

LES NOUVEAUX  
**CAHIERS**

# Biologie et physiopathologie humaines

**T<sup>le</sup> ST2S**

Sous la direction de  
K. Abbadi

M. Besson  
A. Douzi-Khouildi  
P. Jacquot  
A. Siviniant

Tout le programme en 24 séquences

5 entraînements au BAC

**CORRIGÉ**



  
**FOUCHER**



LES NOUVEAUX  
CAHIERS

# Biologie et physiopathologie humaines

**T**<sup>le</sup> ST2S

Sous la direction de

K. Abbadi

M. Besson

A. Douzi-Khouildi

P. Jacquot

A. Siviniant

Tout le programme en 24 séquences

5 entraînements au BAC

**CORRIGÉ**

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français du Droit de copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 – art. 40 et 41 et Code pénal – art. 425).

© Foucher, une marque des Éditions Hatier – Paris 2016



# Sommaire

## Partie 5 Respiration

<b>1 Présentation de l'appareil respiratoire</b>	7
Activité 1 Les structures respiratoires supérieures	7
Activité 2 Les structures respiratoires inférieures (dites pulmonaires)	9
Activité 3 Localisation des structures pulmonaires et relations vasculaires	10
Activité 4 Histologie d'éléments de l'appareil respiratoire	11
Activité 5 La barrière alvéolo-capillaire	12
Je construis mon cours/J'e sais dire	13
Je sais faire le jour du bac	14
<b>2 Physiologie de l'appareil respiratoire</b>	15
Activité 1 Importance de l'oxygène dans les processus vitaux	15
Activité 2 Le transport du dioxygène dans le sang	17
Je construis mon cours/J'e sais dire	19
Je sais faire le jour du bac	20
<b>3 Pathologies respiratoires</b>	21
Activité 1 Importance des maladies respiratoires	21
Activité 2 La spirométrie	21
Activité 3 La radiographie et la scanographie	23
Activité 4 La fibroscopie, technique d'exploration de l'appareil respiratoire	24
Activité 5 L'antibiothérapie, traitement des infections bactériennes	24
Activité 6 La mucoviscidose	25
Activité 7 L'asthme	26
Je construis mon cours/J'e sais dire	27
Je sais faire le jour du bac	28
<b>Je m'entraîne pour le bac</b>	29

## Partie 6 Cœur et circulation sanguine

<b>4 Cœur et révolution cardiaque</b>	31
Activité 1 Anatomie du cœur	31
Activité 2 Fonctionnement du cœur	33
Activité 3 Les bruits liés à la révolution cardiaque	34
Activité 4 Déroulement d'une révolution cardiaque	35
Je construis mon cours/J'e sais dire	37
Je sais faire le jour du bac	38

<b>5 Automatisme cardiaque</b>	39
Activité 1 Propriétés du cœur	39
Activité 2 Aspects mécaniques de la révolution cardiaque	40
Je construis mon cours/J'e sais dire	43
Je sais faire le jour du bac	44
<b>6 Activité électrique du cœur</b>	45
Activité 1 Mise en évidence de l'activité électrique des cellules nodales du cœur	45
Activité 2 Mise en évidence d'un aspect électrique de l'activité cardiaque	46
Activité 3 Anomalies de la conduction électrique mises en évidence par un ECG	48
Je construis mon cours/J'e sais dire	49
Je sais faire le jour du bac	50
<b>7 La circulation du sang dans les vaisseaux</b>	51
Activité 1 Organisation de l'appareil circulatoire	51
Activité 2 Les différents types de vaisseaux sanguins	52
Activité 3 La pression artérielle	54
Je construis mon cours/J'e sais dire	55
Je sais faire le jour du bac	56
<b>8 La régulation cardiaque</b>	57
Activité 1 Les variations du rythme cardiaque	57
Activité 2 Innervation du cœur et fonctionnement des nerfs moteurs	58
Activité 3 L'arc réflexe	59
Activité 4 La réponse à une hémorragie comme exemple de régulation cardiaque	60
Je construis mon cours/J'e sais dire	61
Je sais faire le jour du bac	62
<b>9 Pathologies de la circulation sanguine</b>	63
Activité 1 Les maladies cardio-vasculaires	63
Activité 2 Les maladies coronariennes	64
Activité 3 Méthodes diagnostiques et traitements	65
Activité 4 L'athérosclérose	66
Je construis mon cours/J'e sais dire	67
Je sais faire le jour du bac	68
<b>Je m'entraîne pour le bac</b>	69

## Partie 7 Cellules, chromosomes, gènes

<b>10 Chromosome et caryotype</b>	71
Activité 1 Présentation de l'ADN	71
Activité 2 Les étapes du cycle de la cellule	73
Activité 3 Chromatine, chromatide et chromosome	74
Activité 4 Formule chromosomique	77
Activité 5 Aberrations chromosomiques	77
Activité 6 Le diagnostic prénatal	78
Je construis mon <b>cours/Je sais dire</b>	79
Je sais faire le jour du <b>bac</b>	80
<b>11 Transmission des caractères héréditaires</b>	81
Activité 1 Caractères héréditaires	81
Activité 2 Définition du phénotype	82
Activité 3 Définition du génotype	83
Activité 4 Allèles dominants, récessifs et codominants	84
Activité 5 Caryotype des gamètes et échiquier de probabilités	85
Je construis mon <b>cours/Je sais dire</b>	87
Je sais faire le jour du <b>bac</b>	88
<b>12 Étude d'arbres généalogiques</b>	89
Activité 1 Établissement d'un arbre généalogique	89
Activité 2 Recherche de génotypes par observation des phénotypes d'une famille	90
Activité 3 Transmission d'une maladie associée à une hérédité autosomique dominante	91
Activité 4 Transmission d'une maladie associée à une hérédité autosomique récessive	92
Activité 5 Transmission d'une maladie associée à une hérédité liée à X	93
Activité 6 Transmission d'une maladie associée à une hérédité liée à Y	93
Activité 7 Reconnaissance des différents types d'hérédité	94
Je construis mon <b>cours/Je sais dire</b>	95
Je sais faire le jour du <b>bac</b>	96
<b>13 Expression de l'information génétique</b>	97
Activité 1 Transcription et traduction : les étapes d'expression d'un gène	97
Activité 2 L'ARN	98
Activité 3 Diversité des ARN	99
Activité 4 Première étape de la synthèse protéique : la transcription	99
Activité 5 Seconde étape de la synthèse protéique : la traduction	101
Je construis mon <b>cours</b>	103
Je sais faire le jour du <b>bac</b>	104

<b>14 Dérèglement du cycle cellulaire, modifications de l'ADN</b>	105
Activité 1 Contrôle de la division cellulaire	105
Activité 2 Les gènes de régulation du cycle cellulaire	106
Activité 3 Les mutations de l'ADN	107
Je construis mon <b>cours/Je sais dire</b>	109
Je sais faire le jour du <b>bac</b>	110
<b>15 Processus tumoral et cancer</b>	111
Activité 1 Première approche du cancer	111
Activité 2 Tumeurs et cancers	112
Activité 3 Prévention, dépistage et diagnostic	113
Activité 4 Les traitements du cancer	116
Je construis mon <b>cours/Je sais dire</b>	117
Je sais faire le jour du <b>bac</b>	118
<b>Je m'entraîne pour le bac</b>	119

## Partie 8 Transmission de la vie

<b>16 Anatomie de l'appareil reproducteur et gamétogénèse chez l'homme et la femme</b>	121
Activité 1 Organisation de l'appareil reproducteur de l'homme	121
Activité 2 Organisation de l'appareil reproducteur de la femme	121
Activité 3 La méiose, processus essentiel de la gamétogénèse	122
Activité 4 La production des spermatozoïdes	123
Activité 5 Le développement du follicule ovarien	125
Activité 6 De la fécondation à la nidation	126
Je construis mon <b>cours</b>	127
Je sais faire le jour du <b>bac</b>	128
<b>17 Régulation de la fonction reproductrice</b>	129
Activité 1 Les rôles des testicules	129
Activité 2 Contrôle des fonctions testiculaires par le complexe hypothalamo-hypophysaire	130
Activité 3 Régulation de la fonction reproductrice chez l'homme	132
Activité 4 Les différents cycles sexuels de la femme	133
Activité 5 Régulation de la fonction reproductrice chez la femme	134
Je construis mon <b>cours/Je sais dire</b>	135
Je sais faire le jour du <b>bac</b>	136
<b>18 Stérilité et maîtrise de la procréation</b>	137
Activité 1 Les causes de stérilité	137
Activité 2 L'assistance médicale à la procréation (AMP)	138

Activité 3 Les techniques de contraception.....	139
Je construis mon <b>cours</b> /Je sais <b>dire</b> .....	141
Je sais faire le jour du <b>bac</b> .....	142

Je m'entraîne pour le bac .....	143
---------------------------------	-----

## Partie 9 Immunologie

### 19 So, non-soi, antigènes..... 145

Activité 1 La transfusion sanguine et les groupes sanguins.....	145
Activité 2 Les greffes .....	146
Activité 3 La nature des greffons.....	147
Activité 4 Le rejet de greffe et l'immunosuppression .....	148
Activité 5 La diversité des antigènes .....	149
Activité 6 Exemples de soi, non-soi et soi modifié .....	150
Je construis mon <b>cours</b> /Je sais <b>dire</b> .....	151
Je sais faire le jour du <b>bac</b> .....	152

### 20 Organes, cellules et molécules de l'immunité..... 153

Activité 1 La composition du sang .....	153
Activité 2 Les éléments figurés du sang et les cellules immunitaires .....	153
Activité 3 Les organes et les tissus de l'immunité.....	154
Activité 4 Les anticorps .....	155
Je construis mon <b>cours</b> /Je sais <b>dire</b> .....	157
Je sais faire le jour du <b>bac</b> .....	158

### 21 Virus de la grippe et VIH : transmission et multiplication..... 159

Activité 1 La transmission de la grippe.....	159
Activité 2 Les symptômes de la grippe saisonnière.....	160
Activité 3 Les virus de la grippe.....	161
Activité 4 Le cycle de multiplication du virus de la grippe .....	163
Activité 5 Les voies de contamination par le VIH et les moyens de prévention.....	164
Je construis mon <b>cours</b> .....	165
Je sais faire le jour du <b>bac</b> .....	166

### 22 Les défenses non spécifiques de l'organisme..... 167

Activité 1 Les voies d'entrée des antigènes dans le corps .....	167
Activité 2 Les défenses cutané-muqueuses.....	168
Activité 3 Les quatre signes de la réaction inflammatoire .....	169
Activité 4 Les mécanismes de la réaction inflammatoire : exemple de la grippe .....	170
Activité 5 La phagocytose .....	172
Je construis mon <b>cours</b> /Je sais <b>dire</b> .....	173
Je sais faire le jour du <b>bac</b> .....	174

### 23 Les défenses spécifiques..... 175

Activité 1 Les marqueurs membranaires des leucocytes et rôle des CPA .....	175
Activité 2 Mise en évidence du rôle des lymphocytes B et T4 .....	176
Activité 3 Le rôle des lymphocytes T8.....	177
Activité 4 La vaccination.....	178
Je construis mon <b>cours</b> /Je sais <b>dire</b> .....	179
Je sais faire le jour du <b>bac</b> .....	180

### 24 Un exemple d'immunodéficience : le sida..... 181

Activité 1 Les chiffres du syndrome de l'immunodéficience acquise (sida).....	181
Activité 2 Les phases de la maladie.....	182
Activité 3 Les conséquences d'une infection au VIH .....	183
Activité 4 La prise en charge des personnes séropositives .....	185
Activité 5 Les signes cliniques de la maladie.....	186
Je construis mon <b>cours</b> /Je sais <b>dire</b> .....	187
Je sais faire le jour du <b>bac</b> .....	188

Je m'entraîne pour le bac .....	189
---------------------------------	-----

Crédits photographiques.....	191
------------------------------	-----





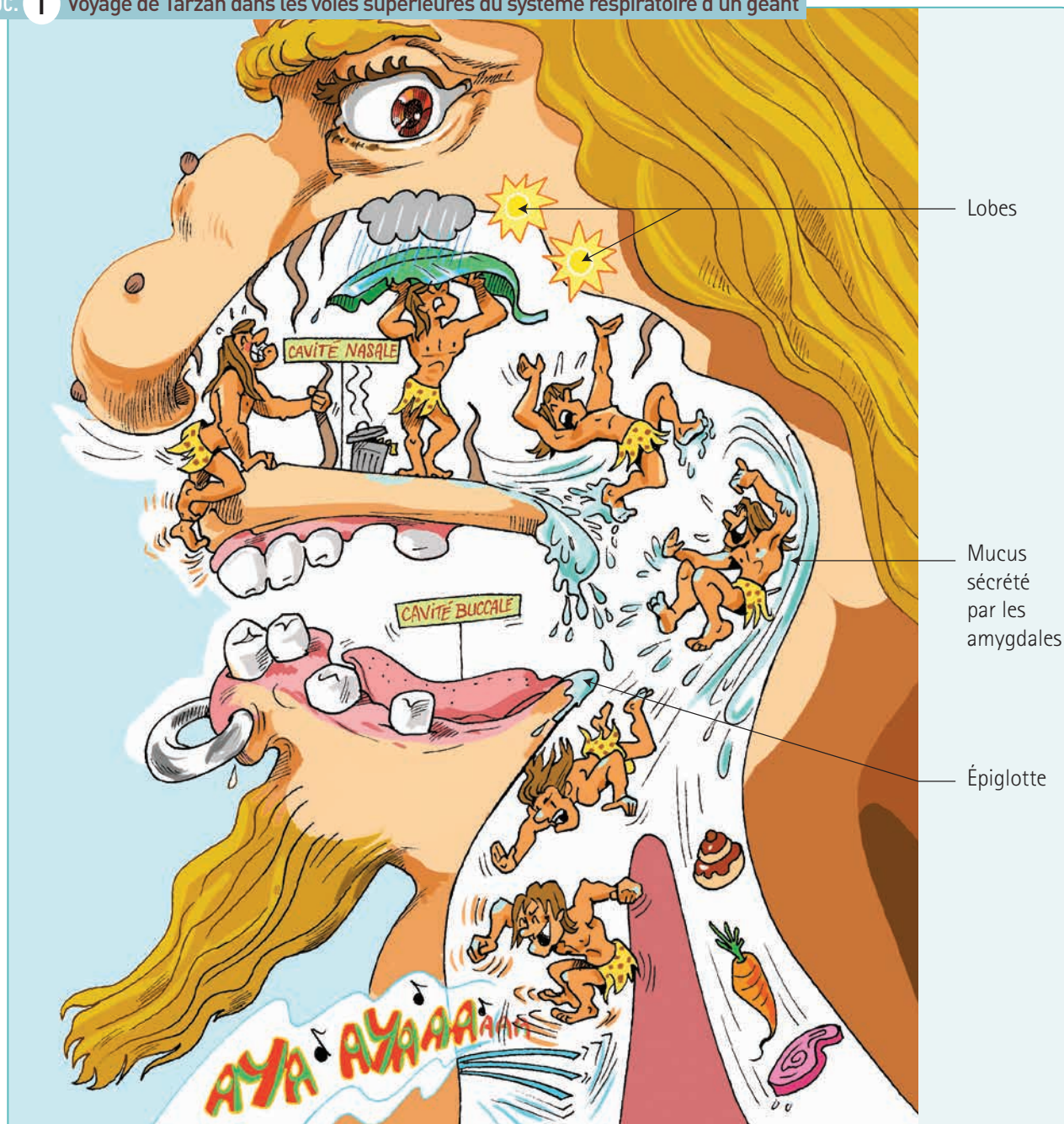
## 1

# Présentation de l'appareil respiratoire

- Connaître la localisation et l'organisation fonctionnelle de l'appareil respiratoire.
- Pouvoir décrire l'histologie de la trachée, des bronches et l'organisation fonctionnelle de la barrière alvéolo-capillaire.

## Activité 1 Les structures respiratoires supérieures

Doc. 1 Voyage de Tarzan dans les voies supérieures du système respiratoire d'un géant





- 1 Lorsque Tarzan pénètre dans la cavité nasale, il peut observer plusieurs éléments qui modifient les propriétés de l'air entrant. Préciser le rôle de ces éléments en observant le doc. 1.

Éléments de la cavité nasale	Actions sur l'air
Lobes au plafond de la cavité	Réchauffement (représenté par des soleils)
	Humidification (représentée par la pluie)
Poils	Filtration de poussières par exemple...

- 2 L'air peut également pénétrer par une autre entrée que la cavité nasale. Nommer cette entrée et comparer l'air pénétrant par cette cavité à l'air passant par la cavité nasale.

L'air peut entrer par la cavité buccale (bouche) mais il ne sera ni chauffé, ni humidifié, ni filtré.

Éléments du pharynx	Difficultés résultantes
Les amygdales sécrètent du mucus	Les voies sont glissantes.
Un carrefour existe au débouché du pharynx	Une fausse route est possible (vers l'œsophage).

- 3 Le fond de la cavité nasale débouche sur le pharynx. Deux éléments compliquent la poursuite du voyage de Tarzan dans les voies respiratoires. Préciser à l'aide du doc. 1 les difficultés rencontrées.

- 4 Compléter le texte à partir des connaissances de première et du doc. 1.

À l'extrémité du pharynx, deux conduits s'ouvrent. L'un, situé en position dorsale, permet le passage des aliments. C'est l'œsophage. L'autre permet le passage de l'air vers les poumons. C'est la trachée-artère. Le pharynx est donc la voie commune à l'air et aux aliments. Afin d'éviter le passage d'aliments dans la trachée-artère, une structure permet de bloquer le conduit respiratoire lors de la déglutition : l'épiglotte. Celle-ci appartient à la structure qui succède au pharynx : le larynx.

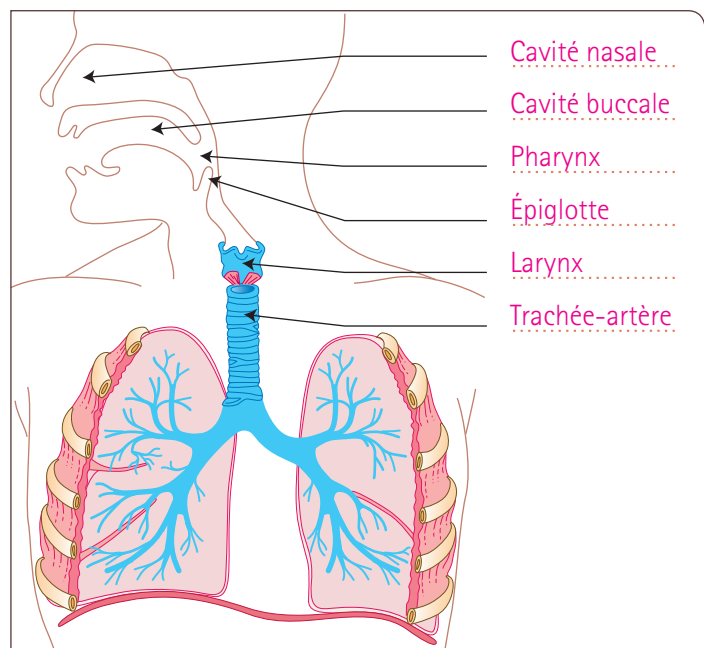
- 5 Dans le doc. 1, Tarzan, après avoir rebondi sur un élément vibrant (les cordes vocales) situé dans le larynx, poursuit sa chute dans la trachée-artère. Compléter la phrase suivante.

Le larynx est l'organe des voies respiratoires situé entre le pharynx et la trachée-artère.

- 6 Indiquer deux rôles du larynx.

Le larynx, qui abrite les cordes vocales, permet le langage. Des théories lient l'apparition du langage chez l'Homme à la présence du larynx. Le larynx permet d'éviter les fausses routes grâce à l'ouverture et à la fermeture de l'épiglotte lors de la déglutition.

- 7 Légender le schéma en utilisant le vocabulaire donné dans cette activité.



## Activité 2 Les structures respiratoires inférieures (dites pulmonaires)

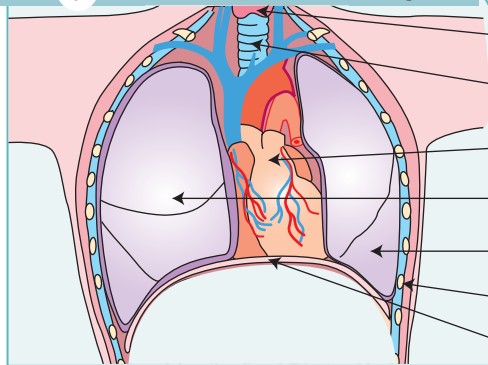
Doc. 2 Voyage de Tarzan dans les structures inférieures du système respiratoire du géant



- 1 Déterminer, grâce au doc. 2, le rôle des poils présents dans la trachée-artère.  
 Les poils de la trachée-artère permettent d'éliminer les déchets (poussières, micro-organismes, débris cellulaires...) en les remontant vers la bouche et le nez.
- 2 Après sa chute dans la trachée-artère, Tarzan arrive de nouveau à une bifurcation. Il emprunte l'une des deux bronches principales (doc. 2). En reprenant les principes d'orientation vus en première, indiquer s'il s'agit de la bronche droite ou de la bronche gauche.  
 La bronche à droite sur le dessin correspond à la bronche gauche (position anatomique de référence).
- 3 Les bronches principales se divisent en bronches secondaires qui elles-mêmes se divisent en bronches tertiaires, etc. Préciser l'évolution du diamètre des différents types de bronches.  
 À chaque ramification, le diamètre des bronches diminue.
- 4 Tarzan termine son voyage dans une impasse : une alvéole pulmonaire. Celle-ci est bordée d'un capillaire sanguin. En rappelant les conventions de couleur du sang, justifier les couleurs des hématies du doc. 2.  
 Les hématies peu oxygénées sont bleues en arrivant aux alvéoles puis rouges (oxygénées) après leur passage. Les alvéoles sont un lieu d'échange de dioxygène et de dioxyde de carbone.

## Activité 3 Localisation des structures pulmonaires et relations vasculaires

Doc. 3 Schéma de situation des organes



Larynx

Trachée

Cœur

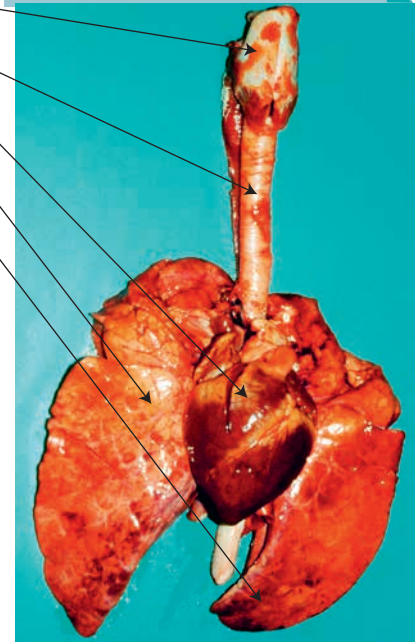
Poumon droit

Poumon gauche

Côtes

Diaphragme

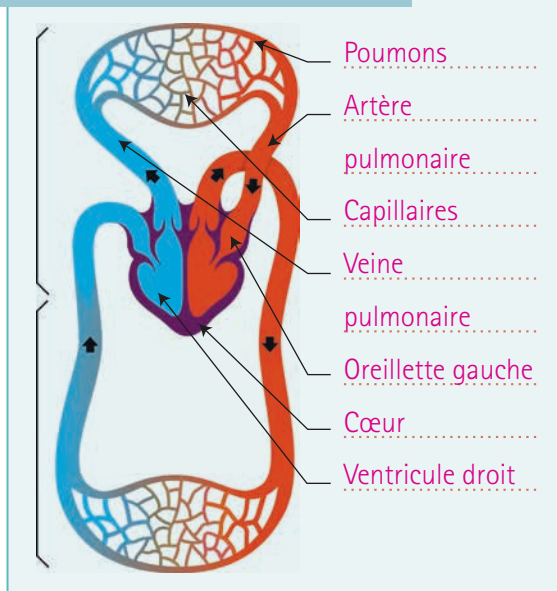
Doc. 4 Photo d'un prélèvement cœur-poumon



1 Le doc. 3 illustre la cavité antérieure de l'organisme. Relier les éléments de la cavité antérieure à leur description.

