire.

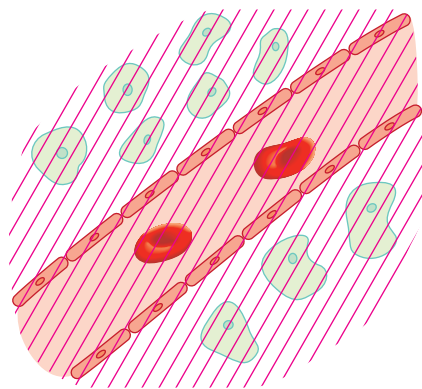
Dans ce second cas, l'eau peut être canalisée dans des structures tubulaires (canaux) entourées de cellules serrées.

Doc. 2 Mesure des volumes liquidiens de l'organisme

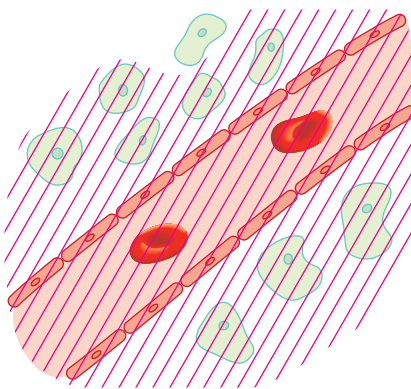
L'eau représente les deux tiers du poids du corps. Afin de mesurer sa répartition, les expériences suivantes peuvent être menées, en injectant trois produits différents chez une personne de 70 kg.

Produit injecté	Compartiment(s) de diffusion	Volume de diffusion
Eau lourde	Tous	42 L
Thiosulfate	Extracellulaire	15,5 L
Bleu Evans	Plasma (phase liquide du sang)	3 L

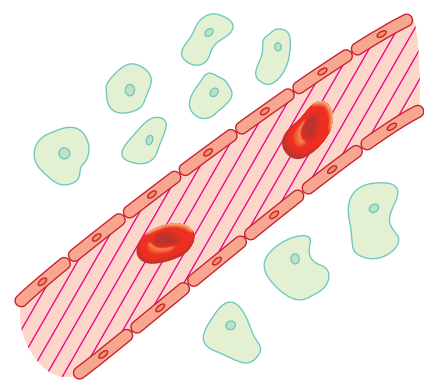
- 4 Hachurer sur les trois schémas suivants les zones dans lesquelles se répartissent chacun des trois produits injectés dans les expériences décrites (doc. 2).



Eau lourde



Thiosulfate



Bleu Evans

- 5 Les expériences du doc. 2 permettent de déterminer le volume occupé par l'eau contenue dans les cellules (eau intracellulaire). Déterminer ce volume en expliquant le calcul qui permet de le déterminer.

$$\text{Eau intracellulaire} = \text{eau totale} - \text{eau extracellulaire} = 42 - 15,5 = 26,5 \text{ L}$$

- 6 Le milieu intérieur (MI) est une grandeur importante en physiologie. Le produit qui caractérise le milieu intérieur (MI) diffuse dans un volume de 15,5 L. Compléter le texte suivant :

Le milieu intérieur est composé de l'ensemble des liquides extra cellulaires, ce qui exclut le liquide intra cellulaire, mais inclut le liquide dans lequel baignent les cellules (liquide interstitiel) et le plasma.

Activité 2 Les entérocytes

- 1 La paroi intestinale est constituée en grande partie d'entérocytes. Rappeler les deux racines qui permettent de composer le terme « entérocyte ».

« Entero » se rapporte à l'intestin grêle et « cytes » aux cellules.

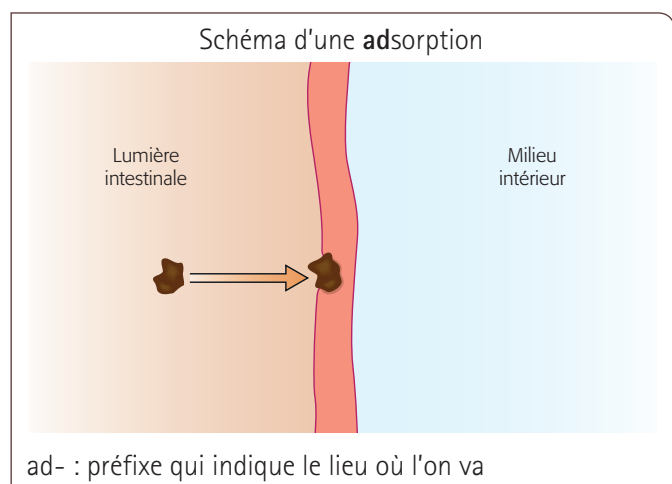
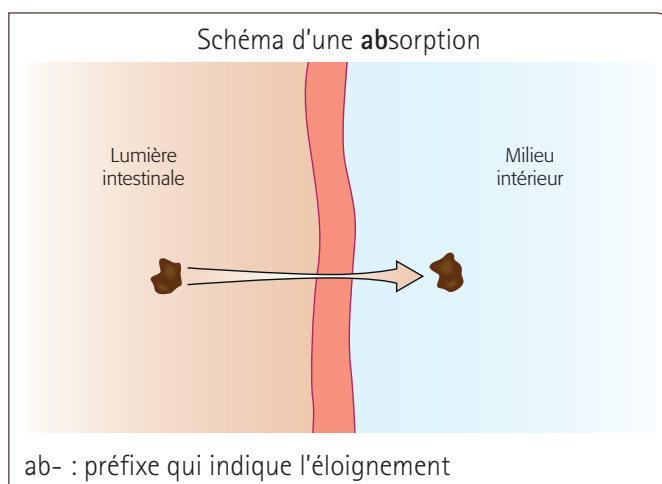


fig. 2 Différence entre adsorption et absorption

- 2 En s'aidant de la fig. 2, compléter les phrases suivantes.

L'**ab**...sorption est définie comme le passage d'une molécule à travers un support.

L'**ad**...sorption est définie comme la fixation d'une molécule sur un support.

L'absorption intestinale est définie comme le passage des **nutriments** depuis la **lumière intestinale** vers le **milieu intérieur**.

- 3 Les entérocytes composent un tissu : l'épithélium. Donner la définition d'un tissu en précisant, dans le cas présent, la fonction.

Un tissu est un ensemble de cellules données qui concourent à la même fonction, ici l'absorption.

- 4 Compléter les légendes du schéma de l'entérocyte.

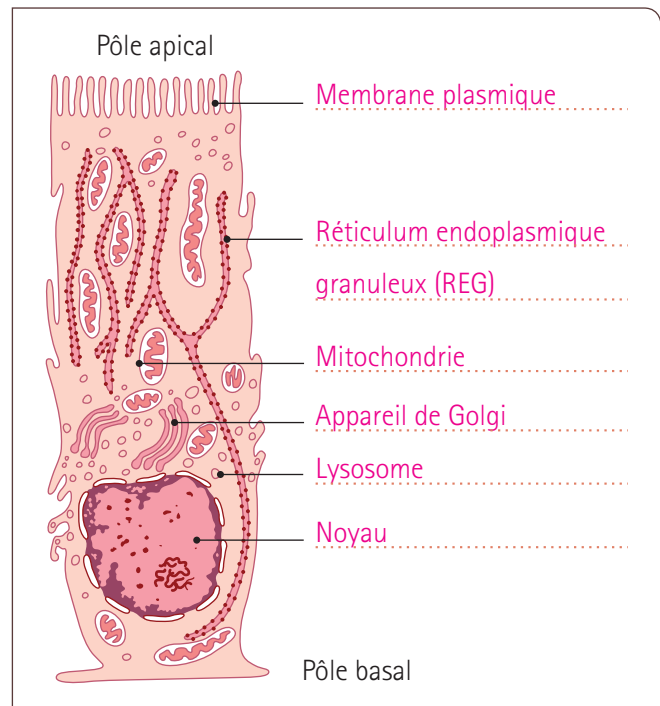


fig. 3 Schéma d'un entérocyte

- 5 La membrane qui délimite l'entérocyte au pôle apical (du côté de la lumière intestinale) présente des microvillosités. Compléter la phrase.

Les microvillosités sont des replis de la membrane plasmique qui permettent d'augmenter la surface de contact avec les nutriments présents dans l'intestin.

- 6 Indiquer la relation entre surface de contact et absorption.

Plus la surface de contact est grande, plus l'absorption augmente.

- 7 Tracer sur la fig. 4 l'allure qu'aurait la membrane plasmique sans villosité.

- 8 Tracer le contour d'une villosité.

- 9 Sur la fig. 4, mesurer (sans tenir compte de l'échelle) la longueur de la membrane sans villosité puis la longueur de la membrane avec villosités (en cm).

Membrane sans villosité = 10 cm.

Membrane avec villosités =

$3,5 \times 2 \times 20 + 10 = 150 \text{ cm.}$

- 10 Dédire de la question précédente l'augmentation de la surface de la membrane due aux villosités.

Augmentation de la surface de la membrane due aux villosités = $150/10 = 15$. (Remarque sur

l'augmentation de surface de la membrane : en tenant compte des 3 dimensions des microvillosités,

l'augmentation de la surface est en réalité de l'ordre de $\times 20$.)

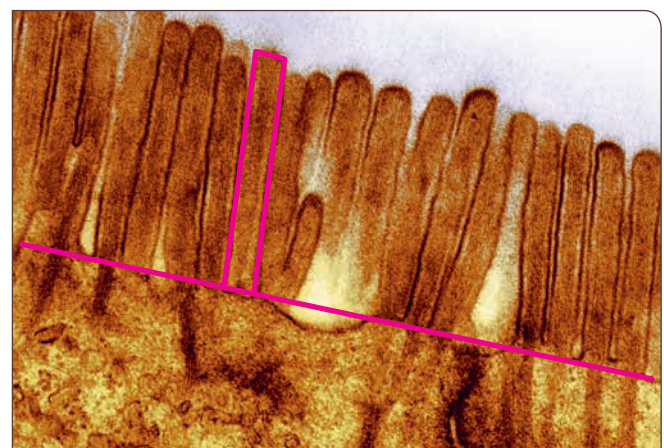


fig. 4 Microvillosités sur des entérocytes observées en microscopie électronique à transmission (MET $\times 95\,000$)

Activité 3 Les villosités et les valvules conniventes

- 1 La fig. 5 est une photographie prise au microscope optique. Préciser le niveau d'organisation observé et le comparer à celui des microvillosités.

Le niveau d'organisation observé est celui de
la structure tissulaire (ensemble de cellules).
Les microvillosités étaient au niveau cellulaire
(membrane plasmique).

- 2 Entourer une cellule sur la fig. 5.

- 3 Indiquer le nombre de couches de cellules qui servent de revêtement et donner le nom de ce tissu.

Une couche unicellulaire constitue l'épithélium
(muqueuse).

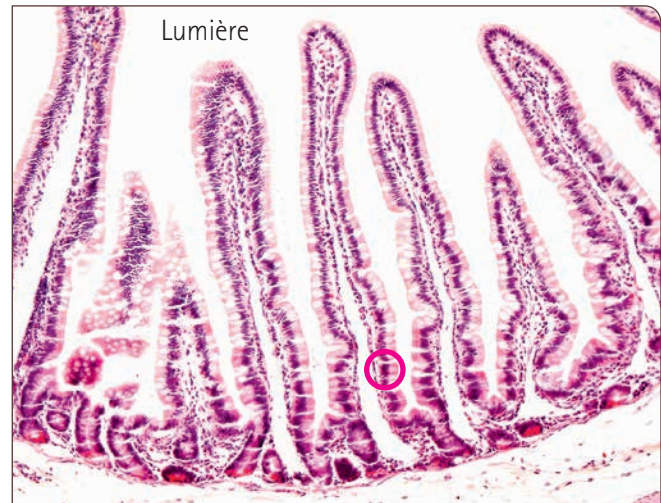


fig. 5 Coupe d'intestin grêle

- 4 Les repliements observés sont appelés villosités. Compléter le texte.

Les villosités intestinales sont des replis de l'intestin grêle. Elles permettent d'augmenter d'un facteur 10 la surface de contact avec les nutriments de la lumière intestinale. Elles sont constituées de cellules (entérocytes en particulier) qui forment une couche unicellulaire.

Doc. 3 Villosités

Les villosités sont de petits (0,3 mm) replis de l'intestin grêle situés vers la lumière de l'intestin grêle. Ils sont situés le long de grands replis (8 mm) de l'intestin grêle appelés valvules conniventes. Ces valvules augmentent la surface d'échange d'un facteur 2.

- 5 Identifier sur la fig. 6 une villosité et une valvule connivente et localiser la lumière intestinale.

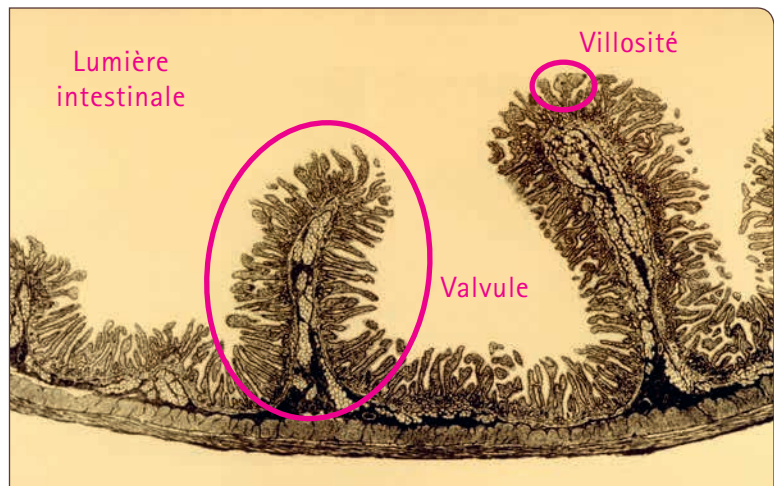


fig. 6 Les valvules conniventes

- 6 L'intestin grêle peut être assimilé à un tube de 6 mètres de long et de 1,5 cm de rayon. Si l'intestin était lisse, sa surface serait donc de $0,56 \text{ m}^2$ (car $6 \times 2 \times \pi \times 0,015 = 0,56$). À partir des données sur les microvillosités, sur les villosités et sur les valvules (activités 2 et 3), calculer la surface réelle de l'intestin grêle.

La surface réelle = (surface de l'intestin lisse = $0,56$) \times 2 (donnée sur les valvules dans le doc. 3) \times 10 (donnée sur les villosités dans la question 4 activité 3) \times 15 (donnée dans la question 10 activité 2) = 168 m^2 .
Soit environ la surface d'un court de tennis : 200 m^2 .

Activité 4 Vascularisation de la paroi intestinale

Doc. 4 Vascularisation de la paroi intestinale

Le sang riche en O_2 est apporté aux cellules de la paroi intestinale (entérocytes) par des artérioles. Le sang pauvre en O_2 mais contenant les nutriments absorbés est véhiculé par les veinules.

Certains nutriments absorbés rejoignent la circulation lymphatique en entrant dans des chylifères centraux, localisés entre les artérioles et veinules.

Rem : entre les artérioles et les veinules, on trouve les capillaires dont la paroi est réduite à une couche de cellules.

1 Annoter la fig. 7 à partir des éléments fournis dans le doc. 4.

2 Identifier la structure observée sur la fig. 7 en justifiant la réponse.

C'est une villosité intestinale constituée d'un ensemble de cellules.

3 Préciser si les liquides véhiculés par les structures représentées sur la fig. 7 appartiennent au milieu intérieur.

Le plasma du sang veineux ou artériel, ainsi que la lymphe canalisée appartiennent au MI.

4 Les capillaires sont très nombreux et sont situés à moins de 50 μm de la lumière intestinale, ce qui est une distance très courte. Indiquer l'intérêt de ces deux faits pour l'absorption.

Ces deux faits favorisent l'absorption : petite distance à traverser, nombreux points de récupération.

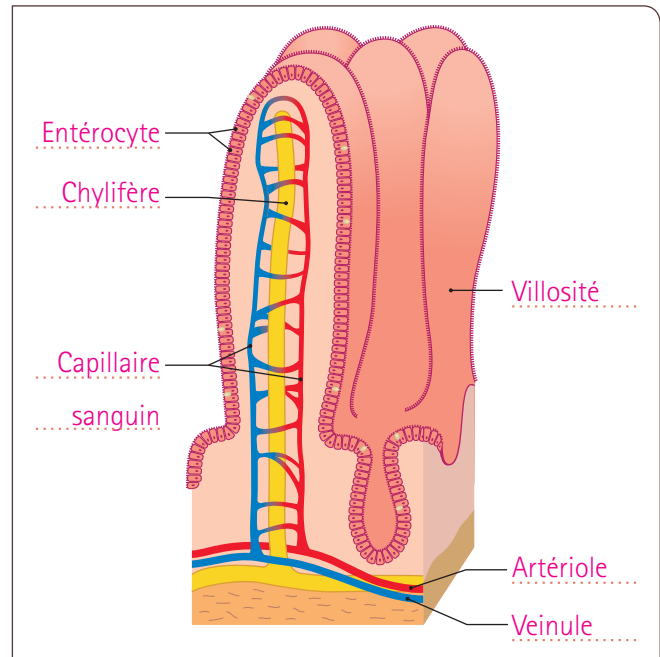


fig. 7 Système vasculaire et lymphatique des villosités intestinales

Doc. 5 Circulation sanguine et lymphatique

Les artérioles qui irriguent l'intestin sont issues de l'artère mésentérique. Les différentes veinules de l'intestin grêle se réunissent pour former la veine porte hépatique qui va directement au foie. Les chylifères intestinaux se réunissent pour former des canaux lymphatiques qui eux-mêmes se déversent dans le canal thoracique qui se déverse dans la veine sous-clavière.

5 À partir du doc. 5, légender la fig. 8.

6 Placer des flèches sur le schéma de la fig. 8 afin d'expliquer le sens de déplacement du sang et de la lymphe.

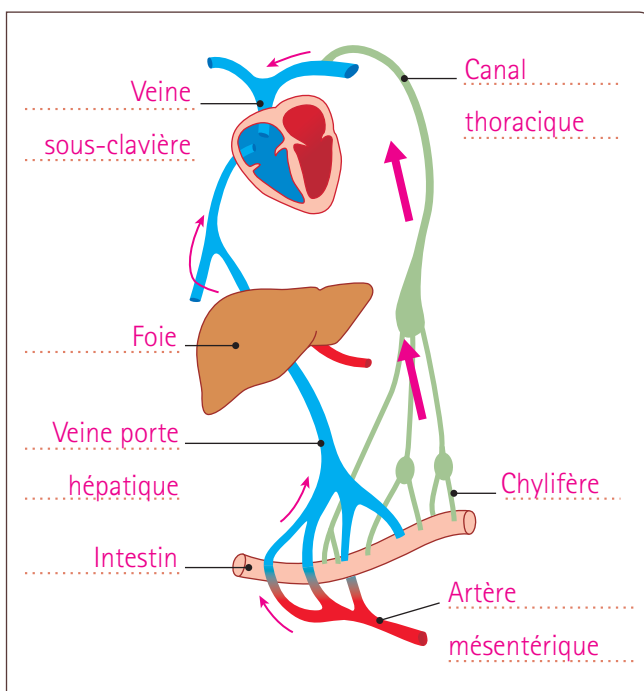


fig. 8 Vascularisation du foie et circulation lymphatique entérique

- 7** Décrire le trajet de nutriments entrant dans le milieu intérieur par une veinule intestinale jusqu'au cœur. Faire de même pour un nutriment entrant par un chylifère.

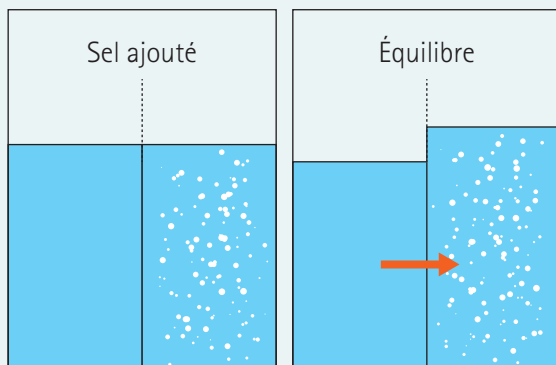
Le nutriment entrant dans une veinule passe ensuite dans la veine porte hépatique, puis entre dans le foie. Il en ressort par la veine sous-hépatique, puis entre dans la veine cave inférieure et dans le cœur. Le nutriment entrant dans un chylifère passe dans un canal lymphatique, puis dans le canal thoracique, la veine sous-clavière gauche (puis la veine cave supérieure) pour finalement entrer dans le cœur.

- 8** Justifier le fait que le système lymphatique soit qualifié d'unidirectionnel et communiquant avec la circulation sanguine.

La lymphe est dirigée vers le cœur (et non du cœur vers les organes) et rejoint la circulation sanguine au niveau de la veine sous-clavière gauche.

Activité 5 Absorption intestinale de l'eau

Doc. 6 Osmose



L'eau se déplace du milieu le moins concentré (c'est-à-dire le milieu contenant le moins de minéraux et de nutriments) vers le milieu le plus concentré. Le milieu le moins concentré est dit hypotonique. Le milieu le plus concentré est dit hypertonique. Si les deux milieux ont la même concentration, ils sont dits isotoniques.

- À partir des doc. 6 et 7, indiquer les mouvements d'eau prévisibles dans l'intestin au cours du transit.

L'eau va du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique. Au début de l'intestin, l'eau a tendance à aller vers la lumière du tube digestif. Une fois l'équilibre atteint, il n'y a plus de mouvement d'eau. Enfin, lorsque les nutriments sont absorbés, le chyle devient hypotonique donc l'eau va de la lumière au MI (d'une façon très importante).

Doc. 7 Mouvements d'eau du bol alimentaire

Lorsque le bol alimentaire arrive au début de l'intestin, il est hypertonique (par rapport au milieu intérieur) car il contient de nombreux nutriments et sels minéraux. Les nutriments sont absorbés tandis que le chyle avance vers le gros intestin (côlon). L'ensemble devient hypotonique. Au final, 92 % de l'absorption de l'eau par le tube digestif s'effectue dans l'intestin.

Activité 6 Absorption intestinale du glucose

Doc. 8 Concentration en glucose dans divers compartiments de l'organisme

	Lumière de l'intestin	Cytoplasme d'un entérocyte	Sang et liquide interstitiel
Glucose (g/L)	3	800	0,8

Doc. 9 Transport actif

Un transport actif s'effectue à travers une membrane grâce à de l'énergie apportée (en général de l'ATP). Cette énergie permet à la molécule d'aller du milieu où elle est le moins concentré vers celui le plus concentré.

- 1 Sachant qu'une molécule (ici le glucose) va du milieu où elle est le plus concentré au milieu le moins concentré, indiquer les mouvements théoriques du glucose entre les compartiments.

En théorie, le glucose devrait sortir de l'entérocyte afin d'aller vers le sang et la lumière de l'intestin.

(Mais ce n'est pas le cas comme la suite va le montrer.)

- 2 Des expériences montrent que la totalité du glucose intestinal passe dans les entérocytes. Commenter ce résultat.

Ce résultat est en contradiction avec le sens prévisible du glucose (du plus concentré au moins concentré).

- 3 Compléter le texte à l'aide des doc. 8 et 9.

Le glucose passe de la lumière intestinale au cytoplasme de l'entérocyte alors qu'il est moins concentré dans la lumière intestinale. Cela est rendu possible grâce à un transport actif qui permet au glucose de rentrer dans le cytoplasme en utilisant de l'énergie (ATP). Le glucose va alors passer spontanément dans les capillaires sanguins qui contiennent moins de glucose que l'entérocyte.

- 4 Le glucose est stocké dans le foie. Expliquer l'intérêt de la position du foie par rapport à l'intestin. La vascularisation du foie est présentée sur la fig. 8.

Le glucose absorbé passe dans la veine porte hépatique qui conduit directement au foie où il peut être stocké.

Activité 7 Absorption intestinale des lipides

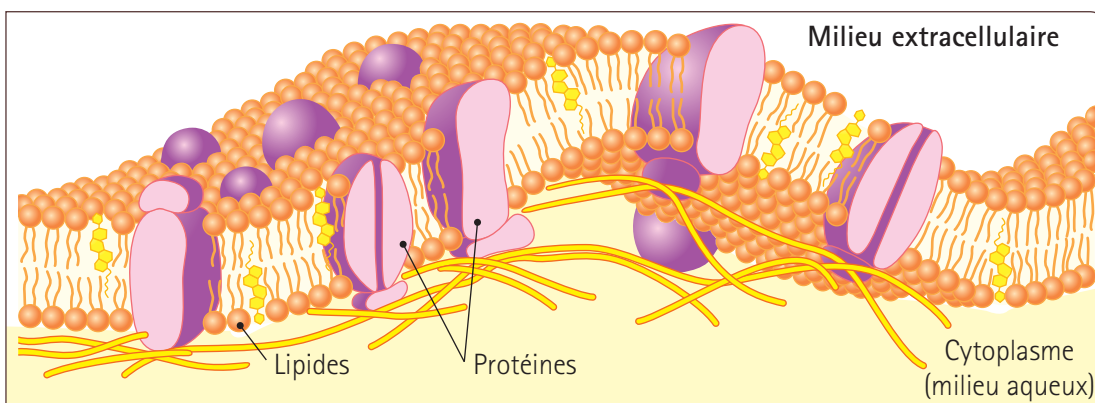


fig. 9 Organisation moléculaire de la membrane plasmique qui est constituée d'une double couche de lipides dans laquelle sont insérées des protéines

Doc. 10 Propriétés des lipides

Les lipides sont des molécules hydrophobes ou apolaires. Cela signifie qu'ils sont insolubles dans l'eau mais qu'ils sont solubles dans d'autres lipides.

Doc. 11 Formation des chylomicrons

Dans le cytoplasme des entérocytes, les lipides s'associent à des protéines. Des structures sphériques, polaires en périphérie, sont formées appelées chylomicrons. Ceux-ci ont un diamètre important qui les empêche de pénétrer dans les capillaires sanguins.

- 1** D'après les données des doc. 10 et 11, indiquer comment les lipides rentrent dans le cytoplasme des entérocytes.

Les lipides étant hydrophobes, ils peuvent se solubiliser dans la membrane plasmique et la traverser (diffusion simple).

- 2** Indiquer si les lipides peuvent entrer directement dans le sang qui est un milieu aqueux.

Non, les lipides ne peuvent pas entrer directement dans le sang car ils sont insolubles dans l'eau.

- 3** Grâce aux données du doc. 11, indiquer pourquoi les chylomicrons sont solubles dans le sang.

Ils sont solubles dans une phase aqueuse car leur face exposée est polaire (hydrophile).