- |  |                 |
|--|-----------------|
| Membrane qui entoure les poumons                 | Cage thoracique |
| Muscle qui sépare la cavité en deux sous-cavités | Poumons         |
| Viscères   | Cœur            |
| Os qui délimitent la cavité                      | Diaphragme      |
|  | Plèvre          |

Doc. 5 Relations vasculaires entre le cœur et le poumon



Poumons

Artère

pulmonaire

Capillaires

Veine

pulmonaire

Oreillette gauche

Cœur

Ventricule droit

2 Légender les docs 3 et 4.

Doc. 6 Circulation sanguine

Le sang pauvre en oxygène est envoyé dans l'artère pulmonaire par le ventricule du cœur droit. L'artère pulmonaire se ramifie au niveau des poumons en vaisseaux capillaires. Là, le sang se charge en oxygène. Les capillaires se réunissent au niveau de la veine pulmonaire qui retourne au cœur au niveau de l'oreillette gauche. Le sang oxygéné est alors envoyé dans les différents tissus de l'organisme à partir du ventricule gauche. Le sang, une fois désoxygéné, retourne au cœur au niveau de l'oreillette droite.

3 Légender le doc. 5 à l'aide des indications du doc. 6.

4 Compléter le texte ci-dessous à partir du doc. 5 légendé.

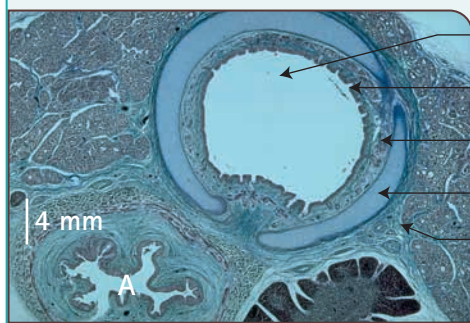
On distingue deux types de circulation :

- une circulation pulmonaire (qui part du cœur au niveau du ventricule droit et revient au cœur au niveau de l'oreillette gauche après passage dans l'artère pulmonaire ;
- une circulation systémique (qui part du cœur au niveau du ventricule gauche et revient au cœur au niveau de l'oreillette droite après avoir oxygéné les différents tissus de l'organisme).



## Activité 4 Histologie d'éléments de l'appareil respiratoire

Doc. 7 Coupes histologiques de structures respiratoires



Lumière  
Épithélium  
Muqueuse  
Cartilage  
Adventice  
Structure :  
Trachée



Lumière  
Épithélium  
Muscle  
Muqueuse  
Adventice  
Structure :  
Bronchiole



Lumière  
Épithélium  
Muqueuse  
Muscle  
Cartilage  
Adventice  
Structure :  
Bronche

Doc. 8 Observation de la surface côté lumière



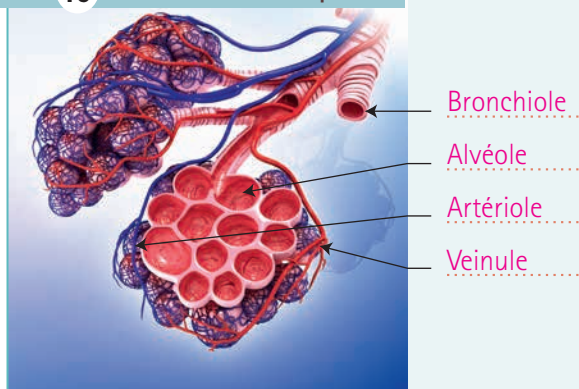
- 1 En tenant compte des indications du doc. 9, identifier les structures respiratoires présentées sur le doc. 7.
- 2 Compléter les légendes du doc. 7 à l'aide des descriptions du doc. 9.
- 3 Identifier la structure A (étudiée en première) observée sur la première coupe du doc. 7.  
La structure A est l'œsophage.
- 4 Justifier l'importance du cartilage (tissu dur) dans la paroi de la trachée lors du passage de gros aliments dans la structure A.  
La présence de cartilage dans la trachée empêche son écrasement lors du passage d'aliments dans l'œsophage.
- 5 En étudiant la composition des muqueuses (doc. 9), indiquer l'intérêt des structures retrouvées dans les bronches et les bronchioles que ne possède pas la trachée.  
Les muscles circulaires absents de la trachée permettent la contraction des bronches et bronchioles.
- 6 Rappeler la technique, vue en première, utilisée afin d'obtenir la photographie du doc. 8. Identifier l'élément caractéristique de la surface observée, donner son rôle et indiquer s'il s'agit de la trachée ou d'une bronchiole.  
La technique utilisée est la microscopie électronique à balayage (MEB). Des cils sont observables. Ils permettent d'évacuer les déchets (poussières, micro-organismes, débris cellulaires). Il s'agit de la trachée. Les bronchioles ne possèdent pas de cils.

## Doc. 9 Comparaison de la structure de la trachée, des bronches et bronchioles

	Trachée	Bronches	Bronchioles
Diamètre	2 cm	10 mm	< 1 mm
Aspect de la lumière	En fer à cheval	Circulaire étoilée	Caractère étoilé marqué
Muqueuse	Présence d'un épithélium cilié en surface. Nombreuses glandes dans les muqueuses.	Présence d'un épithélium cilié en surface. Muscles circulaires. Peu ou pas de glandes dans les muqueuses.	L'épithélium n'est pas cilié. Muscles circulaires discontinus. La muqueuse est très fine.
Cartilage	Cartilage presque circulaire. Un muscle termine le cercle.	Cartilage irrégulier. Du tissu conjonctif permet la jonction.	Absence de cartilage.
Adventice	Tissu conjonctif	Tissu conjonctif	Tissu conjonctif. Absence de glandes.

## Activité 5 La barrière alvéolo-capillaire

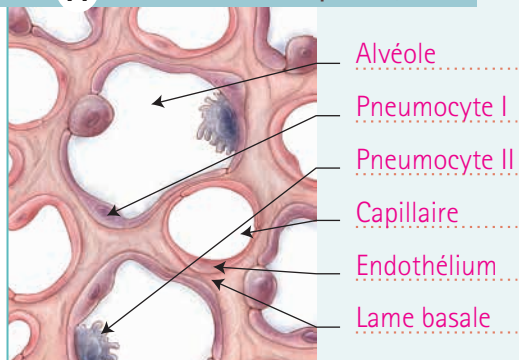
## Doc. 10 Barrière alvéolo-capillaire



1 Légender le schéma de la barrière alvéolo-capillaire, (doc. 10) où ont lieu les échanges entre le sang et l'air, avec les termes bronchiole, alvéole, artériole (capillaire venant du cœur avant l'oxygénation) et veinule (capillaire retournant vers le cœur après l'oxygénation). Les couleurs du sang sont conventionnelles.

2 À partir des informations du doc. 12, légender le doc. 11.

## Doc. 11 Barrière alvéolo-capillaire, détail



## Doc. 12 Organisation de la barrière alvéolo-capillaire

Les alvéoles sont délimitées par des cellules allongées (pneumocytes I) et par des cellules plus rondes (pneumocytes II) qui permettent la fabrication de surfactant (un liquide qui empêche les bronchioles de se coller après une contraction). Les capillaires sont délimités par des cellules composant l'endothélium.

La barrière alvéolo-capillaire est la zone d'échange des gaz entre les alvéoles et les capillaires. Les lames basales ont fusionné, d'où une épaisseur très faible entre les deux.



## Je construis mon cours

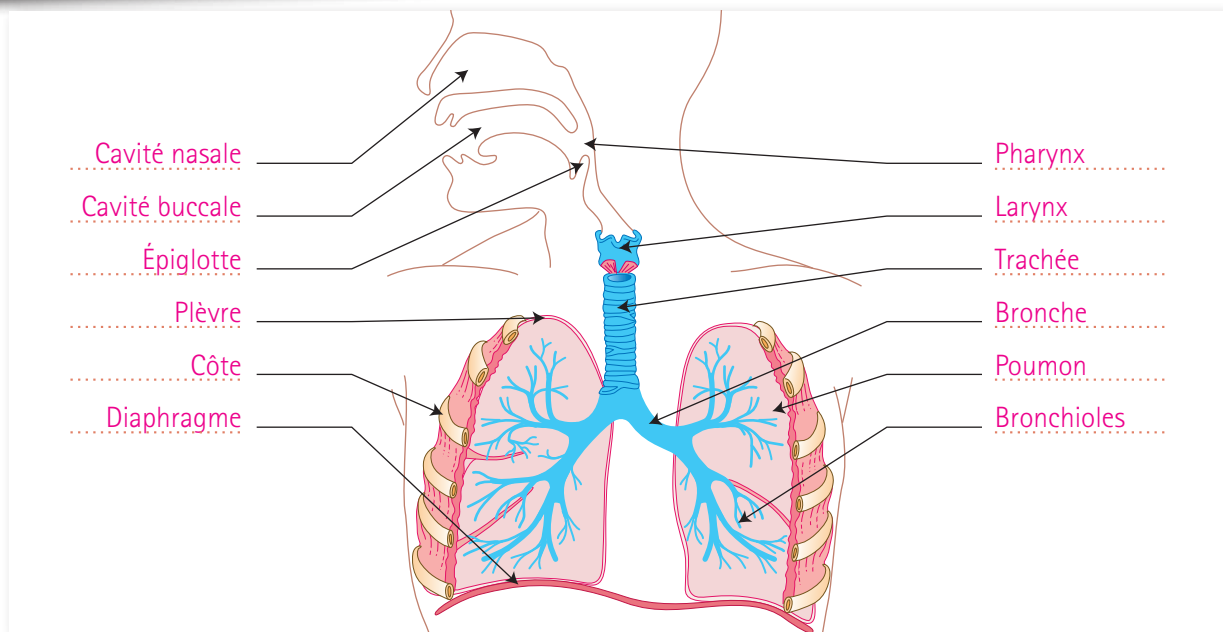


fig. 1 Appareil respiratoire

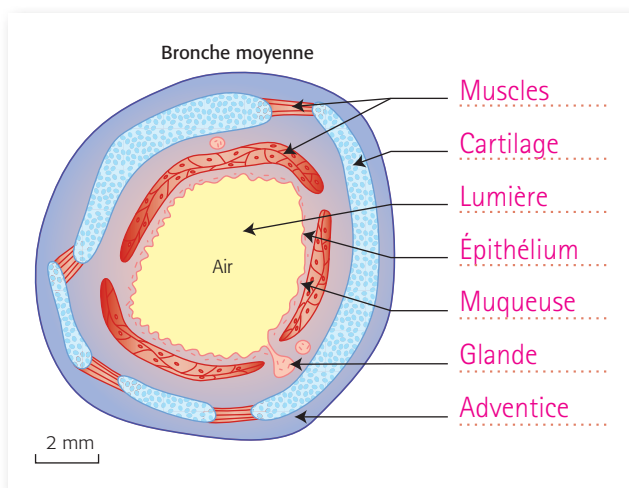


fig. 2 Histologie d'une bronche

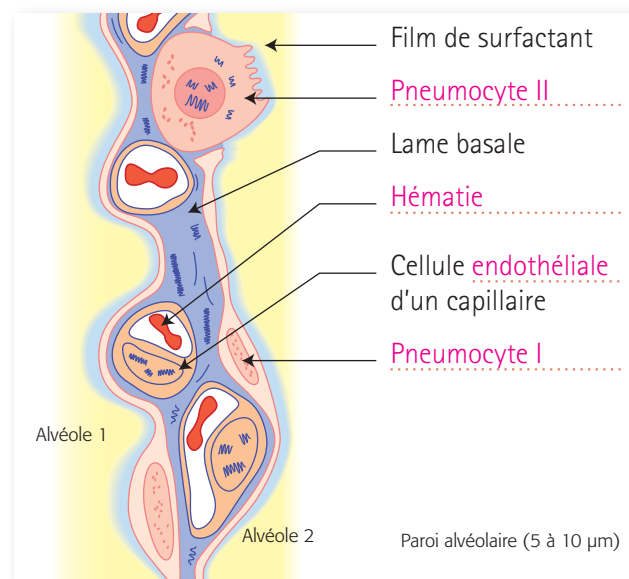


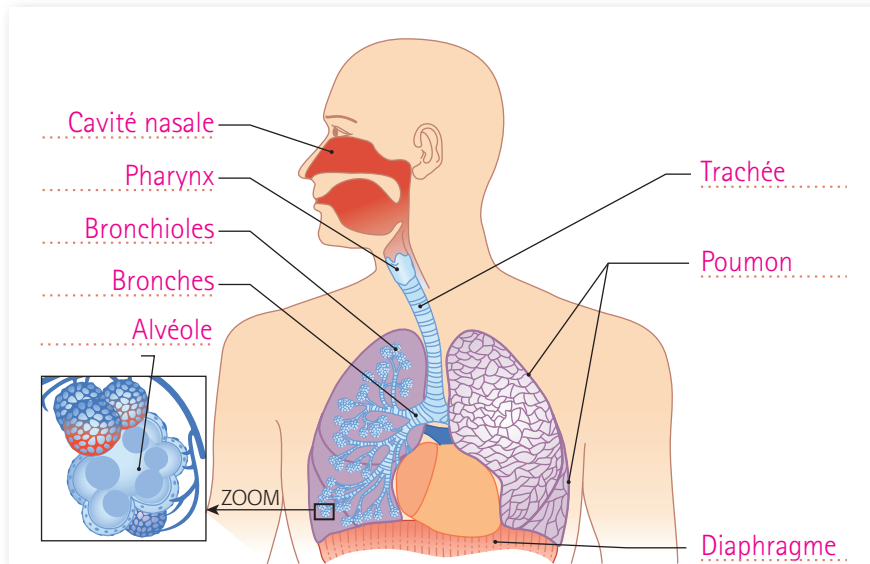
fig. 3 Organisation de la paroi alvéolo-capillaire

## Je sais dire

Bronch(o)	Bronche	Pneum(o)	Poumon
Laryng(o)	Larynx	Pulm(o)	Poumon
Nas(o)	Nez	Rhin(o)	Nez
Pleur(o)	Plèvre	Traché(o)	Trachée

# Je sais faire le jour du bac

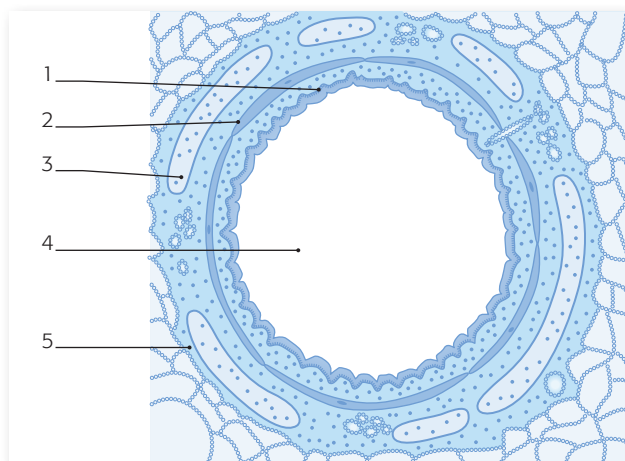
## 1 Légender le doc. A.



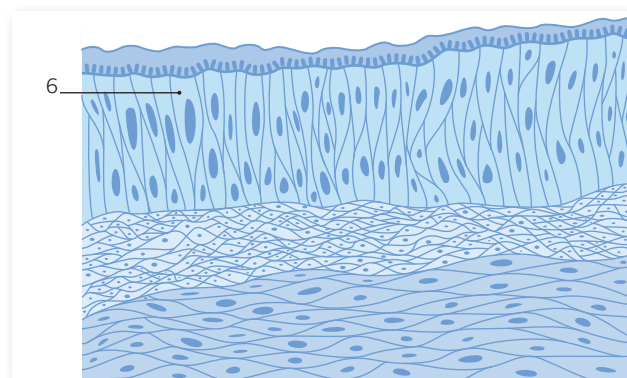
Doc. A Schéma de l'appareil respiratoire

## 2 Le doc. B représente une coupe de bronche d'un individu sain. Le doc. C est un agrandissement de la légende 1 du doc. B. Reporter les légendes correspondant aux repères 1 à 6.

- |                            |                            |                                      |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 1. <u>Épithélium</u>       | 2. <u>Muscle</u>           | 3. <u>Cartilage</u>                  |
| 4. <u>Lumière (ou air)</u> | 5. <u>Tissu conjonctif</u> | 6. <u>Cellule épithéliale ciliée</u> |



Doc. B Coupe histologique d'une bronche



Doc. C Agrandissement de la légende 1 du doc. B

## 3 Rappeler le rôle physiologique des cils dans le fonctionnement de l'appareil respiratoire.

Les cils permettent d'éliminer les déchets (poussières, micro-organismes, débris cellulaires).

## 2

# Physiologie de l'appareil respiratoire

- ➔ Pouvoir décrire la respiration et le métabolisme cellulaire, ainsi que les échanges gazeux.
- ➔ Connaître les modes de transport du dioxygène et du  $\text{CO}_2$ .

## Activité 1 Importance de l'oxygène dans les processus vitaux

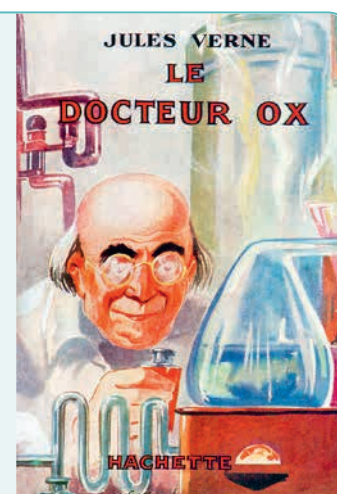
### Doc. 1 Une Fantaisie du docteur Ox, Jules Verne, 1874

À Quiquendone, les habitants ne s'énervent jamais. Ils vivent dans un calme parfait. Mais un jour, le docteur **Ox** et son préparateur Gédéon **Ygène** vont y installer un éclairage expérimental au gaz oxy-hydrique.

« – D'ailleurs, ajouta le préparateur en souriant d'un air malin, n'est-il pas à craindre qu'en produisant une telle excitation dans leur appareil respiratoire nous ne désorganisions un peu leurs poumons, à ces honnêtes habitants de Quiquendone ?

– Tant pis pour eux, répondit le docteur Ox. C'est dans l'intérêt de la science ! Que diriez-vous si les chiens ou les grenouilles se refusaient aux expériences de vivisection ? »

Soumis au gaz oxy-hydrique, les habitants de Quiquendone, devenus agressifs, décident de venger une insulte ancienne. Il y a sept siècles, une vache du village de Virgamen a brouté l'herbe communale de Quiquendone !



- 1 En tenant compte des noms du docteur et du préparateur, identifier l'atome présent dans le gaz utilisé. Donner ensuite le nom de ce gaz dont chaque molécule contient deux de ces atomes.

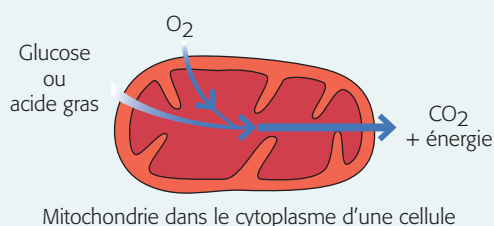
Docteur Ox et préparateur Ygène : l'atome est l'oxygène. Le gaz est le dioxygène.

- 2 Compléter le texte à partir du doc. 2.

Certaines biomolécules (glucose, acides gras...) permettent de fabriquer de l'énergie lorsqu'elles sont dégradées dans les mitochondries. Lors de ces réactions, du dioxygène ( $\text{O}_2$ ) est utilisé et du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) est rejeté. Ces gaz doivent diffuser au travers de la paroi de la cellule.

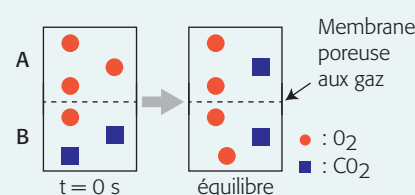
### Doc. 2 Métabolisme énergétique de la cellule

Le métabolisme est l'ensemble des réactions chimiques qui ont lieu dans la cellule. Certaines de ces réactions permettent de produire de l'énergie. Sans énergie, la cellule meurt. Les réactions présentées ci-contre produisent la majeure partie de l'énergie.



### Doc. 3 Diffusion des gaz d'un mélange

Dans un mélange, la pression exercée par un seul des gaz présents est appelée pression partielle. (Ex :  $P_{\text{O}_2}$  est la pression partielle en dioxygène). Pour une température donnée, dans un volume donné, plus la quantité de molécules de gaz augmente, plus la pression partielle augmente.



3 À partir du doc. 3, compléter le tableau avec les signes  $>$ ,  $=$  ou  $<$ .

Situation de départ ( $t = 0$ s)			Situation à l'équilibre (situation finale)		
$P_{O_2}$ dans A	$>$	$P_{O_2}$ dans B	$P_{O_2}$ dans A	$=$	$P_{O_2}$ dans B
$P_{CO_2}$ dans A	$<$	$P_{CO_2}$ dans B	$P_{CO_2}$ dans A	$=$	$P_{CO_2}$ dans B

4 Dédurre des réponses précédentes le sens de diffusion d'un gaz à travers une membrane.

Un gaz va du compartiment où la pression partielle est la plus forte vers le compartiment où la pression partielle est la plus faible.

5 À partir du schéma général de la circulation sanguine (petite circulation ou circulation pulmonaire et grande circulation ou circulation tissulaire), indiquer les pressions partielles de  $CO_2$  et d' $O_2$  sur les fig. 1 et 2 et préciser le sens des échanges de gaz par des flèches.

#### Doc. 4 Schéma général de la circulation

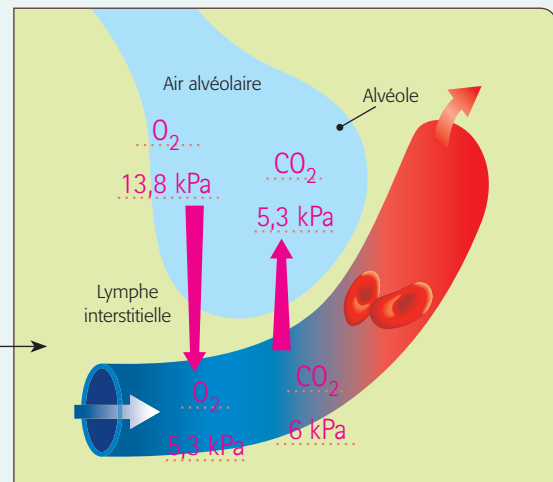
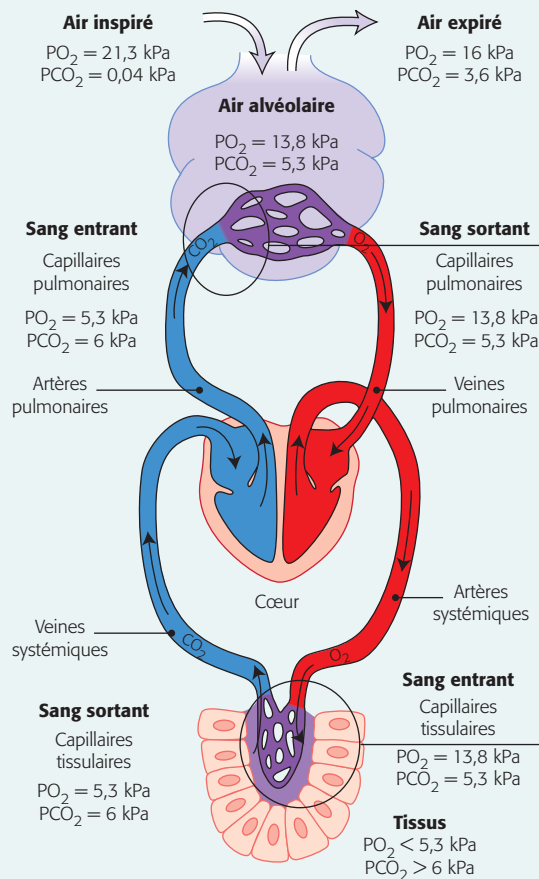


fig. 1 Échanges gazeux au niveau des poumons

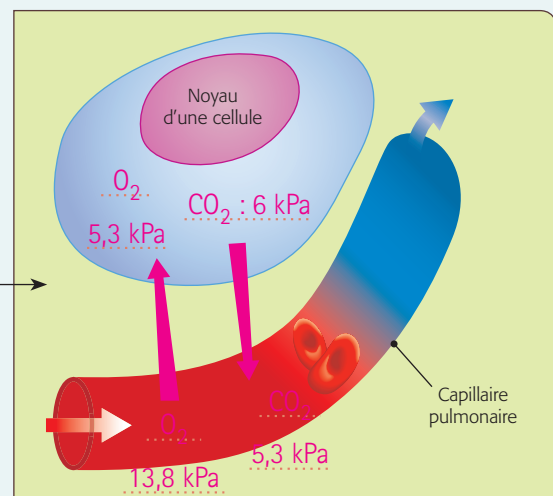


fig. 2 Échanges gazeux au niveau des organes



## Activité 2 Le transport du dioxygène dans le sang

- 1 D'après le doc. 5, préciser le nombre de monomères de l'hémoglobine.