- 4** Justifier la nécessité pour les chylomicrons de passer par les vaisseaux lymphatiques avant de rejoindre la circulation sanguine.

Le grand diamètre des chylomicrons les empêche de pénétrer directement dans les capillaires.

- 5** Compléter le texte.

Les nutriments issus de la digestion des lipides entrent dans les entérocytes par diffusion à travers la membrane plasmique. Ils s'associent à des protéines pour former des chylomicrons. Ces derniers entrent dans la lymphe circulante, puis rejoignent le système sanguin.

- 6** Justifier l'aspect de la lymphe dans les deux tubes de la fig. 10.

Après un repas, de nombreux chylomicrons rejoignent la circulation lymphatique, ce qui donne un aspect trouble à la lymphe.

- 7** La stéatorrhée est la présence de graisses dans les fèces. Indiquer les deux causes possibles de malabsorption de graisses.

La motricité intestinale est trop rapide (pas d'échange). La muqueuse intestinale est modifiée (moins de villosités ou mauvaise digestion des lipides).

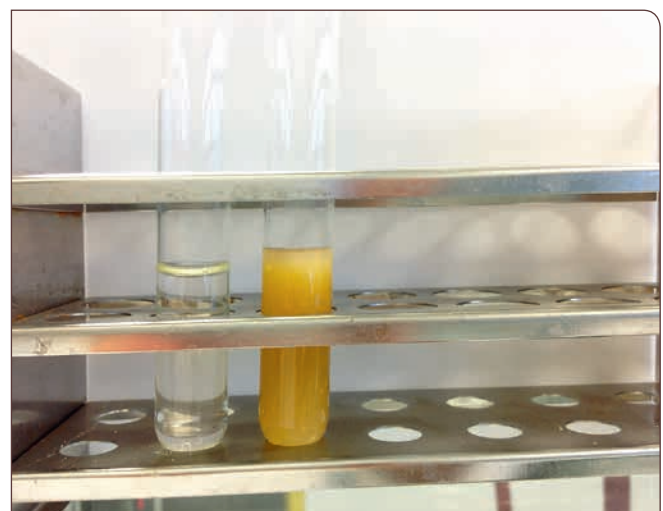


fig. 10 Tubes contenant de la lymphe avant et après un repas (lactescence)

Je construis mon cours

L'absorption intestinale est définie comme l'entrée dans le milieu intérieur de nutriments issus de la digestion d'aliments.

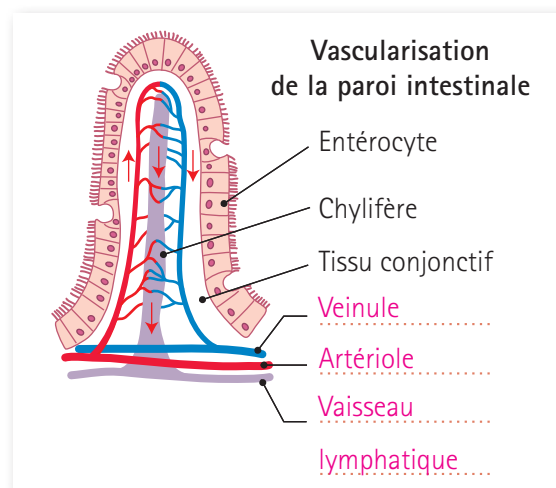
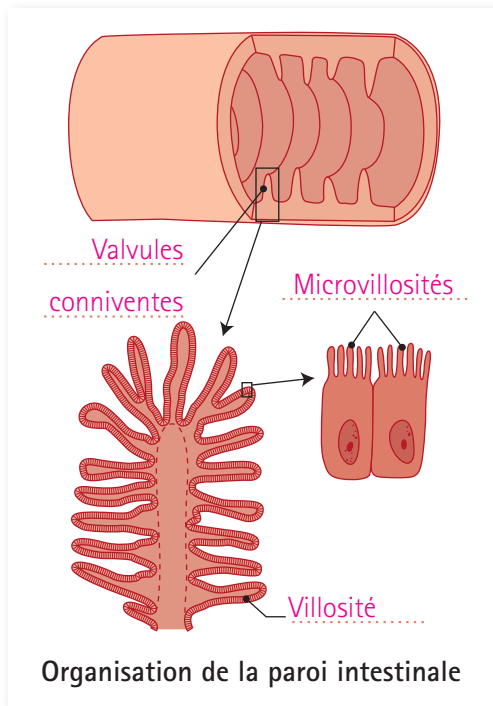
L'absorption est favorisée par trois facteurs :

- l'augmentation de surface d'absorption (valvules conniventes, villosités, microvillosités)
- l'organisation du tissu (épithélium en monocouche)
- la vascularisation riche et à proximité du lieu d'échange.

L'eau rentre par osmose (du compartiment hypotonique vers le compartiment hypertonique).

Le glucose et les acides aminés entrent par transport actif (qui nécessite de l'énergie) et rejoignent directement les capillaires sanguins.

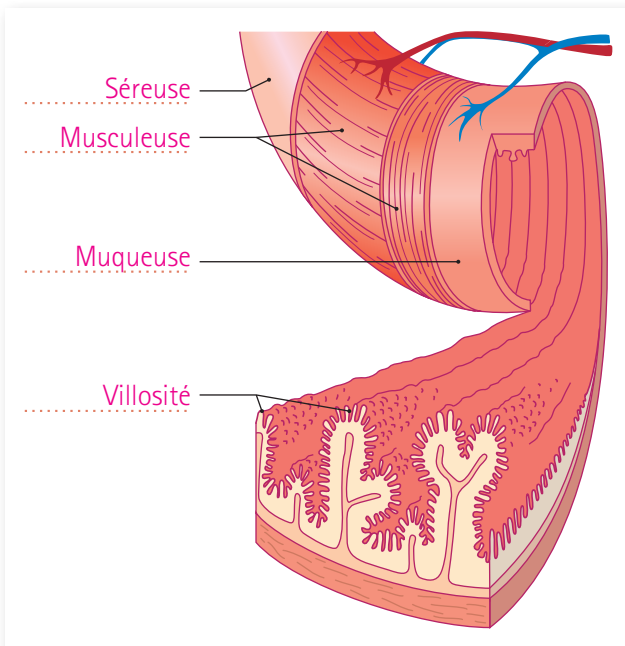
Les lipides diffusent à travers la membrane plasmique des entérocytes. Ils s'associent à des protéines pour former des chylomicrons qui rejoignent les vaisseaux lymphatiques.



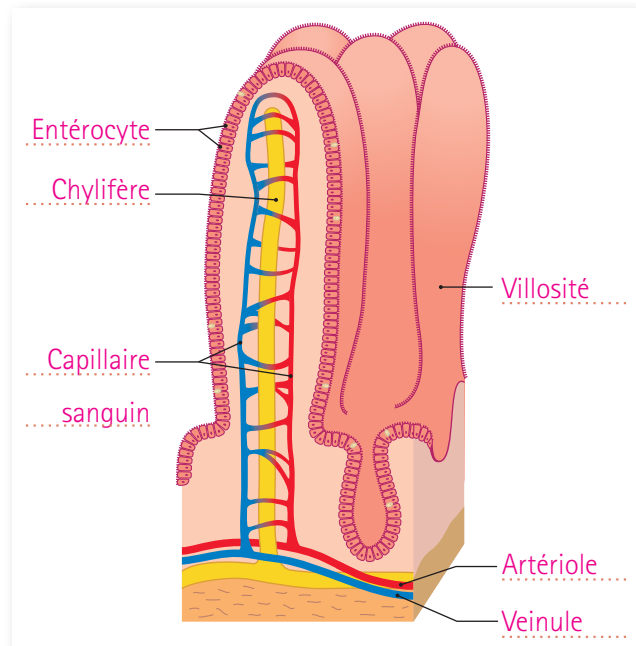
Je sais dire

Terme	Définition
Milieu intérieur	Liquide dans lequel baignent les cellules et liquides circulants
Capillaire sanguin	Vaisseau sanguin de petit diamètre
Chylifère	Vaisseau lymphatique de petit diamètre
Lymphe	Liquide transporté par les vaisseaux lymphatiques
Microvillosités	Replis de la membrane plasmique
Villosités	Replis de la muqueuse le long des valvules
Valvules conniventes	Replis importants de la muqueuse intestinale

je sais faire le jour du bac



Organisation de la paroi intestinale



Vascularisation d'une villosité

1 Les trois schémas présentent différents grossissements de la structure de la paroi intestinale. Ajouter les titres manquants et compléter les légendes des trois schémas.

2 Chez l'homme, l'intestin grêle a une longueur d'environ 7 m pour un diamètre de 3 cm. La surface totale de la muqueuse intestinale est estimée à 200 m² ce qui constitue la plus grande surface d'échange avec le milieu extérieur. Indiquer les structures qui permettent d'expliquer l'étendue de cette surface d'échange.

Les valvules conniventes, les villosités et les microvillosités augmentent la surface d'échange.

3 Citer la fonction digestive favorisée par cette particularité structurale.

La fonction digestive favorisée par cette particularité structurale est l'absorption.

4 Indiquer la voie empruntée par les nutriments lipidiques pour leur distribution dans l'organisme.

La voie empruntée par les nutriments lipidiques pour leur distribution dans l'organisme est le système lymphatique.

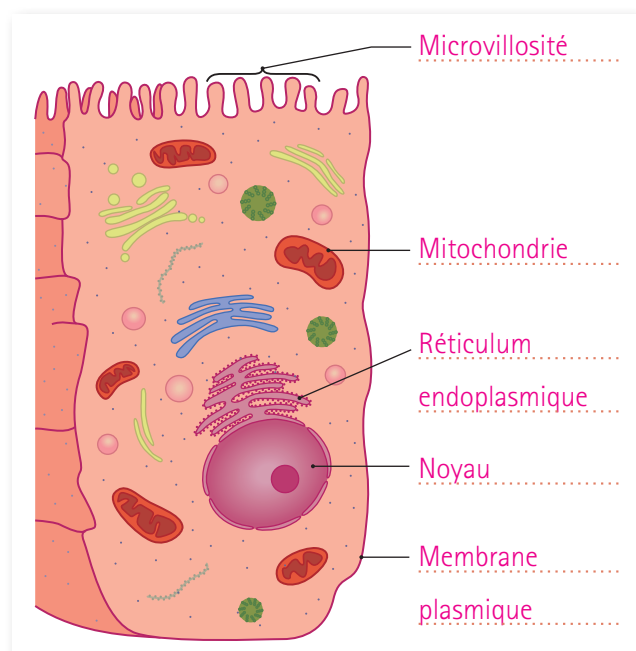


Schéma de l'ultrastructure d'un entérocyte

24 L'alactasie

- ➔ Indiquer les manifestations de ce déficit enzymatique.
- ➔ Relier l'absence de digestion du lactose à la diminution de l'absorption d'eau.

Activité 1 Lait et santé



fig. 1 Photo de Fernando Montiel Klint, *Ultrapasteurizada* de la série *Tiempos Modernos*, 2005, Mexico D.F.

Doc. 1 Composition de 250 mL de lait

Protéines	8 g
Lipides	8 g
Glucides, dont lactose (11,5 g)	11,6 g
Minéraux, dont calcium	0,6 g
Vitamines	B, A et D



fig. 2 Boire un verre de lait

Doc. 2 Symptômes de l'alactasie

Trente minutes à quelques heures après l'ingestion de lait et de produits laitiers, certaines personnes présentent les symptômes caractéristiques de l'alactasie :

- ▶ ballonnements dus à des gaz ;
- ▶ diarrhées ;
- ▶ douleurs abdominales ;
- ▶ vomissements.

- 1 Grâce au tableau de composition donné dans le doc. 1, expliquer pourquoi le lait pourrait être « un ami pour la vie ».

Le lait contient tous les types de macromolécules, des minéraux et vitamines.

- 2 Nommer le sucre majoritaire du lait. Sachant que la racine « ose » signifie sucre, justifier son nom.

C'est le lactose. Sucre (ose) du lait (lact).

- 3 Le beurre est réalisé à partir de crème de lait mélangée avec des bactéries lactiques qui dégradent le lactose. Justifier les résultats pour le beurre et la crème de la fig. 3.

Le lactose de la crème est dégradé par les bactéries lactiques pour donner du beurre. Il faut 833 g de beurre pour obtenir 5 g de lactose et 166 g de crème à 35 % (ou 58 g de crème pure) pour obtenir 5 g de lactose.

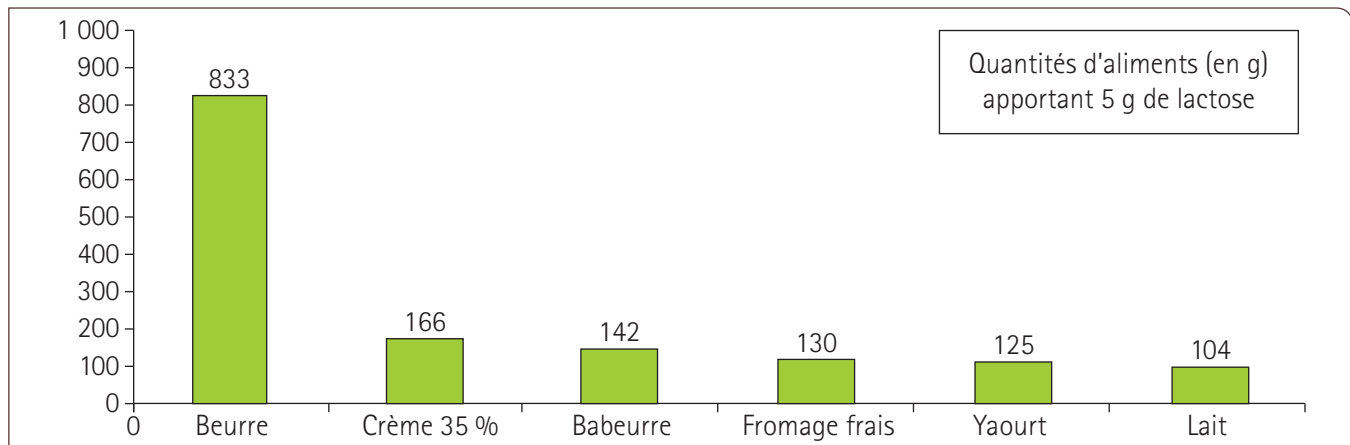


fig. 3

Apport de lactose par les produits laitiers. Remarque : le yaourt de fabrication artisanale ne contient pas de lactose, contrairement au yaourt industriel présenté ici dans lequel de la poudre de lait est rajoutée

- 4 Chez certaines personnes, les symptômes présentés dans le doc. 2 apparaissent avec différents produits de la fig. 3, à l'exception du beurre. Identifier la molécule responsable des symptômes.

La molécule responsable de ces symptômes est le lactose, qui est en faible quantité dans le beurre.

- 5 Compléter le texte ci-dessous.

Une personne atteinte d'alactasie ne digère pas le lactose contenu dans les aliments. L'alactasie est aussi appelée intolérance au lactose. L'alactasie peut être partielle ou totale (le lactose doit être strictement supprimé de l'alimentation).

- 6 Le yaourt artisanal est fabriqué en ajoutant des bactéries lactiques au lait. Préciser l'avantage de la consommation de yaourts pour une personne souffrant d'alactasie partielle.

Le lactose est dégradé par les bactéries lactiques. Le consommateur de yaourts artisanaux bénéficie des différents constituants du lait sans le lactose.

Activité 2 Le lactose et sa dégradation

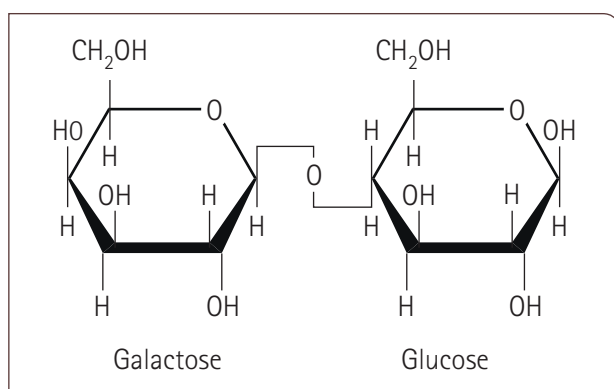
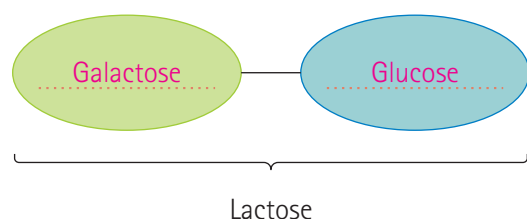


fig. 4 Structure du lactose

Doc. 3 Structure du lactose

Le lactose est une biomolécule. Sa formule chimique (qui n'est pas à retenir sous cette forme détaillée) est donnée dans la fig. 4. On constate que le lactose est constitué de deux oses (le galactose et le glucose) liés.

- 1 À partir du doc. 3 et de la fig. 4, identifier les éléments du schéma ci-dessous.



- 2 Le schéma permet de visualiser des monomères qui constituent le lactose. Citer leur nom respectif.

Les monomères qui constituent le lactose sont le galactose et le glucose.

- 3 Indiquer le terme qui indique le nombre d'éléments qui forment le lactose.

Le terme qui indique le nombre d'éléments qui forment le lactose est dimère.

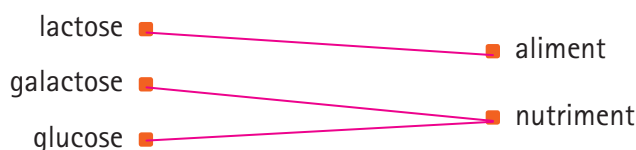
- 4 Préciser la catégorie de biomolécule à laquelle appartient le lactose et justifier la réponse.

Le lactose appartient à la catégorie des glucides car il est composé d'oses.

- 5 Compléter la réaction d'hydrolyse du lactose en présence de lactase présentée ci-dessous.

lactose + eau \longrightarrow galactose + glucose

- 6 Au niveau de l'intestin, le galactose et le glucose peuvent être absorbés. En revanche le lactose ne peut pas être absorbé. Faire correspondre les termes.



- 7 Compléter le texte à partir du doc. 4.

Lorsqu'une personne possède l'enzyme lactase, le lactose qui est présent dans l'alimentation est digéré.

En effet, le lactose est dégradé en glucose et en galactose qui sont des nutriments. Ces derniers sont absorbés au niveau de la paroi intestinale.

Lorsqu'une personne ne possède pas l'enzyme, le lactose n'est pas digéré. Le lactose continue alors de parcourir le tube digestif. Il est éliminé dans les fèces. L'alactasie est due à l'absence de la lactase.

Doc. 4 La lactase

La lactase est une enzyme qui hydrolyse (c'est-à-dire qui coupe une molécule en présence d'eau) le lactose. Deux monomères sont obtenus.

La lactase est produite uniquement chez les personnes qui possèdent le gène correspondant. La lactase se trouve dans le tube digestif au niveau de l'intestin grêle. Elle est produite par des entérocytes et reste accrochée à la membrane du côté de la lumière intestinale. La production de lactase diminue au cours du temps chez de nombreuses personnes. De plus, la quantité de lactase varie de manière très importante selon les populations.

- 8 Les pathologies causant des lésions (dommages) aux cellules de la paroi intestinale entraînent l'arrêt de synthèse de la lactase. Indiquer la conséquence.

La conséquence est une alactasie.

- 9 Préciser l'autre cause importante des alactasies, à l'aide du doc. 4.

Le gène de la lactase est transmis de manière héréditaire (comme tout gène). Il peut être absent dans une famille. L'alactasie est alors d'origine génétique.

- 10 Un test de détection de l'alactasie est basé sur le prélèvement d'un morceau d'intestin grêle (biopsie) puis sur sa mise en contact avec du lactose. Indiquer le principe du test et justifier son abandon progressif au profit de nouveaux tests.

En cas d'alactasie, l'intestin ne contient pas de lactase et le lactose n'est pas transformé. C'est un test invasif donc peu pratique.

Activité 3 Mise en évidence d'une intolérance au lactose

1 Compléter le tableau grâce aux éléments théoriques décrits dans l'activité 2.

Type de personne	Présence de lactase	Aliments ingérés	Nutriments au niveau de l'intestin	Augmentation de la glycémie (concentration de glucose dans le sang)
Sans alactasie	..... + .....	lactose	glucose et galactose +
Sans alactasie	..... + .....	glucose	glucose +
Avec alactasie	..... - .....	lactose	aucun -
Avec alactasie	..... - .....	glucose	glucose +

Doc. 5 Principe du test d'intolérance au lactose

On fait ingérer du lactose à un patient chez qui on soupçonne une alactasie. Cette ingestion est réalisée à jeun (après une nuit sans manger). Trois prises de sang sont réalisées : à jeun, une heure après l'ingestion, deux heures après l'ingestion. L'absence d'augmentation de la quantité de glucose dans le sang est un argument supplémentaire pour suspecter une alactasie.

Doc. 6 Résultats du test d'intolérance au lactose chez deux personnes

	Glucose dans le sang à jeun	Glucose dans le sang après 1 heure	Glucose dans le sang après 2 heures
Monsieur B	0,8 g/L	0,9 g/L	1,1 g/L
Madame A	0,9 g/L	0,9 g/L	0,9 g/L

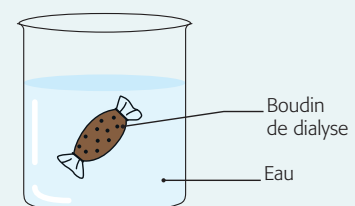
2 Indiquer, en justifiant la réponse, la (ou les) personne(s) pouvant être atteinte(s) d'alactasie, d'après les résultats des tests d'intolérance au lactose présentés dans le doc. 6.

Monsieur B a sa quantité de glucose qui augmente dans son sang, après ingestion de lactose. Donc le lactose a été hydrolysé dans le tube digestif. Monsieur B possède l'enzyme lactase : il n'a pas d'alactasie. En revanche, Madame A peut avoir une alactasie.

Activité 4 Conséquences d'une alactasie sur l'absorption d'eau dans le tube digestif

Doc. 7 Expérience de dialyse

Un petit sac (appelé boudin de dialyse) est confectionné avec une membrane de dialyse. Cette membrane laisse passer l'eau et les oses (glucose et galactose) mais ne laisse pas passer les dimères d'oses. Lorsqu'une molécule ne peut pas sortir du boudin, il se crée une différence de concentration. L'eau entre alors par osmose dans le boudin.



1 Compléter le texte.

Lorsque le boudin de dialyse contient du glucose et du lactose, les deux mono mères peuvent traverser la membrane : le volume du boudin ne varie pas.

Lorsque le boudin de dialyse contient du lactose, le dimère ne peut traverser la membrane. Une force fait entrer l'eau dans le boudin : le volume du boudin augmente.

2 Compléter avec les signes +, – et = la dernière colonne du tableau.

Contenu du boudin	Évolution du volume du boudin
Eau + lactose	+
Eau + glucose + galactose	=
Eau + lactose + lactase	=

3 Expliquer le résultat de l'expérience : « eau + lactose + lactase ».

Dans cette expérience, la lactase permet l'hydrolyse du lactose. On obtient alors des oses (glucose et galactose) qui peuvent traverser la membrane. Il n'y a pas de mouvement d'eau.

4 On considère que le boudin de dialyse est l'équivalent de l'intestin. L'intérieur du boudin correspond à la lumière intestinale. Compléter le texte.

Chez un patient avec alactasie, le lactose n'est pas transformé en glucose et galactose. Le lactose reste dans la lumière de l'intestin. Une force se crée : de l'eau de l'organisme passe du milieu intérieur à la lumière de l'intestin.

5 Indiquer le symptôme qui, dans le doc. 2, s'explique par ce mouvement d'eau.

Le symptôme qui s'explique par ce mouvement d'eau est la diarrhée liée à l'alactasie.

Activité 5 Le devenir du lactose non digéré

fig. 5 Bactéries présentes dans le côlon (SEM × 40 000)

Doc. 8 La mesure de l'hydrogène expiré

Les bactéries présentes dans le tube digestif transforment le lactose. Elles produisent un gaz, le dihydrogène, qui passe dans le sang, rejoint les poumons, puis est exhalé (ou expiré).

Le test de la mesure du dihydrogène expiré est réalisé de la manière suivante :

- le volume de dihydrogène expiré est mesuré une première fois ;
- la personne consomme un produit laitier ;
- le volume de dihydrogène expiré est mesuré de nouveau.

- 1 Indiquer l'élément important pour le test apporté par le produit laitier.

Le produit laitier est source de lactose.

- 2 Expliquer l'évolution prévisible du volume de dihydrogène expiré chez une personne souffrant d'alactasie.

Chez une personne souffrant d'alactasie, le lactose n'est pas digéré. Il donne de l'hydrogène que l'on retrouve dans l'air expiré. Le volume d'hydrogène expiré augmente.

- 3 Interpréter les résultats des tests d'hydrogène expiré de Madame A et de Monsieur B, et indiquer si ils sont compatibles avec les analyses effectuées dans l'activité 3.

La quantité de dihydrogène expiré augmente fortement chez Madame A après ingestion de lactose : elle présente probablement une alactasie. Ce n'est pas le cas de Monsieur B. Les résultats sont compatibles avec ceux du test d'intolérance au lactose.

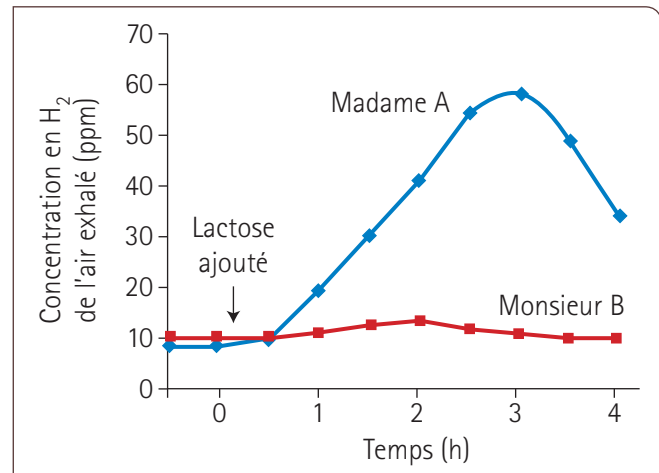


fig. 6 Test d'hydrogène expiré

- 4 Relier le phénomène de production de dihydrogène à des symptômes décrits dans le doc. 2.

Les symptômes liés au phénomène de production d'hydrogène sont les ballonnements et flatulences dus au dihydrogène (gaz) et les douleurs abdominales.

Activité 6 Traitements de l'alactasie

- 1 Indiquer en quoi le produit de la fig. 8 est adapté aux personnes atteintes d'alactasie.

Le lait sans lactose évite l'apport de lactose.

- 2 Proposer un moyen simple de réalisation de lait sans lactose.

De la lactase peut être ajoutée au lait afin de dégrader le lactose.

- 3 Justifier l'intérêt du produit de la fig. 7 dans le cas d'une alactasie.

La lactase apportée par le produit aide à la dégradation du lactose dans le tube digestif.

- 4 Expliquer l'intérêt de la prise d'un yaourt en même temps qu'un produit lactosé pour une personne (légèrement) intolérante au lactose.

Le yaourt apporte des bactéries lactiques qui dégradent le lactose (grâce à des lactases qu'elles possèdent).



fig. 7 Flacon de lactase (complément alimentaire)



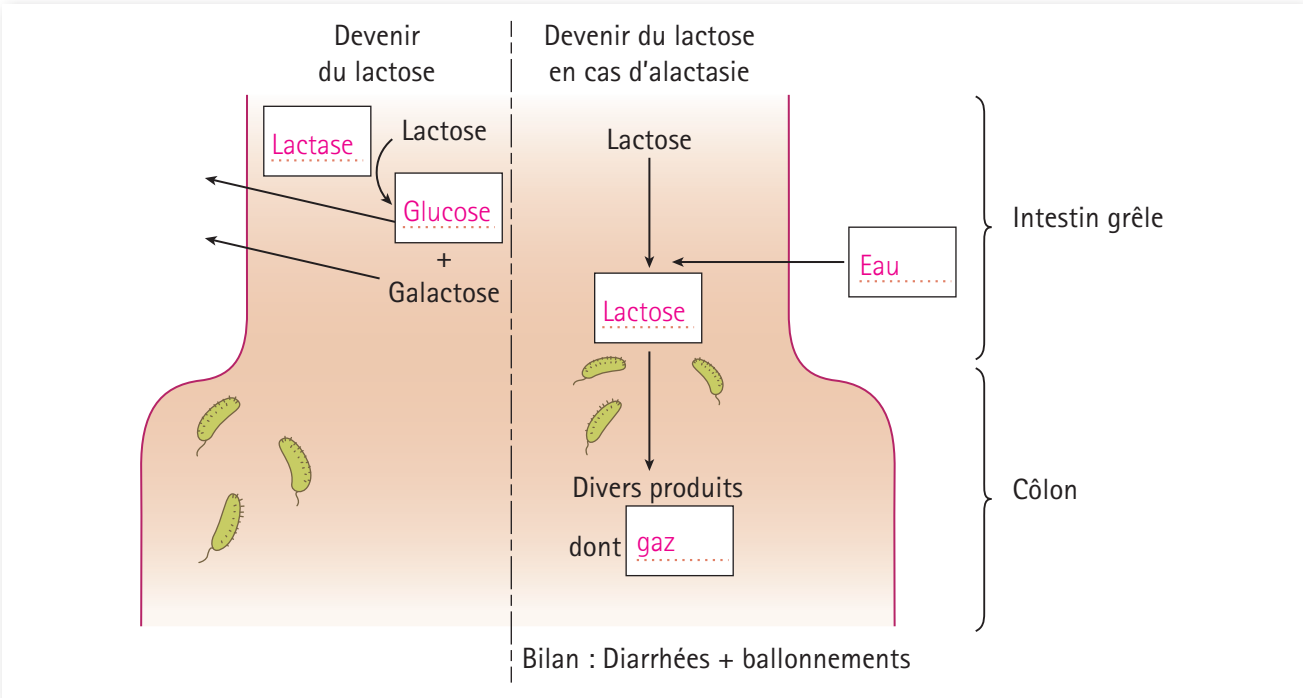
fig. 8 Lait sans lactose

Je construis mon cours

L'alactasie est une intolérance au lactose . Les personnes atteintes d'alactasie ne possèdent pas de lactase (l'enzyme qui hydrolyse le lactose en glucose et en galactose) dans l'intestin grêle . Le lactose non digéré est responsable d'un mouvement d'eau du milieu intérieur vers la lumière du tube digestif (par osmose) ce qui provoque des diarrhées .

Le lactose non digéré par la lactase est dégradé par les bactéries du côlon avec production de gaz ce qui provoque des ballonnements et des douleurs abdominales .

Les personnes atteintes d'alactasie peuvent diminuer les troubles en choisissant des aliments sans lactose ou en utilisant des comprimés de lactase .



Je sais dire

a- : absence de	-ase : enzyme	lact- : lait	ose : sucre
-----------------	---------------	--------------	-------------

Terme	Définition
Lactose	Sucre du lait
Lactase	Enzyme qui hydrolyse le lactose
Alactasie	Absence de lactase

je sais faire le jour du bac

- 1 Indiquer quelle catégorie d'aliments est riche en lactose.

La catégorie « lait et les produits laitiers ».

- 2 Nommer l'enzyme responsable de la digestion du sucre majoritaire du lait dans l'organisme et la localiser. Citer la pathologie liée à son absence.

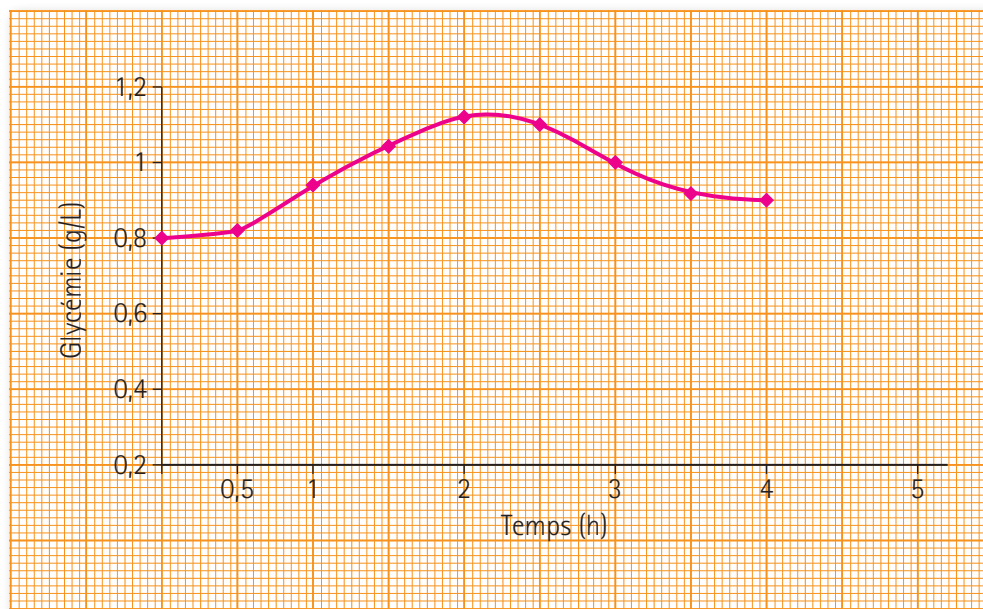
C'est la lactase, qui est localisée dans la paroi de l'intestin grêle (duodénum). Son absence entraîne une alactasie.

Une femme de 25 ans souffre de vomissements, de diarrhées importantes et de ballonnements après consommation de produits laitiers. Le médecin lui prescrit un test de tolérance au lactose dont les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous. Un produit laitier est ingéré au temps 0.

Temps (h)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Glycémie (g/L)	0,80	0,80	0,95	1,05	1,15	1,10	1	0,95	0,90

- 3 Tracer la courbe de l'évolution de la glycémie et indiquer si les résultats sont compatibles avec l'absence de lactase.

Le lactose est bien digéré car on retrouve du glucose dans le sang. La patiente possède la lactase, elle n'a pas une alactasie.



Évolution de la glycémie en fonction du temps

25

Le sang : leucocytes et hématies

- ➔ Définir les examens hématologiques et biochimiques.
- ➔ Identifier les différents éléments figurés du sang sur un frottis sanguin.
- ➔ À partir d'une NFS, mener une étude quantitative et qualitative des éléments figurés du sang.

Activité 1 Présentation du sang

Doc. 1 Alimentation de Dracula

Le comte Dracula est particulièrement connu pour ses pratiques culinaires. Il porte son choix sur une belle jeune femme. Profitant de son sommeil, il s'approche de son cou et pratique deux incisions dans l'artère carotide (une structure qui permet le transport du sang oxygéné sous pression vers le cerveau) grâce à ses canines saillantes. Un homme contient 6 litres de sang, et une femme 5 litres. Cependant, l'histoire montre qu'il revient plus d'une dizaine de fois vers sa victime et qu'à chaque visite il aspire plus d'un litre de sang.

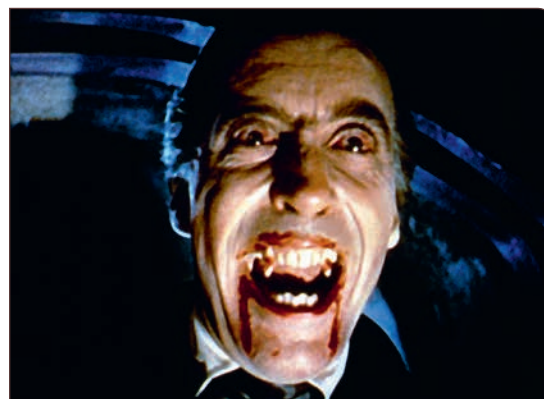


fig. 1 Film de Terence Fisher, *Dracula, prince des ténèbres*, 1966

1 Préciser si la couleur du sang prélevé par le comte correspond à la couleur conventionnelle du sang oxygéné. Le sang est rouge. S'agissant de sang oxygéné, la couleur conventionnelle est le rouge.

2 Calculer le volume de sang prélevé en 10 visites par le comte. En comparant cette valeur et la volémie (volume de sang d'une personne), déduire une propriété importante du sang.

En 10 visites, le comte aura prélevé au moins $10 \times 1 = 10$ litres de sang chez une femme qui a une volémie de 5 litres. Le sang se régénère.

3 Justifier le mode opératoire de Dracula.

Il pratique une incision (coupure) afin de permettre au sang de sortir du milieu intérieur.

4 Justifier le choix de la carotide dans le prélèvement sanguin du comte.

Le sang est sous forte pression au niveau de la carotide. Il sort facilement du corps.

Activité 2 Le sang : un tissu conjonctif liquide

Doc. 2 Composition du sang

Le sang contient de nombreuses cellules qui baignent dans un liquide appelé plasma. Il contient d'autres éléments dont des fibres qui ne sont pas visibles avec une coloration MGG. Le sang circule à l'intérieur des vaisseaux sanguins et permet d'amener les différentes molécules de l'organisme du lieu où elles sont disponibles vers celui où elles sont utilisées.

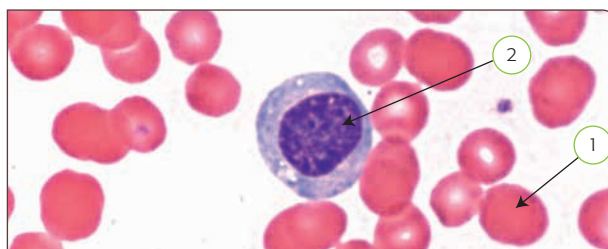


fig. 2 Observation du sang ($\times 1\,000$) après coloration au MGG

1 Justifier l'appellation de « tissu » pour le sang.

Un tissu est un ensemble de cellules qui concourent à la même activité (ici le transport).

2 Parmi les tissus, le tissu conjonctif se caractérise par la présence de fibres et par une structure lâche des cellules (non serrées les unes contre les autres). À partir de cette définition, de la photographie d'une coloration de tissu sang et du doc. 2, justifier le classement du sang dans les tissus conjonctifs.

Le sang, composé de fibres, de liquide et de cellules non jointives est un tissu conjonctif.

3 La photographie du sang coloré au MGG, fig. 2, permet d'observer deux grands types de cellules. Compléter le tableau en sachant que la coloration par MGG colore en violet le noyau des cellules.

	Couleur	Présence du noyau	Quantité relative
Cellules type 1	Rouge	Pas de noyau	Abondant
Cellules type 2	Blanc-bleu clair	Noyau	Moins abondant

Activité 3 Coloration de May Grünwald Giemsa (MGG)

Doc. 3 Observation des cellules sanguines

Le frottis est un étalement d'une goutte de sang avec un anticoagulant (empêche le sang de devenir visqueux) entre lame et lamelle, de façon à obtenir une couche fine de sang. Le frottis peut être fixé par du méthanol puis immergé dans des colorants (coloration de May Grünwald Giemsa (MGG)) afin d'être observé au microscope optique ($\times 1\,000$).

Composition des colorants MGG :

- éosine : colorant rose et acide ;
- bleu de méthylène : colorant bleu et basique ;
- azur de méthylène : colorant bleu et basique.

Les constituants cellulaires basiques (exemples : ADN, ARN, granules basiques) fixent les colorants basiques et les constituants cellulaires acides (exemples : hémoglobine, granules acides) fixent les colorants acides. Les constituants neutres fixent les deux types et apparaissent violet.

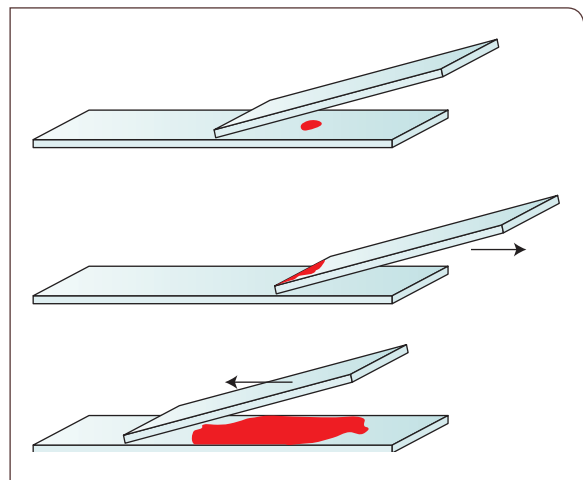


fig. 3 Réalisation d'un frottis sanguin

Colorier les cellules schématisées ci-dessous en tenant compte des indications données dans le doc. 3.

Cellule sans noyau avec beaucoup d'hémoglobine	Cellule avec noyau (contenant de l'ADN)	Cellule avec noyau en activité intense (ARN dans le cytoplasme)

Activité 4 Définition d'un organe

Doc. 4 Caractéristiques des éléments figurés du sang

La coloration MGG permet d'observer les éléments figurés du sang : cellules et fragments de cellules. Parmi les cellules, deux grandes catégories ont été distinguées dans l'activité 2 :

	Autres noms	Caractéristiques
Globules rouges	Erythrocytes, hématies	Petites cellules (7-8 μm) sans noyau
Globules blancs	Leucocytes	Plusieurs sortes de cellules (de 10 à 20 μm) avec noyau

Parmi les globules blancs, on distingue trois catégories en fonction de la forme du noyau et des granules.

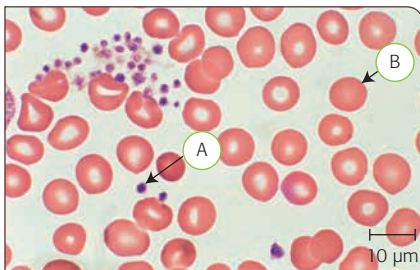
Lymphocytes	Monocytes	Granulocytes (ou polynucléaires)
10 μm , noyau circulaire, pas de granulation	20 μm , noyau en forme de fer à cheval, pas de granulation	15 μm , noyau irrégulier, présence de granulation

Parmi les granulocytes, on distingue trois catégories en fonction de la nature acide ou basique des granulations.

Les fragments de cellules sont appelés plaquettes (ou thrombocytes). Ils mesurent environ 3 μm et sont de nature basique.

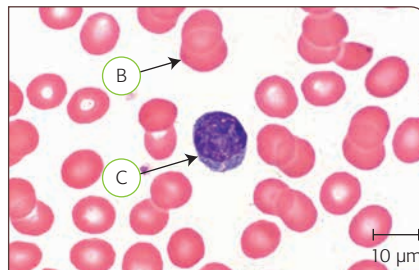
Neutrophile	Éosinophile	Basophile
Granulations neutres	Granulations acides	Granulations basiques

En utilisant les doc. 3 et 4, compléter, en justifiant, les légendes des clichés.



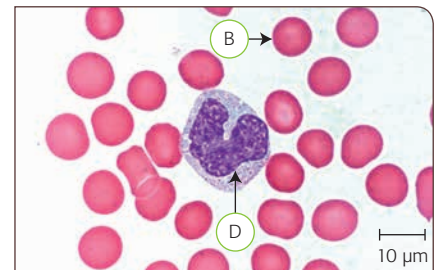
A : plaquette (petite taille)

B : hématie (pas de noyau)



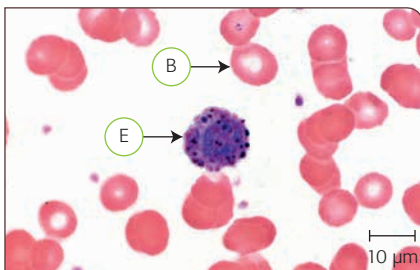
B : hématie (pas de noyau)

C : lymphocyte (noyau circulaire, pas de granulation)



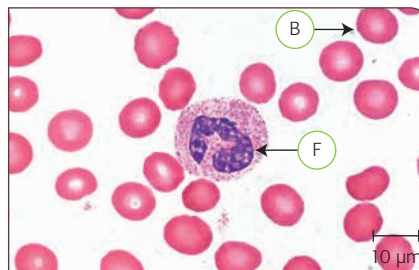
B : hématie (pas de noyau)

D : monocyte (grand noyau en forme de fer à cheval, pas de granulation)



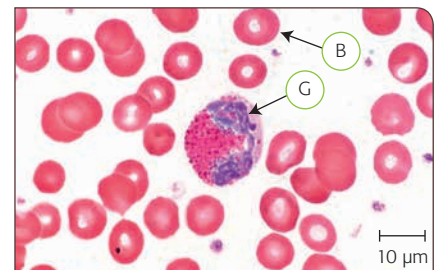
B : hématie (pas de noyau)

E : basophile (noyau, granulations très bleues)



B : hématie (pas de noyau)

F : neutrophile (noyau, granulations entre bleu et rose)



B : hématie (pas de noyau)

G : éosinophile (noyau, granulations roses)

Activité 5 Étude des hématies



fig. 4 La mer Rouge (sa couleur provient sans doute des algues *Trichodesmium erythraeum* qui donnent des reflets rouges à l'eau)

Doc. 5 Racines utilisées

Les hématies sont appelés également érythrocytes. Érythr(o) est une racine qui signifie « rouge ». Ainsi, l'Érythrée est une région d'Afrique qui doit son nom à sa proximité avec la mer Rouge.

Cyt(o) est une racine qui signifie « cellule ».

Dans le langage médical, « érythro » est souvent utilisé à la place d'« érythrocyte » dans les mots complexes utilisant d'autres racines :

Pénie : pauvreté, pénurie Cytose : augmentation

Pathie : maladie

Poly : plusieurs

1 À partir des indications du doc. 5, compléter le tableau suivant.

Termes	Définitions
Érythrocyte	Hématie (cellule rouge)
Érythropénie	Nombre anormalement faible de globules rouges
Érythropathie	Maladie en relation avec les globules rouges
Érythrocytose	Augmentation du nombre de globules rouges
Polyglobulie	Nombre très important de globules rouges

Doc. 6 L'hématocrite

La mesure de l'hématocrite est une technique qui consiste à prélever du sang avec un anticoagulant et de laisser les éléments figurés du sang sédimenter (c'est-à-dire « s'accumuler au fond du tube »). Le temps nécessaire à la sédimentation peut être diminué par une centrifugation. L'hématocrite est le pourcentage du volume d'hématies par rapport au volume total du sang prélevé : $\text{Hématocrite} = (h/H) \times 100$.

2 Détailler le nom des éléments qui s'accumulent au fond du tube.

Les éléments qui s'accumulent au fond du tube sont les hématies, les leucocytes (lymphocytes, monocytes, granulocytes dont basophiles, acidophiles, neutrophiles) et les plaquettes.

3 Calculer l'hématocrite en pourcentage à partir de la fig. 5.

$$\text{Hématocrite} = (h/H) \times 100 = (2,1/4,2) \times 100 = 50 \%$$

4 Le nombre d'hématies est compté par un automate. L'hématocrite (volume total d'hématies) ne permet pas de déduire le nombre d'hématies. Justifier, en complétant le texte suivant.

Les hématies n'ont pas forcément le même volume. Un même hématocrite peut correspondre à un nombre plus élevé d'hématies si les hématies ont un volume plus petit.

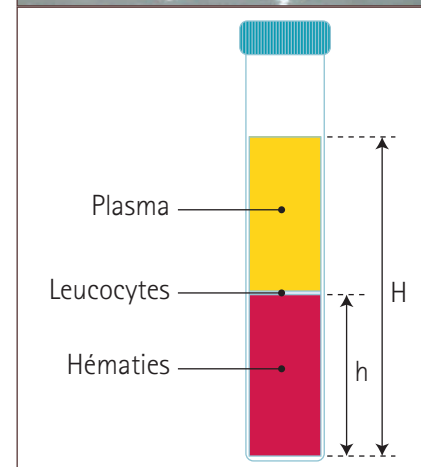
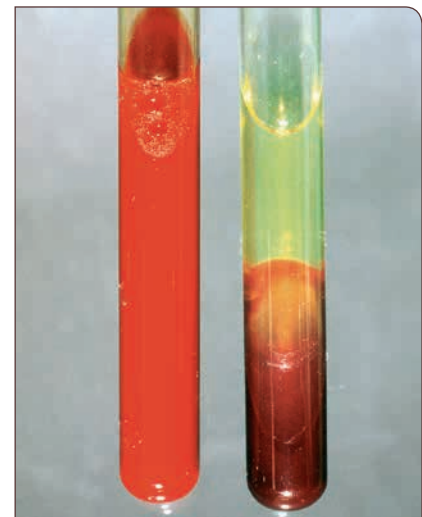


fig. 5 Hématocrite

Doc. 7 Composition des hématies

Les hémoglobines sont des protéines qui transportent l'oxygène des poumons aux cellules. Elles sont à l'intérieur des hématies et sont responsables de la couleur rouge des hématies (globules rouges). Elles contiennent du fer.

Hem(o) signifie « sang ».

Lorsque la quantité d'hémoglobine diminue, le transport du dioxygène est ralenti. Or le dioxygène est nécessaire aux cellules afin de fabriquer de l'énergie.

Doc. 8 Grandeurs des hématies

VGM : (Volume Globulaire Moyen) - Correspond à la taille moyenne des hématies.

CCMH : (Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine) - Correspond à la quantité d'hémoglobine par volume d'hématies (hématocrite).

TCMH : (Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine) - Correspond à la quantité d'hémoglobine par hématie.

5 À partir du **doc. 8**, compléter les phrases suivantes.

La **VGM** est obtenue à partir de l'hématocrite et du nombre d'hématies.

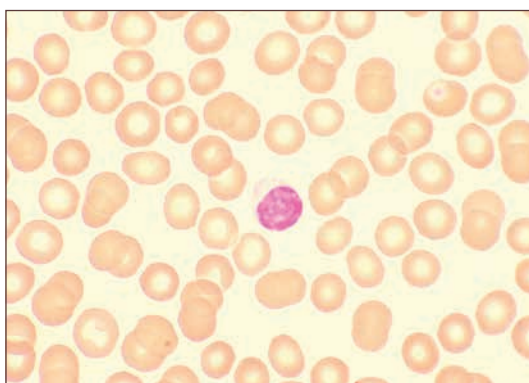
La CCMH est obtenue grâce à **l'hématocrite** et à **la mesure de l'hémoglobine**

La TCMH est obtenue grâce **au nombre d'hématies** et à **la mesure d'hémoglobine**

Doc. 9 Pathologies liées à l'hémoglobine

L'anémie est une diminution importante de l'hémoglobine du sang (< 13 g/100 mL chez l'homme). En fonction des différentes valeurs de l'hématocrite, on distingue différentes sortes d'anémies qui ont des causes différentes et qui exigeront des traitements différents (transfusion, fer...).

Classement en fonction du VGM	Microcytaire VGM < 80 μm^3	Normocytaire 80 μm^3 < VGM < 100 μm^3	Macrocytaire VGM > 100 μm^3
Classement en fonction de la CCMH	Hypochrome CCMH < 32 %	Normochrome 32 % < CCMH < 36 %	

**HÉMATOLOGIE**

Vos valeurs
pour cette analyse

VR = Valeurs de référence :
données à titre indicatif
variables selon laboratoire,
sexe et âge du patient

Numération globulaire

Hématies	4 372 000/mm ³	(VR : 4 000 000 à 5 000 000)
Hémoglobine	8,8 g/100 ml	(VR : 11.5 à 15.0)
Hématocrite	41,7 %	(VR : 37.0 à 47.0)
VGM	92 μm^3	(VR : 80 à 100)
TCMH	21,0 pcg	(VR : 27.0 à 32.0)
CCMH	23,8 %	(VR : 30.0 à 35.0)

fig. 6 Frottis sanguin d'un patient avec une anémie hypochrome normocytaire

6 Montrer que la numération globulaire présentée peut correspondre à une anémie hypochrome normocytaire.

Anémie car l'hémoglobine est inférieure à la normale.

Hypochrome car le CCMH est inférieur à la normale.

Normocytaire car le VGM est normal.

7 « Hypochrome » signifie « peu coloré ». Justifier ce terme à partir de la fig. 6.

Le centre des hématies est clair (absence d'hémoglobine).

Activité 6 Étude des leucocytes

Doc. 10 Caractérisation des leucocytes

La leucocytose est le nombre de leucocytes par μL de sang. La formule leucocytaire indique le pourcentage des différentes catégories de leucocytes (lymphocytes, granulocytes, monocytes) par rapport à la quantité totale de leucocytes. La formule leucocytaire et la leucocytose permettent de calculer le nombre des différentes catégories de leucocytes par μL de sang.

Valeurs de références (par μL de sang)

Leucocytes	Lymphocytes	Monocytes
4 000-10 000	1 500-4 000	200-1 000
Neutrophiles (PN)	Éosinophile (PE)	Basophile (PB)
1 500-7 000	100-400	< 100

- 1 Indiquer, à partir des activités précédentes, le nom d'une technique permettant d'établir la formule leucocytaire, en justifiant ce choix.

La coloration de MGG (May-Grundwald-Giemsa) permet de distinguer les différentes catégories de leucocytes. Si on compte 100 leucocytes, on obtiendra le pourcentage des différentes catégories. Dans la pratique, on en compte 200.

Doc. 11 Caractéristiques des leucocytes

Un excès de leucocytes (hyperleucocytose) est souvent lié à une infection par des micro-organismes. Une diminution des leucocytes (leucopénie) peut résulter d'une infection virale ou parasitaire. Les différentes catégories de leucocytes ont des rôles distincts. Leur nombre augmente en cas de nécessité.