L'hémoglobine contient quatre monomères

( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$  et  $\beta_2$ ).

- 2 Indiquer le nombre maximum de dioxygènes pouvant être fixés par une molécule d'hémoglobine puis écrire l'équation de fixation maximale du dioxygène par l'hémoglobine.

L'hémoglobine contient quatre monomères donc quatre hèmes. Elle fixe quatre dioxygènes au maximum. L'équation est :  $\text{Hb} + 4 \text{O}_2 \rightarrow \text{Hb}(\text{O}_2)_4$

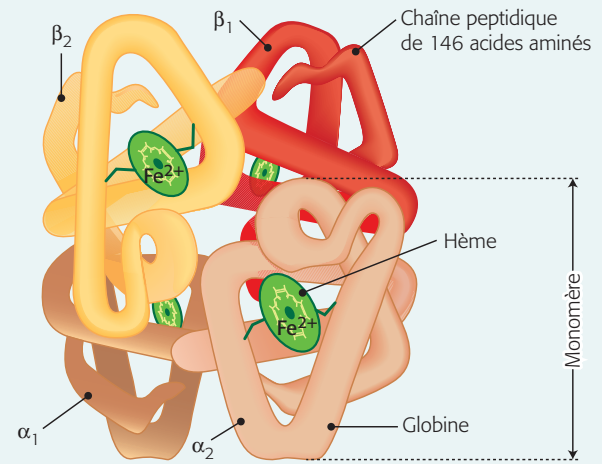
- 3 Indiquer la notation chimique des différentes hémoglobines présentées dans le doc. 6.

- 4 Relier les différentes formes d'hémoglobines aux pourcentages de saturations 0 ; 25 ; 50 ; 75 et 100 % sur le doc. 7.

### Doc. 5 Structure de l'hémoglobine

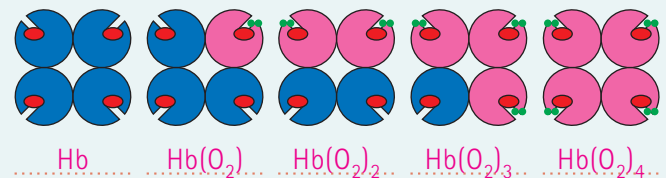
Le dioxygène est transporté dans le sang par une protéine spécifique : l'hémoglobine. Elle est constituée de quatre monomères qui possèdent chacun une structure, appelée hème, capable de fixer une molécule de dioxygène.

L'hémoglobine seule est notée Hb.



### Doc. 6 Hémoglobine et molécules de dioxygène fixées

Les monomères ayant fixé du dioxygène sont figurés en rose. Cela rappelle que le sang hématosé (riche en oxygène) est représenté en rouge. Les billes vertes figurent le dioxygène  $\text{O}_2$ .



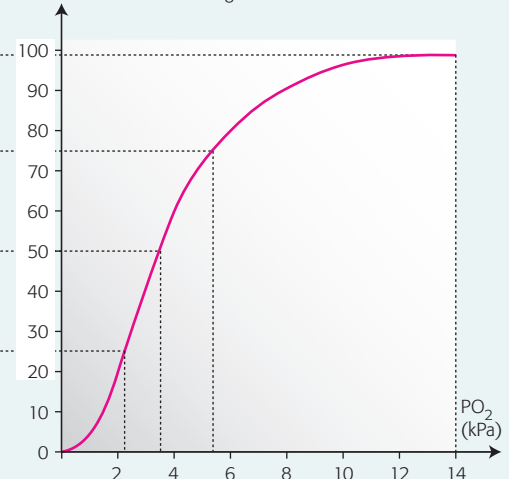
### Doc. 7 Saturation de l'hémoglobine

Le pourcentage de saturation de l'hémoglobine indique le pourcentage de monomères liés à du dioxygène.

$$\frac{\text{nombre de monomères avec dioxygène}}{\text{nombre de monomères total}} \times 100$$



% de saturation de l'hémoglobine





- 5 Sur la courbe du doc. 7, indiquer comment varie le pourcentage de saturation de l'hémoglobine en fonction de la pression partielle en dioxygène.

Lorsque la  $P_{O_2}$  augmente, le pourcentage de saturation de l'hémoglobine augmente aussi.

- 6 À l'aide du doc. 4 et du doc. 7, compléter le tableau.

	$P_{O_2}$ (kPa)	% de saturation de l'hémoglobine	Modification de l'hémoglobine entre l'entrée et la sortie
Capillaire pulmonaire entrant	5,3	60	L'hémoglobine se charge en oxygène.
Capillaire pulmonaire sortant	13,8	100	
Capillaire tissulaire entrant	13,8	100	L'hémoglobine libère l'oxygène.
Capillaire tissulaire sortant	5,3	60	

- 7 À l'aide du doc. 8, déterminer les saturations de l'hémoglobine en  $O_2$  lorsque la  $P_{O_2}$  vaut 4 kPa avec une  $P_{CO_2}$  de 1,4 kPa ou de 10,7 kPa.

Lorsque  $P_{CO_2} = 1,4$  kPa, % saturation = 90 %.

Lorsque  $P_{CO_2} = 10,7$  kPa, % saturation = 35 %.

- 8 Préciser l'effet sur la saturation de l'hémoglobine d'une augmentation de  $CO_2$ , d'une augmentation de température ou d'une diminution du pH.

La saturation de l'hémoglobine en  $O_2$  diminue.

- 9 Indiquer les conséquences sur la libération de dioxygène des facteurs précédents.

Le dioxygène est libéré dans le sang.

- 10 À l'aide des données précédentes et du doc. 2, ordonner chronologiquement les affirmations suivantes.

A. Ces trois facteurs diminuent la saturation de l'hémoglobine. B. La consommation d'énergie libère du  $CO_2$  qui acidifie le milieu et provoque une augmentation locale de la température. C. La diffusion de l' $O_2$  dans les myocytes est plus importante, ce qui favorise la production d'énergie. D. Il y a plus de dioxygène libre dans le sang. E. Les myocytes consomment beaucoup d'énergie lors de l'activité musculaire.

1. E

2. B

3. A

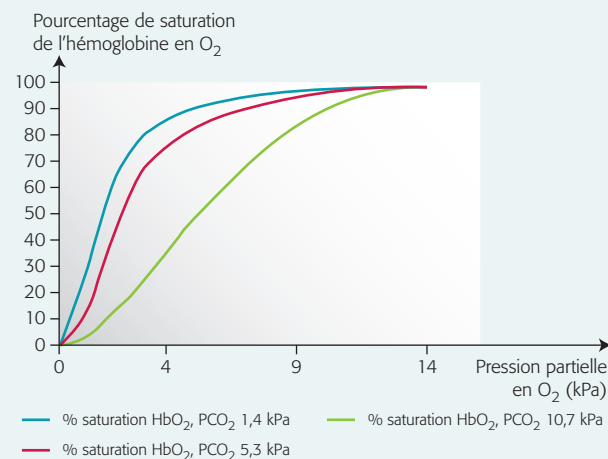
4. D

5. C

#### Doc. 8 Facteurs influençant la saturation en dioxygène de l'hémoglobine

L'augmentation de la pression partielle en  $CO_2$  diminue l'affinité du dioxygène pour l'hémoglobine. L'augmentation de la température et la diminution du pH (acidification) ont le même effet que l'augmentation en  $CO_2$ .

Une augmentation de  $CO_2$  dans le sang artériel est appelée **hypercapnie**.



- 11 Le monoxyde de carbone (CO), qui se dégage lors de certaines combustions, a 200 fois plus d'affinité pour l'hémoglobine que le dioxygène. Expliquer le principe de sa toxicité.

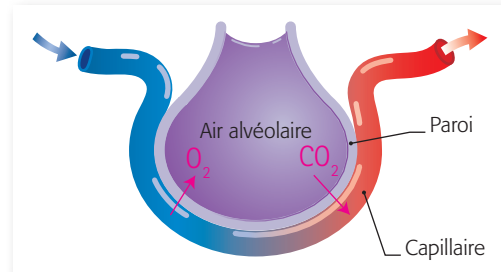
Le monoxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine à la place de l' $O_2$ . Celui-ci n'est plus acheminé vers les tissus, qui dépérissent.

## Je construis mon cours

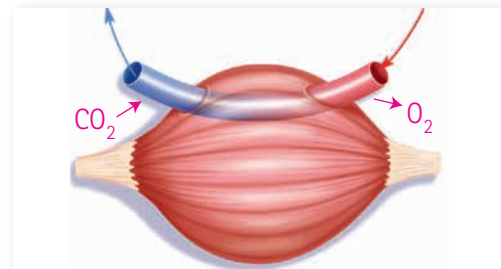
Le métabolisme cellulaire nécessite du **dioxygène ( $O_2$ )** et forme du **dioxyde de carbone ( $CO_2$ )**.

Les échanges gazeux dépendent des pressions **partielles** locales en  **$CO_2$**  et en  **$O_2$** .

Dans les poumons		
	Air alvéolaire	Capillaires pulmonaires (entrants)
$P_{O_2}$ (kPa)	13,8	5,3
$P_{CO_2}$ (kPa)	5,3	6



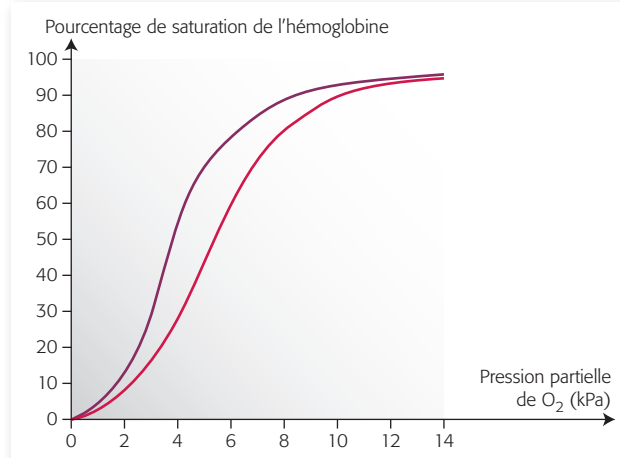
Dans les tissus		
	Cellule	Capillaires (sang entrant)
$P_{O_2}$ (kPa)	5,3	13,8
$P_{CO_2}$ (kPa)	6	5,3



Le dioxygène est transporté dans le sang par la molécule d'**hémoglobine** qui est un **polymère** composé de **quatre** monomères.

Une molécule d'hémoglobine peut fixer **quatre** molécules de dioxygène, grâce au fer contenu par l'hème.

Le  $CO_2$  est transporté dans le sang essentiellement sous forme dissoute (carbonates), mais il peut aussi être associé à l'hémoglobine.



La courbe du pourcentage de saturation de l'hémoglobine en fonction de la  $P_{O_2}$  est montrée en violet.

L'affinité de l'hémoglobine pour  $O_2$  (courbe rouge) diminue lorsque  $P_{CO_2}$  augmente, lorsque le pH diminue ou lorsque la température augmente.

## Je sais dire

**Hyper**capnie/**Hypo**capnie

Pression partielle de  $CO_2$  dans le sang artériel trop élevée/trop basse

## Je sais faire le jour du bac

Dans les poumons, les gaz respiratoires sont échangés au niveau de la barrière alvéolo-capillaire. Les pressions partielles des gaz respiratoires sont données dans le **doc. A**.

- 1** Après avoir énoncé le mécanisme général des échanges gazeux, expliquer, en utilisant les données du tableau I, le sens des échanges gazeux pulmonaires.

	Air alvéolaire	Sang entrant dans les capillaires pulmonaires	Sang sortant des capillaires pulmonaires
Pression partielle en $O_2$ (en kPa)	13 à 14	5,3	13 à 14
Pression partielle en $CO_2$ (en kPa)	5,3	6,1	5,3

**Doc. A** Pressions partielles des gaz respiratoires dans les poumons

Les gaz se déplacent vers le compartiment où leur pression partielle est la moins élevée. L' $O_2$  de l'air entre dans le sang non hématosé et le  $CO_2$  du sang sort dans les alvéoles.

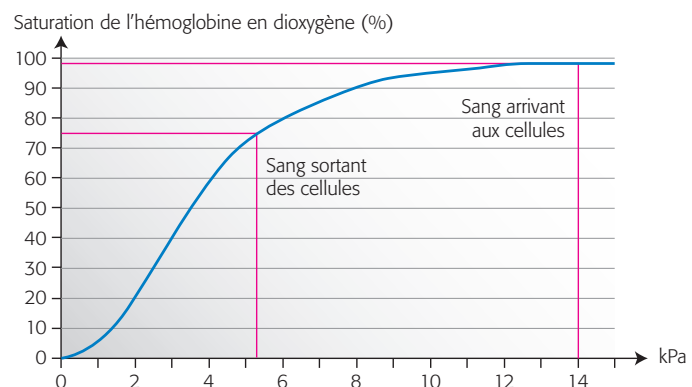
- 2** L'hémoglobine, située dans les érythrocytes, est capable de fixer et de transporter les gaz respiratoires. Réaliser un schéma légendé d'une molécule d'hémoglobine. Indiquer les lieux de fixation du dioxygène. On mesure le pourcentage de saturation de l'hémoglobine en dioxygène en fonction de la pression partielle en dioxygène. Les résultats sont présentés dans le **doc. B**.



- 3** À l'aide des données du **doc. A**, déterminer graphiquement sur le **doc. B** le pourcentage de saturation de l'hémoglobine en dioxygène :

- dans le sang arrivant aux cellules,
- dans le sang sortant des cellules.

Déterminer le pourcentage de dioxygène libéré au niveau de la cellule (pourcentage de dissociation).



**Doc. B** Pression partielle en dioxygène

Le sang arrivant aux cellules est un sang hématosé avec une  $P_{O_2} = 14$  kPa.

Le pourcentage de saturation est d'environ 98 %. Le sang sortant des cellules est un sang non hématosé avec une  $P_{O_2} = 5,3$  kPa. Le pourcentage de saturation est d'environ 75 %. Le pourcentage de dissociation vaut donc  $98 - 75 = 23$  %.



## 3

## Pathologies respiratoires

- ➔ Connaître les techniques d'exploration de l'appareil respiratoire.
- ➔ Étudier des exemples de pathologies respiratoires, d'infections bactériennes et les conséquences pathologiques du tabagisme.

### Activité 1 Importance des maladies respiratoires

- 1** Rappeler, à l'aide de la séquence 1, le trajet qu'emprunterait une particule (virus, poussière) contenue dans l'air pour atteindre les alvéoles pulmonaires.

Un virus par exemple suivra le trajet suivant :  
nez (ou bouche) puis trachée-artère, bronches,  
bronchioles et alvéoles.

- 2** Justifier l'intérêt des masques portés par les infirmières, sachant que la grippe est due à un virus (agent biologique) présent dans l'air.

Les masques retiennent les particules présentes dans l'air et limitent l'accès des virus aux voies respiratoires.

- 3** Dans certaines villes, les cyclistes mettent un masque dans les rues aux heures de pointe. Préciser le type d'agents présents dans l'air que les cyclistes veulent éviter d'inhalier.

Les cyclistes essaient de limiter l'entrée de polluants physiques et chimiques (particules fines) dans leurs voies respiratoires.

#### Doc. 1 Les ravages de la grippe « espagnole »

La pandémie (épidémie à l'échelle d'une vaste région) de grippe qui eut lieu en 1918-1919 fit entre 20 et 100 millions de morts. Rien qu'en France, 400 000 personnes succombèrent. Cette pandémie fit prendre conscience de la nécessité de considérer les problèmes de santé à l'échelle de la planète. C'est l'un des rôles de l'OMS (Organisation mondiale de la santé).

La photographie ci-dessous montre des malades et le personnel soignant, muni de masques, à l'hôpital Walter Reed de Washington, en 1919.



### Activité 2 La spirométrie

#### Doc. 2 Présentation du spiromètre

Le spiromètre (mot constitué à partir du latin *spirare* « respirer » et du grec *metron* « mesure ») est un appareil qui permet de mesurer les volumes d'air dans les poumons et le débit de l'air échangé avec l'extérieur.



- 1 Préciser le lieu d'arrivée de l'air extérieur dans les voies respiratoires du patient sur le doc. 2.

L'air est inspiré par la bouche car le nez est fermé par une pince.

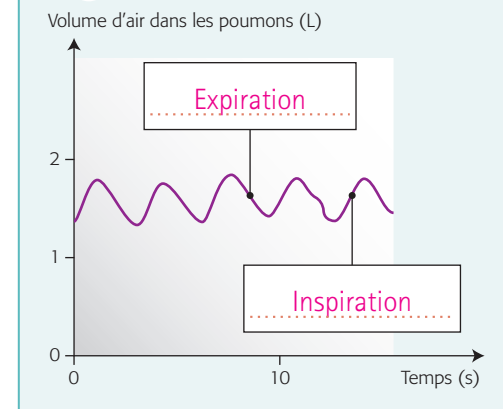
- 2 L'inspiration est l'étape qui correspond au gonflement des poumons. Indiquer par une flèche sur le doc. 2 le sens de circulation de l'air au niveau de la bouche lors d'une inspiration.

- 3 Le volume courant (VC) correspond au volume d'air échangé entre le milieu extérieur et les voies pulmonaires en absence d'effort. Le doc. 3 représente l'enregistrement des volumes courants mesurés par le spiromètre. Identifier sur l'enregistrement une inspiration et une expiration.

- 4 Indiquer d'après le doc. 3 la fréquence respiratoire (nombre de cycle inspiration/expiration par minute) du patient.

En 10 secondes, on observe trois cycles. En 60 secondes, on observe  $3 \times 6 = 18$  cycles.

### Doc. 3 Enregistrement d'une spirométrie



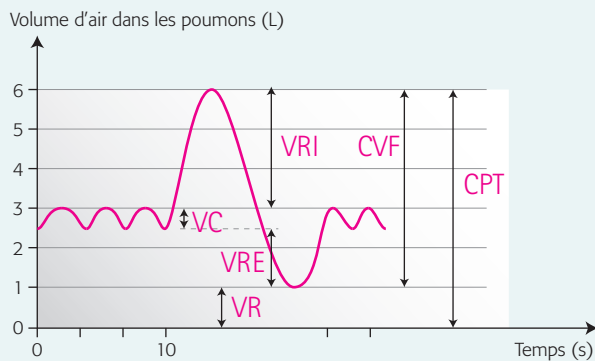
- 5 Donner la valeur du VC sur le doc. 3. En déduire le volume d'air échangé, au repos, en une minute.

VC  $1,8 - 1,2 = 0,6$  L.

En une minute, on échange  $18 \times 0,6 = 10,8$  L (et donc  $15 \text{ m}^3$  par heure !).

- 6 Ajouter les légendes (VRI, VRE, VR, CVF, CPT, VC) sur le doc. 4.

### Doc. 4 Enregistrement d'une spirométrie



**VRI** : volume de réserve inspiratoire (ou volume supplémentaire obtenu lors d'une inspiration forcée).

**VR** : volume résiduel (ou volume contenu dans l'appareil respiratoire mais qui ne peut être expiré).

**CPT** : capacité pulmonaire totale (= CVF + VR).

**VRE** : volume de la réserve expiratoire (ou volume supplémentaire obtenu lors d'une expiration forcée).

**CVF** : capacité vitale (forcée) : volume d'air maximum expiré à la suite d'une inspiration profonde.

### Doc. 5 Spirométrie forcée

Lors d'une spirométrie forcée, le sujet prend une inspiration forcée puis expulse l'air le plus rapidement possible.

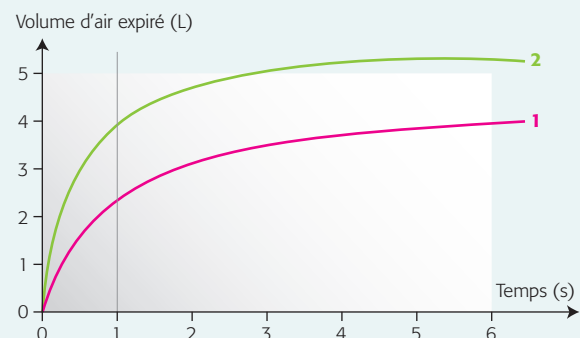
Le VEMS (volume d'expulsion maximale en 1 seconde) est le volume d'air rejeté au bout d'une seconde.

L'obturation des bronches diminue le VEMS.

À partir du VEMS et de la CVF, il est possible de calculer l'indice de Tiffeneau.

Indice de Tiffeneau =  $(\text{VEMS}/\text{CVF}) \times 100$

Lorsque cet indice est inférieur à 70, on peut soupçonner une pathologie d'obstruction des voies respiratoires.





- 7 Indiquer comment le doc. 5 permet de mesurer les CVF.

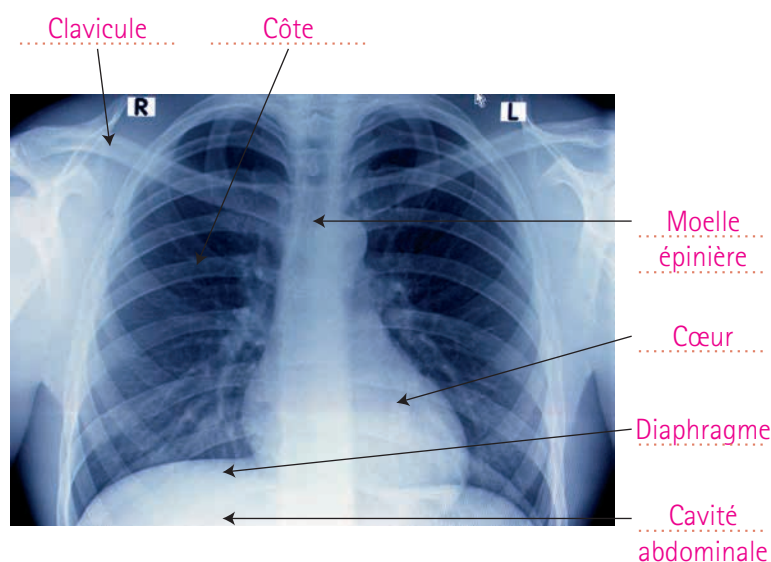
La CVF est le volume d'air maximum expiré  
à la suite d'une inspiration profonde. En observant  
le volume maximum expiré, on obtient la CVF.

- 8 Compléter le tableau ci-contre à partir du doc. 5.

	VEMS	CVF	Indice de Tiffeneau
Courbe 1	2,2 L	3,8 L	58 %
Courbe 2	4 L	5,2 L	77 %

## Activité 3 La radiographie et la scanographie

- 1 À partir du doc. 6, identifier sur la radiographie thoracique les côtes et la clavicule (tissus compacts), le cœur (organe contenant beaucoup de sang), la cavité abdominale (cavité contenant des organes riches en sang) et la moelle épinière (organe riche en lipides, peu absorbant) et le diaphragme.