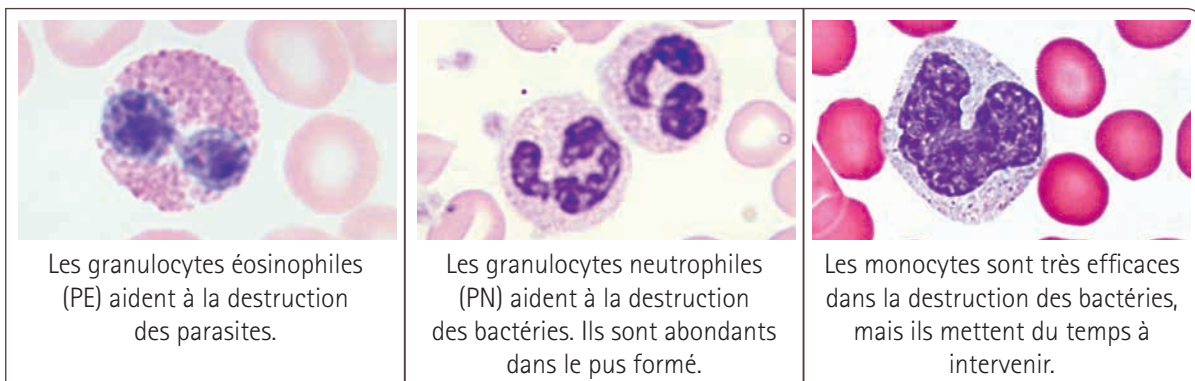


fig. 7 Aspect des différents leucocytes colorés au MGG

- 2 Faire correspondre aux trois formules leucocytaires proposées une appellation et l'un des trois agents dessinés.



PE : 250
PN : 3 000
PB : 2
Lymphocytes : 2 000
Monocytes : 1 200

PE : 800
PN : 5 000
PB : 0
Lymphocytes : 3 000
Monocytes : 300

PE : 350
PN : 8 500
PB : 25
Lymphocytes : 2 500
Monocytes : 500

Éosinophilie

Monocytose

Neutrophilie

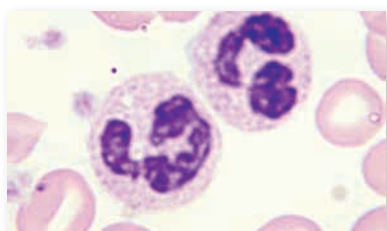
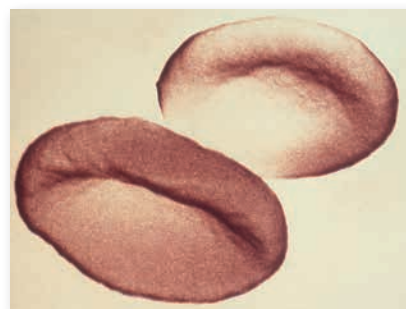
Je construis mon cours

Le sang est un tissu **conjonctif** liquide, qui a un rôle essentiel dans le transport de molécules dans l'organisme. Il est composé de deux phases : **le plasma** (phase liquide) et les éléments figurés (cellules et fragments de cellules).

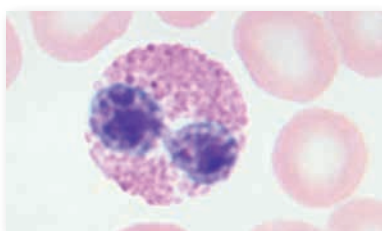
Les globules rouges (**hématies** ou érythrocytes) sont des cellules sans noyau, qui contiennent 33 % d'hémoglobine (protéine qui sert à transporter l'oxygène). Un taux d'hémoglobine insuffisant conduit à une

anémie.

Les globules blancs (**leucocytes**) sont des cellules participant à l'élimination d'éléments étrangers.



Granulocytes neutrophiles

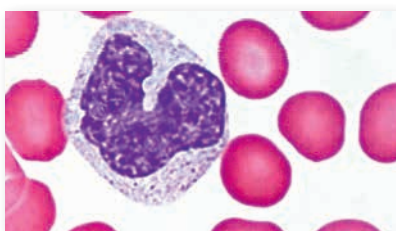


Granulocyte éosinophile

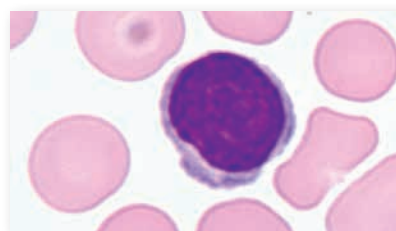


Granulocyte basophile

Volume occupé par les hématies divisé par le volume total du sang : **hématocrite**



Monocyte



Lymphocyte

L'hémogramme, appelé aussi NFS (numération formule sanguine) comprend au sens strict la **numération sanguine** et la **formule leucocytaire**.

La **numération sanguine** concerne la concentration des éléments figurés du sang ainsi que la concentration d'hémoglobine et l'hématocrite.

La **formule leucocytaire** indique le **pourcentage de chaque type de leucocyte par rapport à la quantité totale de leucocytes**.

Je sais dire

(Hyper)leucocytose

Trop de leucocytes

Leucopénie

Pas assez de leucocytes

Polyglobulie

Trop de globules rouges

Érythropénie

Pas assez de globules rouges

je sais faire le jour du bac

Résultats d'un examen hématologique

Les **doc. A** et **B** présentent deux frottis sanguins, l'un réalisé à partir du sang d'un individu sain, et l'autre à partir du sang d'un individu atteint de drépanocytose.

- 1 Comparer les cellules correspondant au repère n° 3 des **doc. A** et **B** puis conclure.

Certaines hématies du patient atteint de drépanocytose ont une forme anormale : forme de faucille.

L'hémoglobine est anormale : elle se polymérise et modifie la forme de la cellule.

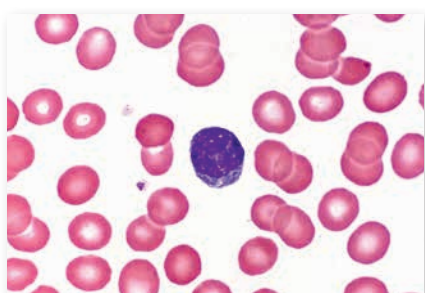
- 2 Un examen hématologique dont les résultats sont présentés dans le **doc. C** permet de mettre en évidence certaines anomalies sanguines liées à la drépanocytose. Donner le nom de cet examen.

La numération sanguine. (Remarque : la connaissance du volume globulaire nécessite la connaissance de l'hématocrite qui est un élément de la numération globulaire).

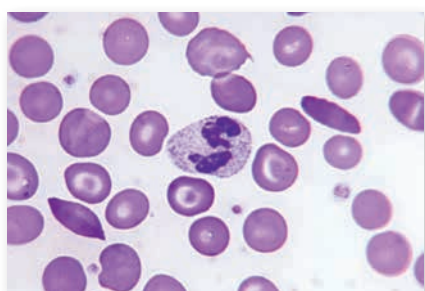
- 3 Relever les éléments dont les valeurs sont anormales et donner le terme médical correspondant à l'anomalie constatée.

Les éléments dont les valeurs sont anormales sont :

- une concentration d'érythrocytes trop faible : érythropénie ;
- une concentration de leucocytes trop élevée : hyperleucocytose (ou leucocytose) ;
- une hémoglobine insuffisante : anémie.



Doc. A



Doc. B

Éléments analysés	Sujet sain	Sujet malade
Erythrocytes (par L de sang)	$4,5.10^{12}$ à 6.10^{12}	$2,5.10^{12}$
Leucocytes (par L de sang)	4.10^9 à 10.10^9	13.10^9
Thrombocytes (plaquettes) (par L de sang)	150.10^9 à 450.10^9	450.10^9
Volume globulaire moyen des hématies (en fL)	80 à 100	90
Hémoglobinémie (en g par dL de sang)	12 à 15	8

Doc. C

26

Le sang : plaquettes et molécules

- ➔ Définir les examens hématologiques et biochimiques. Définir l'homéostasie.
- ➔ À partir des résultats d'examens biochimiques, présenter les principaux constituants du plasma.
- ➔ Repérer et nommer quelques anomalies concernant la numération des éléments figurés et les concentrations des composants plasmatiques.

Activité 1 La coagulation sanguine

Doc. 1 Fer de lance

La vipère de Russell, appelée aussi « fer de lance », est sans doute le serpent le plus venimeux sur Terre. Son venin fait coaguler le sang en une vingtaine de secondes. Dans la vidéo du **doc. 2**, on observe un homme qui récupère du venin de « fer de lance » puis qui mélange quelques gouttes de ce venin à du sang frais humain liquide. Le sang se divise alors en un bloc solide : le caillot et un jus : le sérum. Le caillot contient les cellules du sang, les plaquettes (thrombocytes) et de la fibrine (fragments d'une protéine : le fibrinogène).

Doc. 2



Effet fulgurant d'un venin (1,14 min)

www.youtube.com/watch?v=5U6L7PmohTQ



fig. 1 Crocs de « fer de lance »

- 1** À partir des **doc. 1** et **2** et de la fig. 1, justifier la dangerosité de la vipère « fer de lance ».

Le serpent mord sa victime. Le venin pénètre dans les vaisseaux. Le sang coagule, devient compact et n'assure plus son rôle de transporteur (de dioxygène, de nutriments, d'hormones, de leucocytes).

- 2** Indiquer l'intérêt de prélever du sang avec un anticoagulant en analyse médicale.

La présence d'un anticoagulant empêche la formation de caillot (le sang reste homogène et fluide).

- 3** Préciser dans les cas suivants si la coagulation du sang est recherchée et, dans le cas contraire, proposer un moyen d'éviter cette coagulation.



fig. 2 Piqûre de moustique

Le moustique aspire du sang qui doit rester fluide. Un anticoagulant est présent dans sa salive.



fig. 3 Prise de sang

Le sang doit rester fluide. Un anticoagulant est ajouté dans les tubes de prélèvement.



fig. 4 Rasage

Le sang doit coaguler rapidement lorsqu'il y a coupure.

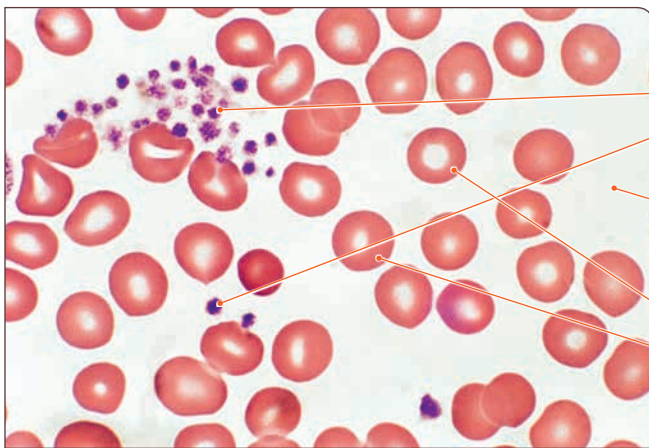
Activité 2 Plaquettes et coagulation

Doc. 3 Les plaquettes

Les plaquettes (appelées également thrombocytes) sont des fragments de cellules. Elles sont donc beaucoup plus petites que les cellules. Les valeurs de référence sont entre 150 000 et 400 000 plaquettes par μL de sang. Elles contribuent avec le fibrinogène et le calcium à la coagulation du sang.



fig. 5 Plaquettes observées en MEB (ou SEM) $\times 10\,000$



Plaquettes (thrombocytes)

Plasma

Globules rouges (hématies, érythrocytes)

fig. 6 Frottis sanguin après coloration au May Grunwald Giemsa.
Observation en microscopie optique $\times 1\,000$

1 Légender le frottis représenté sur la fig. 6.

2 À l'aide des définitions données dans l'activité 6 du chapitre précédent, définir les termes suivants :

(Hyper)thrombocytose* : augmentation du nombre de plaquettes

(* Souvent, on écrit simplement thrombocytose à la place d'hyperthrombocytose.)

Thrombopénie : diminution du nombre de plaquettes

3 L'EDTA est utilisé comme anticoagulant lors de prises de sang. Mais, par la suite, il peut agréger les plaquettes qui apparaissent alors au microscope comme une seule plaquette. Indiquer la conséquence sur le comptage des plaquettes.

Plusieurs plaquettes agrégées (à cause de l'EDTA) peuvent être comptées comme une seule plaquette.

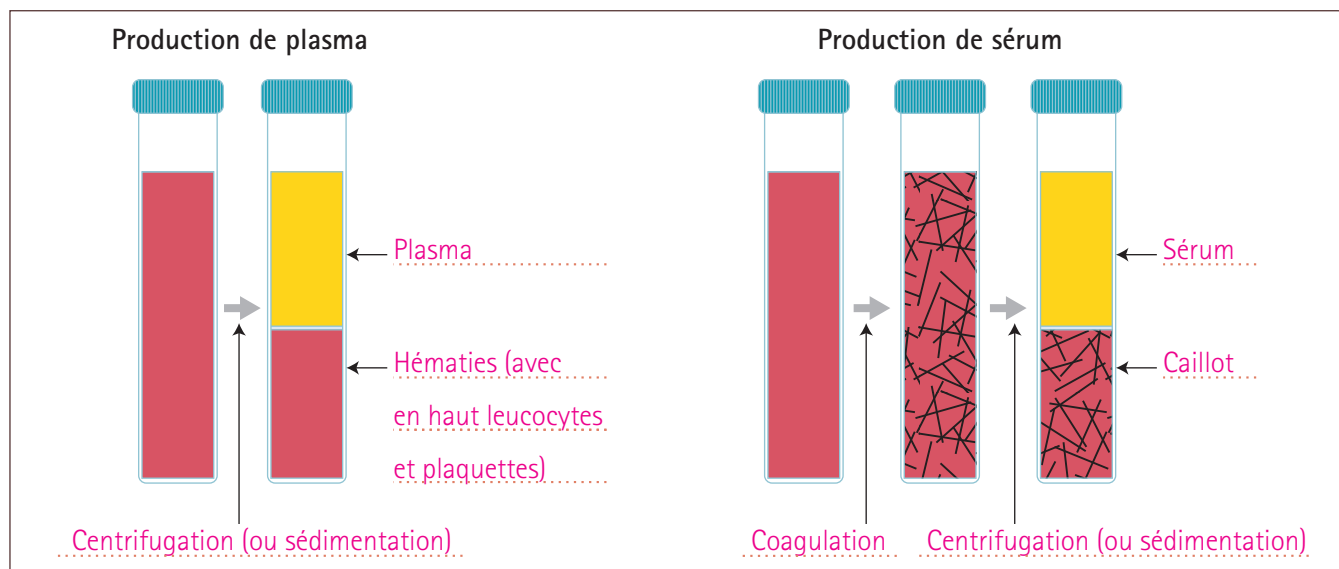
Le nombre de plaquettes est alors sous-estimé.

4 En déduire pourquoi certaines thrombopénies mesurées sont considérées comme des artéfacts. (Un artéfact est un élément qui n'existe pas au départ mais qui est fabriqué au cours de l'expérience).

Le nombre de plaquettes est normal dans la réalité. Le comptage indique une (fausse) thrombopénie.

Activité 3 Comparaison plasma-sérum

- 1 À partir du doc. 1 et du doc. 6 du chapitre précédent, compléter les légendes des schémas illustrant l'obtention de sérum et de plasma.



- 2 Indiquer une différence entre la composition du sérum et du plasma, à partir du doc. 3.

Le sérum contient moins (pas) de fibrinogène.

Activité 4 Étude des ions du plasma

Doc. 4 Ionogramme

L'ionogramme consiste à mesurer les composés ionisés (c'est-à-dire chargés) du plasma.

Exemple d'ionogramme normal

Ions	Concentration (mmol/L)	Pourcentage	Importance quantitative	Nom de la mesure
Sodium (Na^+)	140	46,9	1	Natrémie
Potassium (K^+)	4	1,3	5	Kaliémie
Calcium (Ca^{2+})	2,5	0,8	6	Calcémie
Magnésium (Mg^{2+})	24	8,0	4	/
Chlorure (Cl^-)	100	34,8	2	Chlorémie
Phosphates (PO_4^{3-})	1,2	0,4	7	Phosphatémie
Hydrogénocarbonates (HCO_3^-)	27	9,0	3	/

- À partir de l'ionogramme proposé, calculer la concentration totale en ions.
Concentration totale = somme des concentrations des différents ions = 300 mmol/L
- Compléter dans la troisième colonne du tableau du doc. 4 les pourcentages des concentrations de chaque ion par rapport à la concentration totale en ions. Pour un ion donné, la formule de calcul est :
 $\% = [(concentration\ de\ l'ion)/(concentration\ totale\ en\ ions)] \times 100$.
- Classer les ions du plus concentré au moins concentré en complétant la quatrième colonne du tableau.
- Indiquer le cation (molécule chargée +) et l'anion (molécule chargée -) les plus concentrés.
Anion : Cl^- Cation : Na^+
- Compléter le texte du doc. 5 avec les termes supérieur, inférieur ou identique.

Doc. 5 Osmolarité

L'osmolarité correspond au nombre de molécules dans un liquide. Les ions sont les principaux responsables de l'osmolarité du plasma. L'eau se déplace du compartiment avec l'osmolarité la plus faible vers celui avec l'osmolarité la plus forte.



L'eau ne s'est pas déplacée.

L'osmolarité intérieure est

identique

à l'osmolarité extérieure.

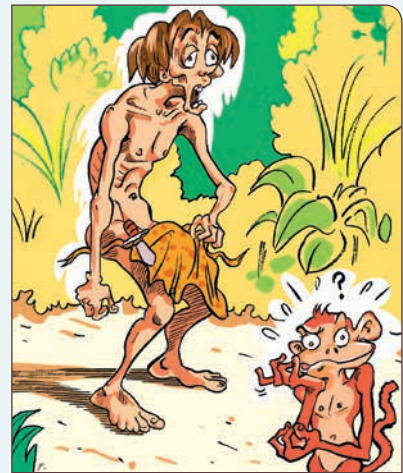


L'eau est entrée dans le Tarzan.

L'osmolarité intérieure est

supérieure

à l'osmolarité extérieure.



L'eau est sortie du Tarzan.

L'osmolarité intérieure est

inférieure

à l'osmolarité extérieure.

- Les hématies peuvent être considérées comme un compartiment séparé du plasma par la membrane plasmique. Indiquer les caractéristiques de l'osmolarité du plasma correspondant aux hématies ci-après.

Osmolarité identique (milieu isotonique)

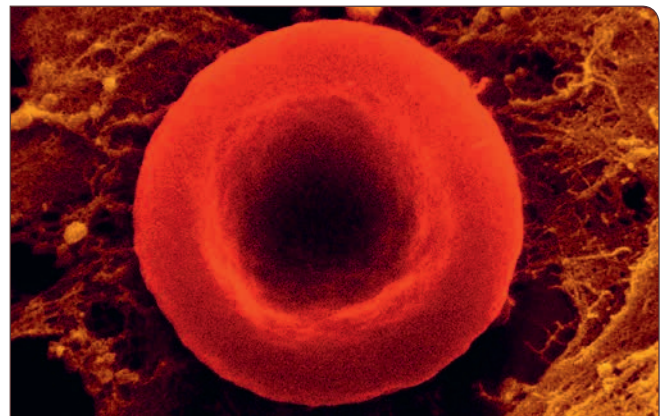


fig. 7 Hématie normale

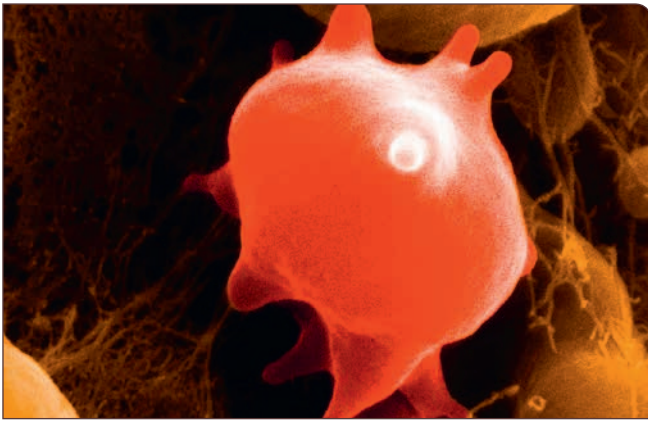


fig. 8 Hématie crênelée
(de l'eau est sortie de l'hématie)

Osmolarité du plasma élevée
(milieu hypertonique)

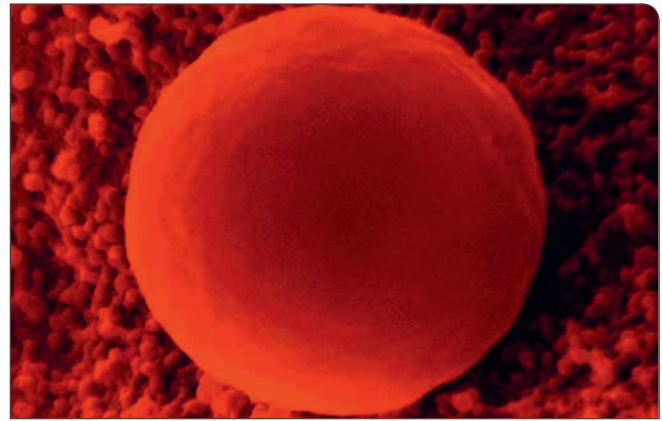


fig. 9 Hématie turgescente
(de l'eau est entrée dans l'hématie)

Osmolarité du plasma faible
(milieu hypotonique)

- 7** Le sérum physiologique est une solution de NaCl à 9 %. Cela correspond à 9 g de NaCl pour 100 mL. Un litre contient donc 154 mmol de Na^+ et 154 mmol de Cl^- . Justifier, par rapport aux questions 1 et 6, la nécessité de cette concentration lors des injections de sérum physiologique dans le sang.

La concentration en ions du sérum physiologique (308 mmol/L (154 + 154)) est proche de celle calculée du plasma (300 mmol/L). La forme des hématies et leur bon fonctionnement ne seront pas modifiés lors de l'injection.

- 8** Le mot indiquant le résultat de la mesure d'un ion est bâti de la manière suivante : A-émie avec A rappelant le nom de l'ion (« chlor » pour « chlorure ») ou le symbole de l'ion (« Na » pour « Na^+ »). À partir de cette règle, compléter la dernière colonne du doc. 4 avec les termes « calcémie », « chlorémie », « kaliémie », « natrémie » et « phosphatémie ».

Activité 5 Étude des lipides du plasma

Doc. 6 Cholestérol dans le sang

Le cholestérol est un constituant important des membranes plasmiques. Il peut être fabriqué par l'organisme ou être apporté par l'alimentation (graisses animales). Dans le plasma, le cholestérol s'associe avec des protéines et d'autres lipides et forme de grands complexes : HDL et LDL. Le cholestérol transporté par les LDL peut se libérer et se fixer sur les parois artérielles.

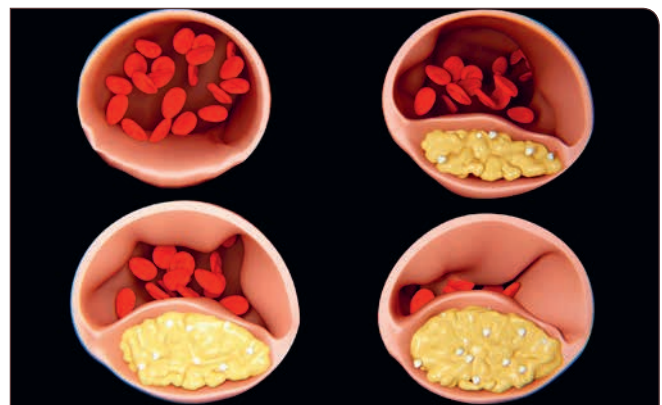


fig. 10 Coupe transversale d'artère.
Les dépôts de lipides (dont cholestérol) apparaissent en jaune, les hématies, en rouge.

- 1 Le cholestérol est un lipide : il se comporte comme une huile quand il est ajouté à l'eau. À partir de cette remarque, expliquer l'intérêt des HDL et des LDL dans le plasma.

Le cholestérol n'est pas soluble dans l'eau. Or le plasma est essentiellement constitué d'eau.

Le cholestérol est « caché » dans les HDL et les LDL. (Il n'est pas en contact avec l'eau.)

- 2 À partir de la fig. 10, indiquer les conséquences prévisibles de la fixation du cholestérol sur les parois.

Le cholestérol finit par boucher les artères et empêcher le passage des hématies.

- 3 Justifier le nom populaire de « mauvais cholestérol » pour le cholestérol lié aux LDL.

Le cholestérol des LDL peut se libérer et se fixer aux parois. Ce n'est pas le cas du cholestérol des HDL.

- 4 Proposer un moyen simple de diminuer la quantité de cholestérol dans le plasma.

Diminuer l'apport alimentaire en graisses alimentaires, utiliser des huiles qui stimulent les HDL

(par rapport aux LDL)...

- 5 Définir le terme « hypercholestérolémie ».

Hypercholestérolémie signifie : « trop de cholestérol dans le sang ». ($> 2 \text{ g/L}$).

Activité 6 Maintien de l'homéostasie

- 1 Justifier la nécessité de l'homéostasie pour la concentration en ions dans le plasma et pour la concentration en cholestérol, en donnant un exemple de pathologie dans chaque cas.

Une diminution de la concentration plasmatique en ions permet à l'eau d'entrer dans les hématies qui grossissent et peuvent éclater. Une augmentation de cholestérol (cholestérol $> 2 \text{ g/L}$ et LDL $> 1,6 \text{ g/L}$) augmente les risques cardio-vasculaires.

Doc. 7 Définition

L'homéostasie est le maintien des paramètres physico-chimiques de l'organisme qui doivent rester relativement stables. Dans le sang, parmi ces paramètres, on trouve les ions, le cholestérol, les lipides, le glucose, les protéines, le pH.

- 2 Les enzymes permettent la réalisation de réactions chimiques nécessaires à la vie des cellules. Les enzymes sont des molécules (protéines) qui changent de forme avec la température et peuvent ne plus fonctionner. Montrer que la température est un paramètre concerné par l'homéostasie, en complétant le texte suivant.

La température est un paramètre physico-chimique de l'organisme qui doit rester stable.

Son augmentation entraîne un changement dans la forme de l'enzyme. Les réactions nécessaires à la vie n'ont plus lieu.