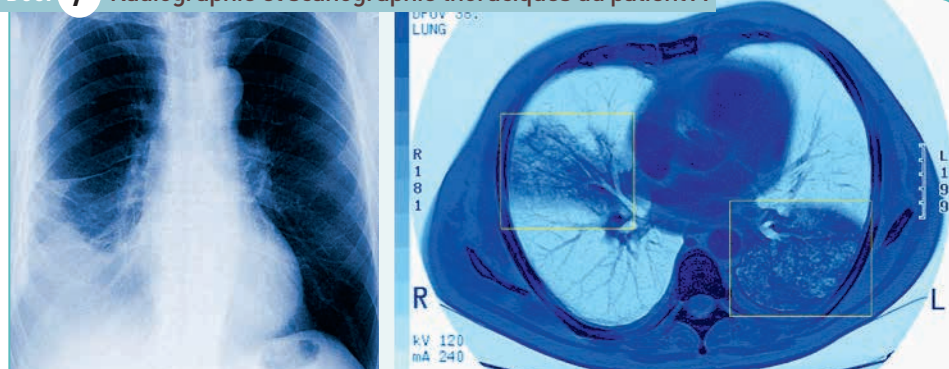
- 2 En comparant les docs 6 et 7, commenter la radiographie thoracique de M. A.

La partie inférieure du poumon droit apparaît plus claire :  
cette zone est plus dense et bloque les rayons X.

- 3 Préciser l'intérêt de la scanographie réalisée à la suite de la radiographie.

La scanographie  
permet d'observer plus  
précisément la zone  
pathologique  
(ici, l'opacité diffuse,  
évocatrice de fibrose,  
fait penser  
à une pneumonie).

Doc. 7 Radiographie et scanographie thoraciques du patient A



### Doc. 6 Radiographie et scanographie

Les rayons X utilisés en **radiographie** peuvent impressionner une plaque photographique. Plus la quantité de rayons X est importante, plus l'intensité du noir est forte. Les tissus denses ou qui contiennent beaucoup d'eau arrêtent les rayons X. En revanche, les tissus qui contiennent beaucoup d'air les laissent passer.

La formation de fibres ou de tumeurs augmente la densité du tissu, mais la destruction d'un tissu diminue la densité du tissu. Ces pathologies peuvent être mises en évidence par comparaison avec les radiographies d'un sujet témoin.

La **scanographie** utilise également les rayons X. Mais les résultats sont traités par informatique afin d'obtenir une image qui peut être restituée en 3D. Cette technique permet de préciser les résultats de la scanographie : position dans l'espace, étendue et contour du tissu abîmé.

## Activité 4 La fibroscopie, technique d'exploration de l'appareil respiratoire

- 1** Rappeler les domaines d'utilisation de la fibroscopie étudiés en première.

La gastroscopie permet d'étudier les voies hautes  
de l'appareil digestif et la coloscopie les voies basses.

- 2** Le résultat de la fibroscopie ci-contre est celle d'un patient fumeur. Identifier les structures apparentes.

On observe deux bronches (et une zone blanche entre elles).

- 3** Le fibroscope peut être relié à des outils chirurgicaux. Indiquer s'il s'agit encore d'une technique d'exploration.

Dans ce cas, le fibroscope a un rôle thérapeutique et non seulement exploratoire.

## Doc. 8 Fibroscopie respiratoire

La fibroscopie consiste à introduire un endoscope (câble contenant source de lumière, caméra et fibre optique) par les voies naturelles.



## Activité 5 L'antibiothérapie, traitement des infections bactériennes

## Doc. 9 La révolution des antibiotiques

En 1929, Alexander Fleming mit en évidence l'absence de staphylocoques (des bactéries responsables de nombreuses maladies) autour d'un champignon microscopique : le *Penicillium notatum*. Ce dernier produit une molécule (la pénicilline) qui détruit les staphylocoques.

La pénicilline fut fabriquée ensuite en grande quantité et permit de sauver de nombreuses personnes infectées lors de blessures ou d'interventions chirurgicales notamment.

D'autres molécules antibactériennes produites par des micro-organismes ont été mises en évidence : ce sont **les antibiotiques**.



- 1** « C'est la dose qui fait le poison » est une formule célèbre de Paracelse (1493-1541). En tenant compte de cette formule, préciser une condition nécessaire à l'utilisation des antibiotiques chez l'homme.

La dose d'antibiotique qui détruit les bactéries doit être inférieure à la dose toxique chez l'homme. Celle-ci varie selon l'antibiotique utilisé.

- 2** À partir du [doc. 10](#), indiquer la signification d'un tapis bactérien en limite de disque d'un antibiogramme après incubation.

L'antibiotique n'a pas d'effet sur la bactérie étudiée et n'a pas empêché sa multiplication.

- 3 Un même disque (imprégné d'un antibiotique Z) est testé sur une souche bactérienne A et une souche B. Les diamètres d'inhibition respectifs sont 0,8 cm et 1,2 cm. Conclure.

La souche B est plus sensible à l'antibiotique Z car une plus faible concentration d'antibiotique inhibe sa multiplication.

- 4 La photographie du doc. 10 montre seize antibiotiques différents testés sur une souche bactérienne. Justifier le terme de multirésistance (résistance à plusieurs antibiotiques) associé à la souche étudiée.

Huit antibiotiques n'ont pas d'effet sur la souche bactérienne, même à forte concentration (en bordure de disque).

- 5 Il arrive que des molécules résistantes à l'antibiotique apparaissent. Indiquer les conséquences de cette observation sur les infections nosocomiales (c'est-à-dire contractées lors des soins, à l'hôpital).

Les antibiotiques sont beaucoup utilisés à l'hôpital, ce qui favorise le développement de bactéries multirésistantes. On ne peut pas les contrer avec les antibiotiques classiques.

- 6 Il existe des tables indiquant la correspondance entre le diamètre d'inhibition et la toxicité chez l'homme. Préciser l'intérêt de l'antibiogramme par rapport à la formule de Paracelse.

Le diamètre d'inhibition permet de savoir si l'antibiotique pourra être utilisé à une dose efficace sur les bactéries et non toxique pour l'homme.

#### Doc. 10 Principe de l'antibiogramme

Des disques imprégnés d'antibiotiques sont déposés sur un gel (gélase) recouvert des bactéries étudiées. Ces bactéries ne sont pas assez nombreuses pour être observées à l'œil nu.

Le gel est incubé à 37 °C pendant 18 heures.

► À partir des disques, l'antibiotique diffuse dans le gel : la concentration en antibiotique diminue lorsque l'on s'éloigne du disque.

► Après l'incubation, les bactéries qui se sont multipliées forment un tapis visible à l'œil nu sauf en bordure des disques à antibiotiques auxquels elles sont sensibles.

Le diamètre du disque sans culture est appelé **diamètre d'inhibition**.



## Activité 6 La mucoviscidose

- 1 Faire le lien entre les infections bactériennes et la mucoviscidose.

Les bactéries se développent dans le mucus accumulé dans les bronches.

- 2 Les patients sont traités régulièrement avec différents antibiotiques. Préciser une conséquence possible pour les bactéries rencontrées chez les personnes atteintes de mucoviscidose.

Les nombreux traitements antibiotiques peuvent conduire à faire émerger des bactéries multirésistantes.

- 3 Les principaux traitements de la mucoviscidose consistent à évacuer le mucus (fluidifiant et kinésithérapie). Préciser s'il s'agit de traitements symptomatiques ou curatifs.

Lors du recours aux fluidifiants et à la kinésithérapie, seuls les symptômes sont traités. Le patient est soulagé mais reste atteint.

#### Doc. 11 Origine et signes cliniques de la mucoviscidose

La mucoviscidose est une maladie génétique caractérisée par la présence d'un mucus épais et visqueux qui empêche le fonctionnement normal de nombreuses voies naturelles. Les voies digestives et respiratoires sont les plus touchées.

Au niveau pulmonaire, la maladie se manifeste par une dégradation progressive de la fonction respiratoire (de la toux chronique à l'insuffisance respiratoire).

## Activité 7 L'asthme

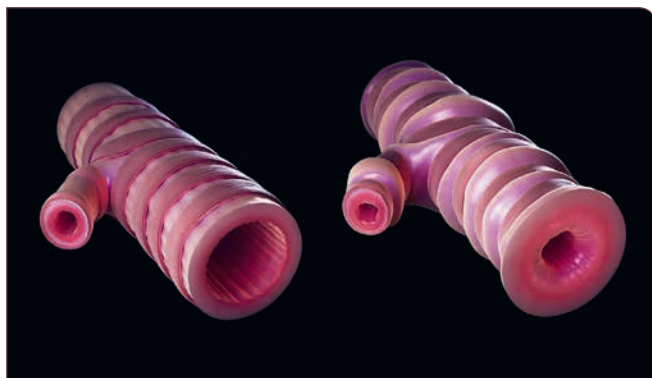


fig. 1 Bronchioles dans deux états différents

### Doc. 12 Description de l'asthme

L'asthme affecte les voies aériennes inférieures (bronchioles). Il y a inflammation de l'épithélium bronchique, les constrictions des bronchioles sont excessives et le mucus s'accumule.

On distingue l'asthme chronique (permanent), l'asthme à l'effort et l'asthme allergique. Dans tous les cas, l'asthme se traduit par une dyspnée (difficulté à expirer ou à inspirer), une oppression respiratoire, un sifflement à l'expiration, une toux et des crises d'asthme (bronchoconstrictions excessives).

- 1 Identifier sur la fig. 1 les bronchioles normales et les bronchioles avec constrictions.

Les bronchioles à gauche sont à l'état normal, les bronchioles à droite présentent des constrictions.

- 2 Donner la conséquence pour l'organisme d'une vasoconstriction excessive.

L'oxygène nécessaire au métabolisme atteint avec difficulté les alvéoles.

- 3 La ventoline est un bronchodilatateur. Indiquer à quel moment son utilisation est justifiée.

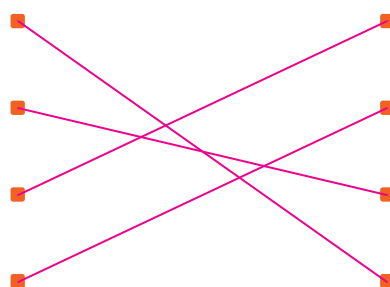
Lors d'une crise d'asthme, la ventoline permet une dilatation des bronchioles. L'air arrive plus facilement aux alvéoles pulmonaires.

- 4 Un patient asthmatique aura une VEMS inférieure à 80 % de la valeur théorique et un indice de Tiffeneau ( $100 \times \text{VEMS}/\text{CVF}$ ) caractéristique d'une pathologie d'obstruction des voies respiratoires. Le doc. 5 présente les courbes d'un sujet asthmatique sans traitement (courbe 1) et avec traitement (courbe 2). Montrer que le sujet sans traitement a une spirométrie caractéristique de l'asthme puis commenter l'influence du traitement.

Pour le patient étudié, la VEMS est de 6 L. 80 % de la VEMS théorique =  $0,8 \times 6 = 4,8$  L. Sans traitement,  $\text{VEMS} < 80\%$  et  $\text{IT} < 70\%$ . La spirométrie confirme un asthme. Avec le traitement, ces paramètres redeviennent normaux.

- 5 Parmi les différents facteurs responsables de l'asthme (allergènes, produits chimiques, particules fines), la fumée du tabac joue un rôle important. Relier les composants de la fumée du tabac à leurs effets physiopathologiques.

Composants
Constituants cancérigènes des goudrons
Nicotine
Substances irritantes (dont certains constituants des goudrons)
Monoxyde de carbone



Effets physiopathologiques
Provoque des toux, des bronchites chroniques, des infections.
Réduit les capacités de transport de l'oxygène par l'hémoglobine
Produit une dépendance
Responsable de cancers des poumons, des voies aérodigestives, du rein.



## Je construis mon cours

### Spirométrie

La spirométrie au repos permet d'observer les volumes d'air courants (VC)..... La spirométrie forcée (expiration maximum après une inspiration forcée) permet d'observer différents volumes : VRI, VRE, CVF..... La VEMS est la quantité d'air expulsé en 1 seconde..... après une expiration forcée.....

### Pathologies respiratoires et traitements médicamenteux

L'asthme entraîne une diminution..... excessive du diamètre des bronchioles. La fumée du tabac est un facteur de risque. Elle contient en effet : des substances irritantes, du monoxyde de carbone (CO), des goudrons et de la nicotine....., dont les conséquences physiopathologiques sont avérées.

La mucoviscidose est une maladie génétique qui induit une production excessive de mucus..... Au niveau pulmonaire, ce mucus s'épaissit et obstrue..... la lumière des bronchioles. Le mucus favorise le développement des bactéries dans les voies respiratoires. Des molécules fabriquées par des micro-organismes peuvent empêcher le développement des bactéries : les antibiotiques.....

Certaines bactéries sont multirésistantes : elles sont insensibles à plusieurs antibiotiques. On les rencontre dans les hôpitaux (infections nosocomiales.....) ou chez les sujets ayant fréquemment recours aux antibiotiques (personnes atteintes de mucoviscidose par exemple).

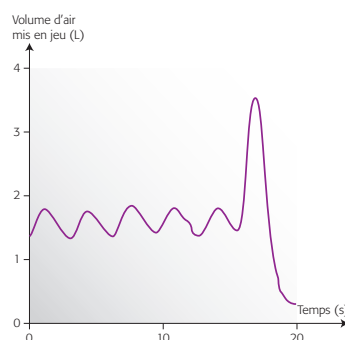
L'antibiogramme..... permet d'identifier les antibiotiques utilisables chez la personne infectée.



Radiographie



Scanographie



Spirométrie



Fibroscopie

## Je sais dire

Terme	Définition
Bronchiolite	Inflammation des bronchioles
<u>Bronchite</u> .....	Inflammation des voies aériennes supérieures, de la trachée aux bronches
Bronchorrhée	Hypersécrétion de mucus bronchique
<u>Dyspnée</u> .....	Difficulté à expirer ou à inspirer

Terme	Définition
Expectorations	<u>Crachat</u> .....
Hématose	Oxygénation du sang au niveau des poumons
Hémoptysie	Crachement de sang
Pneumopathie	<u>Maladie des poumons</u> .....



## Je sais faire le jour du bac

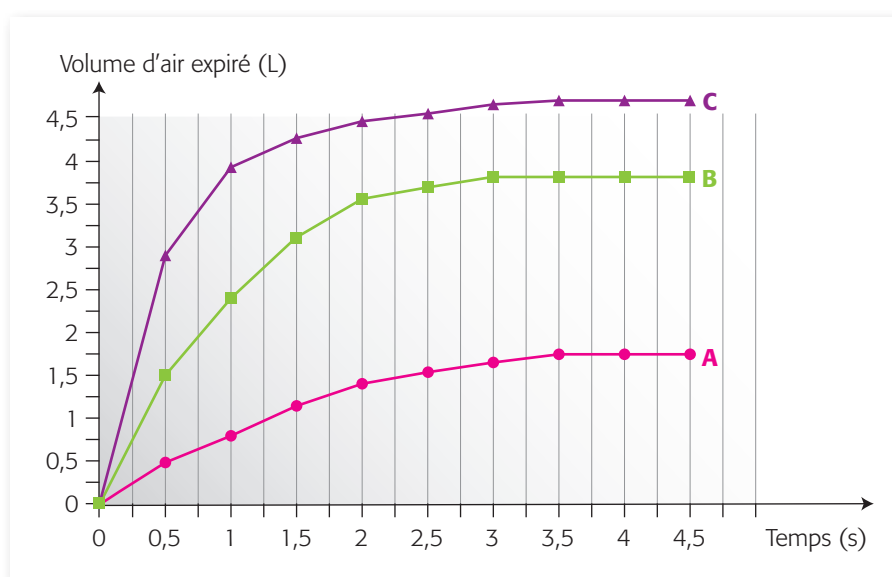
M. et Mme X ont une fille Zoé, âgée de 6 ans, et atteinte de mucoviscidose. Cette dernière se rend une fois par trimestre dans un centre hospitalier où elle subit une exploration fonctionnelle respiratoire.

Celle-ci se déroule de la façon suivante : Zoé inspire et expire plusieurs fois dans le spiromètre, puis réalise une inspiration forcée suivie d'une expiration forcée. Ensuite, elle prend deux bouffées de bronchodilatateur, patiente 10 à 15 minutes, puis une nouvelle mesure est réalisée.

Le **doc. A** présente le volume d'air expulsé par Zoé lors d'une expiration forcée, après une inspiration forcée, dans les conditions suivantes :

- avant l'administration du bronchodilatateur (courbe A) ;
- après l'administration du bronchodilatateur (courbe B).

La courbe C est celle produite par un enfant du même âge ne présentant pas de pathologie respiratoire.



**Doc. A** Enregistrement de spirométries forcées

- 1** Lors de l'exploration fonctionnelle respiratoire, on peut déterminer le volume expiratoire maximal par seconde (VEMS). Définir ce paramètre. Le déterminer pour les trois courbes du **doc. A**.

Le VEMS correspond au volume d'air expiré lors de la première seconde d'une expiration forcée. Il vaut .....  
0,75 litre pour A ; 2,4 litres pour B et 3,8 litres pour C.

- 2** Comparer les valeurs de VEMS obtenues pour les courbes A et C. Expliquer la différence entre les deux valeurs.

L'enfant sain expulse un volume d'air bien plus important que Zoé chez qui les bronches sont en partie .....  
obstruées par des sécrétions, et qui a des problèmes expiratoires en raison de sa mucoviscidose.

- 3** Comparer les valeurs de VEMS obtenues pour les courbes A et B. Expliquer la différence entre les deux valeurs et l'intérêt du bronchodilatateur.

En cas d'administration de bronchodilatateur, le volume expiré par Zoé est plus important et se rapproche .....  
de la norme. Le bronchodilatateur, en augmentant le diamètre des bronches, améliore la respiration.

# Je m'entraîne pour le bac

## Deux techniques d'étude du corps humain

### 1 Conséquences du tabagisme sur les échanges gazeux

Dans les poumons, les gaz respiratoires sont échangés au niveau de la barrière alvéolo-capillaire. Les pressions partielles des gaz respiratoires dans les poumons sont données dans le tableau 1 pour un sujet tabagique et un sujet non tabagique.

Tableau 1 Pressions partielles des gaz respiratoires dans les poumons

	Patient non fumeur (Mme A)			M. X (fumeur)		
	Air alvéolaire	Sang entrant dans les poumons (non hématosé)	Sang sortant des poumons (hématosé)	Air alvéolaire	Sang entrant dans les poumons (non hématosé)	Sang sortant des poumons (hématosé)
Pression partielle en $O_2$ (en kPa)	14	5,3	14	14	5,3	9
Pression partielle en $CO_2$ (en kPa)	5,3	6,1	5,3	5,3	6,1	5,3

**programme T<sup>le</sup>** 1.1. À l'aide des données du tableau 1, déterminer graphiquement sur le doc. 1, pour un sujet tabagique, le pourcentage de saturation de l'hémoglobine en dioxygène :  
 ▶ dans le sang arrivant aux cellules ;  
 ▶ dans le sang sortant des cellules.

**programme T<sup>le</sup>** 1.2. Déterminer le pourcentage de  $O_2$  disponible pour la cellule (pourcentage de dissociation).

**programme T<sup>le</sup>** 1.3. Comparer le pourcentage de dissociation d'un fumeur à celui d'un non-fumeur (tableau 1).

**programme T<sup>le</sup>** 1.4. Conclure à propos de l'effet du tabac sur les échanges gazeux au niveau cellulaire.

On sait qu'une des conséquences physiopathologiques du tabagisme provient du monoxyde de carbone (CO) contenu dans la fumée du tabac. Le tableau 2 présente les volumes d' $O_2$  et de CO transportés par le sang chez un individu non fumeur et chez M. X.

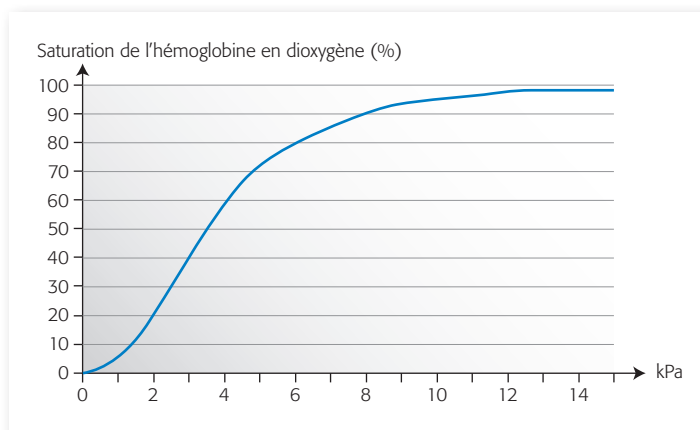
Tableau 2 Volumes d' $O_2$  et de  $CO_2$  transportés par le sang

	Millilitres d' $O_2$ par litre de sang	Millilitres de CO par litre de sang
Non-fumeur	197	3
M. X	178	22



programme 1<sup>re</sup> 1.5. Analyser les résultats du tableau 2. À l'aide de vos connaissances, expliquer ces résultats.

programme 1<sup>re</sup> 1.6 Le dioxygène intervient dans le métabolisme cellulaire. En déduire les conséquences du tabagisme au niveau cellulaire.



Doc. 1 Pression partielle en dioxygène, en kPa

## 2 Les troubles de l'appareil locomoteur

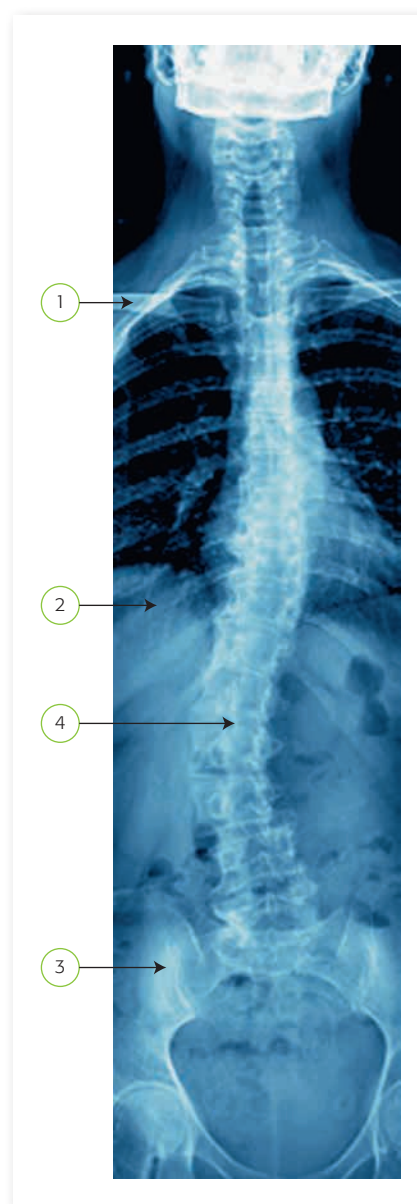
À l'adolescence, Mme B a souffert de douleurs lombaires importantes. Le doc. 2 présente une radiographie du dos de Mme B.

programme 1<sup>re</sup> 2.1. Donner le principe de la radiographie.

programme 1<sup>re</sup> 2.2. Compléter sur le doc. 2 les légendes 1 à 4.

programme 1<sup>re</sup> 2.3. Nommer l'anomalie du squelette de Mme B visible sur cette radiographie.

programme 1<sup>re</sup> 2.4. Indiquer pourquoi les organes de la cavité abdominale ne sont pas visibles sur cette radiographie. Quel est l'examen qui permettrait de visualiser le côlon ?



Doc. 2 Radiographie de Mme B



## 4

## Cœur et révolution cardiaque

- ➔ Décrire l'anatomie externe et l'organisation interne du cœur à partir d'une dissection.
- ➔ Connaître l'évolution de différents paramètres lors d'une révolution cardiaque.

### Activité 1 Anatomie du cœur

- 1 Nommer le type de coupe du cœur de la femme en blanc présentée ci-contre.

C'est une coupe frontale.

- 2 Pourquoi le cœur est-il qualifié d'organe creux ?

La coupe du cœur fait apparaître plusieurs cavités.

- 3 Rappeler d'autres organes creux étudiés, en première et en terminale.

L'appareil digestif et l'appareil respiratoire.

- 4 Indiquer le rôle d'un organe creux.

Un organe creux a pour rôle de contenir des liquides, des gaz ou des solides.

- 5 Le doc. 2 présente une coupe transversale de la partie inférieure du cœur. Situer la coupe sur la femme en bleu du doc. 1.

- 6 Le cœur est entouré d'une membrane séreuse : le péricarde. En vous aidant de vos connaissances de première, compléter le tableau.

Organe	Membrane séreuse
Cœur	Péricarde
Poumon	Plèvre
Appareil digestif	Péritoine

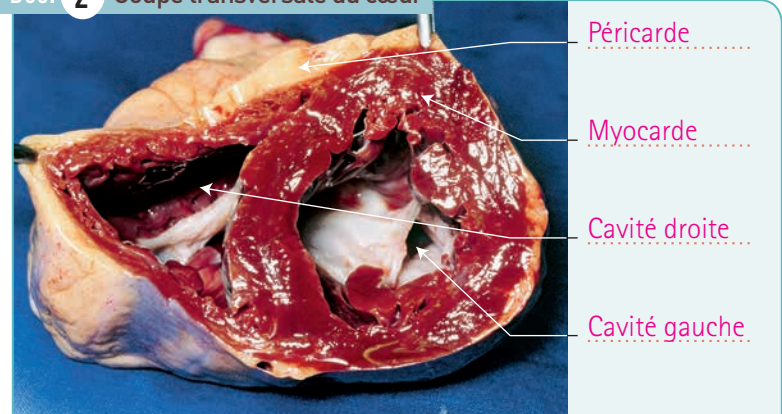
- 7 La partie rouge du cœur observable sur le doc. 2 est appelée myocarde. À partir de la racine du mot, en déduire le type de tissu.

Il s'agit de tissus musculaires (du grec *myo* qui signifie « muscle »).

Doc. 1 Peinture de Frida Kahlo, *Les deux Frida*, 1939



Doc. 2 Coupe transversale du cœur





8 Légender le doc. 2 avec les termes « myocarde », « péricarde », « cavité droite » et « cavité gauche ».

9 Comparer la taille du cœur gauche par rapport au cœur droit.

La paroi (le muscle) du cœur gauche est plus épaisse que celle du cœur droit.

10 Interpréter la différence d'épaisseur des parois myocardiques des cœurs droits et gauches.

Le cœur gauche ayant une paroi myocardique plus importante, il est capable d'une contraction de plus puissante.

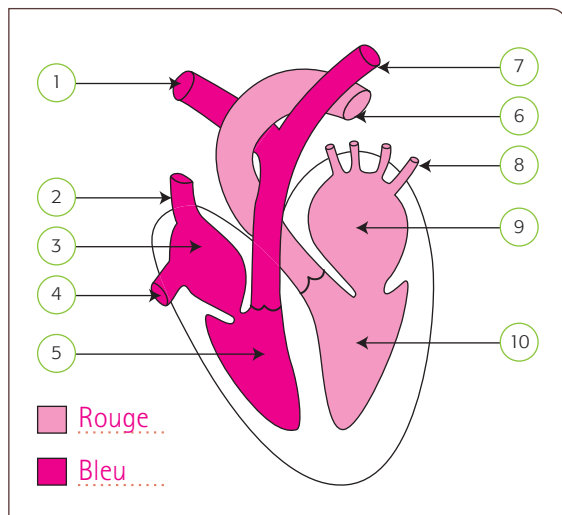


fig. 1 Schéma du cœur

### Doc. 3 Organisation du cœur

Le cœur humain est divisé en deux parties qui ne communiquent pas : le « cœur gauche » et le « cœur droit ».

Chaque partie est divisée en deux régions :

- le ventricule, en position inférieure ;
- l'oreillette, en position supérieure.

Le sang entre dans le cœur par les oreillettes et ressort par les ventricules.

Les vaisseaux qui amènent du sang au cœur sont appelés **veines**.

Les vaisseaux qui permettent au sang de sortir du cœur sont appelés **artères**.

L'oreillette droite reçoit du sang provenant de l'ensemble du corps et circulant dans deux veines : la **veine cave inférieure** et la **veine cave supérieure**. Le sang sort du ventricule gauche par l'**artère aorte**.

Les autres vaisseaux ont été décrits dans la séquence 1 (activité 3, doc. 6).

11 Indiquer les légendes de la fig. 1 en utilisant les informations du doc. 3.

1. Artère pulmonaire droite	3. Oreillette droite	5. Ventricule droit	7. Artère pulmonaire gauche	9. Oreillette gauche
2. Veine cave supérieure	4. Veine cave inférieure	6. Artère aorte	8. Veine pulmonaire	10. Ventricule gauche

12 La circulation pulmonaire a été étudiée dans la séquence 1 : elle consiste en une réoxygénation du sang. La circulation générale libère l'oxygène au niveau des tissus. En utilisant les couleurs conventionnelles du sang, colorier les vaisseaux et les cavités sur le doc. 3.

13 Choisir la réponse adaptée parmi les deux propositions ci-dessous et justifier.

L'oxygénation des tissus composant les poumons se fait grâce :

- à la circulation pulmonaire
- à la circulation générale

Les poumons, comme les autres tissus du corps, sont oxygénés grâce à la circulation générale.

## Activité 2 Fonctionnement du cœur

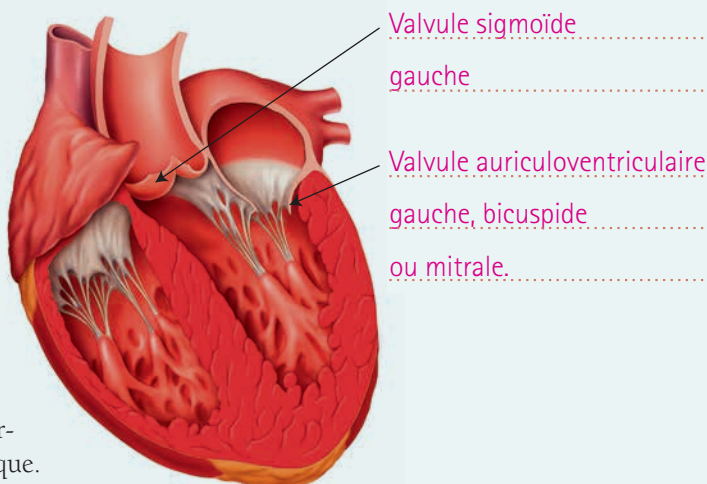
### 1 Identifier les valvules représentées sur le doc. 4.

#### Doc. 4 Les valvules cardiaques

Les valvules (ou valves) sont des membranes qui s'ouvrent et se ferment entre différents compartiments du cœur.

Une oreillette est séparée de son ventricule par une valvule dite auriculoventriculaire. Dans le cas du cœur droit, la valvule est appelée tricuspide. Dans le cas du cœur gauche, elle est appelée bicuspide (ou mitrale).

Entre les ventricules et les artères, des valvules sigmoïdes s'ouvrent ou se ferment selon les moments du cycle cardiaque.



Valvule sigmoïde  
gauche

Valvule auriculoventriculaire  
gauche, bicuspide  
ou mitrale

### 2 Identifier les valvules représentées sur le doc. 4.

### 3 Le cœur se contracte et se relâche à intervalles réguliers. On parle de cycle cardiaque. La phase de contraction permet une éjection du sang hors du cœur et dans les vaisseaux sanguins de l'organisme. La phase de relâchement permet un remplissage de sang du cœur. Compléter le tableau ci-dessous en donnant le nom complet des valvules et en précisant leur état, ouvert ou fermé.

Localisation				
Compartiments séparés	Oreillette droite	Ventricule droit	Oreillette gauche	Ventricule gauche
	Ventricule droit	Artère pulmonaire	Ventricule gauche	Aorte
Valvule	Valvule tricuspide, à droite	Valvule sigmoïde	Valvule bicuspide ou mitrale	Valvule sigmoïde gauche
Phase de relâchement du cœur (remplissage des ventricules)				
État	Ouvert	Fermé	Ouvert	Fermé
Phase de contraction du cœur (éjection du sang)				
État	Fermé	Ouvert	Fermé	Ouvert

### 4 Sur le doc. 4, des points d'appui cartilagineux (donc rigides) sont figurés en gris. Compléter le texte expliquant l'intérêt de cette structure cartilagineuse.

Pour résister à la pression de la contraction et éviter le retour du sang dans les oreillettes, les valvules auriculoventriculaires sont renforcées par des cartilages.

## Activité 3 Les bruits liés à la révolution cardiaque

### Doc. 5 La révolution cardiaque

Une révolution cardiaque correspond à l'ensemble des phénomènes qui séparent deux contractions successives.

La fermeture des valvules cardiaques au cours d'une révolution génère un bruit qui peut être mis en évidence par auscultation avec un stéthoscope.

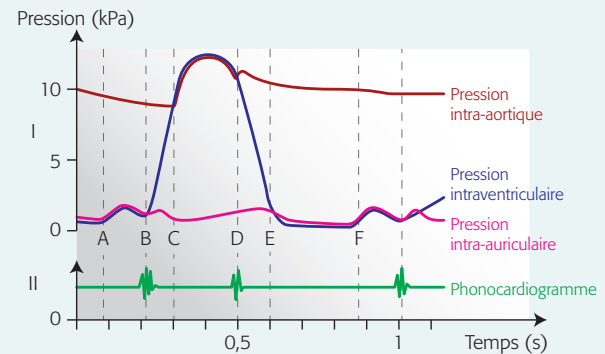
- 1 D'après les docs 5 et 6, expliquer pourquoi on entend deux bruits du cœur lors d'une révolution cardiaque.

Il y a une contraction et un relâchement pour chaque révolution cardiaque, donc deux bruits consécutifs : un à la fermeture des valvules auriculoventriculaires au début de la contraction et un à la fermeture des valvules sigmoïdes lors du relâchement.

### Doc. 6 Enregistrements cardiaques

I – Évolution des pressions dans l'oreillette gauche (rose), dans le ventricule gauche (bleu) et dans l'aorte (rouge).

II – Enregistrement des bruits du cœur à l'aide d'un phonocardiogramme.



- 2 Une révolution cardiaque est décomposée en cinq phases (AB, BC, CD, DE et EF sur le doc. 6). Compléter le tableau ci-dessous afin de les caractériser.

Phase	Pression intraventriculaire par rapport à la pression intra-auriculaire	Pression intraventriculaire par rapport à la pression intra-aortique	Évolution de la pression intraventriculaire
AB	Égale	Inférieure	Augmente globalement
BC	Supérieure	Inférieure	Augmente
CD	Supérieure	Égale	Augmente puis diminue
DE	Supérieure	Inférieure	Diminue
EF	Inférieure	Inférieure	Globalement constante

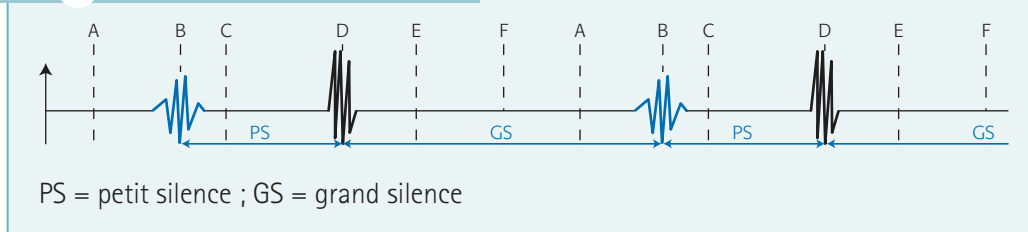
- 3 Chaque bruit du cœur est la conséquence de la fermeture des valvules cardiaques. Cette fermeture est due à une différence de pression. Compléter le texte.

Le premier bruit (« TOUM ») du cœur au niveau B (doc. 6) est dû à la fermeture des valvules auriculoventriculaires lorsque la pression dans le ventricule devient supérieure à celle dans l'oreillette. Le deuxième bruit (« TA »), au niveau D est dû à la fermeture des valvules sigmoïdes car la pression dans le ventricule devient inférieure à celle dans l'artère aorte.

- 4** La contraction des ventricules est appelée systole ventriculaire. Elle débute lors de la fermeture des valvules auriculoventriculaires et se termine lors de la fermeture des valvules sigmoïdes. Indiquer à quelle(s) phase(s) sur le doc. 6 correspond la systole ventriculaire.

La systole ventriculaire correspond aux phases BC et CD.

**Doc. 7** Exemple de phonocardiogramme



- 5** Le petit silence dure environ 0,3 seconde. Déterminer la durée du grand silence, ainsi que la durée d'une révolution cardiaque dans le cas du doc. 7.

Le grand silence est deux fois plus long, il dure environ 0,6 secondes. La révolution cardiaque complète dure 0,9 seconde.

- 6** Déterminer la fréquence cardiaque ou rythme cardiaque (c'est-à-dire le nombre de battements par minute) pour le patient dont le phonocardiogramme correspond au doc. 7.

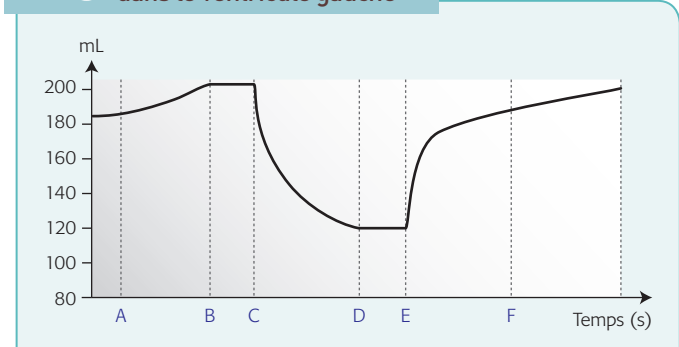
La fréquence cardiaque du patient est égale à  $60/0,9$ , soit environ 67 battements/minute.

## Activité 4 Déroulement d'une révolution cardiaque

- 1** La période de contraction du cœur est appelée une systole. La contraction des oreillettes (systole auriculaire) précède la contraction du ventricule (systole ventriculaire). La systole ventriculaire commence par une phase pendant laquelle le volume ventriculaire est constant, puis le volume diminue lors de la deuxième phase. À partir de ces indications, localiser sur le doc. 8 les trois segments correspondant aux systoles. Justifier la réponse.

La systole ventriculaire comprend les phases BC (volume sanguin constant) puis CD (diminution du volume sanguin). La phase AB est la phase de systole auriculaire.

**Doc. 8** Évolution du volume sanguin dans le ventricule gauche



- 2** La période de relâchement des muscles cardiaques est appelée une diastole. Localiser la ou les phases de la diastole sur le doc. 8.

La diastole correspond aux segments restants : DE et EF. Seul EF correspond à une augmentation de volume sanguin dans le ventricule F correspond à A.



- 3 Un cycle cardiaque est décomposé en cinq phases successives observables sur le doc. 8. Compléter le tableau.

Phase	Nom général	Évolution de la pression intraventriculaire et du volume de sang ventriculaire	Fonctionnement du cœur
1 EF	Diastole générale	Le volume augmente, la pression est constante	Début du remplissage du cœur (phénomène passif)
2 AB	Systole auriculaire	Le volume <u>augmente</u> , la pression augmente un peu.	Fin du remplissage du cœur. Les oreillettes se <u>contractent</u> (phénomène actif).
3 BC	Systole ventriculaire isovolumétrique*	Le volume est <u>constant</u> , la pression <u>augmente beaucoup</u> .	Début de la contraction <u>du ventricule</u> .
4 CD	Systole ventriculaire isotonique*	Le volume diminue, la pression est identique en début et fin de phase	Éjection du sang hors du cœur
5 DE	Diastole isovolumétrique*	Le volume est <u>constant</u> , la pression <u>diminue</u> .	Relâchement progressif du ventricule

\* le préfixe *iso* signifie « identique ».

- 4 Justifier l'utilisation du terme « isovolumétrique » pour les phases 3 et 5.

Le volume de sang dans les ventricules ne varie pas lors des phases concernées.

- 5 Expliquer pourquoi la pression augmente lors de la systole ventriculaire isovolumétrique.

Une contraction entraîne une diminution de volume ou une augmentation de pression. Dans le cas de la systole ventriculaire isotonique, le volume est constant, donc la pression augmente.

- 6 À l'aide du doc. 9, déterminer le volume d'éjection systolique (VES) calculé à partir du doc. 8.

VES = 200 mL - 120 mL = 80 mL.

- 7 La fréquence cardiaque du patient est de 60 battements/minute au repos. Calculer le volume total de sang éjecté en une minute.

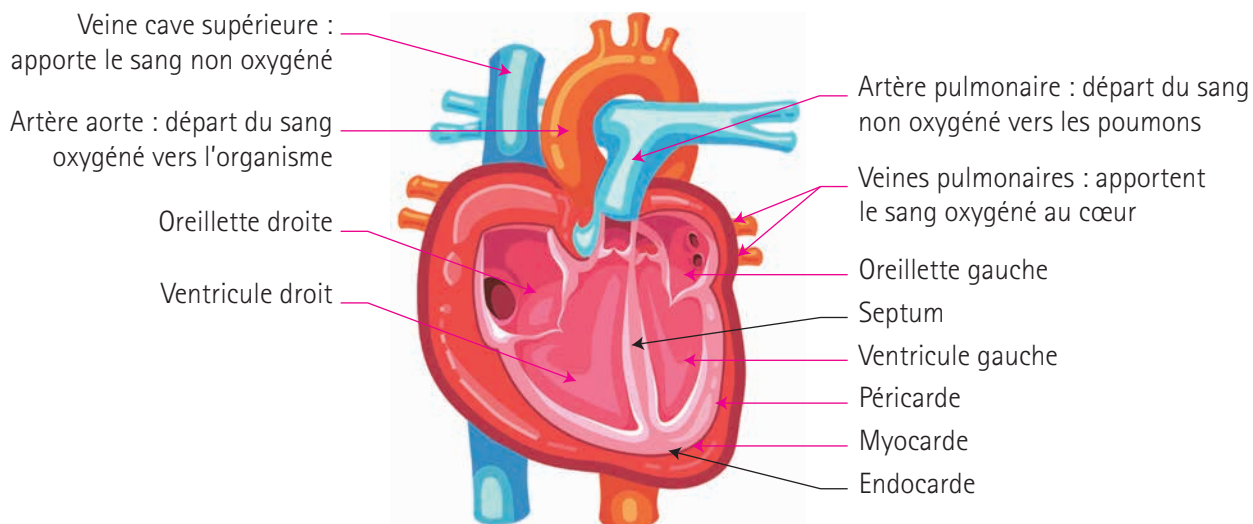
VES = 80 mL. Débit = 80 mL x 60 battements = 4 800 mL/min = 4,8 L/min.

#### Doc. 9 Définitions des volumes caractéristiques du cycle cardiaque

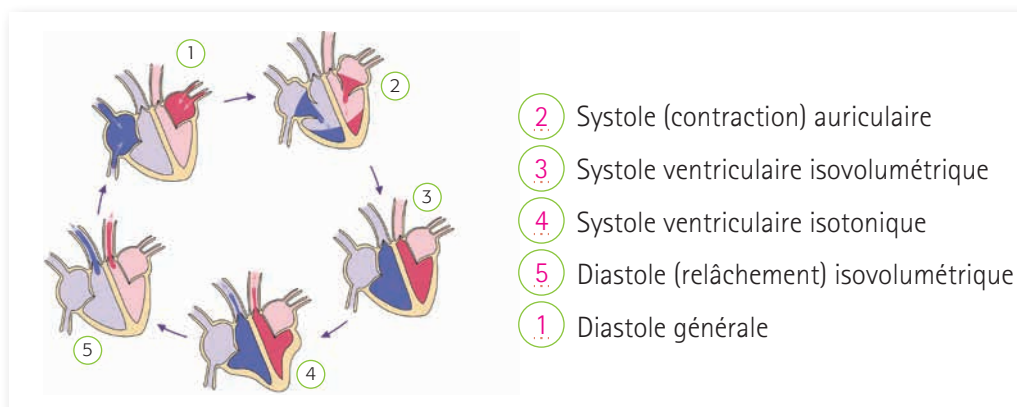
VES = volume de sang éjecté lors de la systole ventriculaire  
 VTD = volume ventriculaire maximal = volume télédiastolique  
 VTS = volume ventriculaire minimal = volume télésystolique  
 VES = VTD - VTS

## Je construis mon cours

### Anatomie du cœur



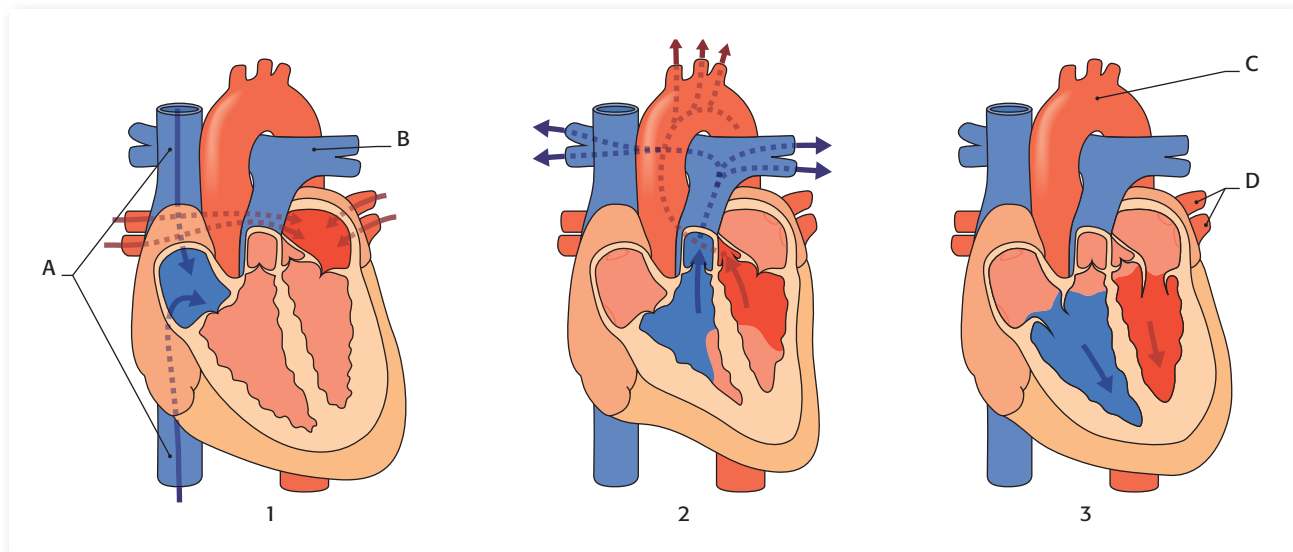
### La révolution cardiaque



## Je sais dire

Grandeur	Définition
Débit cardiaque	Volume de sang <b>éjecté</b> par le cœur (exprimé en <b>L/min</b> )
Fréquence cardiaque (ou rythme cardiaque)	Nombre de pulsations cardiaques par minute (battements/minute)
Volume d'éjection systolique	Volume de sang <b>éjecté</b> lors de chaque systole ventriculaire (mL)

# Je sais faire le jour du bac



Doc. A Schématisation de trois phases du cycle cardiaque

- 1 Localiser sur le doc. A les phases de remplissage auriculaire, de remplissage ventriculaire et de systole ventriculaire.

La phase de remplissage auriculaire correspond à la phase 1, le remplissage ventriculaire correspond à la phase 3 et la systole ventriculaire correspond à la phase 2.

- 2 À quelle phase correspond la systole auriculaire ? Justifier.

La systole auriculaire (contraction des oreillettes) permet le remplissage des ventricules. Cette phase correspond donc à la phase 3.

- 3 Proposer un classement chronologique des phases du doc. A.

1, 3, 2 (ou 2, 1, 3 ou 3, 2, 1)

- 4 Nommer les vaisseaux sanguins A à D

1. Veines caves 2. Artère pulmonaire  
3. Artère aorte 4. Veines pulmonaires

- 5 Donner la signification aux couleurs du sang représenté dans le doc. A.

Le sang rouge est oxygéné, le sang bleu non oxygéné.