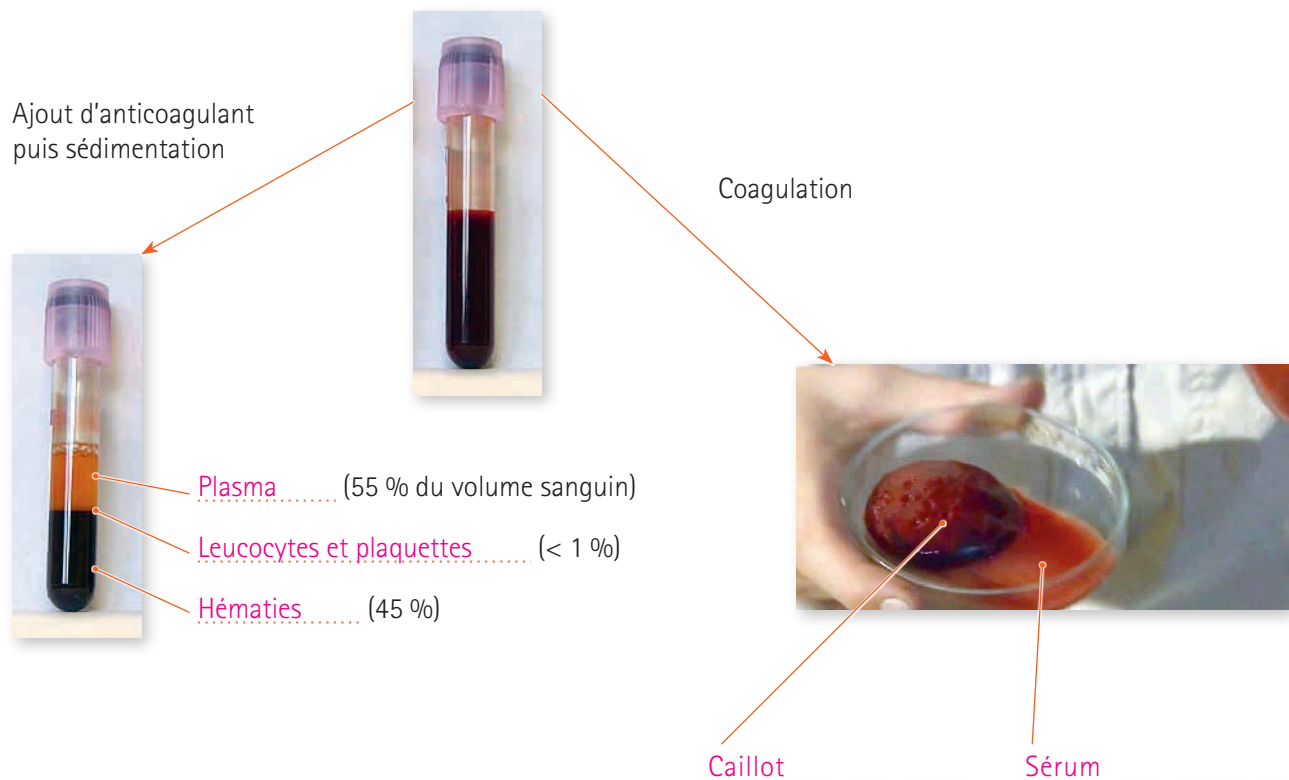
- 3 Expliquer en quoi la coagulation participe à l'homéostasie.

La coagulation permet de maintenir la volémie (par exemple en cas d'hémorragie).

Je construis mon cours

L'homéostasie implique le maintien du volume sanguin (volémie). En cas de blessure, la coagulation permet d'arrêter le saignement. Les plaquettes (thrombocytes) jouent un rôle central dans le processus de coagulation (hémostase).

L'homéostasie concerne aussi les concentrations des ions dans le sang et celle des graisses (lipides dont cholestérol), des protéines et du glucose notamment.



Je sais dire

Racine	Signification
Plasma	Phase liquide du sang non coagulé
Sérum	Phase liquide du sang coagulé
Ionogramme	Résultat du dosage des principaux ions dans le plasma
Calcémie	Concentration de calcium dans le plasma
Hyperkaliémie	Concentration de potassium dans le plasma trop élevée
Hyponatrémie	Concentration de sodium dans le plasma trop faible

je sais faire le jour du **bac**

- 1 Relever le(s) anomalie(s) présente(s) dans l'analyse du patient (doc. A) et donner le terme médical correspondant à chacune d'elles.

Il n'y a pas assez de calcium,

c'est une hypocalcémie.

- 2 Nommer l'examen de dosage des principaux ions du plasma.

C'est l'ionogramme.

- 3 Indiquer le nom de l'examen sanguin caractérisant les éléments figurés du sang.

C'est la NFS (numération formule sanguine).

Analyses	Résultats	Valeurs de références
Sodium	135 mmol.L ⁻¹	135 – 145 mmol.L ⁻¹
Potassium	3,8 mmol.L ⁻¹	3,5 – 5,0 mmol.L ⁻¹
Calcium	2 mmol.L ⁻¹	2,20 à 2,50 mmol.L ⁻¹
Glucose	5 mmol.L ⁻¹	4,50 – 6,10 mmol.L ⁻¹
Cholestérol	6,33 mmol.L ⁻¹	2,80 – 6,70 mmol.L ⁻¹
Triglycérides	0,54 mmol.L ⁻¹	0,40 – 1,70 mmol.L ⁻¹

Doc. A Résultat de l'examen biochimique d'un plasma

Composants		Description et importance
Protéines	Albumine	60 % des protéines plasmatiques. Maintien de la pression osmotique.
	Globulines	36 % des protéines plasmatiques. Les α - et β - globulines sont des transporteurs. Les γ -globulines sont aussi appelées anticorps et participent à la défense immunitaire
	Facteurs de coagulation	4 % des protéines plasmatiques. Ils participent à la coagulation.
	Autres	Enzymes, protéines antibactériennes, hormones...
Substances azotées, non protéiques		Produits de dégradation des protéines, dont l'urée, l'acide urique, la créatinine et les sels d'ammonium.

Doc. B Description des molécules azotées du sang

- 4 La coagulation implique notamment des facteurs protéiques et des éléments figurés du sang. Citer ces derniers.

Ce sont les plaquettes.

- 5 Préciser si les protéines impliquées dans la coagulation sont présentes dans le sérum. Justifier votre réponse.

Les facteurs de coagulation protéiques ne sont pas présents dans le sérum puisqu'ils sont dans le caillot.

- 6 Une partie du dioxygène transporté par le sang est sous forme dissoute dans le plasma. À partir de la définition du plasma, expliquer pourquoi ce dioxygène n'est pas véhiculé par les globules rouges.

Le plasma ne contient pas d'éléments figurés du sang, donc pas de globules rouges.

27

Glycémie et homéostasie

- ➔ À partir de résultats expérimentaux, mettre en évidence l'existence de la régulation de la glycémie.
- ➔ Construire un schéma présentant les acteurs et les mécanismes de la régulation de la glycémie.

Activité 1 Variation de la glycémie

Doc. 1 Apport et élimination du glucose

Le glucose est un sucre consommé en abondance. Un morceau de sucre (saccharose) contient l'équivalent de 5 g de glucose.

La fig. 1 représente une ville réalisée avec 221 314 morceaux de sucre : c'est la quantité de glucose absorbée en buvant un soda (9 morceaux de sucre) par jour pendant toute une vie.



fig. 1 Ville de sucre. Extrait de la vidéo *The Secrets of Sugar*, The Film Estate, CBS News



Doc. 2 La ville de sucre (30 sec.)

www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=EhyCrXolaSw

- 1 Une canette de soda contient 45 g de sucre. Vérifier que le nombre de morceaux de sucre de la fig. 1 correspond à une durée de vie d'environ 67 ans.

$$45 \text{ g} \times 67 \text{ ans} \times 365 \text{ jours/an} = 1\,110\,475 \text{ g} \quad 221\,314 \text{ morceaux} \times 5 \text{ g} = 1\,106\,570 \text{ g (environ } 1\,110\,475 \text{ g)}$$

- 2 Indiquer la conséquence immédiate de l'absorption d'un soda pour le plasma sanguin.

La quantité de glucose dans le sang augmente.

- 3 La quantité de glucose dans le plasma sanguin (glycémie) doit rester à peu près stable. Rappeler le terme indiquant qu'un paramètre doit rester stable au cours du temps.

Le terme indiquant qu'un paramètre doit rester stable au cours du temps est l'homéostasie.

- 4 Compléter les phrases suivantes.

Après consommation d'un soda, la concentration de glucose dans le sang augmente. Afin de maintenir

l'homéostasie, du glucose doit pouvoir être soustrait au plasma. Lors d'un jeûne, l'organisme doit pouvoir produire du glucose et le libérer dans le plasma afin de maintenir l'homéostasie (en glucose).

- 5 Le saccharose est un dimère composé de glucose et de fructose. Expliquer, en se référant à la séquence 23, pourquoi la glycémie augmente suite à l'ingestion de saccharose.

Le saccharose est hydrolysé dans l'intestin en glucose et fructose, qui sont absorbés.

Activité 2 Évolution de la glycémie

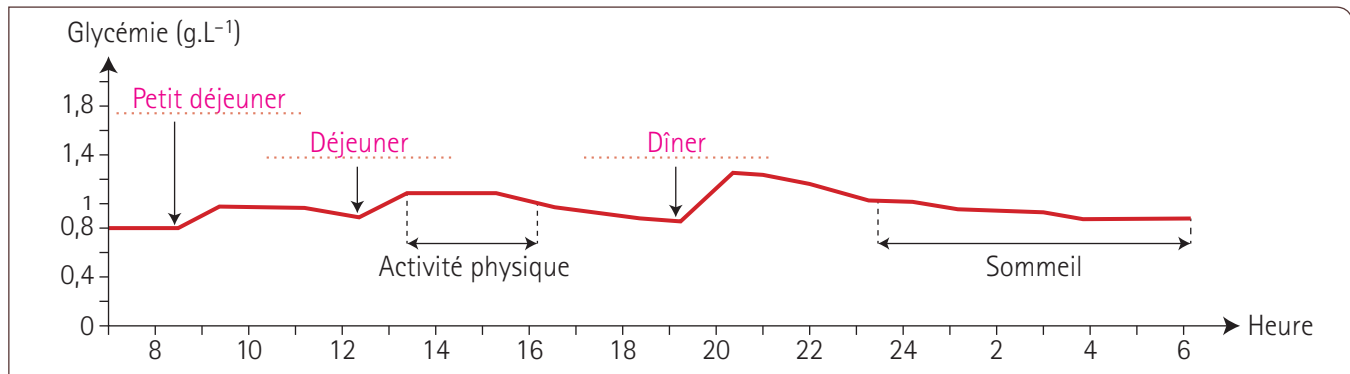


fig. 2 Évolution de la glycémie au cours de la journée

1 Sur la fig. 2, on observe une augmentation de la glycémie à trois moments précis. Identifier à quels moments de la journée ils correspondent.

2 Justifier que la glycémie, lors d'un bilan sanguin, soit mesurée à jeun.

La prise de nourriture augmente temporairement la glycémie.

3 Compléter le tableau à partir de la fig. 2.

Valeur minimum observée	0,8 g/L
Valeur moyenne	1,0 g/L
Valeur maximum observée	1,4 g/L

Activité 3 Contrôle de la glycémie

Doc. 3 Conséquences de variations importantes de la glycémie

Hyperglycémie : glycémie > 1,26 g/L à jeun, et à 2,00 g/L le reste du temps

Une hyperglycémie provoque :

- à court terme, une fatigue, des nausées, des palpitations...
- à long terme, un infarctus (crise cardiaque), une cécité (perte de la vue), des problèmes de circulation sanguine nécessitant des amputations, des maladies rénales...

Hypoglycémie : glycémie < 0,6 g/L

Une hypoglycémie provoque :

- à court terme, une fatigue, des nausées, des palpitations, une grande faim, des tremblements, des difficultés de concentration, et une perte de connaissance pouvant aller jusqu'au coma.

1 En utilisant la fig. 2, justifier l'existence de deux valeurs dans la définition de l'hyperglycémie du doc. 3.

La prise alimentaire augmente la valeur de la glycémie.

2 Dédurre du doc. 3 la nécessité du maintien de l'homéostasie pour le glucose.

L'hyperglycémie et l'hypoglycémie entraînent des troubles graves.

3 Indiquer l'état de la glycémie d'un homme « normal » dans les cas suivants :

Après un grand repas riche en sucre	Hyperglycémie
Après une période de jeûne	Hypoglycémie
En milieu d'après-midi	Glycémie normale

- 4 Décrire l'évolution de la glycémie présentée en fig. 3, au cours des cinq périodes indiquées sur le tableau.

Temps (min)	Observations
Avant 0	Glycémie normale
0-60	Augmentation de la glycémie (vers hyperglycémie)
60-130	Baisse de la glycémie (légère hypoglycémie)
130-140	Légère augmentation de la glycémie
Après 140	Glycémie normale

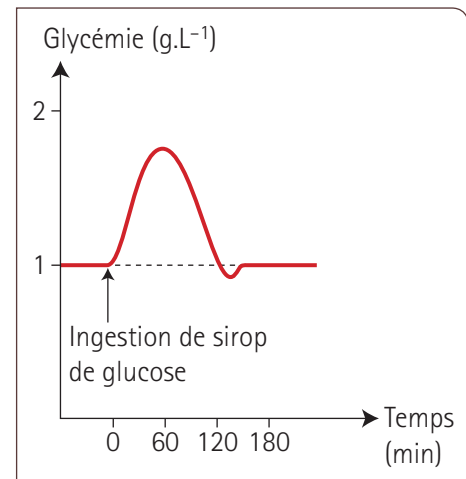


fig. 3 Évolution de la glycémie après ingestion d'un sirop de glucose

- 5 Le doc. 3 montre la nécessité d'une régulation. Quelle information supplémentaire apporte la fig. 3 ?

Le graphique de la fig. 3 montre que la régulation nécessaire de la glycémie a bien lieu.

Activité 4 Boucles de régulation

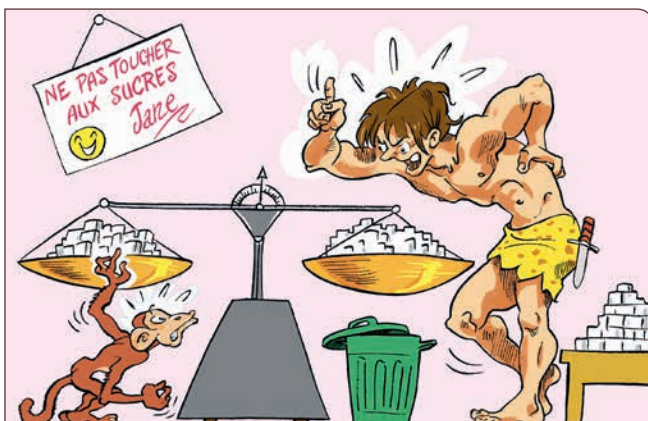
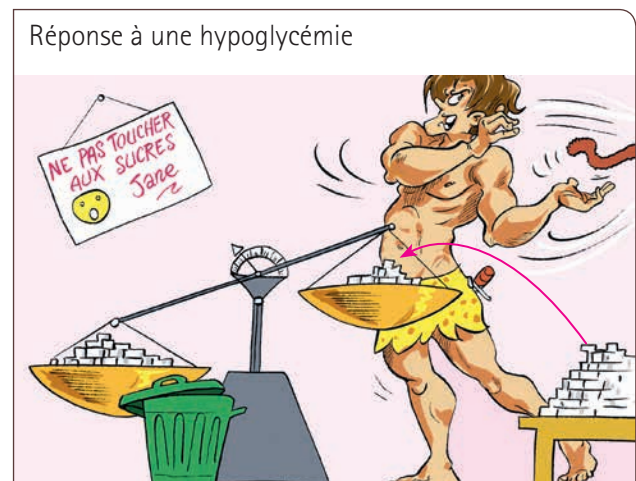
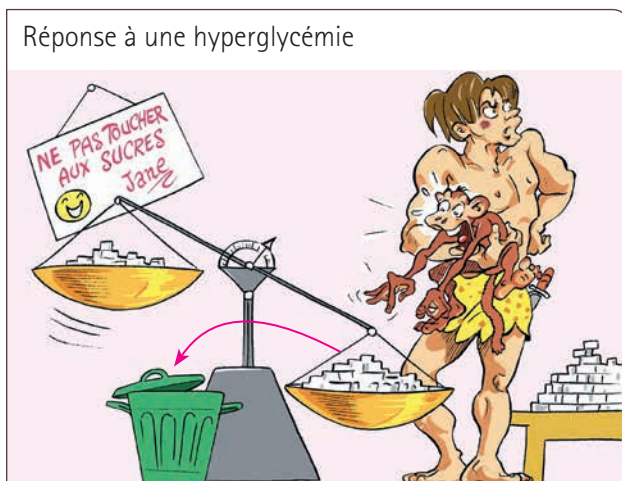


fig. 4 Organisation générale d'une boucle de régulation

Doc. 4 Organisation d'une boucle de régulation

L'homéostasie nécessite une valeur de référence constante : le plateau de Jane (à ne pas toucher). L'homéostasie implique que la valeur régulée (plateau de droite) est égale à la valeur de référence : les plateaux sont à l'équilibre. Une différence entre la valeur régulée et la valeur de référence se traduit par la perte observable de l'horizontalité de la balance. En fonction du problème, une réponse corrective adaptée est possible : ajout de sucre (réserve sur la table) ou élimination de sucre (poubelle).

Compléter les dessins suivants, en indiquant par une flèche l'action menée par le régulateur.

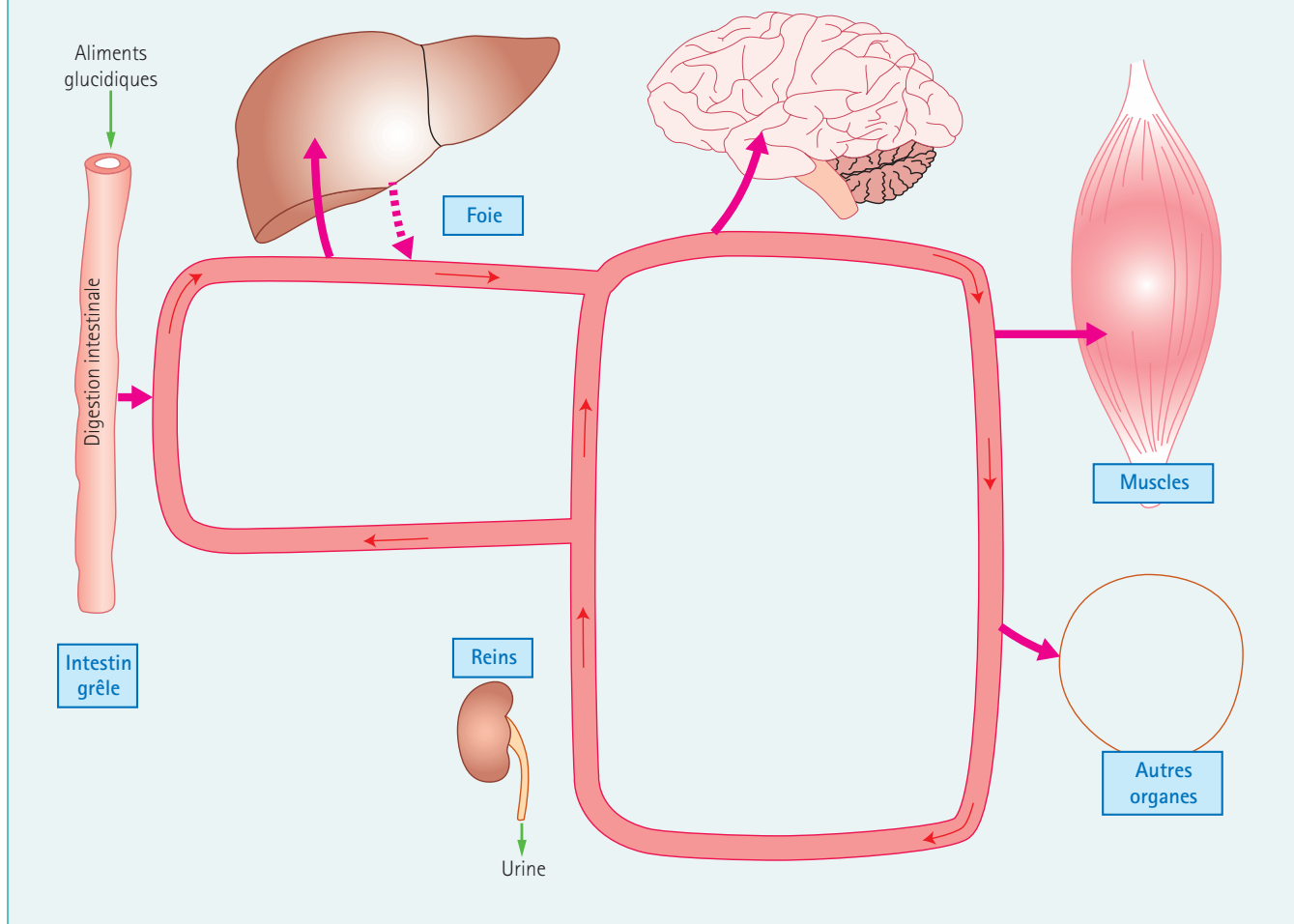


Activité 5 Les déplacements de glucose dans l'organisme

Doc. 5 Organes impliqués dans les déplacements de glucose

De nombreux organes sont impliqués dans le stockage, la dégradation ou l'apport de glucose :

- le cerveau consomme une grande quantité de glucose par jour ;
- les muscles et le foie sont capables de stocker le glucose, mais seul le foie peut libérer du glucose dans le sang ;
- les cellules des autres organes utilisent le glucose comme source d'énergie ;
- le glucose alimentaire pénètre dans le sang au niveau de l'intestin ;
- lorsque le glucose est très abondant dans le sang ($> 1,8 \text{ g/L}$), il peut être éliminé par les reins.

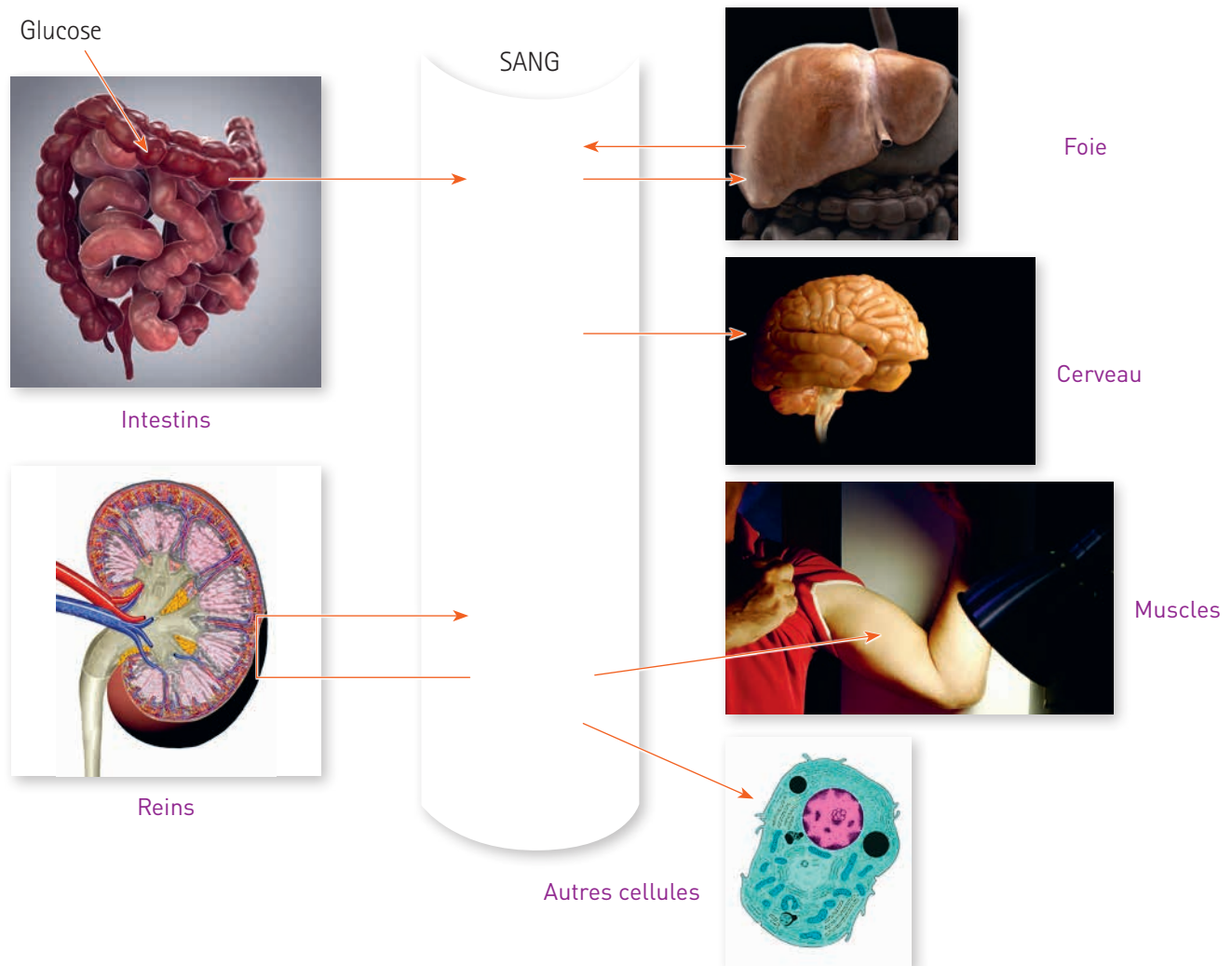


- À partir des informations du doc. 5, indiquer sur le schéma par des flèches rouges les déplacements de glucose après un repas extrêmement riche en glucides.
- À partir des informations du doc. 5, indiquer sur le schéma par des flèches bleues les déplacements de glucose au petit matin.
- Indiquer la particularité du foie en comparant les différences entre les déplacements décrits en questions 1 et 2.

Le foie a un rôle soit hyperglycémiant, soit hypoglycémiant.

Je construis mon cours

La **glycémie** (concentration de glucose dans le plasma) varie au cours du temps. La glycémie normale est aux environs de **1 g/L**. Une **hyperglycémie** (glycémie trop élevée) ou une **hypoglycémie** (glycémie trop faible) peuvent entraîner des troubles graves. Une régulation existe pour maintenir l'**homéostasie** glucidique. L'échange de glucose entre le **sang** et différents organes permet cette homéostasie.



Je sais dire

Terme	Définition
Homéostasie	Maintien des paramètres de l'organisme
Hyperglycémie	Concentration plasmatique de glucose trop élevée
Hypoglycémie	Concentration plasmatique de glucose trop faible

je sais faire le jour du bac

- 1 Définir la glycémie et indiquer sa valeur physiologique.

La glycémie est la concentration plasmatique de glucose. Sa valeur physiologique vaut 1 g/L.