- 6 Compléter le tableau ci-contre concernant les valvules cardiaques.

Phase représentée dans le doc. A	État des valvules auriculoventriculaires	État des valvules sigmoïdes
Phase 1	Fermées	Fermées
Phase 2	Fermées	Ouvertes
Phase 3	Ouvertes	Fermées



## 5

## Automatisme cardiaque

- ➔ Nommer et localiser les structures impliquées dans l'automatisme cardiaque.
- ➔ Dédire de résultats expérimentaux les propriétés du tissu nodal.

## Activité 1 Propriétés du cœur



fig. 1 Gravure d'Henri Picquot, *L'homme brutal pareil à la grenouille*, c. 1640

## Doc. 1 Expérience du cœur isolé de grenouille

La physiologie est l'étude du fonctionnement de l'organisme. La grenouille est un animal qui a été utilisé abondamment afin de comprendre les mécanismes physiologiques : reproduction, conduction nerveuse, activité du cœur. Les résultats ont souvent été transposés à l'Homme.

Aujourd'hui, les expériences sur les animaux sont encadrées, en Europe et en France, par une réglementation rigoureuse afin d'éviter des sacrifices inutiles d'animaux. L'expérience du cœur isolé de grenouille consiste à prélever le cœur de l'animal et à le perfuser avec un liquide physiologique. On constate que le cœur continue de battre.

- 1 Rappeler le rôle du cœur vis-à-vis du transport de l'oxygène.

Le cœur met en mouvement le sang, lequel se charge en oxygène au niveau des poumons et libère de l'oxygène dans les différents tissus de l'organisme.

- 2 Indiquer les conséquences d'un arrêt du cœur au niveau cellulaire et pour l'individu. Justifier son nom d'« organe vital ».

L'arrêt du cœur empêche l'apport d'oxygène aux autres organes et les réactions qui permettent de fabriquer l'énergie nécessaire au fonctionnement des cellules. L'arrêt cardiaque entraîne la mort de l'individu.

- 3 Interpréter l'expérience présentée dans le doc. 1.

Le cœur (de grenouille dans l'expérience) peut continuer de battre même en dehors de l'organisme. Le cœur peut battre tout seul, de façon autonome.

- 4 Des expériences chez les animaux et des observations chez l'homme (après des accidents par exemple) ont montré qu'un cœur déconnecté nerveusement pouvait continuer de battre, alors qu'un poumon déconnecté nerveusement cessait aussitôt son fonctionnement (inspiration et expiration). Comparer ces informations et justifier l'expression d'automatisme cardiaque.

La commande des mouvements respiratoires n'est pas située dans le poumon. Celle des mouvements cardiaques est située dans le cœur : elle permet l'automatisme cardiaque quand celui-ci est déconnecté.



- 5** En comparant les données du **doc. 2**, montrer que l'automatisme du cœur n'est pas le seul responsable de la fréquence des battements cardiaques.

*Le cœur isolé, en dehors du corps, bat à 100 cpm.*

*En place dans l'organisme, il est ralenti (70 cpm).*

*Il existe donc une information qui ralentit le cœur mais qui trouve son origine à l'extérieur du cœur.*

### Doc. 2 Données sur l'activité cardiaque humaine

1. Au repos, le cœur humain bat en moyenne à 70 coups par minute (cpm).
2. Un cœur humain isolé (déconnecté de son organisme) bat à 100 cpm.

- 6** Après une transplantation cardiaque, on constate que le cœur au repos bat plus vite chez le receveur qu'il ne battait chez le donneur. Lors de ces greffes, les connexions nerveuses ne sont pas rétablies chez le receveur. Utiliser cette information pour en déduire ce qui module le rythme cardiaque.

*C'est l'information transmise par certains nerfs qui permet de ralentir le cœur.*

## Activité 2 Aspects mécaniques de la révolution cardiaque

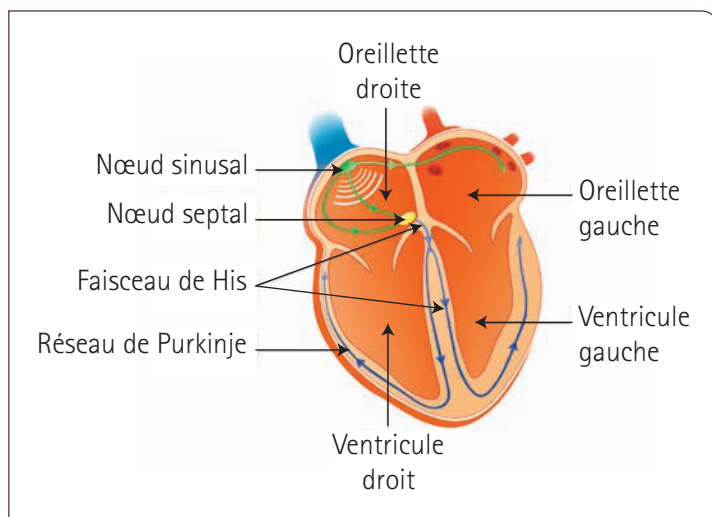


fig. 2 Localisation du tissu nodal

### Doc. 3 Les tissus responsables de l'automatisme cardiaque

Chaque battement du cœur est le résultat de la contraction simultanée de tous les myocytes (cellules musculaires cardiaques) composant le myocarde de la paroi du cœur.

Certains myocytes sont capables de se contracter automatiquement et régulièrement sans stimulation (automatisme cardiaque). D'autres sont entraînés et se contractent simultanément. Les cellules douées d'automatisme constituent le tissu nodal. On le trouve dans quatre zones du cœur : le nœud sinusal, le nœud septal, le faisceau de His et le réseau de Purkinje.

- 1** Faire correspondre chaque tissu nodal à sa description dans le **doc. 3**.

Tissu nodal	Description	Couleur sur le doc. 3
Nœud sinusal	localisé au niveau de la jonction entre l'oreillette et le ventricule droit.	Couleur bleue
Nœud septal	Partie principale localisée dans l'oreillette droite et prolongements dans les deux oreillettes	Couleur jaune
Faisceau de His	Localisé dans les deux parois ventriculaires	Couleur verte
Réseau de Purkinje	Localisé dans la cloison interventriculaire	

2 Identifier les zones 1, 2 et 3 dont sont issues les cellules nodales du doc. 4.

1 : Nœud sinusal

2 : Nœud septal

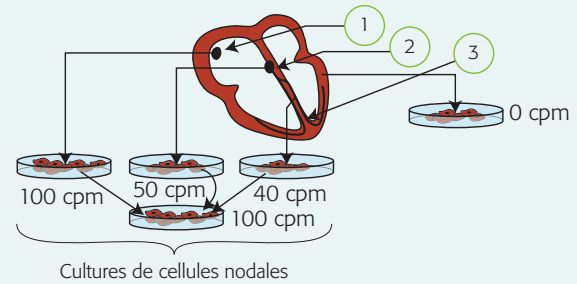
3 : Faisceau de His

3 À l'aide du doc. 4, compléter le tableau avec les valeurs de la fréquence de contraction de cellules isolées.

Type de cellules	Rythme endogène (en cpm)
Cellules sinusales	100
Cellules septales	50
Cellules de His	40
Cellules de Purkinje	30
Autres myocytes	0

#### Doc. 4 Expérience sur des cellules nodales cultivées

Des myocytes sont prélevés à différents endroits du cœur. Ils sont cultivés dans des boîtes et leur rythme endogène\* est mesuré. Dans un second temps, ils sont cultivés avec des cellules sinusales et le rythme endogène est mesuré.



\*Le rythme endogène d'une cellule est défini comme le nombre de contractions spontanées par minute lorsque cette cellule est isolée.

4 Compléter le texte ci-dessous.

Les cellules nodales ont des rythmes endogènes différents. Les cellules sinusales ont le rythme le plus élevé. Les myocytes n'appartenant pas au tissu nodal ne se contractent pas spontanément.

5 Justifier l'affirmation selon laquelle les cellules sinusales imposent leur rythme à l'ensemble du cœur (c'est-à-dire qu'elles « entraînent » les autres myocytes).

Le doc. 2 indiquait que le rythme du cœur isolé est de 100 cpm. Cette valeur est la même que celle des cellules sinusales isolées. On peut donc conclure que ce sont les cellules sinusales qui imposent leur rythme de battement.

6 Des expériences de cultures communes ou co-cultures (c'est-à-dire la culture de deux types de cellules dans le même récipient) ont permis de vérifier l'affirmation précédente. Compléter le tableau suivant à partir du doc. 4.

Origine des cellules	Nœud sinusal	Nœud septal	Autres myocytes
Nœud sinusal	100 cpm	100 cpm	100 cpm
Nœud septal	100 cpm	50 cpm	50 cpm
Autres myocytes*	100 cpm	50 cpm	0 cpm

\* Par « autres myocytes » on entend des myocytes n'étant ni une cellule sinusale, ni une cellule septale, ni une cellule de His, ni une cellule de Purkinje.

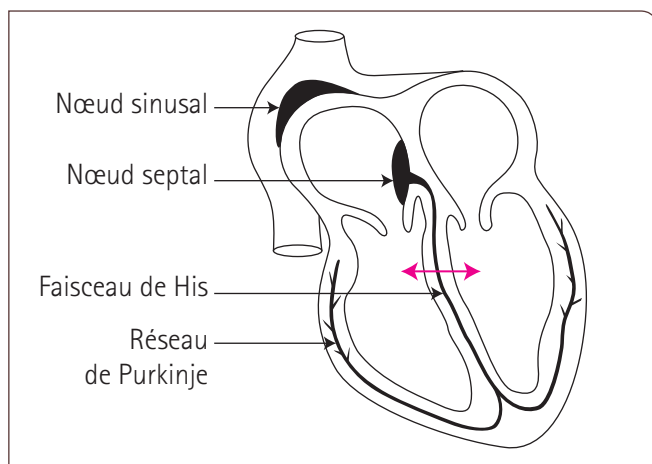


fig. 3 Le tissu nodal

## Doc. 5 Section du faisceau de His

Sur un cœur dénervé (cœur sans connexion nerveuse), on sectionne le faisceau de His dans sa partie supérieure. On constate que :

- les oreillettes battent à 100 cpm ;
- les ventricules battent à 40 cpm.

## Doc. 6 Conduction du rythme endogène

Dans un cœur fonctionnel, les cellules du nœud sinusal se contractent spontanément avec une fréquence élevée. Un signal de contraction se transmet des cellules sinusales vers l'ensemble des autres myocytes. Cette conduction implique un lien physique entre les cellules, qui sont dites « communicantes ».

La destruction d'une zone entre les tissus nodaux des oreillettes (tissu sinusal et septal) et ceux des ventricules (faisceau de His et réseau de Purkinje), entraîne une dissociation entre le rythme des oreillettes et celui des ventricules.

7 Localiser la section sur la fig. 3.

8 Justifier le rythme de battement des oreillettes indiqué dans le doc. 5.

Le nœud sinusal impose son rythme de 100 cpm aux deux oreillettes.

9 Rappeler le rythme normal des ventricules d'un cœur isolé. En déduire le chemin suivi par l'information issue du nœud sinusal.

Le rythme normal des ventricules d'un cœur isolé est de 40 cpm (doc. 5). Il ne correspond donc pas à celui imposé par le nœud septal (50 cpm) ou par le nœud sinusal (100 cpm). Il correspond par contre à celui des cellules du faisceau de His (40 cpm). On en déduit que l'information passe du nœud sinusal au septal puis au faisceau de His.

10 La conduction décrite dans le doc. 6 pouvant avoir lieu dans les deux sens, indiquer le rythme endogène qui serait observé après une destruction du tissu sinusal.

Le nœud septal imposerait son rythme à l'ensemble du cœur, soit 50 cpm.

11 Préciser, en s'aidant de l'activité 1, les conséquences d'une diminution du rythme de contraction.

L'oxygène arrive en moindre quantité dans les tissus et la production d'énergie diminue.

12 La digitaline est une molécule qui modifie la conduction des myocytes. Justifier son utilisation comme médicament ou comme poison.

Le rythme (et l'amplitude) des contractions du muscle cardiaque sont modifiées. Selon les cas et selon la dose, un rythme déficient peut être rétabli ou un rythme normal peut devenir anormal, jusqu'à entraîner la mort.

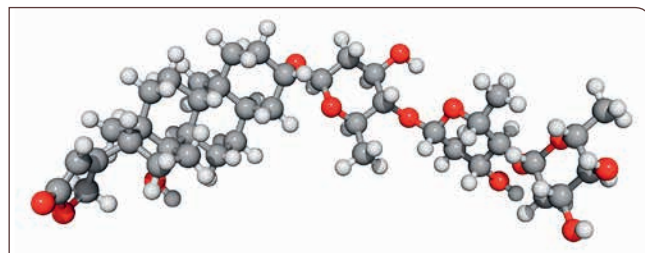


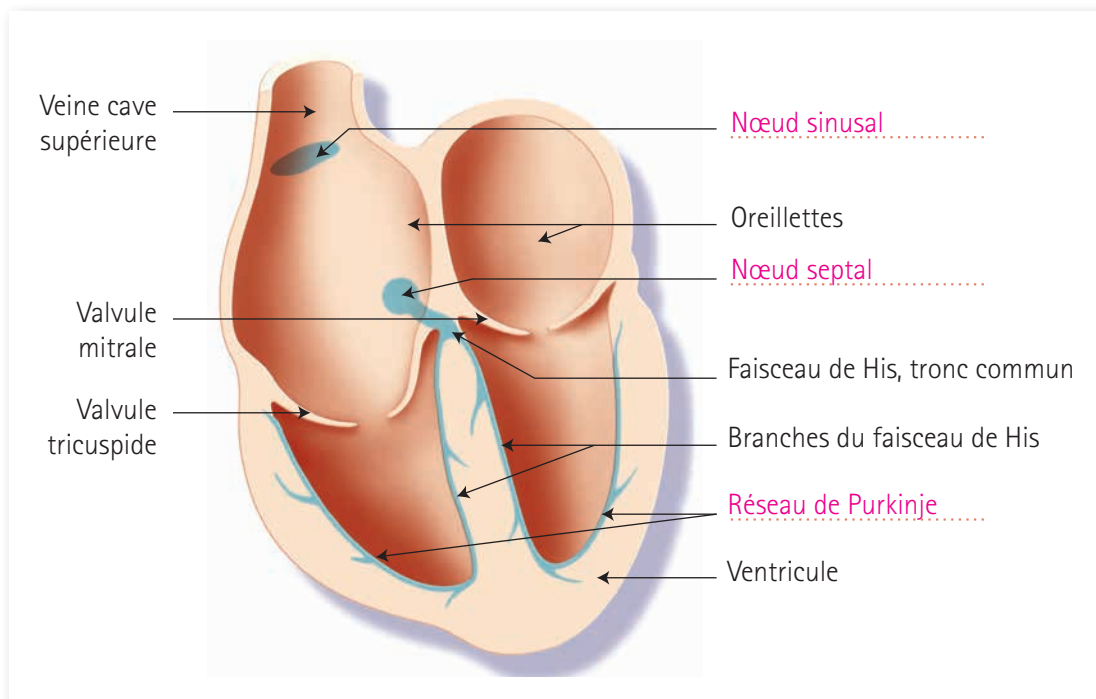
fig. 4 Molécule de digitaline

## Je construis mon cours

Les cellules qui entraînent la contraction régulière des cardiomyocytes et donc du cœur sont regroupées dans des structures appelées **tissus nodaux**, réparties dans différentes régions du cœur : nœud sinusal, nœud **septal**, **faisceau de His** et **réseau de Purkinje**.

En condition normale de fonctionnement, le nœud **sinusal** impose une fréquence de battements de l'ordre de 100 coups par minute (cpm). Cette information passe de l'oreillette au ventricule par l'intermédiaire du tissu nodal.

La transmission de l'information nécessaire à la contraction s'effectue par contact entre cellules voisines communicantes : on parle de **conduction** du signal.



## Je sais dire

Terme	Définition
<b>Automatisme cardiaque</b>	Capacité des cardiomyocytes et donc du cœur à se contracter de façon autonome.
Rythme endogène cardiaque	<b>Fréquence de contraction du cœur isolé.</b>
Myocyte	<b>Cellule musculaire</b>
Cardiomyocyte	<b>Cellule musculaire cardiaque</b>



## Je sais faire le jour du bac

Un cœur de mammifère (chien) bat normalement selon un rythme de 80-90 battements par minute. Si l'on isole ce cœur en supprimant toutes les connexions nerveuses, mais en le perfusant avec du liquide physiologique à 38 °C, ce cœur continue à battre, mais à un rythme de 135-150 battements par minute.

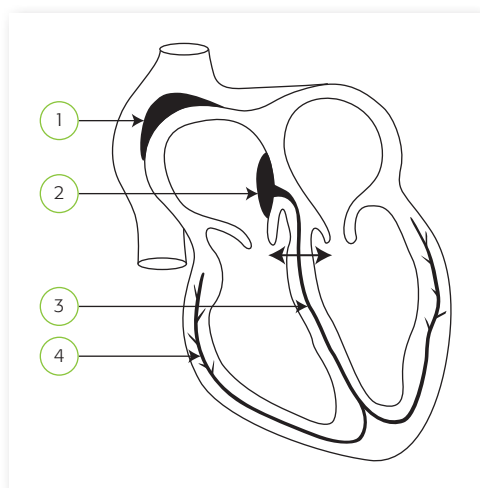
- 1 Nommer la caractéristique du fonctionnement cardiaque mise en évidence par le fait qu'un cœur isolé puisse continuer à battre.

Le fait qu'un cœur isolé puisse battre démontre un automatisme cardiaque.

- 2 Nommer le tissu responsable de cette caractéristique.

Le tissu nodal est responsable de l'automatisme cardiaque.

- 3 Ce tissu est localisé sur le doc. A. Indiquer le nom des parties repérées par les numéros 1 à 4.



1 - Tissu sinusal

2 - Tissu septal

3 - Faisceau de His

4 - Réseau de Purkinje

Doc. A Schéma du cœur

- 4 Si le tissu 1 est détruit, les oreillettes et les ventricules cessent brièvement de battre, puis les quatre cavités cardiaques reprennent leurs contractions et battent simultanément à un rythme ralenti. Proposer une explication à l'expérience présentée ci-dessus.

Lorsque le tissu sinusal est détruit, c'est le tissu septal qui prend le relais en entraîne les autres cardiomyocytes selon un rythme moins élevé.

- 5 Si une section (localisée par une double flèche sur le doc. A) est effectuée, les oreillettes et les ventricules battent selon un rythme différent. Proposer une explication à ce phénomène.

Suite à cette section, les oreillettes sont entraînées par le tissu sinusal (100 cpm), tandis que les ventricules sont entraînés par le faisceau de His (40 cpm).

## 6

## Activité électrique du cœur

- ➔ Définir l'ECG, identifier les ondes et les associer aux phénomènes électriques et mécaniques du cœur.
- ➔ Comparer un ECG normal à un ECG pathologique.

### Activité 1 Mise en évidence de l'activité électrique des cellules nodales du cœur

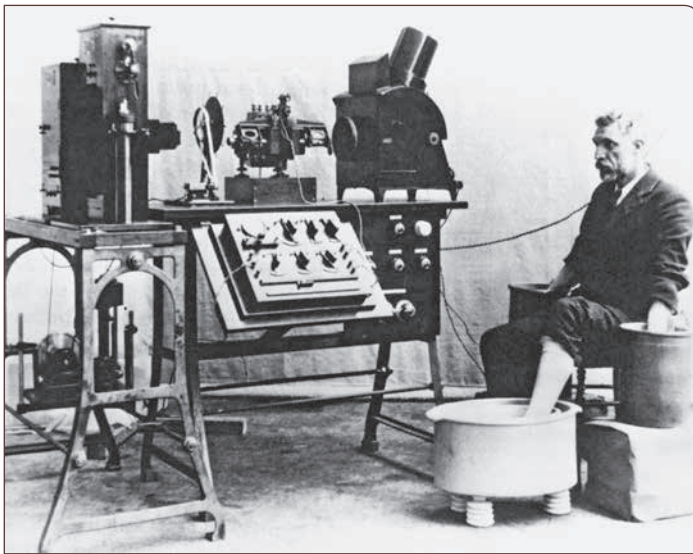


fig. 1 Le galvanomètre à cordes et enregistrements, en 1908

#### Doc. 1 La découverte de W. Einthoven

Willen Einthoven (1860-1927) a reçu le prix Nobel de physiologie pour sa découverte du mécanisme de l'électrocardiogramme. Sa mise au point d'un galvanomètre à cordes a permis de mesurer et d'enregistrer les faibles courants électriques produits par le cœur.

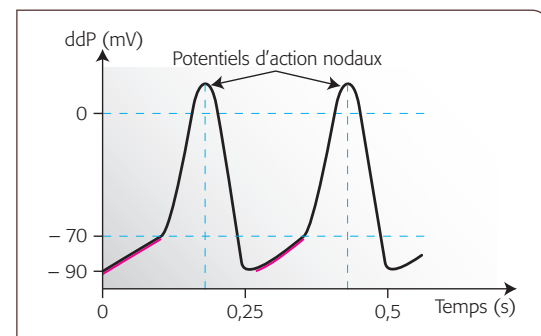


fig. 2 Enregistrement de l'activité électrique de cellules nodales isolées

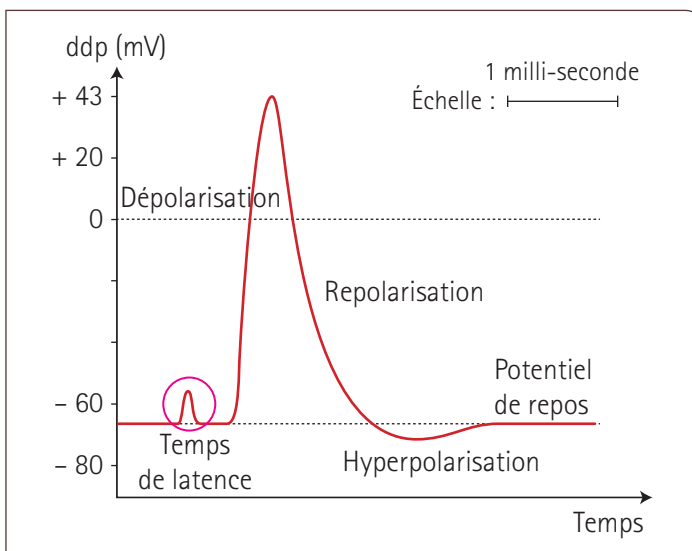


fig. 3 Enregistrement d'un potentiel d'action neuronal

- 1 Sachant que la fig. 3 représente un potentiel d'action (PA) neuronal étudié en première, justifier le terme « potentiels d'action nodaux » utilisé dans la fig. 2.

On observe sur la fig. 2 les trois phases caractéristiques d'un potentiel d'action :  
dépolarisation, repolarisation  
et hyperpolarisation. Ce PA concerne le tissu nodal, d'où son nom.

- 2 Le PA neuronal fait suite à une stimulation électrique. Entourer sur la fig. 3 l'artefact de stimulation observable et comparer avec le PA nodal.

Le PA nodal ne présente pas d'artefact de stimulation.

- 3 Mettre en relation la réponse précédente et l'existence d'un automatisme cardiaque.  
Le PA nodal ne nécessite pas de stimulation extérieure. Son déclenchement est automatique.
- 4 La dépolarisation d'un PA nodal est composée de deux phases dont une phase pré-potentiel. Souligner cette phase sur la fig. 2.
- 5 Le potentiel d'action nodal déclenche la contraction du cœur. Indiquer le rythme cardiaque correspondant à la fig. 2. On observe un PA toutes les 0,25 seconde, soit 4 PA par seconde, c'est-à-dire 240 PA/min ou 240 battements/minute.
- 6 La durée minimale possible d'un PA est représentée sur la fig. 2. En tirer une conclusion sur la fréquence maximale du rythme cardiaque.  
Le cœur humain ne peut pas dépasser les 240 battements/minute.