À la suite d'un repas riche en glucose, on mesure les variations des concentrations plasmatiques en glucose.



Doc. A Variation des concentrations plasmatiques en glucose après un repas riche en glucose.

- 2 Analyser et interpréter la courbe du doc. A.

La glycémie diminue légèrement dans un premier temps, puis s'élève lors du repas. En effet, le glucose des aliments est absorbé au niveau intestinal et rejoint le sang (hyperglycémie post-prandiale). 1 heure après le repas, la glycémie maximale est atteinte. Par la suite la glycémie diminue rapidement dans un premier temps, puis plus lentement pour retrouver 3 heures après sa valeur physiologique.

- 3 Justifier la présence d'une boucle de régulation concernant la glycémie.

L'hyperglycémie est suivie d'une diminution rapide de la glycémie : il y a une régulation.

- 4 Indiquer les devenir du glucose sanguin permettant une diminution de la glycémie.

Le glucose pénètre dans les cellules du cerveau, du muscle, du foie et dans de nombreuses autres cellules.

- 5 En cas d'hypoglycémie, citer l'organe permettant un réapprovisionnement endogène (déjà présent dans le corps) et un réapprovisionnement exogène (venant de l'extérieur du corps) du sang en glucose.

Apport exogène : l'intestin.

Apport endogène : le foie.

28

La régulation de la glycémie (organes et hormones)

- ➔ Définir : glande endocrine, hormone, récepteur spécifique, cellule cible.
- ➔ Donner l'origine cellulaire de l'insuline et du glucagon. Préciser leurs cibles.

Activité 1 Le foie

Doc. 1 Le foie

Le foie est le plus gros organe du corps humain (1,5 kg). Il est situé dans la cavité abdominale. Il est composé de deux régions appelées lobes. Il est richement vascularisé.

Les nutriments issus de l'absorption intestinale sont apportés au foie par la veine porte hépatique. Ils peuvent être captés par le foie. Les éléments non captés et ceux sécrétés par le foie repartent dans l'organisme par la veine sus-hépatique.

Le foie réalise de nombreuses fonctions (stockage, épuration, synthèse). Il a donc besoin de beaucoup de dioxygène amené par l'artère hépatique.



fig. 4 Film de Louis Feuillade, *Prométhée*, affiche de cinéma, 1908

- 1 Prométhée, ayant volé le feu aux dieux, a été condamné à avoir son foie perpétuellement dévoré par un aigle. Ce supplice est en lien avec une propriété du foie qui est exploitée lors de greffes de foie provenant d'un donneur vivant. Proposer la propriété du foie compatible avec ces données. Le foie se régénère spontanément. Lors d'une greffe, un demi foie est greffé. Il se reconstitue chez le donneur.

- 2 À partir du doc. 1, annoter la fig. 2.

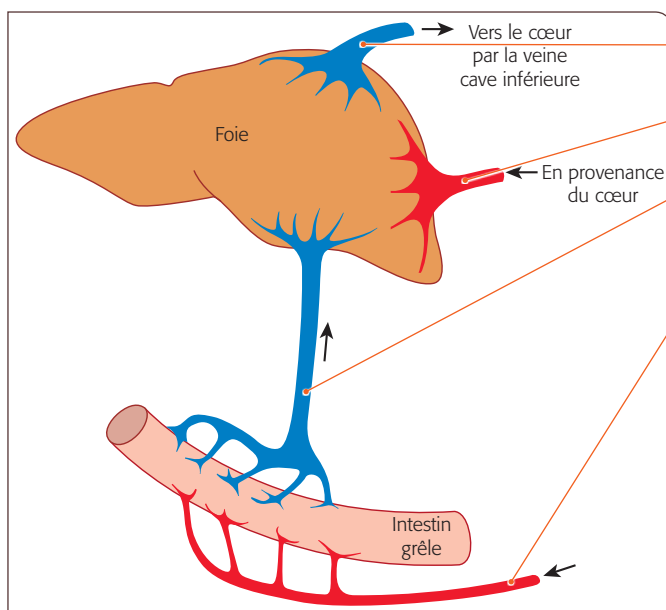


fig. 2 Vascularisation du foie

Veine sus-hépatique

Artère hépatique

Veine porte hépatique

Artère mésentérique

- 3 Au XIX^e siècle, des expériences ont été menées sur des chiens vivants. On a pu constater qu'un chien ayant subi une ablation du foie tombe en hypoglycémie forte (tremblements, coma, puis mort). L'apport régulier et permanent de glucose évite ce trouble. En déduire un rôle essentiel du foie.

Le foie permet l'homéostasie de la glycémie.

Activité 2 Le foie est un organe de stockage du glucose

- 1 Justifier le nom « expérience du foie lavé » associé à l'expérience de Claude Bernard.

Le sérum physiologique chasse le glucose présent en quantité dans les vaisseaux du foie, c'est un lavage.

- 2 Au bout d'un certain temps de lavage, il n'y a plus de glucose dans la veine sus-hépatique. Conclure sur la présence de glucose dans le foie.

Il n'y a plus de glucose dans le foie.

- 3 Au bout de 24 heures, un nouveau lavage est effectué. Du glucose est détecté à la sortie de la veine sus-hépatique. Proposer une explication de ce résultat. Le foie a fabriqué du glucose.

- 4 Montrer que les résultats obtenus par Claude Bernard concordent avec ceux de l'expérience de l'ablation du foie de l'activité 1, en complétant la phrase ci-dessous.

Dans les deux cas le foie apparaît comme un organe hyperglycémiant.

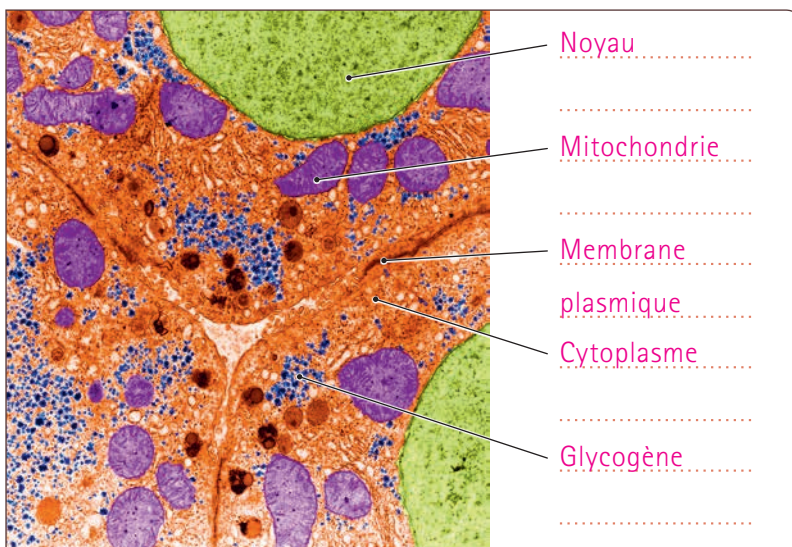
- 5 Caractériser le rôle du foie, en complétant le tableau à l'aide des adjectifs « hyperglycémiant » et « hypoglycémiant ».

	Glycémie dans la veine porte hépatique	Glycémie dans la veine sus-hépatique	Le foie a un rôle
Après un repas	2,5 g/L	1,2 g/L	Hypoglycémiant
Après un jeûne	0,8 g/L	1,0 g/L	Hyperglycémiant

Doc. 2 Expérience du foie lavé (1855)

Claude Bernard donne une alimentation copieuse à un chien afin de provoquer une hyperglycémie. Dans un deuxième temps, le chien est sacrifié. Son foie est récupéré, toujours associé aux veines porte hépatique et sus-hépatique. Du sérum physiologique est introduit par la veine porte hépatique. Il traverse les différents vaisseaux du foie et ressort par la veine sus-hépatique.

Activité 3 Le glycogène, forme de stockage du glucose



- 1 Légender la fig. 3 en utilisant les termes cytoplasme, noyau, mitochondrie, glycogène, membrane plasmique.

fig. 3

Les hépatocytes sont les principales cellules du foie. Cette image présente en MET et fausses couleurs trois hépatocytes ; le glycogène apparaît en granules bleus

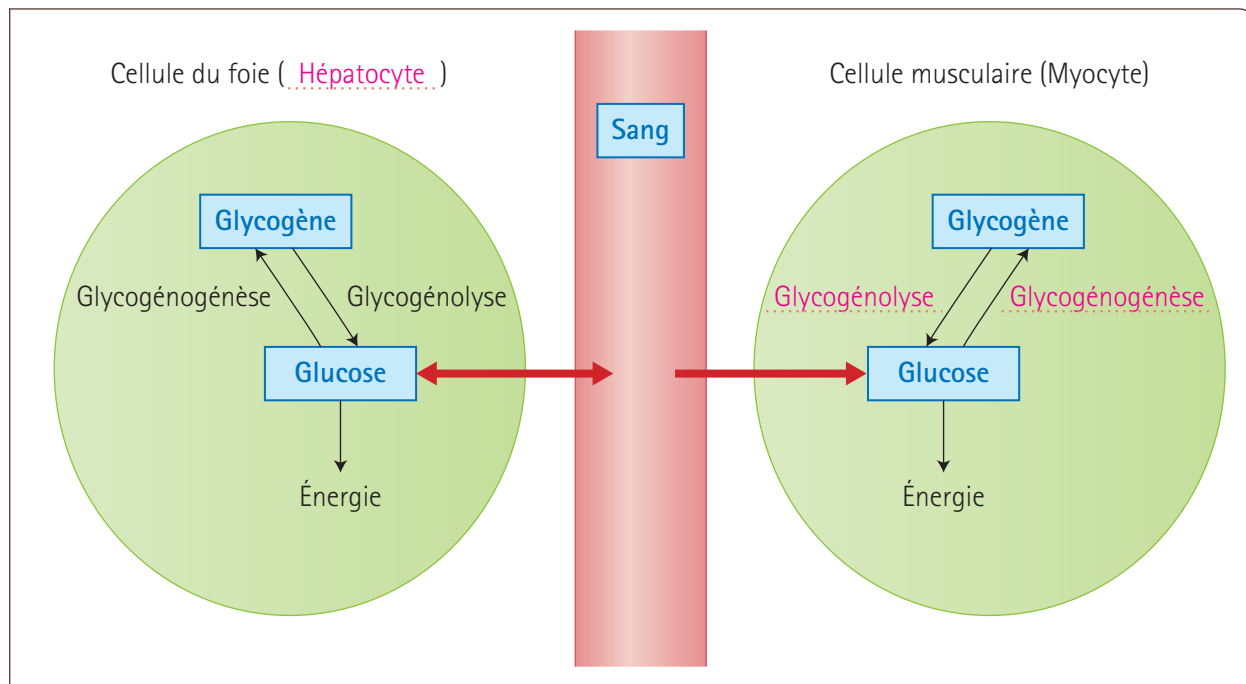
Doc. 3 Le glycogène

Le glycogène est un polymère de glucose. Il est présent dans le foie et les muscles. C'est une forme de stockage du glucose.

Glycogénogénèse : réactions de synthèse de glycogène à partir de molécules de glucose.

Glycogénolyse : réactions de libération de glucose à partir du glycogène.

Dans le foie, le glucose peut être utilisé pour donner de l'énergie aux cellules ou être libéré dans le sang. En revanche, dans le muscle, le glucose ne peut pas être libéré dans le sang.

2 Compléter le schéma suivant avec le nom des voies.**3** Dans l'expérience de Claude Bernard, présentée dans l'activité 2, il n'y a plus de glucose dans le foie après lavage. Pourtant du glucose réapparaît 24 heures plus tard. À partir de la question précédente, donner une explication à ce phénomène.

Le glucose dans le foie est stocké sous forme de glycogène dans les hépatocytes. Il redonne du glucose par la suite.

4 Compléter le texte ci-dessous.

Le foie participe à la régulation de la **glycémie** (concentration de glucose dans le sang). En cas d'hyperglycémie, le glucose **entre** dans le foie et est stocké sous forme de **glycogène**, ce qui contribue à la **baisse** de la glycémie. En cas d'hypoglycémie, le glycogène du foie libère du **glucose** qui passe dans le sang, ce qui contribue à rétablir une glycémie **normale**. Le foie participe donc à l'**homéostasie** glycémique.

5 Le muscle peut utiliser son glycogène comme source de glucose au lieu d'utiliser le glucose sanguin. En s'aidant du schéma ci-dessus, indiquer en quoi cela permet de limiter une hypoglycémie.

Le glucose sanguin n'est pas prélevé par les muscles. Il y a donc plus de sucre dans le sang que s'il était prélevé.

Activité 4 Les voies du métabolisme impliquées dans la glycémie

Doc. 4 Voies métaboliques

Lipolyse : voie métabolique de dégradation de lipides, elle fournit de l'énergie.

Lipogénèse : mise en réserve de lipides.

Néoglucogénèse : voie de synthèse de glucose à partir de molécules qui ne sont pas des sucres (acides aminés, acide lactique). Elle a lieu principalement dans le foie.

La **glycolyse** est une voie énergétique de dégradation du glucose.

Compléter le tableau ci-dessous.

	Fabrication de glucose	Consommation de glucose	Limite la consommation de glucose pour produire de l'énergie	Conséquence sur la glycémie
Néoglucogénèse	+	Hyperglycémiant
Glycolyse	+	Hypoglycémiant
Glycogénogénèse	+	Hypoglycémiant
Glycogénolyse	+	Hyperglycémiant
Lipolyse	+	Hyperglycémiant
Lipogénèse	-	Hypoglycémiant

Activité 5 Rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie

Doc. 5 Structure du pancréas

Le pancréas est un organe allongé frontalement dans la cavité abdominale, situé derrière l'estomac. Il possède une partie exocrine et une partie endocrine.

La partie exocrine du pancréas, qui représente plus de 98 % de sa masse, est composée d'acini (acinus au singulier), cavités circulaires bordées de cellules sécrétrices.

La partie endocrine est formée de structures éparpillées dans le pancréas appelées îlots de Langerhans. Chaque îlot contient plusieurs types cellulaires, dont les cellules α et β qui sont directement impliquées dans la régulation de la glycémie. Ces îlots ont généralement une taille très supérieure à celle des acini.

1 La figure suivante représente un îlot de Langerhans entouré d'acini. Compléter la légende.

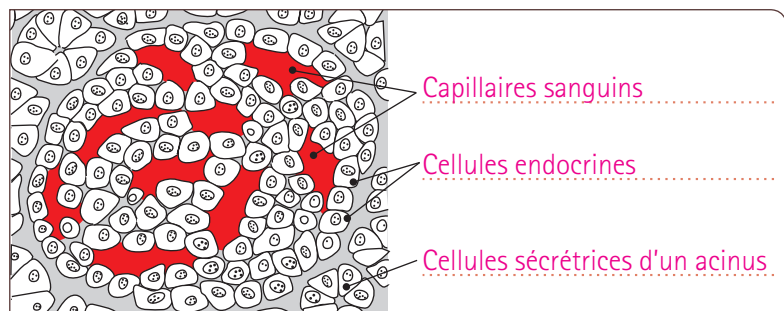


fig. 4 Schéma de coupe histologique du pancréas

Doc. 6 Mise en évidence du rôle endocrine du pancréas : expérience de Laguesse (1893)

Une pancréatectomie totale est réalisée chez un chien. Après quelques heures, une greffe ectopique du pancréas est effectuée dans la région du cou, en rétablissant la circulation sanguine entre l'animal et le greffon. Après quelques heures, le pancréas est à nouveau retiré de l'animal. La glycémie est mesurée régulièrement au cours de l'expérience.

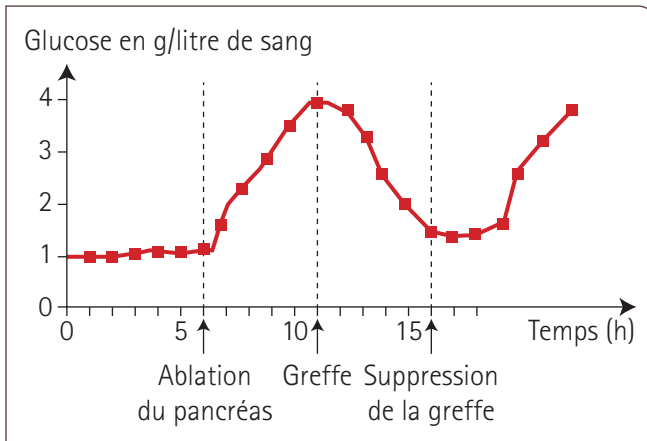


fig. 6 Résultats de l'expérience de Laguesse (1893)

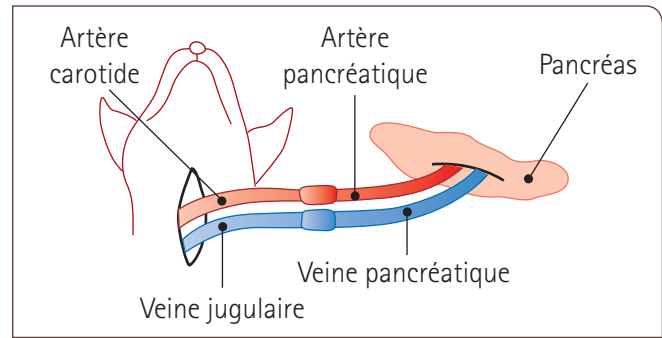


fig. 5 Greffe ectopique de pancréas

Doc. 7 Racines

Ex, ec : en dehors de
-ectomie : ablation
Topique : lieu, espace

- 2** En vous aidant des racines données dans le doc. 7, définir les termes pancréatectomie et ectopique utilisés dans le doc. 6.

Une **pancréatectomie** est une **ablation** du **pancréas**. **Ectopique** veut dire **en un autre lieu**, ici **le pancréas est greffé au cou de l'animal**.

- 3** Donner la conséquence sur la glycémie de l'ablation du pancréas.

On constate une **hyperglycémie**.

- 4** Décrire l'effet de la greffe ectopique de pancréas sur la glycémie.

On constate un **retour à une glycémie normale**.

- 5** Les îlots de Langerhans libèrent des hormones. Montrer en quoi le montage réalisé par Laguesse permet de prouver l'existence d'une sécrétion endocrine du pancréas.

Seule la **circulation sanguine** lie la greffe ectopique de pancréas et le chien. Les **molécules** passent donc par le sang : c'est une **sécrétion endocrine**.

- 6** Dans l'expérience proposée par Laguesse, indiquer l'effet de l'hormone libérée par le pancréas.

La greffe entraîne une **baisse de la concentration en glucose dans le sang** : effet **hypoglycémiant**.

- 7** La concentration élevée de glucose dans le sang déclenche la production d'hormones dans l'expérience proposée. Compléter la phrase suivante :

L'**hyper** glycémie entraîne la **sécrétion** d'une hormone **hypo** glycémiant par le **pancréas**.
Cette hormone est appelée **insuline**. C'est une hormone de nature **peptidique**.

- 8** Une autre expérience montre que le pancréas peut libérer une autre hormone qui rétablit la glycémie lorsque la concentration de glucose dans le sang est trop faible. Compléter la phrase suivante :

L'**hypo** glycémie entraîne la **sécrétion** d'une hormone **hyper** glycémiant par le **pancréas**.
Cette hormone est appelée **glucagon**. C'est une hormone de nature **peptidique**.

Activité 6 Étude des hormones pancréatiques : insuline et glucagon

Doc. 8 Identification des cellules pancréatiques productrices d'hormones

Dans les îlots de Langerhans du pancréas, on identifie des cellules α et des cellules β . La destruction des cellules β par un poison (alloxane) entraîne une absence de réponse de l'organisme lors d'hyperglycémie.

Une maladie (glucagonome) entraîne une multiplication des cellules α qui sécrètent alors une hormone en excès. On mesure alors une hyperglycémie continue.

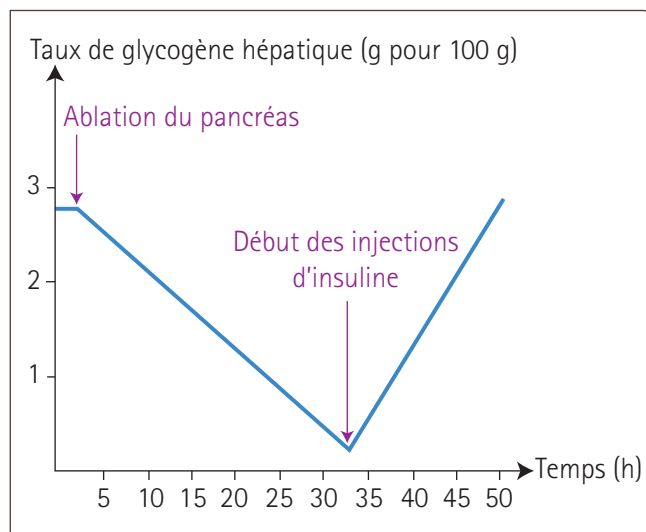


fig. 7 Glycogène hépatique et insuline

- 1 À partir des deux dernières réponses de l'activité 5 et du doc. 8, compléter le texte.

Les cellules β sécrètent une hormone hypo glycémiant. Il s'agit donc de l'insuline. Les cellules α sécrètent une hormone hyper glycémiant. Il s'agit donc du glucagon.

- 2 L'ablation du pancréas provoque l'absence d'insuline. Préciser, à partir de la fig. 7, la conséquence de l'absence d'insuline sur le taux de glycogène. En déduire la conséquence sur la glycémie.

L'absence d'insuline provoque une diminution du taux de glycogène hépatique. C'est une action hyperglycémiant.

Doc. 9 Localisation d'hormones injectées

Type de cellule	Radioactivité détectée après injection d'hormone radioactive	
	Insuline*	Glucagon*
Hépatocytes	+	+
Myocytes	+	—
Adipocytes (cellules impliquées dans le stockage de la graisse)	+	+
Neurones	—	—
Autres cellules	+	—

+ signifie qu'une radioactivité est associée à la cellule.

- 3 À partir du doc. 9, identifier les cellules cibles des hormones pancréatiques.

L'insuline a pour cellules cibles la plupart des cellules de l'organisme à l'exception des neurones. Le glucagon a pour cellule cible les hépatocytes et les adipocytes.

- 4 En utilisant les résultats de l'activité 4, indiquer les actions probables du glucagon et de l'insuline sur le métabolisme des lipides présents dans les adipocytes.

L'insuline (rôle hypo glycémiant) favorise la lipogénèse et le glucagon (rôle hyper glycémiant) favorise la lipolyse.

Je construis mon cours

Le pancréas possède une activité **endocrine** (production d'hormones). Dans les îlots de Langerhans les cellules **α** sécrètent du glucagon et les cellules **β** sécrètent de l'**insuline** qui est une hormone de nature peptidique.

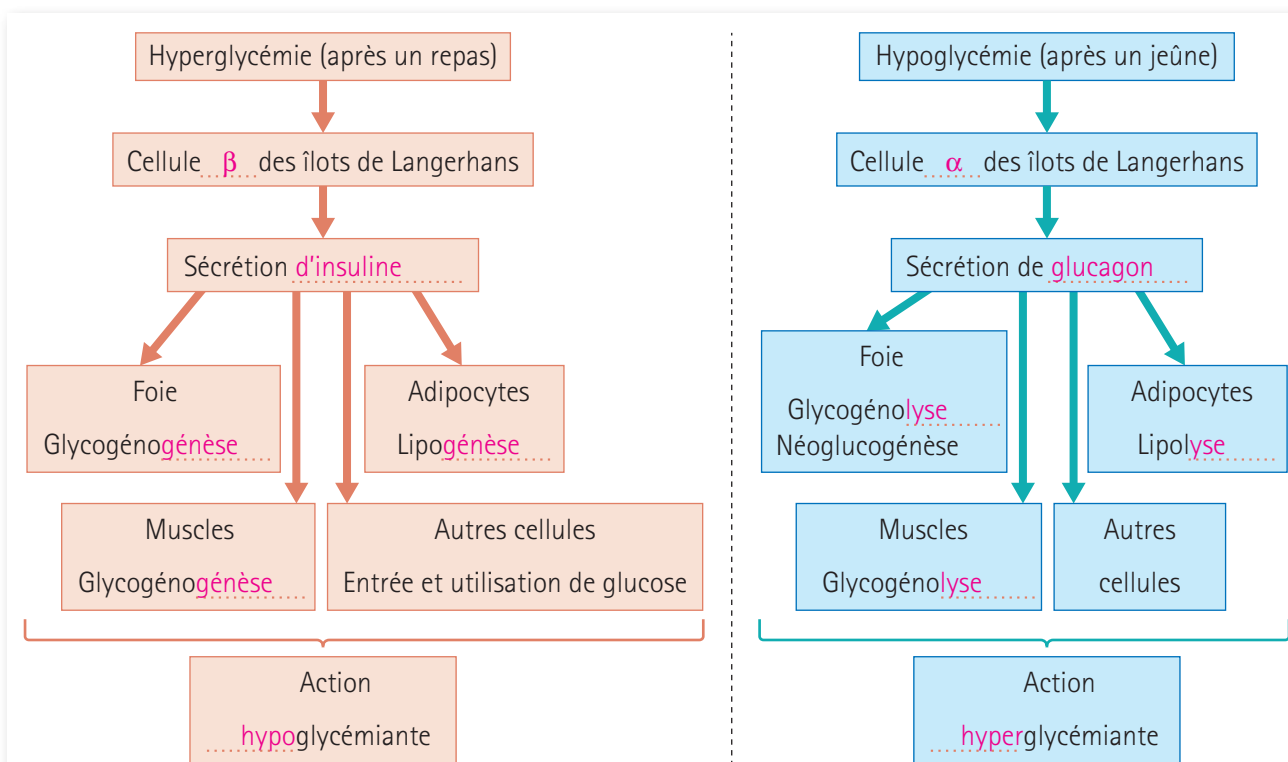
En cas d'hyperglycémie, l'**insuline** (hormone **hypo** glycémiante) est sécrétée.

En cas d'hypoglycémie, le **glucagon** (hormone **hyper** glycémiante) est sécrété.

Le **foie** est le seul organe capable de libérer du glucose dans le sang.

Le glucose peut être mis en réserve sous forme de **glycogène** dans le foie et les **muscles**.

L'utilisation des lipides permet d'économiser le glucose : action **hyper** glycémiante.

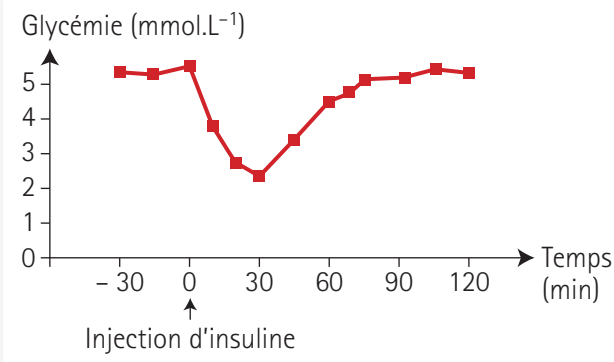


Je sais dire

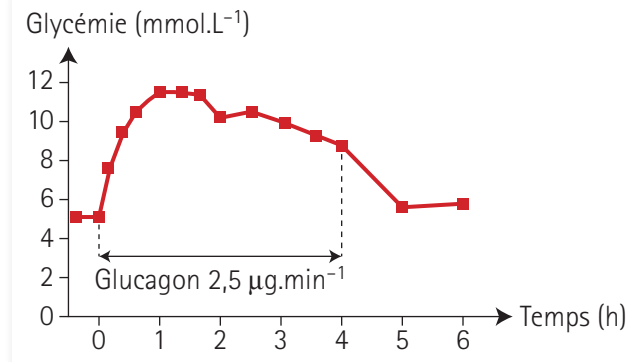
Terme	Définition
Glycogénogénèse	Synthèse de glycogène à partir de glucose
Glycogénolyse	Hydrolyse du glycogène en glucose
Néoglucogénèse	Synthèse de glucose à partir de molécules non glucidiques
Lipolyse	Dégradation de lipides

je sais faire le jour du bac

Afin d'étudier les effets de l'insuline et du glucagon, on réalise une série d'expériences sur un animal à jeun. Le document A donne la glycémie après l'injection d'insuline. Le document B donne la glycémie à la suite d'une perfusion de glucagon.



Doc. A Variation de la glycémie à la suite d'une injection d'insuline



Doc. B Variation de la glycémie à la suite d'une perfusion de glucagon

- 1 Préciser la nature chimique de ces hormones et la partie du pancréas qui les sécrète.

Les deux hormones sont de nature peptidique. Elles sont sécrétées par la partie endocrine du pancréas (îlots de Langerhans).

- 2 Analyser les résultats des doc. A et B et déduire le rôle de chaque hormone étudiée.

Document A : Avant l'injection d'insuline, la glycémie du chien est normale. L'injection d'insuline provoque une baisse de la glycémie.

En effet, elle passe en 30 minutes de 5,5 à 2 mmol.L⁻¹. L'insuline a donc un effet hypoglycémiant.

Après 30 minutes d'action, la glycémie augmente.

Document B : la glycémie augmente après injection de glucagon (elle passe de 5,5 à 12 mmol.L⁻¹).

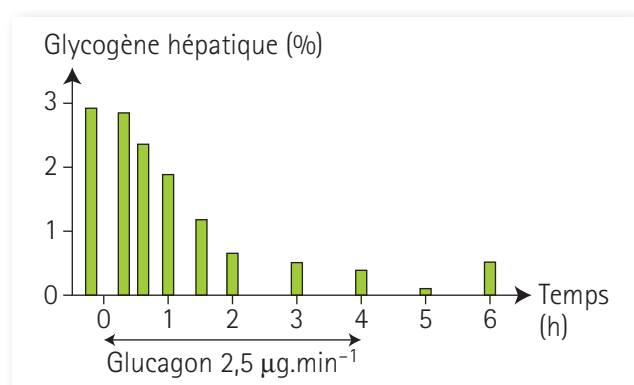
Le glucagon est une hormone hyperglycémiante. L'effet du glucagon diminue au cours du temps.

- 3 Le doc. C indique les variations du taux de glycogène hépatique à la suite d'une perfusion de glucagon.

Analyser le doc. C. Le taux de glycogène hépatique diminue pendant la perfusion de glucagon. Après la perfusion, le stock de glycogène hépatique se reconstitue.

- 4 Établir la relation entre les doc. B et C et en déduire l'action du glucagon.

Le glucagon stimule la glycogénolyse (doc. C) et le glucose produit passe dans le sang, ce qui augmente la glycémie (doc. B). Lorsqu'il y a moins de glycogène dans le foie, l'action du glucagon est moins importante.



Doc. C Variation du taux de glycogène hépatique à la suite d'une perfusion de glucagon

29

Dysfonctionnements dans la régulation de la glycémie : le diabète I

- ➔ Comparer les signes cliniques et paracliniques des deux types de diabète. Relier hyperglycémie, glycosurie, polyurie et polydipsie.
- ➔ À partir de résultats expérimentaux et de coupes histologiques, relier hypo-insulinémie et destruction des cellules bêta du pancréas par le système immunitaire.

Activité 1 Diagnostic du diabète de type I

Doc. 1 Exemple type de symptômes d'un patient atteint d'un diabète de type I

Le patient a 19 ans.

Signes cliniques :

- amaigrissement, malgré un appétit conservé
- sensation excessive de soif (polydipsie)
- production d'urine importante (polyurie)
- fatigue excessive (asthénie)

Résultats paracliniques :

- glycémie à jeun : 2,90 g/L
- glycosurie : +++
- insulinémie à jeun : 15 pmol/L
- protéinurie : 0
- cholestérolémie : 1,80 g/L
- cétonurie : +++
- triglycéridémie : 1,10 g/L



fig. 1 Le Manneken-Pis à Bruxelles

1 À partir du doc. 3, définir les termes suivants.

Polydipsie : soif excessive

Polyurie : volume d'urine trop important

Asthénie : absence de force (fatigue)

Insulinémie : concentration d'insuline dans le plasma sanguin

Glycosurie : présence de glucose dans les urines

Protéinurie : présence de protéines dans les urines

Doc. 2 Valeurs normales attendues

Glycémie à jeun < 1,25 g/L
 Insulinémie à jeun comprise entre 36 à 110 pmol/L
 Cholestérolémie < 2,00 g/L
 Triglycéridémie < 1,50 g/L

Les protéines du sang ne passent pas dans les urines.
 Le glucose du sang passe dans l'urine (primitive). Il est réabsorbé entièrement et retourne dans le sang.
 Les corps cétoniques ne sont pas produits.

2 Commenter les valeurs obtenues lors de l'examen paraclinique du sang (doc. 1), en vous aidant des valeurs normales données dans le doc. 2.

Hyperglycémie à jeun : 2,90 g/L, hypo-insulinémie à jeun : 15 pmol/L, cholestérolémie normale : 1,80 g/L, triglycéridémie normale : 1,10 g/L

3 Commenter les valeurs de l'examen paraclinique de l'urine du doc. 1 en s'aidant du doc. 2.

L'examen paraclinique de l'urine du doc. 1 montre une absence de protéines, ce qui est normal, mais une présence anormale dans l'urine de glucose et de corps cétoniques.

Doc. 3 Racines

a-	absence de
poly-	beaucoup
-émie	dans le sang
dips(o)	soif
sthen(o)	force
-urie	urine

Activité 2 Étude du diabète de type I

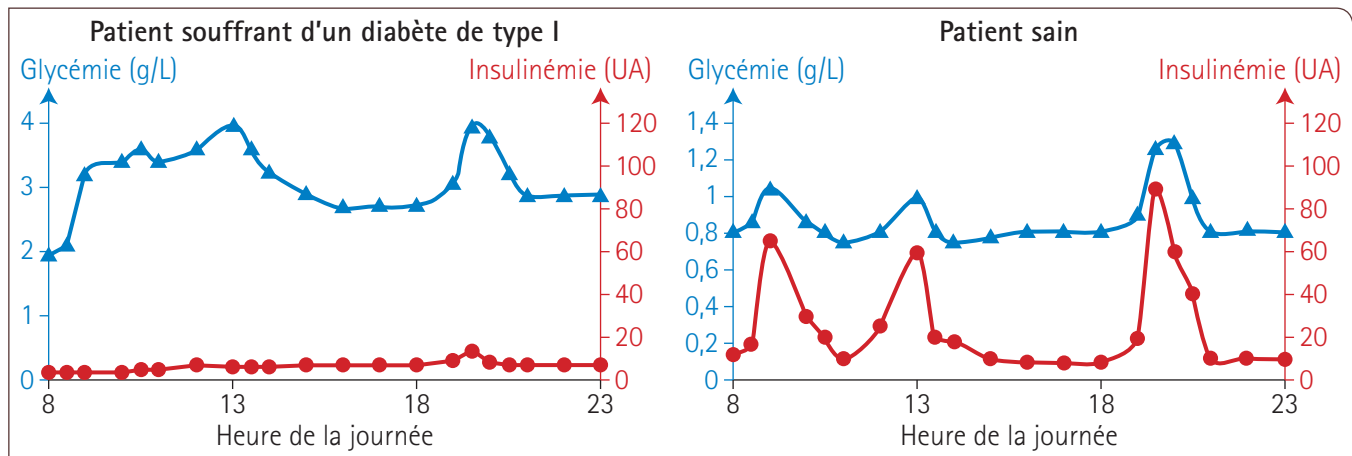


fig. 2 Évolution de la glycémie et de l'insulinémie

1 Décrire l'évolution de la glycémie du patient diabétique. La comparer à celle du patient sain.

Le patient diabétique présente une hyperglycémie chronique : sa glycémie est à tout moment supérieure à la normale. La glycémie du patient sain s'élève lors des repas, puis retourne à la normale. Elle est toujours inférieure aux valeurs rencontrées chez le patient diabétique de type I.

2 À l'aide de la fig. 2, compléter le texte ci-dessous.

L'insuline est sécrétée par les cellules β des îlots de Langerhans du pancréas.

L'insuline est hypo-glycémiante. Elle est absente du sang du patient diabétique de type I. La quantité de glucose dans le sang reste élevée (hyper-glycémie).

Activité 3 Étude du pancréas chez un diabétique de type I

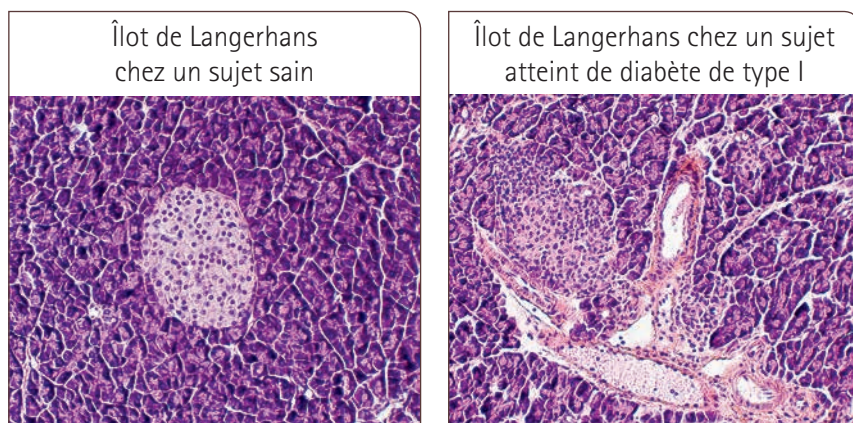


fig. 3 Observation des cellules β d'un îlot de Langerhans. Une technique (immunomarquage) permet de faire apparaître en foncé les cellules β

1 Comparer les îlots de Langerhans des deux individus.

Il y a moins de cellules β dans l'îlot du diabétique.

2 Le diabète de type I est aussi appelé diabète insulino-dépendant (DID). Justifier cette appellation.

Ce diabète est dû à une insuffisance de sécrétion d'insuline car il y a moins de cellules β .

Activité 4 Le diabète de type I, une maladie auto-immune

Doc. 4 Lymphocytes T et maladies auto-immunes

Les lymphocytes T sont des cellules de la défense immunitaire capables de détruire d'autres cellules. Dans le cas des maladies auto-immunes, les lymphocytes T s'attaquent aux cellules de leur propre organisme.

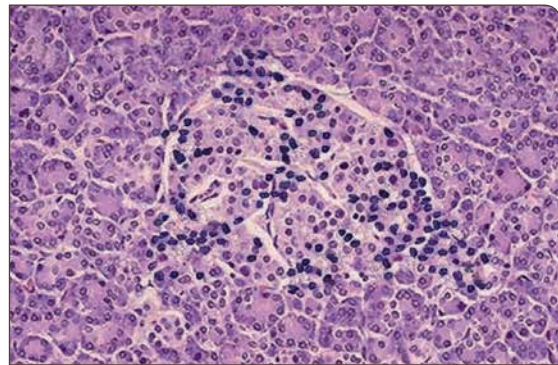


fig. 4 Îlot de Langerhans chez un patient développant un diabète de type I. Les lymphocytes de l'organisme apparaissent en bleu.

- 1 Indiquer la localisation principale des lymphocytes T dans le pancréas du patient diabétique.

Les lymphocytes T sont essentiellement présents dans l'îlot de Langerhans.

- 2 En faisant le lien entre les fig. 3 et 4, proposer la cible cellulaire des lymphocytes T dans le pancréas.

Les lymphocytes T détruisent les cellules β des îlots de Langerhans.

- 3 Compléter la phrase suivante.

Les lymphocytes T détruisent les cellules β des îlots de Langerhans. L'insuline n'est plus sécrétée. Une hyperglycémie est constatée.

- 4 Justifier le terme « maladie auto-immune » utilisé pour le diabète de type I.

C'est une maladie auto-immune, car l'origine de la pathologie est la destruction des cellules β des îlots de Langerhans par les cellules immunitaires du corps.

Activité 5 Conséquences de l'hypo-insulinémie du diabète de type I

- 1 Indiquer le devenir du glucose alimentaire chez un patient diabétique de type I. Donner la conséquence sur la glycémie.

Le glucose ne rentre plus dans les cellules. Il reste dans la circulation sanguine et on constate une hyperglycémie.

Doc. 5 Insuline et pénétration du glucose dans les cellules

L'insuline, en se fixant sur ses cellules cibles, favorise l'entrée du glucose. Une fois dans la cellule, le glucose peut être utilisé comme source d'énergie, ou stocké (glycogène), ou transformé (en graisses par exemple).

- 2 Expliquer l'apparition d'une glycosurie chez le patient diabétique de type I, en s'aidant des doc. 2 et 5.

Le glucose en excès de la circulation sanguine n'est pas entièrement réabsorbé dans les reins et passe dans les urines, c'est la glycosurie.

3 Compléter la phrase suivante à l'aide du doc. 1.

En cas de diabète de type I, des corps cétoniques sont fabriqués puis transportés par le sang. Une partie des corps cétoniques passe dans l'urine. On observe donc une cétonurie.

4 Plusieurs appellations sont utilisées pour parler du diabète de type I. Justifier ces appellations à partir des données des activités de l'ensemble du chapitre.

Diabète juvénile : il touche majoritairement les personnes de moins de 20 ans.

Diabète maigre : les diabétiques de type I sont généralement amaigris.

Diabète insulino-dépendant (DID) : ce diabète est la conséquence d'un déficit de production d'insuline.

Activité 6 Traitements du diabète de type I

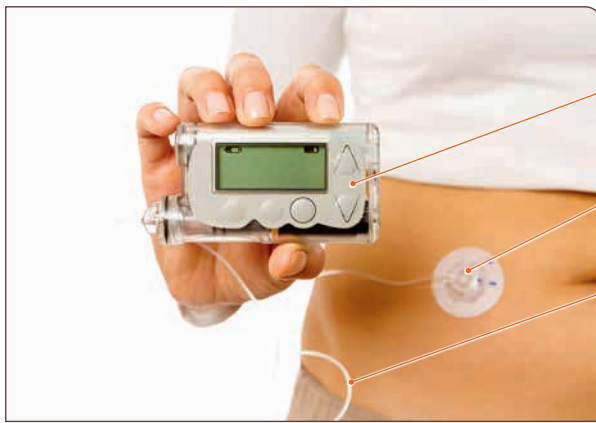


fig. 5 La pompe à insuline

Pompes à insuline programmable

Aiguille d'injection (sous le plastique)

Cathéter

1 L'insulinothérapie est le traitement le plus courant du diabète de type I. Expliquer le terme insulinothérapie, sachant que « thérapie » signifie « traitement ».

Le DID étant dû à un déficit de production d'insuline, on fournit de l'insuline artificielle.

2 L'insuline peut être injectée en sous-cutané. Préciser les moments opportuns pour pratiquer ces injections lors d'une journée.

L'insuline (rapide) est injectée au moment des repas (il existe d'autres types d'insuline).

3 Compléter le texte suivant à partir de la fig. 5.

La pompe à insuline possède un réservoir d'insuline. En permanence cette pompe délivre l'hormone qui atteint l'abdomen du patient grâce à un cathéter (tuyau de petit diamètre). Là, l'insuline est injectée sous la peau grâce à une aiguille. Le programmeur de la pompe permet d'adapter la quantité d'insuline injectée selon les moments de la journée.

4 Dans certains cas une greffe de pancréas est réalisée. Expliquer pourquoi la greffe de cet organe est adaptée au traitement du diabète de type I.

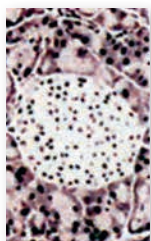
Le pancréas greffé sécrète de l'insuline et régule la glycémie.

Je construis mon cours

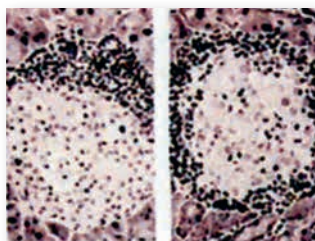
Les diabètes sucrés sont caractérisés par la présence de **glucose** dans les urines (**glycosurie**).

Le DID (**diabète insulino-dépendant**), ou diabète de type **I** est une maladie **auto-immune**

(le système immunitaire détruit les cellules de son propre organisme).



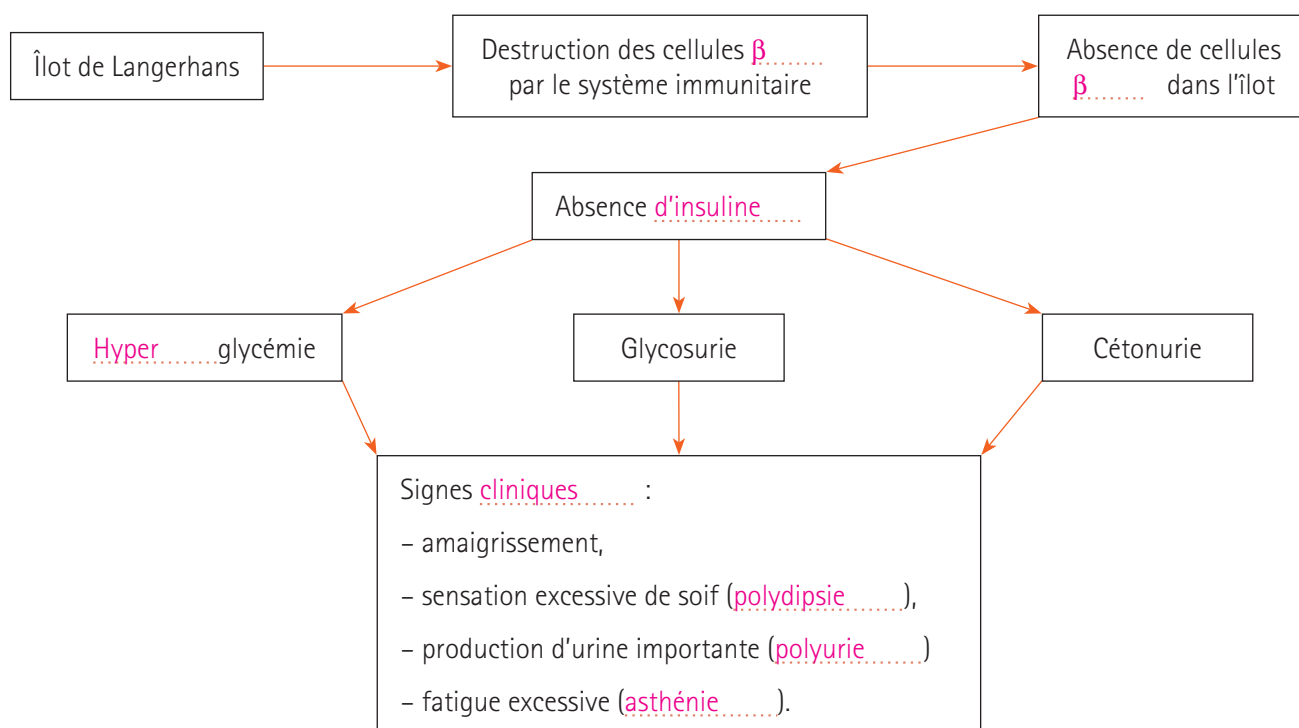
< de 3 semaines



3 à 15 semaines



> à 15 semaines



Le traitement du DID consiste à apporter au patient de **l'insuline** (injections, pompes).

Je sais dire

Racine	Signification	Suffixe	Signification
Dips(o)	Soif	-urie	Urine
Sthen(o)	Force	-émie	Sang

je sais faire le jour du bac

- 1 L'insuline est une hormone impliquée dans la régulation de la glycémie. Indiquer le type d'action de l'insuline sur la glycémie.

L'insuline est une hormone hypoglycémisante.

- 2 Préciser le lieu de production de l'insuline (organe et cellules impliquées).

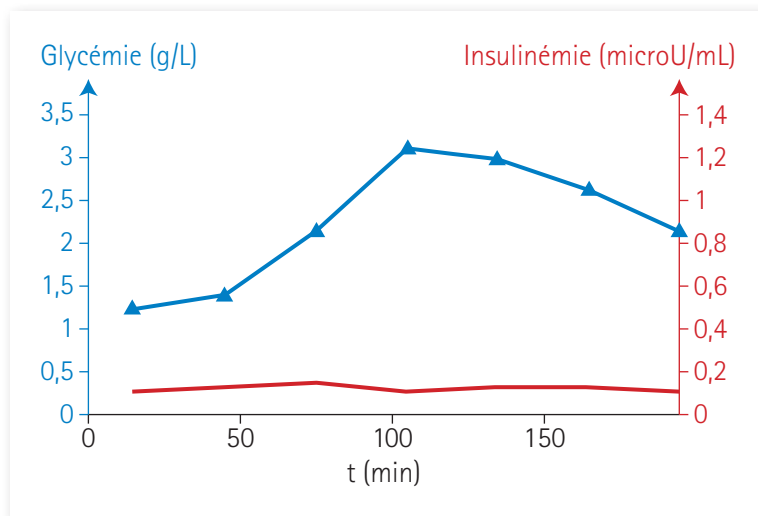
L'insuline est produite par les cellules β du pancréas.

- 3 Certains diabètes se caractérisent par la présence de glucose dans l'urine. Donner le terme médical correspondant à ce signe paraclinique.

Le terme médical correspondant est glycosurie.

- 4 Mettre en relation la présence de glucose dans les urines et la glycémie du patient diabétique, en précisant le rôle du rein.

Le patient diabétique a une hyperglycémie. Le glucose est normalement entièrement réabsorbé au niveau du rein. Dans le cas de ce patient, une trop grande quantité de glucose passe dans le rein et il ne peut être réabsorbé en totalité : on le retrouve dans l'urine.



Doc. A Dosage de l'insulinémie et de la glycémie chez un patient diabétique

- 5 Commenter les courbes du doc. A et conclure sur le type de diabète correspondant.

Malgré l'hyperglycémie très importante (jusqu'à 3 g/L), l'insuline n'est pas dans le sang. Il s'agit donc d'une hyperglycémie due à l'absence d'insuline, c'est un diabète insulino-dépendant (DID).

- 6 Proposer un traitement adapté au patient.

Le traitement adapté serait une injection d'insuline ainsi qu'une pompe à insuline...

30

Le diabète de type II

- ➔ Indiquer que l'apport excessif de glucides et de lipides favorise l'insulinorésistance.
- ➔ Montrer qu'hypo-insulinémie et résistance à l'insuline aboutissent toutes deux à une hyperglycémie.
- ➔ Indiquer les principales pathologies associées aux diabètes.
- ➔ Donner les principaux traitements.
- ➔ Montrer l'importance de l'hygiène alimentaire pour la prévention du diabète de type II.

Activité 1 Caractérisation d'un diabète de type II


fig. 1 Suralimentation

Compléter le tableau ci-dessous en vous aidant des valeurs normales données dans le **doc. 2** du chapitre précédent.

Doc. 1 Exemple type de symptômes d'un patient ayant un diabète de type II

Le patient a 55 ans. Il a une alimentation hypercalorique et un mode de vie sédentaire.

Signes cliniques :

- surpoids
- tension artérielle à la limite supérieure des valeurs normales ou hypertension
- fatigue à l'effort

Signes paracliniques :

- glycémie à jeun = 1,60 g/L
- insulinémie à jeun = 50 pmol/L
- cholestérolémie = 2,40 g/L
- triglycéridémie = 3,70 g/L

Présence dans les urines :

- de glucose : –
- de corps cétoniques : –
- de protéines : –

	Patient atteint de diabète type I	Patient atteint de diabète type II
Âge de détection de la maladie	Moins de 20 ans	Plus de 40 ans
Poids	Trop faible	Surpoids
Fatigue	++	++ (à l'effort)
Polyurie	+	– (mais évolution +)
Polydipsie	+	– (mais évolution +)
Glycémie	+++	++
Insulinémie	–	Normale
Cholestérolémie	Normale	+++
Triglycéridémie	Normale	+++
Cétonurie	+	0
Glycosurie	+	0 ou faible

Activité 2 Étude de l'insulinémie chez un diabétique non insulino-dépendant (DNID)

- 1 Compléter le texte suivant, concernant les résultats de la fig. 2.

On constate que chez le patient atteint d'un diabète de type II l'hyperglycémie provoque bien une sécrétion d'insuline, hormone hypo glycémiante.

Cependant, ces courbes permettent de mettre en évidence quelques différences :

- ▶ la réponse maximale du sujet diabétique met plus de temps à être atteinte ;
- ▶ la réponse maximale du sujet diabétique est de plus faible intensité ;
- ▶ la réponse du sujet diabétique se maintient plus longtemps.

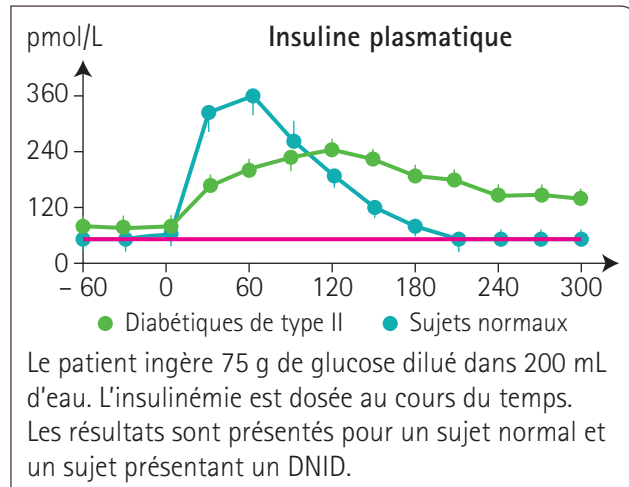


fig. 2 Test HGPO (hyperglycémie provoquée per os)

- 2 Tracer sur la fig. 2 la courbe théorique correspondant à un patient atteint d'un diabète de type I.