## Activité 2 Mise en évidence d'un aspect électrique de l'activité cardiaque

### Doc. 2 L'électrocardiogramme (ECG)

La dépolarisation puis la repolarisation des myocytes génèrent une activité électrique caractéristique. L'électrocardiographe est l'appareil qui permet de mesurer les variations électriques au cours des cycles cardiaques. Il est classiquement composé d'électrodes d'enregistrement placées aux deux poignets et à la cheville gauche d'une personne, reliées à un enregistreur. L'examen, nommé électrocardiogramme (ECG), est indolore, non invasif et rapide. Son interprétation est complexe et doit être effectuée par un professionnel.

- 1 Lors d'un ECG, justifier l'absence d'électrodes d'excitation.

Les variations électriques sont liées aux contractions cardiaques. Celles-ci étant spontanées (automatisme cardiaque), elles ne nécessitent pas de stimulation par une électrode.

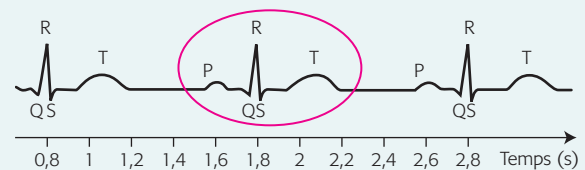
### Doc. 3 Électrocardiogramme d'un homme au repos

Sur l'électrocardiogramme, on observe trois groupes d'ondes :

- l'onde P ;
- les ondes QRS (constituées de trois ondes rapprochées Q, R et S) ;
- l'onde T.

Le cycle cardiaque comporte trois étapes.

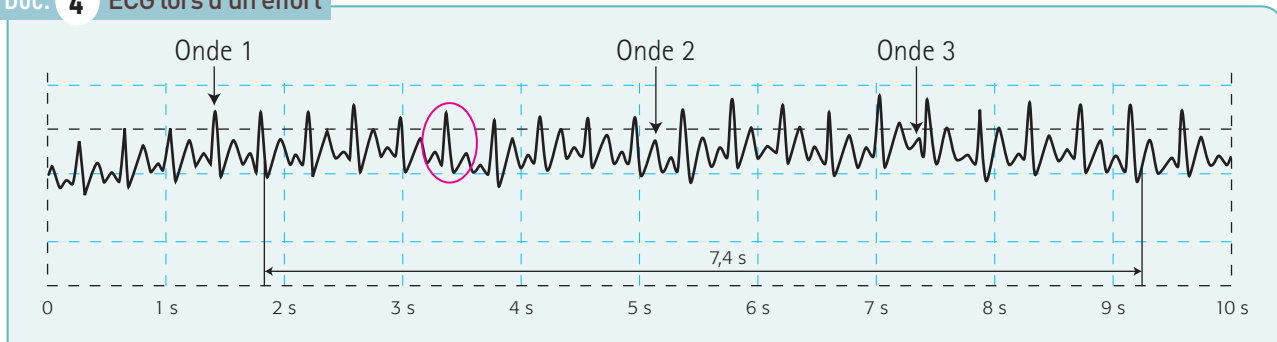
- Le relâchement des ventricules est caractérisé par une onde de repolarisation large et d'intensité moyenne. Il s'agit de l'onde T.
- La contraction des oreillettes est caractérisée par une onde de dépolarisation de petite intensité. Il s'agit de l'onde P.
- La contraction des ventricules est caractérisée par une série d'ondes dont une onde de dépolarisation peu large, mais de grande intensité. Il s'agit des ondes QRS.



- 2 Entourer sur l'électrocardiogramme une série d'ondes correspondant à un cycle cardiaque complet.
- 3 Identifier les trois groupes d'ondes en fonction de leur description en complétant le doc. 3.

- 4** Dédurre la succession des événements lors d'un cycle cardiaque complet selon l'ordre d'apparition des ondes sur l'électrocardiogramme.
- L'onde P apparaît en premier : contraction des oreillettes.
  - Les ondes QRS succèdent à l'onde P : contraction des ventricules.
  - L'onde T termine le cycle : relâchement des ventricules.
- 5** À partir de l'ECG du doc. 3, calculer le temps qui sépare la contraction de l'oreillette de la contraction du ventricule.
- Le temps qui sépare l'onde P et le groupe d'ondes QRS est de l'ordre de 0,2 s.
- 6** Déterminer le temps qui sépare deux ondes identiques successives.
- On choisit par exemple le groupe d'ondes QRS (ou l'onde R) comme référence. Le temps qui sépare deux groupes d'ondes QRS est de 1 seconde.
- 7** Dédurre de la réponse à la question précédente la fréquence cardiaque (ou rythme cardiaque) du patient dont l'ECG est représenté dans le doc. 3.
- Le temps entre deux mêmes ondes correspond à deux battements successifs. Donc, le cœur bat une fois par seconde. Le rythme cardiaque est de 60 battements/min.

**Doc. 4** ECG lors d'un effort



- 8** Indiquer pourquoi l'onde 1 du doc. 4 correspond au groupe d'ondes QRS.
- L'onde 1 correspond aux ondes QRS, car elle a la plus grande amplitude.
- 9** Identifier les ondes 2 et 3 par rapport aux ondes 1.
- L'onde 3 est avant l'onde QRS : c'est l'onde P. L'onde 2 est après l'onde QRS : c'est l'onde T.
- 10** Entourer sur le doc. 4 une série d'ondes caractéristiques d'un cycle cardiaque complet.
- 11** Déterminer le nombre d'ondes 1 pendant l'intervalle de 7,4 s et en déduire le nombre de battements cardiaques.
- Il y a 18 ondes QRS pendant cet intervalle, donc 18 battements cardiaques.
- 12** Dédurre de la question précédente la fréquence cardiaque du patient dont l'ECG est représenté dans le doc. 4. Comparer cette fréquence cardiaque à celle d'un individu au repos.
- Fréquence cardiaque =  $18/7,4 = 2,43$  battements par seconde =  $2,43 \times 60 = 146$  battements/minute au lieu de 60 battements/minute. L'effort provoque une augmentation du rythme cardiaque.



## Activité 3 Anomalies de la conduction électrique mises en évidence par un ECG

- 1 Déduire du doc. 5 la signification des termes tachycardie, bradycardie et arythmie.

Bradycardie : fréquence cardiaque plus basse que la normale.

Tachycardie : fréquence cardiaque plus élevée que la normale.

Arythmie : rythme cardiaque anormal (et non pas absence de rythme cardiaque).

### Doc. 5 Bradycardie et tachycardie

*Brady* est une racine grecque qui signifie « lent ».  
*Tachy* est une racine grecque qui signifie « rapide ».  
*Cardie* signifie « cœur ».  
 Le préfixe *a* signifie « absence de ».

- 2 Indiquer les conséquences d'une bradycardie sur l'apport d'oxygène aux tissus.

Les tissus sont moins oxygénés.

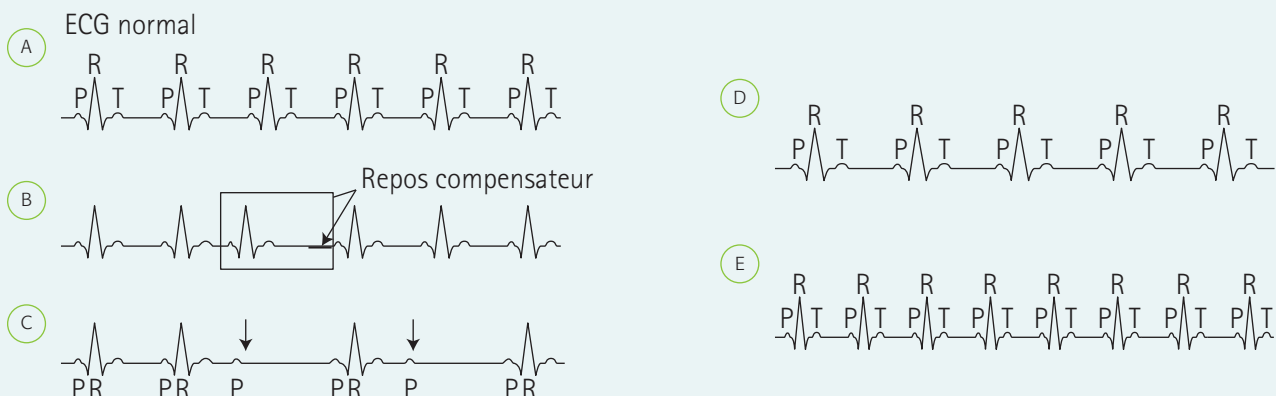
- 3 Un bloc auriculoventriculaire est la conséquence d'une mauvaise conduction électrique entre les oreillettes et les ventricules. Il peut être total ou partiel. Rappeler le nom de la structure impliquée dans la conduction entre l'oreillette et le ventricule.

C'est le faisceau de His.

- 4 Indiquer les conséquences d'une mauvaise conduction électrique entre les oreillettes et les ventricules.

Certaines contractions des oreillettes ne sont pas suivies de contractions ventriculaires.

### Doc. 6 Exemples d'ECG (échelle de temps identique)



- 5 Une extrasystole est une anomalie du rythme cardiaque : elle présente un ECG normal pendant plusieurs cycles, mais parfois une contraction (une systole) a lieu de façon trop rapprochée de la précédente. Faire correspondre aux électrocardiogrammes B, C, D et E du doc. 6 les anomalies électriques suivantes : bradycardie, bloc auriculo-ventriculaire partiel, tachycardie, extrasystole.

Extrasystole : B

Bloc auriculoventriculaire partiel : C

Bradycardie : D

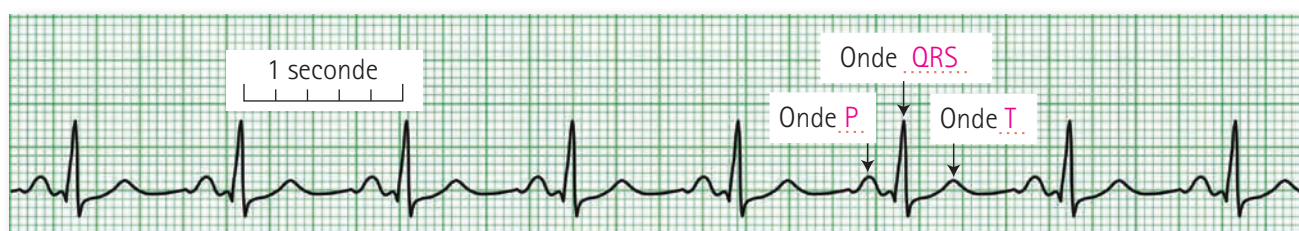
Tachycardie : E

## Je construis mon cours

### Les étapes d'un cycle cardiaque

Événement	Type d'onde	Nom de l'onde
Contraction des oreillettes	Onde de dépolarisation de petite intensité	Onde P
Contraction des ventricules	Dépolarisation peu large, mais de grande intensité	Ondes Q, R, S
Relâchement des ventricules	Onde de repolarisation large, d'intensité moyenne.	Onde T

Ces ondes peuvent être enregistrées sur un électrocardiogramme (ECG).



Grâce à l'échelle de temps, on peut déterminer à partir d'un ECG la fréquence cardiaque de la personne. Ici elle vaut 60 battements par minute.



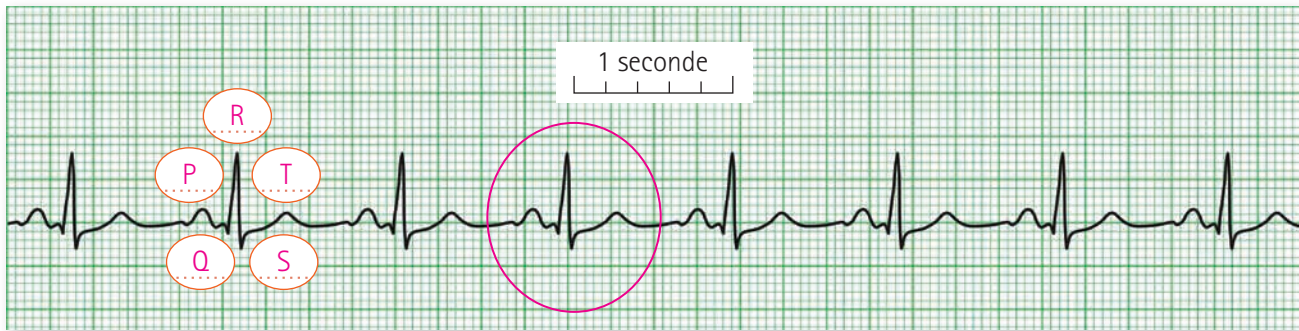
Un trouble électrique cardiaque est caractérisé par un ECG anormal. Ici, on observe des décharges électriques supplémentaires (à entourer en rouge).

## Je sais dire

Terme	Définition
<u>Électrocardiographe</u>	Appareil qui permet de mesurer les variations électriques au cours des cycles cardiaques
<u>Électrocardiogramme (ECG)</u>	Enregistrement de l'activité électrique cardiaque
<u>Extrasystole</u>	Anomalie cardiaque caractérisée par une contraction cardiaque trop rapprochée de la précédente
Fibrillation	Arythmie avec contraction rapide et irrégulière due aux oreillettes en général



# Je sais faire le jour du bac



Doc. A ECG au repos

- 1 Donner la définition d'un ECG.

Un ECG est un électrocardiogramme, c'est-à-dire la représentation graphique de l'enregistrement des battements du cœur.

- 2 On remarque cinq ondes caractéristiques sur un ECG, les ondes P, Q, R, S et T. Positionner ces différentes ondes sur le doc. A.

- 3 Compléter le tableau suivant, afin de préciser à quels phénomènes électriques et mécaniques correspondent ces ondes.

Type d'onde	Phénomènes électriques	Phénomènes mécaniques
Onde P	Dépolarisation au niveau des oreillettes	Contraction des oreillettes
Ondes QRS	Dépolarisation au niveau des ventricules	Contraction des ventricules
Onde T	Repolarisation au niveau des ventricules	Relâchement des ventricules

- 4 Entourer un cycle cardiaque sur le doc. A et décrire la succession des événements.

Un cycle cardiaque correspond à l'ensemble des contractions puis décontractions des ventricules et des oreillettes.

- 5 Calculer la fréquence cardiaque au repos à partir de l'ECG du doc. A en expliquant les calculs.

Sur le doc. A, on regarde la fréquence d'apparition d'une onde, par exemple l'onde QRS. L'échelle permet de constater que cette onde se répète toutes les secondes. Il y a donc un battement cardiaque à chaque seconde et donc la fréquence cardiaque vaut 60 battements par minute.

- 6 Préciser comment évolue l'ECG lors d'un effort.

À l'effort, la succession des ondes n'est pas modifiée, mais les cycles cardiaques sont plus fréquents.

## 7

# La circulation du sang dans les vaisseaux

- ➔ Construire un schéma du système circulatoire.
- ➔ Comparer la structure des parois des vaisseaux sanguins.
- ➔ Savoir mesurer la pression artérielle et comparer des valeurs normales et pathologiques.

## Activité 1 Organisation de l'appareil circulatoire

### Doc. 1 Organisation générale du système circulatoire

L'ensemble des vaisseaux sanguins du corps compose l'appareil circulatoire. La cire anatomique ci-contre représente avec précision l'intérieur des cavités thoraciques et abdominales d'un individu. Sa confection de cette cire a nécessité la dissection de nombreux cadavres. Le but des cires était d'expliquer l'anatomie aux étudiants en médecine.

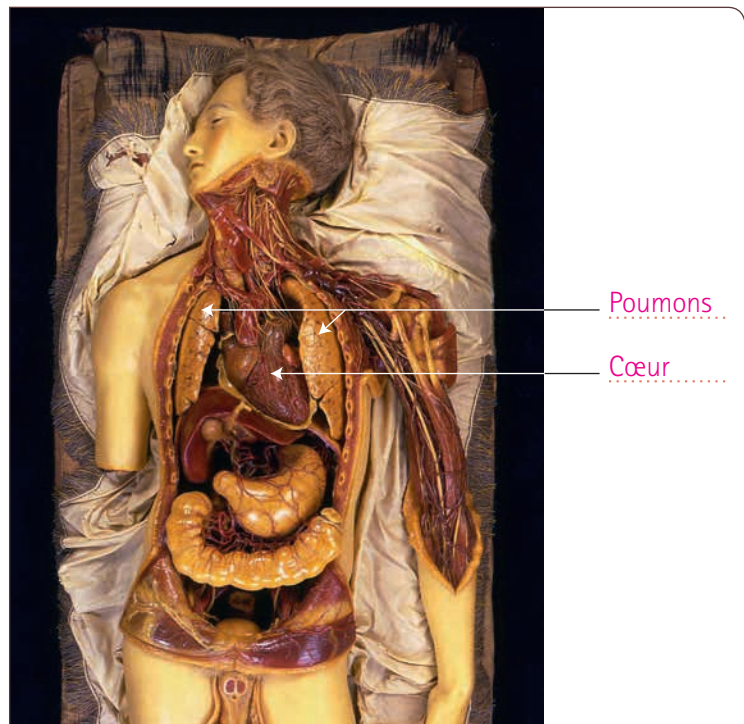


fig. 1 Cire anatomique, musée de la Specola, Florence

1 Identifier sur la fig. 1 les deux organes indiqués par des flèches.

2 Cette cire permet d'observer des vaisseaux sanguins. Montrer qu'elle illustre bien l'appareil circulatoire.

On voit que les vaisseaux sanguins sont  
abondants, parfois très fins, ramifiés,  
de couleurs différentes.

3 La cire permet d'observer des vaisseaux de tailles différentes. Expliquer pourquoi il y a toujours plusieurs petits vaisseaux sanguins à la suite d'un gros vaisseau.

Lorsqu'un volume de sang arrive par un gros vaisseau, il faut qu'il se répartisse dans plusieurs petits vaisseaux pour pouvoir s'écouler à la même vitesse et à la même pression.

4 Compléter le texte.

Le sang est éjecté hors des ventricules par des vaisseaux à gros diamètres appelés **artères** : l'**aorte** (issue du ventricule **gauche**) et l'**artère pulmonaire** (issue du ventricule **droit**). Les artères sont connectées à d'autres artères de diamètres **inférieurs**, puis à des vaisseaux de plus **petits** diamètres : les **artérioles**. Celles-ci se subdivisent en vaisseaux de très **petits** diamètres : les **capillaires**.

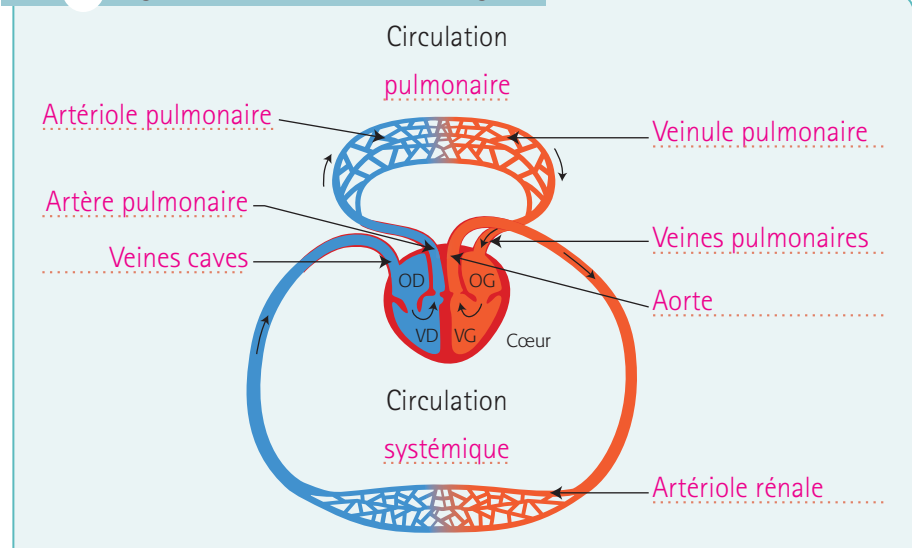


Les échanges de gaz et de matières ont lieu à travers la paroi des **capillaires**..... Lorsque le sang retourne au cœur, il passe d'abord par des vaisseaux de très petits diamètres (les **veinules**) qui se réunissent en vaisseaux de plus **grands**..... diamètres (les veines). Le sang arrive aux oreillettes du cœur par les **veines caves** (pour l'oreillette **droite**.....) et les **veines pulmonaires** (pour l'oreillette **gauche**.....).

- 5** Rappeler l'existence de deux circulations sanguines.

On distingue la circulation **pulmonaire** (pour l'échange de gaz entre le sang et l'air des alvéoles) et la **circulation systémique** (pour l'échange de gaz entre le sang et les cellules).

#### Doc. 2 Organisation de la circulation sanguine



- 6** Compléter le doc. 2 avec les termes figurant en gras dans le texte de la question 4. On considérera que l'organe irrigué est le rein.

## Activité 2 Les différents types de vaisseaux sanguins

- 1** Indiquer, d'après le doc. 3, les deux paramètres qui permettent de distinguer les sept catégories de vaisseaux sanguins.

Paramètre 1 : le type de vaisseaux, s'ils conduisent ou ramènent le sang au cœur (artère, artériole ; veine, veinule). Les capillaires sont intermédiaires, dans les zones d'échange.

Paramètre 2 : le diamètre des vaisseaux.

#### Doc. 3 Organisation des vaisseaux sanguins

Les vaisseaux sanguins peuvent être classés en sept catégories : les grosses artères (diamètre moyen = 8 à 25 mm), les artères moyennes et petites ( $\varnothing = 1$  à 8 mm), les artérioles ( $\varnothing = 20 \mu\text{m}$  à 0,5 mm), les capillaires sanguins ( $\varnothing < 10 \mu\text{m}$ ), les veinules ( $\varnothing = 20 \mu\text{m}$  à 0,5 mm), les veines moyennes et petites ( $\varnothing = 1$  à 10 mm) et les grosses veines ( $\varnothing = 10$  à 25 mm).

L'intérieur d'un vaisseau sanguin est nommé « lumière » du vaisseau.

La paroi des capillaires est composée d'une couche unique appelée intima.

La paroi des autres types de vaisseaux sanguins est composée de trois couches :

- l'intima, qui est au contact de la lumière du vaisseau ;
- la media, qui est encadrée par l'intima et l'adventice ;
- l'adventice, qui est la couche la plus éloignée de la lumière.

Une coupe transversale d'artère ne modifie pas sa lumière, tandis que la lumière d'une veine est déformée.

## Doc. 4 Deux coupes de vaisseaux

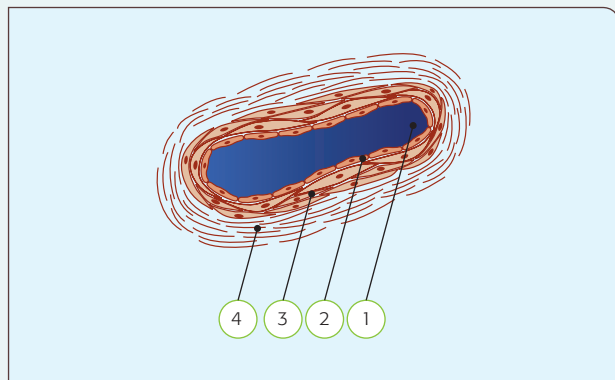


fig. 2 Schéma d'une coupe de veine

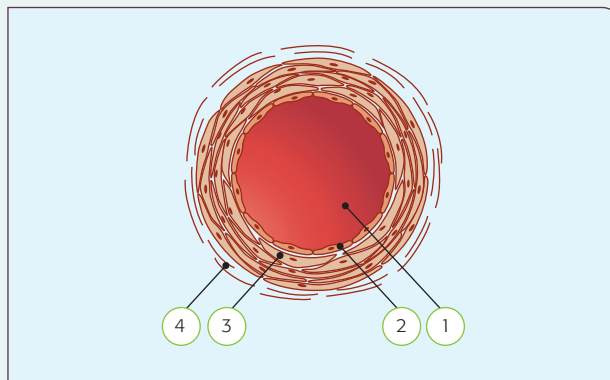


fig. 3 Schéma d'une coupe d'artère

2 À l'aide du doc. 3, compléter le titre des schémas du doc. 4 ainsi que les légendes 1 à 4.