Activité 3 Les causes du diabète de type II

- 1 L'insuline sécrétée se fixe sur ses cellules cibles, dont les adipocytes. D'après la fig. 3, décrire l'évolution de la quantité d'insuline fixée aux adipocytes chez les deux types de souris.

La quantité d'insuline fixée aux adipocytes des souris diabétiques obèses n'augmente quasiment pas suite à l'ingestion du glucose, contrairement à ce qui est observé chez les souris saines.

- 2 Expliquer pourquoi l'insuline des patients ayant un diabète de type II pourrait avoir moins d'effet sur les adipocytes.

L'insuline ne se fixant pas, il n'y a pas d'effet hypoglycémiant.

- 3 Justifier le terme d'insulinorésistance, utilisée pour le DNID.

Les cellules cibles ne répondent pas à l'insuline, elles sont insulinorésistantes.

- 4 Les autres cellules de l'organisme semblent montrer un autre type de résistance. Donner un exemple possible.

L'insuline se fixe mais les cellules ne sont plus capables de réagir au niveau intracellulaire (atteinte de la transduction du signal).

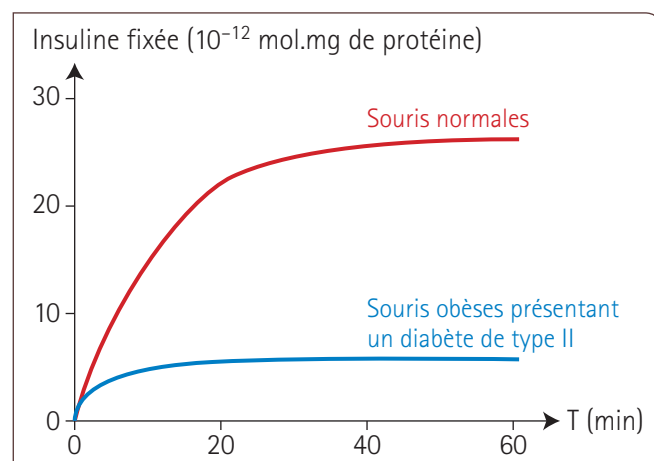


fig. 3 Mesure de la quantité d'insuline fixée aux adipocytes de souris, suite à une ingestion de glucose (à $t = 0$)

Activité 4 Conséquence de l'insulinorésistance

1 Compléter le tableau suivant.

Type de cellule	Conséquence de l'action de l'insuline chez un patient sain	Conséquence de l'action de l'insuline chez un patient DNID
Hépatocytes	Stimule la glycogénogénèse	Pas de glycogénogénèse
Myocytes	Stimule la glycogénogénèse	Pas de glycogénogénèse
Adipocytes (cellules impliquées dans le stockage de la graisse)	Stimule la lipogénèse	Pas de lipogénèse
Autres cellules	Entrée de glucose	Pas d'entrée de glucose

2 Dédurre du tableau ci-dessus les conséquences pour la glycémie en cas de résistance à l'insuline.

Le glucose ne rentre pas dans les cellules et reste dans la circulation sanguine, une hyperglycémie est donc constatée.

3 Expliquer l'hypertriglycéridémie et l'hypercholestérolémie dans un diabète de type II.

Au niveau des adipocytes, la lipogénèse n'a pas lieu et on constate une lipolyse. Les triglycérides et le cholestérol libérés s'accumulent dans la circulation sanguine.

Activité 5 Les complications des diabètes

Signes paracliniques d'un diabète	Évolution en absence de traitement
Glycosurie	L'urine plus concentrée en soluté provoque une polyurie.
Hyperglycémie	<ul style="list-style-type: none"> • Atteintes des vaisseaux sanguins de petits diamètres : <ul style="list-style-type: none"> – de la rétine, qui peut conduire à la cécité ; – du rein, qui peut conduire à une insuffisance rénale. • Atteintes des vaisseaux sanguins de gros diamètres : <ul style="list-style-type: none"> – des artères des membres inférieurs. Ce défaut d'irrigation peut conduire à la gangrène ; – des artères coronaires. Ce défaut d'irrigation peut conduire à un infarctus du myocarde. • Atteinte des neurones (neuropathie) avec dégénérescence progressive.
Présence de corps cétoniques	Mauvaise haleine (halitose), qui a une odeur cétonique.

1 Les patients atteints de DNID ont une soif excessive (polydipsie). Faire le lien avec la glycosurie.

La glycosurie provoque une polyurie : le corps se déshydrate et il est nécessaire de boire souvent, afin de compenser.

2 Expliquer la perte de la vue et les amputations pratiquées chez certains diabétiques. Cela est lié à un

problème circulatoire, au niveau de micro-vasseaux de la rétine ou d'artères des membres inférieurs.

Activité 6 Prévention du diabète et traitements

Doc. 2 Prévention et traitements du diabète de type II

Type d'action	Lutte contre le DNID
Prévention	Mesures hygiéno-diététiques : <ul style="list-style-type: none"> • nutritionnelle : bonnes habitudes alimentaires (nourriture peu riche) ; • activité physique régulière.
Traitements	Médicaments : <ul style="list-style-type: none"> • les biguanides favorisent l'utilisation du glucose par le foie, mais aussi par les muscles et les tissus adipeux et diminuent la production de glucose par le foie ; • les inhibiteurs des alphaglucosidases ralentissent la transformation des glucides complexes en glucose et leur passage dans le sang ; • les sulfamides agissent en stimulant la sécrétion d'insuline du pancréas.

Doc. 3 Conseils hygiéno-diététiques de la mulette perlière

La mulette perlière est une moule qui vit dans les torrents d'eau pure et froide. Elle peut dépasser les 190 ans, ce qui la place au 3^e rang des animaux les plus vieux du monde (après la tortue des Galapagos et le quahog nordique). Elle est fixée dans le lit de la rivière et se nourrit par filtration de l'eau pauvre en nutriments.

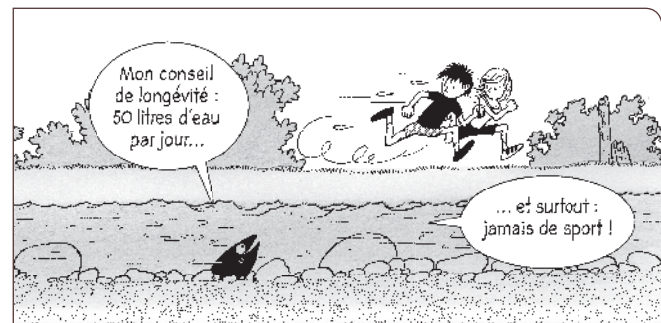


fig. 4 Extrait de *La Hulotte*, numéro 101

- 1 Montrer que les conseils de la mulette perlière ne sont pas forcément ceux adaptés à la prévention du DNID.

Le sport est plutôt conseillé dans la prévention du DNID. En revanche ne pas manger avec excès est un bon conseil. Boire de l'eau plutôt que de l'alcool est aussi adapté (pas seulement pour le DNID).

- 2 Justifier l'intérêt d'une bonne hygiène alimentaire pour limiter les effets négatifs du diabète de type II.

Une alimentation peu grasse évite les graisses dans le sang et protège l'appareil cardiovasculaire. Une alimentation moins riche en sucre limite les pics d'hyperglycémie.

- 3 Expliquer l'intérêt d'une activité physique régulière.

Cela permet de lutter contre le surpoids et les complications associées.

- 4 Les biguanides sont des « médicaments de l'insulinorésistance ». Justifier cette appellation.

Ils luttent contre l'insulinorésistance des cellules, en facilitant leur utilisation du glucose.

- 5 Expliquer pourquoi les sulfamides appartiennent à la classe des hypoglycémifiants.

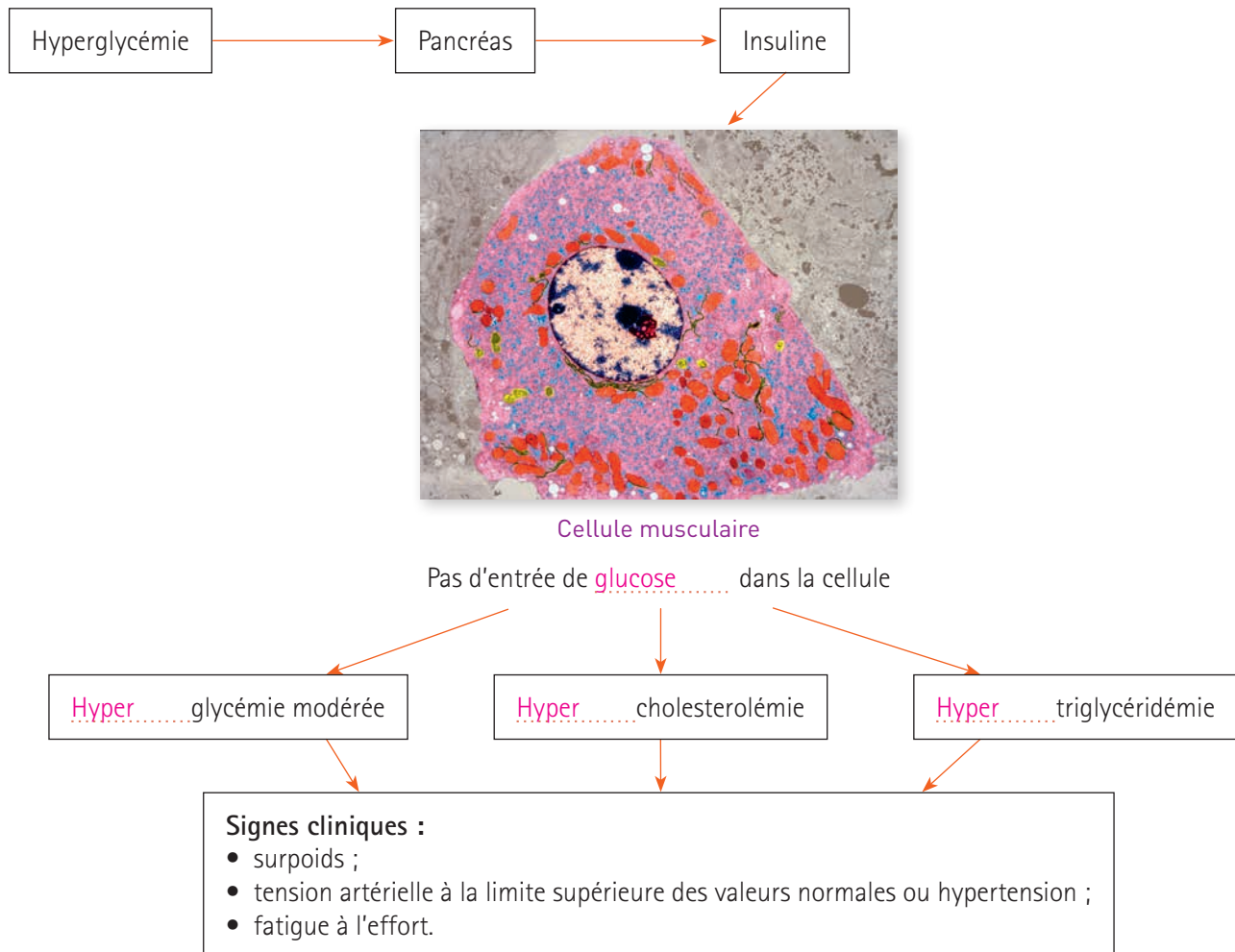
Ils stimulent la synthèse d'une hormone hypoglycémifiante, l'insuline.

- 6 Les sulfamides sont inefficaces dans le cas du diabète de type I. Proposer une explication.

Les cellules productrices d'insuline étant détruites, on ne peut les stimuler.

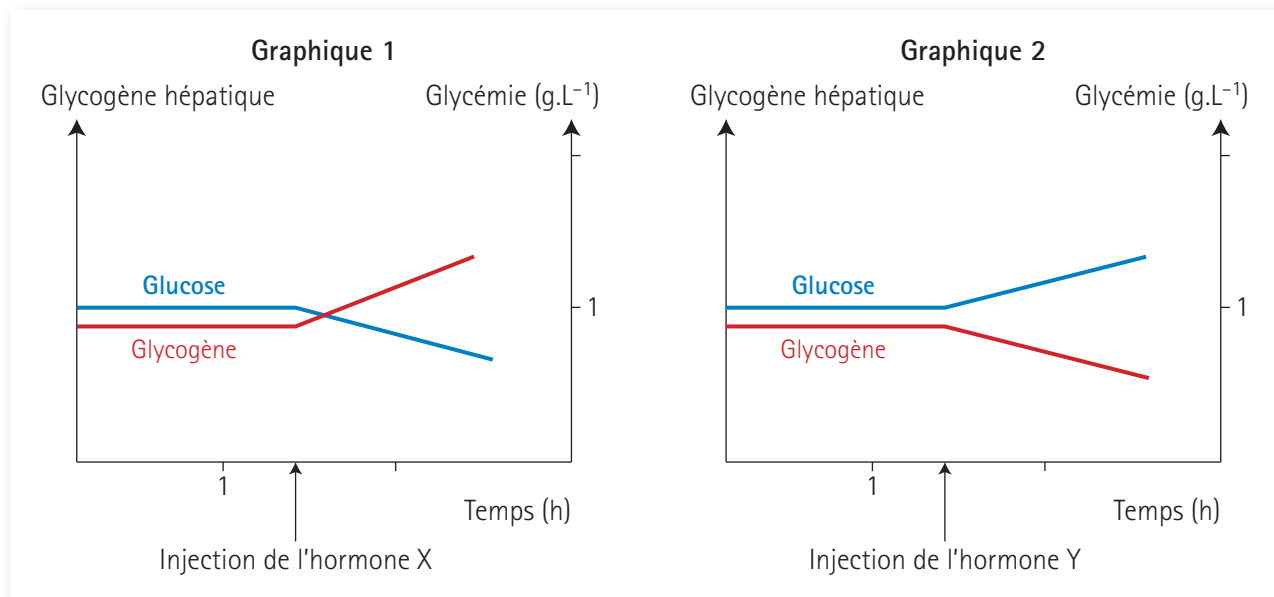
Je construis mon cours

Le DNID (diabète non insulino-dépendant), ou diabète de type II est une maladie qui touche les personnes de plus de 40 ans. Elle est le résultat d'une insulinorésistance (les cellules cibles de l'insuline, dont les hépatocytes, ne répondent plus à l'insuline).



Je sais dire

Terme	Définition
Asthénie	<u>Fatigue intense</u>
Cétonurie	<u>Présence de corps cétoniques dans les urines</u>
Glycosurie	<u>Présence de glucose dans les urines</u>
Protéinurie	<u>Présence de protéines dans les urines</u>

je sais faire le jour du **bac**

Doc. A Le foie est le principal organe de stockage et de libération du glucose lors des variations de la glycémie. Ces graphiques présentent les résultats obtenus lors d'expériences effectuées sur des fragments de foie.

- 1 Nommer les voies de mise en réserve et de la libération du glucose dans les hépatocytes.

La glycogénolyse est la voie de libération du glucose et la glycogénogénèse est la voie de mise en réserve de glucose sous forme de glycogène.

- 2 Les hormones X et Y sont les principales hormones de la régulation de la glycémie. Identifier sur le doc. A chacune de ces hormones en justifiant.

L'insuline favorise le stockage de glucose : action hypoglycémiante ; c'est donc l'hormone X. Le glucagon favorise la libération du glucose : action hyperglycémiante ; c'est donc l'hormone Y.

- 3 Donner la signification du sigle DNID.

DNID signifie diabète non insulino-dépendant.

- 4 Dans cette pathologie, expliquer pourquoi l'insuline n'a pas d'action.

Les cellules cibles sont résistantes à l'insuline (pas de réponse cellulaire).

- 5 Citer les méthodes de prévention du DNID.

Les mesures hygiéno-diététiques de prévention du DNID sont :

- des mesures nutritionnelles : bonnes habitudes alimentaires (nourriture peu riche),
- une activité physique régulière.

Crédits photographiques

Pages

7	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	50 haut droite	ph eorif.com
8 bas	ph © Mairie de Roubion	50 milieu	ph info-radiologie.ch
10 haut	ph © Phovoir	50 bas gauche	ph © Living Art Enterprises/BSIP
11 bas	ph © SGO/BSIP	50 bas droite	ph © Jojo
12 haut	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	54	ph © CMSP Wehr/BSIP
12 bas	ph © Zephir/SPL/BSIP	55 gauche	ph © Yves Rousseau/BSIP
14 bas	ph © Living Art Enterprises/BSIP	55 droite	ph © James Cavallini/BSIP
16 milieu	ph © Christian Larrieu/musée du Louvre/ RMN/Grand Palais	57	ph © SGO/BSIP
17 fig 4 gauche	ph © Kermaal/BSIP	61	ph © Nucleus medical art/BSIP
17 fig 4 droite	ph © Kage/Docstock/BSIP	65 gauche	ph © Martyn F. Chillmaid/Science Photo Library/Cosmos image
17 fig 5	ph © Science Picture Company/BSIP	65 droite	ph © Jacopin/BSIP (reprise p87)
17 fig 6	ph © Biophoto Associates/BSIP (reprise p. 157)	68 haut	ph © Archives Foucher (reprise p71)
20 1	ph © Immagina/Leemage (Léonard de Vinci, <i>Les proportions humaines</i> , 1490. Venise, Gallerie dell'Accademia)	68 milieu	ph © Living Art Enterprises/BSIP
20 2	ph © Album/Prisma/Akg-images (Léonard de Vinci, dessins du système cardiovasculaire, 1513)	68 bas	ph © Phototake/BSIP
20 3	ph © Aisa/Leemage (Léonard de Vinci, Etude anatomique)	70	ph © Living Art Enterprises/BSIP
20 4	ph © Science Photo Library/Akg-images (Léonard de Vinci, dessins du crâne de 1489)	71	ph © Archives Foucher
21 gauche	ph © Science Source/BSIP	73	ph © Universal/The kobal Collection/The Picture Desk
21 droite	ph © Gounot/3B Scientific/BSIP	85	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot
26 bas	ph © Eduardo kac	86 milieu gauche	ph © Dr Robert Calentine/BSIP
29	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	86 milieu droite	ph © Visuals unlimited/BSIP
30 haut 1,2,3	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	87 haut, bas	ph © Jacopin/BSIP
30 haut 4	ph © Javier Larrea/Age Fotostock	88	ph © Dr David M Phillips/BSIP
30 milieu 1	ph © Phototake/C.B.S./BSIP	89	ph © Visuals unlimited/BSIP
30 milieu 2	ph © Science Picture Company/BSIP	90	ph © James E. Dennis/Phototake/ISM
30 milieu 3	ph © CMSP/BSIP	91 haut, bas	ph © Jacopin/BSIP
30 milieu 4	ph © Visuals unlimited/BSIP	93 haut	ph © Electa/Leemage
30 bas gauche	ph © James Cavallini/BSIP (reprise p.31)	93 bas	ph © Dr Donald Fawcett/BSIP
30 bas droite	ph © Visuals unlimited/BSIP (reprise p. 31)	94 gauche	ph © Science Source/BSIP
31 bas gauche	ph © Kunkel/Phototake/BSIP	95 bas	ph © Visuals unlimited/BSIP
31 bas milieu	ph © Phototake/BSIP	97	ph © Daniel Gotshall/National Oceanic and Atmospheric Administration
31 bas droite	ph © James Cavallini/BSIP	98 bas	ph © Phototake/BSIP
33 haut gauche	ph © Dr Willis Gladden/BSIP	100	ph © New Line Cinema/Collection ChristopheL
33 haut m, d	ph © Science Source/BSIP	103	ph © Patrick Allard/REA
33 bas gauche	ph © Science Picture Company/BSIP	104	ph © Institut de myologie
33 bas milieu	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	109 gauche	ph © Living Art Enterprises/BSIP
33 bas droite	ph © Visuals unlimited/BSIP	109 droite	ph © BSIP
34 haut gauche	ph © Murti/Phototake/BSIP	114	ph © Overeign/ISM
34 haut droite	ph © Don W. Fawcett/BSIP	123	ph © Bridgeman Images, © Adagp, Paris 2015
34 bas 1	ph © Biophoto Associates/BSIP	131	ph © Science Picture Company/BSIP
34 bas 2	ph © Science Source/BSIP	134 (3 photos)	ph © Jacopin/BSIP
34 bas 3	ph © Kunkel/Phototake/BSIP	135 1,4,5	ph © Phovoir
35 gauche	ph © Biophoto Associates/BSIP	135 2	ph © H. Raguet/BSIP
35 droite	ph © Bill Longcore/BSIP	135 3	ph © Science Photo Library/BSIP
36 haut 1	ph © Biophoto Associates/BSIP	135 6	ph © Jacopin/BSIP
36 haut 2	ph © Walker M.I./BSIP	137 haut gauche	ph © Bridgeman Images
36 haut 3	ph © Biophoto Associates/BSIP	137 bas gauche	ph © Musée des Beaux Arts, Marseille/Jean Bernard/Leemage
36 haut 4	ph © Visuals unlimited/BSIP	137 bas droite	ph © Science Photo Library/Akg-images
36 bas gauche	ph © Dr John D Cunningham/BSIP	140	ph © Ton Koene/Zuma/REA
36 bas droite	ph © Biophoto Associates/BSIP	141	ph © Ton Koene/Age Fotostock
37 bas gauche	ph © Scott Camazine/BSIP, © Université Paul Sabatier	142	ph © Dr M.A. Ansary/Science Photo Library/ Cosmos
40	ph © James Cavallini/BSIP	147	ph © Jacopin/BSIP
41	ph © SPL/BSIP	149 gauche	ph © Phototake/OH M.S./BSIP
44	ph © Astier-CHRU Lille/BSIP	149 droite,détail	ph © Jacopin/BSIP
45 gauche	ph © Ingram/BSIP	150 (2 ph), 152	ph © David Musher/BSIP
45 droite	ph © Visuals unlimited/BSIP	153 bouche	ph © David Wrobel Visual/ BSIP
47 haut	ph © Scott Camazine/BSIP	153 glandes salivaires	ph © Dr P. Marazzi/Science Photo Library/ Cosmos
47 bas	ph © Phototake/Camazine/BSIP	153 côlon	ph © Science Photo Library/ BSIP
50 haut gauche	ph © Published with permission from LearningRadiology.com	153 rectum	ph © Alamy-B8CY11/Photo12
		153 pharynx	ph © Jacopin/BSIP
		153 oesophage	ph © Kessel & Kardon/ BSIP

153 estomac	ph © Science Photo Library/ BSIP	197 bas	ph © Michael Ross/BSIP
153 intestin grêle	ph © Science Photo Library/ BSIP	199 gauche	ph © Biophoto Associates/BSIP (photo reprise
153 pancréas	ph © Caroline Arquevaux/BSIP	p. 206)	
153 foie	ph © Southern Illinois University/BSIP	199 (5 ph suivantes)	ph © Michael Ross/BSIP
153 vésicule biliaire	ph © MedicalRF.com/BSIP	200 haut	ph Blogspot.fr
154 1,4	ph © Dr Denis Mauger/Gastro.free.fr	200 milieu	ph © Martin M. Rotker/BSIP
154 2	ph © Radiologie-var.fr	201	ph © Dr John D Cunningham/BSIP
154 3	ph © Imagerie Marquenterre	202 g, m	ph © Phototake/C.B.S./BSIP (reprises p.203)
154 bas	ph © VEM/BSIP	202 droite	ph © Michael Ross/BSIP (reprise p. 203)
156	ph © Phototake/ BSIP	203 haut	ph © INSERM
157 gauche	ph © Biophoto Associates/BSIP	203 milieu (3 ph)	ph © Phototake/C.B.S./BSIP
157 droite	ph © M.I. Walker/BSIP	203 bas (2 ph)	ph © Michael Ross/BSIP
162	ph © Bettman/Corbis	204 haut	ph © Michael Ross/BSIP
164 1,3	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	204 bas	ph © Carolinabi/Phototake/BSIP
164 2	ph © Scimat/BSIP	205 haut	ph © Alamy/Photo12
167	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	205 bas gauche	ph © Matton
169 1	ph © Kenneth Edward/BSIP	205 bas milieu	ph © Arno Massée/SPL/Phanie
169 2	ph © Phototake/BSIP	205 bas droite	ph © Phovoir
169 4	ph © Science Picture Company/BSIP	206 droite	ph © Dr Stanley Flegler/BSIP
171	© Studio Wim Delvoye, Belgium. Paris, Adagp	206 gauche	ph © Biophoto associates/BSIP
2015		208, 209 haut	ph © David M. Phillips/BSIP
172 gauche	ph © Juniors/Biosphoto	209 bas	ph © SPL/BSIP
172 milieu	ph © James Gritz/Robert Harding/Biosphoto	211gauche	ph World Health Organisation
172 droite	ph © Antoine Devouard/Lookatsciences	211 droite	ph Midi Libre
174	ph © Science Source/BSIP	213	ph Neil Docherty (producer), written by Gillian Findlay , Loretta Hicks (editor)
175	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	217 haut gauche	ph © Science Picture Company/BSIP
176 gauche	ph © Science Picture Company/BSIP	217 bas gauche	ph © Visuals unlimited/BSIP
176 droite	ph © Phototake/BSIP	217 droite 1,2	ph © Science Picture Company/BSIP
179	ph © Collection ChristopheL	217 droite 3	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot
181 bas	ph © Biosphoto Associates/BSIP	217 droite 4	ph © Science Source/BSIP
182 haut	ph © Cultura/Image Source/BSIP	219	ph © Collection ChristopheL
182 bas	ph © Visuals unlimited/BSIP	220	ph © Biophoto Associates/BSIP
186	ph © Marc Besson, Pierre Jacquot	227	ph © Markus Koljonen (Dilaudid)
189 gauche	ph © Fernando Montiel Klint	228, 229	ph © Archives Foucher
189 droite	ph © Matton	230	ph © Oscar Gimeno Baldo/Alamy/Photo12
193	ph © Science Source/BSIP	231	ph © INRA
194 gauche	ph © Solgar	233	ph © Digital Vision/Getty images
194 droite	ph OMIRA Oberland-Milchverwertung GmbH	236	ph © La Hulotte
197 haut	ph © Seven Arts Productions/Hammer/Collection ChristopheL	237	ph © Kunkel/Phototake/BSIP

Malgré nos recherches, il nous a été impossible de joindre certains auteurs ou leurs ayants droit pour solliciter l'autorisation de reproduction. Nous prions les personnes concernées de s'adresser aux Editions Foucher afin de nous permettre de leur régler les droits usuels.