1 : Lumière

2 : Intima

3 : Média

4 : Adventice

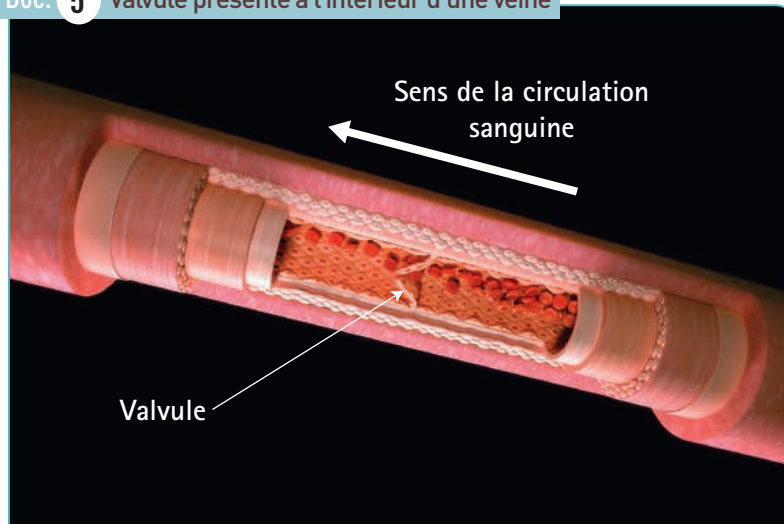
3 La média des artères est épaisse et contient des fibres élastiques (grosses artères) ou musculaires (artères moyennes), tandis que la média des veines est mince et ne contient que peu de fibres musculaires. Indiquer en quoi ces compositions expliquent l'aspect des coupes du doc. 4.

Une structure épaisse avec des fibres permet de maintenir la forme du vaisseau même s'il est vide.

4 Le sang arrive sous pression dans les artères mais n'est plus sous pression dans les veines, après avoir irrigué les différents organes. Proposer un rôle que pourrait avoir la valvule représentée dans le doc. 5 ?

Les valvules empêchent le retour veineux et favorisent le trajet unidirectionnel du sang vers le cœur.

## Doc. 5 Valvule présente à l'intérieur d'une veine



5 Les varices sont provoquées par une dilatation des veines. Mettre ce fait en relation avec les valvules et le gonflement des jambes.

La dilatation des veines rend les valvules inopérantes. Le sang ne peut remonter correctement vers le cœur et s'accumule dans les jambes qui gonflent.

## Activité 3 La pression artérielle

- 1 D'après le doc. 6, caractériser l'évolution de la pression artérielle dans l'artère humérale au cours du temps.

La pression artérielle varie approximativement entre une valeur maximale (16 kPa) et une valeur minimale (10,7 kPa).

- 2 La pression artérielle est la pression exercée par le sang sur la paroi des artères. En reprenant le vocabulaire caractérisant le rythme cardiaque, justifier les noms des deux pressions extrêmes.

Lorsque le cœur éjecte le sang (systole), la pression est maximale. On parle de pression systolique. Lorsque le cœur se remplit de sang (diastole), la pression dans les artères est minimale. On parle de pression diastolique.

- 3 Montrer avec le doc. 7 que l'élasticité des artères permet de maintenir un flux sanguin constant dans les vaisseaux sanguins.

Lors de la systole ventriculaire, l'aorte se déforme et augmente de diamètre. Lors de la diastole, l'aorte reprend son diamètre normal. Ainsi, le débit reste constant.

- 4 Sur le doc. 8, quelle est l'évolution de la pression due au brassard lors du dégonflement ?

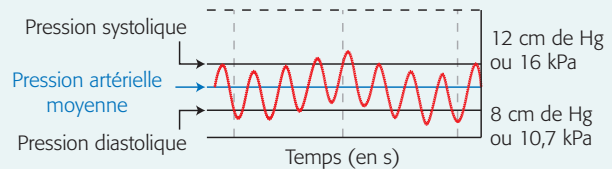
La pression exercée par le brassard diminue.

- 5 Indiquer si le sang s'écoule et s'il subit une compression du brassard aux temps  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  du doc. 8. Justifier l'intensité du bruit.

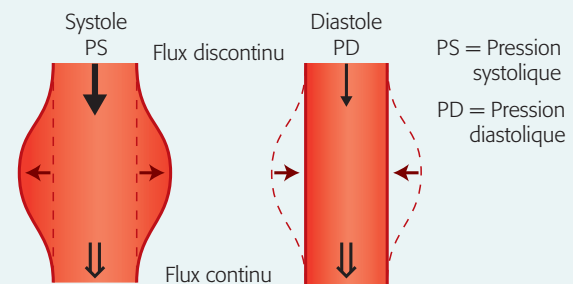
$t_1$	Reprise de l'écoulement du sang, qui reste comprimé : premier bruit entendu.
$t_2$	Écoulement du sang toujours comprimé, le bruit persiste.
$t_3$	Le sang s'écoule sans être comprimé par le brassard : disparition du bruit.

### Doc. 6 Variation de la pression artérielle dans l'artère humérale

La pression artérielle est exprimée en centimètres de mercure (cm de Hg) ou en kilopascals (kPa).

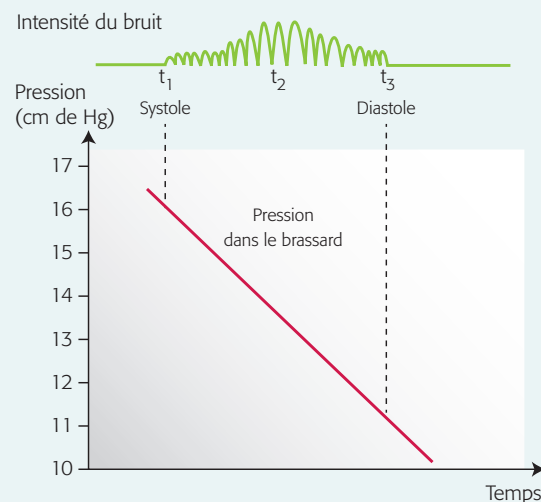


### Doc. 7 Illustration de l'élasticité de l'aorte



### Doc. 8 Utilisation du brassard

L'auscultation au stéthoscope permet d'entendre le bruit de l'écoulement du sang sous la pression d'un brassard. La mesure de la tension artérielle (dont la valeur absolue est égale à la pression artérielle) consiste dans un premier temps à comprimer une artère avec un brassard gonflable pour bloquer complètement l'écoulement du sang. On dégonfle progressivement le brassard jusqu'à ce qu'il n'exerce plus aucune pression sur l'artère, tout en écoutant les bruits d'écoulements.



## Je construis mon cours

Le système circulatoire comprend :

- une petite circulation (ou circulation **pulmonaire**.....) qui passe dans les poumons. Elle permet au sang de se charger en dioxygène.
- une **grande circulation**..... (ou circulation systémique) qui apporte du dioxygène à tous les tissus et permet le retour du sang au cœur.

**Épaisseur et composition de la paroi de différents vaisseaux sanguins**

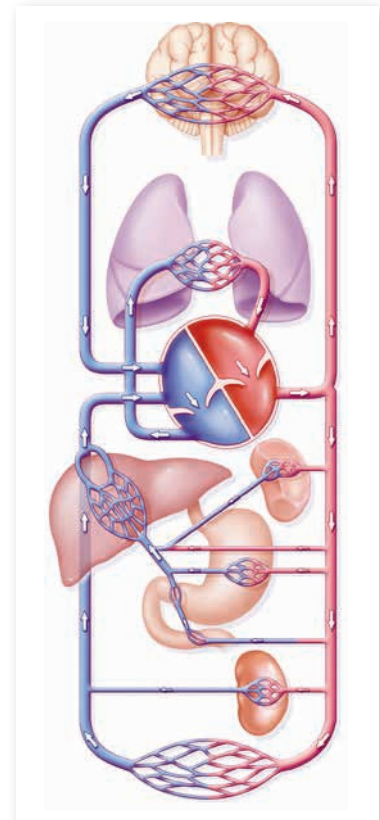
	Artères	Veines	Capillaires
Intima	Épaisse	Épaisse, contenant des replis appelés valvules	Présente
Media	Épaisse, contenant des fibres élastiques ou musculaires	Mince, contenant très peu de fibres musculaires	<b>Absente</b> .....
Adventice	Épaisse	Épaisse	<b>Absente</b> .....

La pression artérielle est très forte dans les grosses artères et artères moyennes ; elle devient plus faible dans les artérioles et est nulle dans les capillaires et le système veineux.

La tension artérielle est mesurée en stoppant provisoirement la circulation artérielle du bras grâce à un brassard gonflable. Lorsque l'on relâche la pression, il est possible d'entendre grâce à un stéthoscope :

- un premier bruit lors du rétablissement du flux sanguin dès que l'on passe sous **la pression systolique**.....
- un arrêt du bruit, lorsque la circulation n'est plus contrainte, dès que l'on passe sous **la pression diastolique**.....

Les valeurs physiologiques de la tension artérielle dépendent notamment de l'âge de l'individu. Les valeurs normales, classiquement retenues pour un adulte entre 20 et 60 ans sont : 14 cm de Hg (correspond à la pression systolique) et 7,5 cm de Hg (correspond à la pression diastolique). On note ces valeurs 14-7,5.



**Doc. 1** Schéma de la circulation générale

## Je sais dire

Terme	Définition		
Pression artérielle ...	Pression exercée par le sang sur la paroi des vaisseaux sanguins		
Tension artérielle ...	Force générée par les artères en réponse à la pression du sang		
Hypotension	Tension artérielle trop faible	Hypertension	Tension artérielle trop élevée

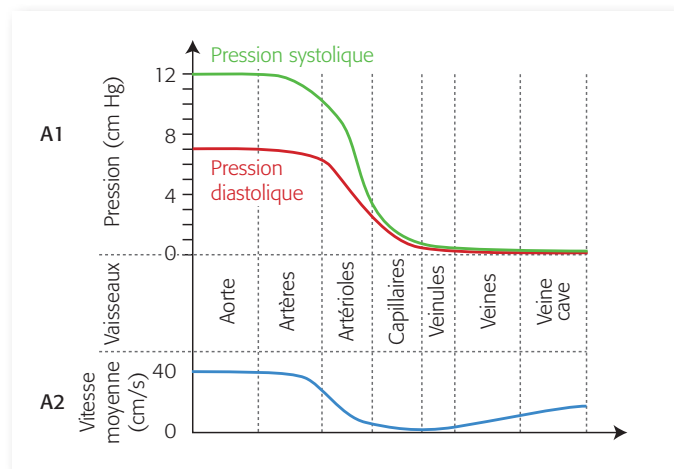


## Je sais faire le jour du bac

Le **doc. A** représente les variations de la pression sanguine (A1) ainsi que celles de la vitesse du sang (A2) dans l'ensemble du système circulatoire.

- 1 Définir les termes « pression systolique » et « pression diastolique » puis donner leur valeur respective dans l'aorte.

La pression systolique est la pression exercée par le sang contre les parois d'un vaisseau sanguin lors de la systole (ou contraction) ventriculaire. Elle vaut 12 cm de Hg dans l'aorte. La pression systolique se produit lors de la systole ventriculaire : elle vaut 7 cm de Hg.



**Doc. A** Pression et vitesse sanguines dans les vaisseaux de la circulation générale

- 2 Analyser les variations de la pression sanguine dans les différents vaisseaux.

Les pressions (systolique et diastolique) sont maximales dans l'aorte et les autres artères. Elles diminuent dans les artérioles et chutent de manière importante dans les capillaires, où elles deviennent nulles. Les pressions sont quasiment nulles dans les compartiments veineux.

- 3 Analyser les variations de la vitesse du sang dans les différents vaisseaux de la circulation générale. Indiquer la conséquence de la vitesse du sang pour les échanges au niveau capillaire.

La vitesse du sang est minimale dans les capillaires, ce qui favorise les échanges de nutriments et de déchets au sein des tissus.

- 4 La tension artérielle est déterminée au niveau de l'artère humérale du bras. Elle vaut 12-8 cm de Hg. Indiquer la signification de ces valeurs.

12 cm de Hg est la pression systolique, 8 cm de Hg est la pression diastolique.

- 5 Expliquer la signification de chacune des deux valeurs de la pression artérielle et déterminer si possible à partir du **doc. B** si cette tension est normale ou non.

La première valeur correspond à la pression systolique, la seconde à la pression diastolique. Ne connaissant pas l'âge du patient, il n'est pas possible de conclure sur la normalité ou non de sa tension artérielle.

Âge	Enfant	Adulte 20-60 ans	Adulte > 60 ans
Pression artérielle (en cm de Hg)	8 - 5	14 - 7,5	15 - 9

**Doc. B** Valeurs physiologiques de la pression artérielle

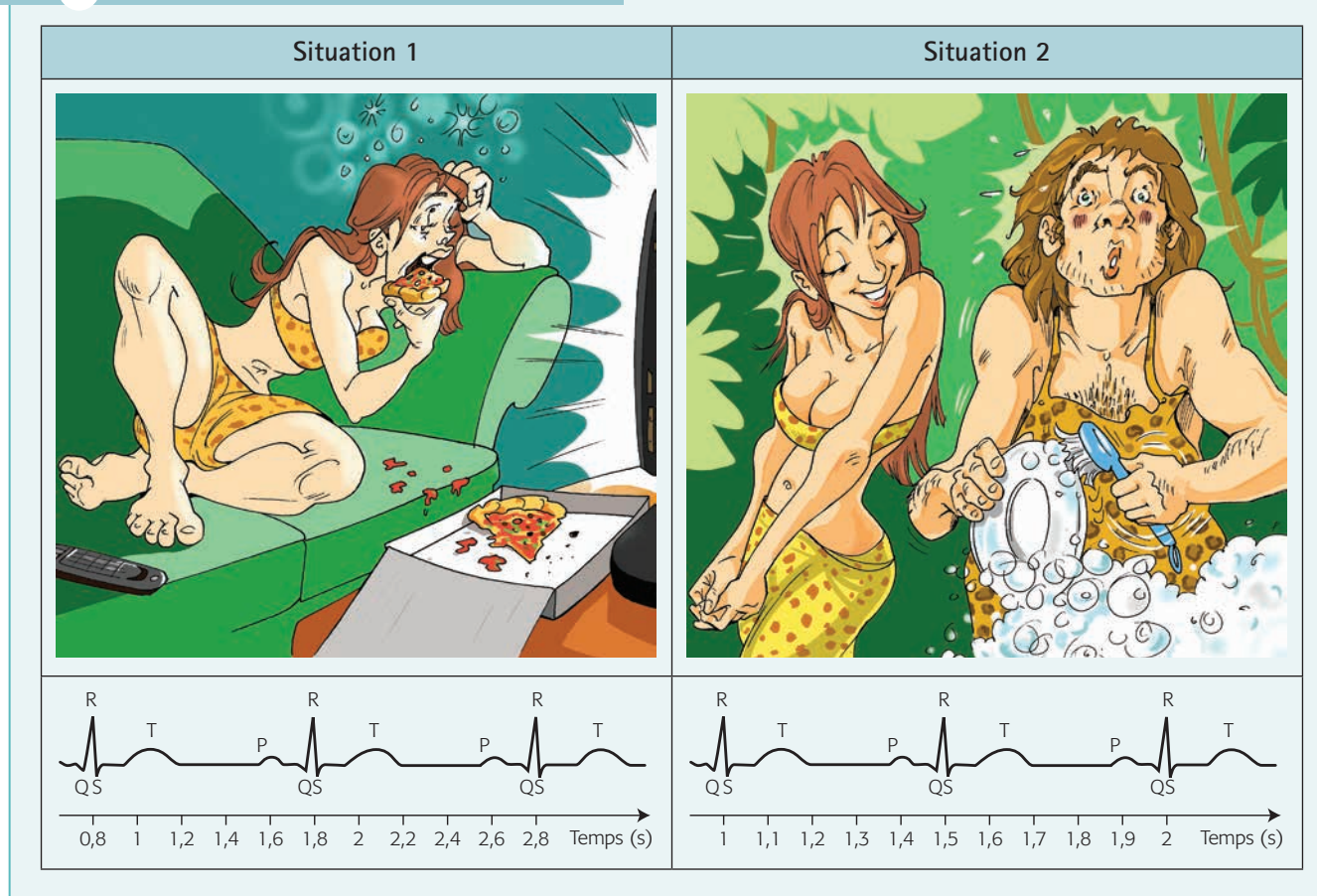
## 8

## La régulation cardiaque

➔ Identifier les acteurs de l'arc réflexe et mettre en évidence leur rôle.

### Activité 1 Les variations du rythme cardiaque

#### Doc. 1 Variations physiologiques du rythme cardiaque



1 Déterminer, à partir des électrocardiogrammes correspondants, les rythmes cardiaques de Jane (doc. 1).

Situation 1 : 1 pulsation en 1 seconde : 60 battements par minute.

Situation 2 : 2 pulsations en 1 seconde : 120 battements par minute.

2 À partir du doc. 2, préciser le rôle du système nerveux sur le rythme cardiaque.

Le rythme cardiaque est moins

élevé lorsque le cœur est innervé.

Le système nerveux ralentit le rythme cardiaque autonome.

#### Doc. 2 Données sur l'activité cardiaque

Rythme cardiaque moyen d'un cœur humain	70 cpm
Rythme cardiaque moyen d'un cœur humain dénervé	100 cpm

La dénervation du cœur consiste à supprimer les relations entre le cœur et le système nerveux. Chez l'homme, ces effets sont observés lors d'accidents, de maladies ou de greffes.

3 Comparer les docs 1 et 2. Proposer une synthèse.

Le cœur isolé a un rythme propre (100 cpm) qui est ralenti en permanence par le système nerveux (70 cpm).

Dans certaines conditions (émotions, efforts physiques), le rythme du cœur s'accélère (120 cpm).

Un système accélérateur existe également.

## Activité 2 Innervation du cœur et fonctionnement des nerfs moteurs

### Doc. 3 Anatomie de l'innervation cardiaque

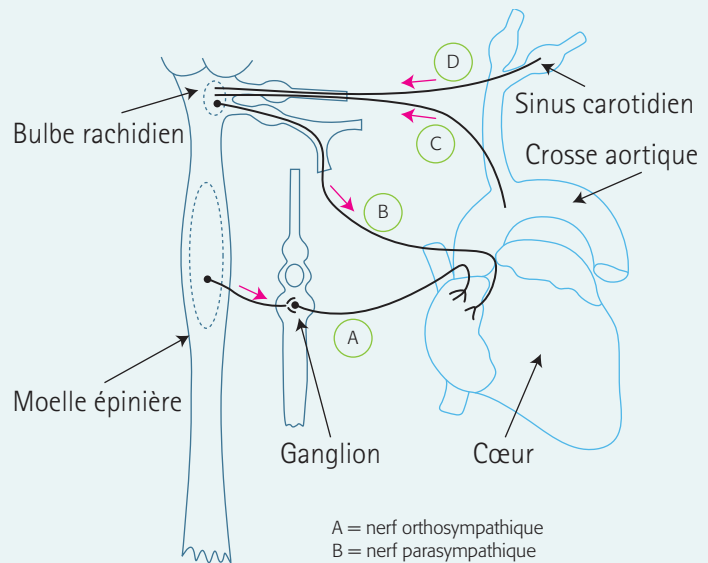
L'innervation du cœur est effectuée par quatre nerfs : deux nerfs véhiculent l'information du cœur au système nerveux central ou SNC (nerfs afférents ou sensitifs) et deux nerfs véhiculent l'information du SNC au cœur (nerfs efférents ou moteurs).

Les nerfs afférents sont :

- le nerf de Hering, issu du sinus carotidien ;
- le nerf de Cyon, issu de la crosse aortique.

Les nerfs efférents sont :

- le nerf vague, aussi appelé nerf numéro X, qui connecte directement le bulbe rachidien au cœur ;
- le nerf sympathique cardiaque, qui part de la moelle épinière et passe par un ganglion avant de rejoindre le cœur.



1 À partir du doc. 3, identifier les nerfs A à D.

Nerf A = nerf sympathique cardiaque

Nerf B = nerf vague (ou nerf X)

Nerf C = nerf de Cyon

Nerf D = nerf de Hering

2 Orienter les nerfs A à D en ajoutant des flèches au schéma du doc. 3 dans le sens de la transmission de l'information.

3 Justifier l'adjectif « moteur » utilisé pour les nerfs efférents.

L'adjectif « moteur » renvoie à l'idée de mouvement. Par leur situation anatomique et par le sens du signal, les nerfs efférents modifient directement le rythme cardiaque.

### Doc. 4 Mise en évidence des rôles des nerfs cardiaques

Nerfs concernés	Conséquence d'une section	Conséquence d'une stimulation électrique
Nerf X, dit parasympathique	Tachycardie	Bradycardie
Nerfs de Hering et de Cyon	Tachycardie	Bradycardie
Nerf sympathique cardiaque	Bradycardie	Tachycardie
Nerf X et nerf sympathique cardiaque	Tachycardie	Bradycardie

- 4 À partir du doc. 4, préciser le(s) nerf(s) efférent(s) dont l'excitation aboutit à une bradycardie.

Parmi les nerfs efférents (nerf X et nerf sympathique cardiaque), seul le nerf X entraîne un ralentissement du cœur (bradycardie).

- 5 Indiquer les neurotransmetteurs mis en jeu par les nerfs efférents en s'aidant des docs 4 et 5.

Le nerf vague (nerf X) sécrète de l'acétylcholine lors de son action cardiomodératrice.

Le nerf sympathique cardiaque sécrète de la noradrénaline lors de son action cardio-accélératrice.

#### Doc. 5 Mise en évidence des neurotransmetteurs cardio-accélérateurs ou cardiomodérateurs

Les nerfs moteurs agissent sur le cœur en libérant des molécules appelées neurotransmetteurs. On réalise des injections de noradrénaline (Nora) ou d'acétylcholine (ACh) sur un cœur de chien isolé. On obtient les résultats suivants :

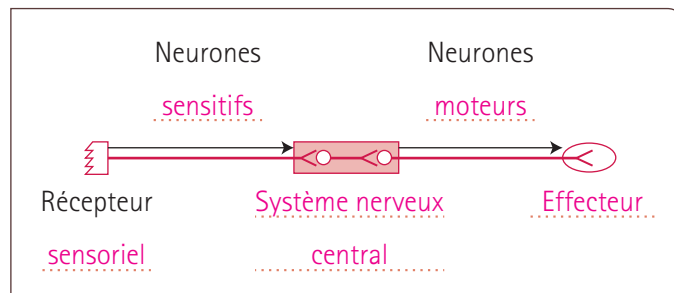
Neurotransmetteur	Nora	ACh
Effet observé	Augmentation du rythme cardiaque	Diminution du rythme cardiaque

- 6 Les nerfs de Hering et de Cyon excités provoquent chacun une bradycardie. En déduire l'influence (directe ou indirecte) qu'ils ont sur les nerfs moteurs. On précise que l'information nerveuse peut passer du bulbe rachidien à la moelle épinière.

Ils agissent (directement ou non) sur le nerf vague (stimulé) et le nerf cardiaque sympathique (inhibé).

### Activité 3 L'arc réflexe

- 1 Compléter le schéma à l'aide du doc. 6.



- 2 Compléter le texte suivant qui décrit les arcs réflexes mis en jeu lors d'une augmentation de la tension artérielle en s'aidant du doc. 3.

Lors d'une hypertension artérielle, les **barorécepteurs** (récepteurs à la pression) de la **croisse aortique** et des **sinus carotidiens** détectent la modification de pression. Le **nerf de Hering** et le **nerf de Cyon**, qui sont des nerfs **sensitifs**, relaient l'information au **bulbe rachidien**, lequel fait partie du **système nerveux central**. L'information est alors transmise directement au **nerf vague** qui libère de l'**acétylcholine** et provoque un **ralentissement** de l'effecteur : le **cœur**. Par ailleurs, l'information va, par l'intermédiaire d'un interneurone inhibiteur, inhiber le **nerf sympathique cardiaque** qui ne libérera plus de **noradrénaline**. Dans les deux cas, le cœur bat plus **lentement** et la pression artérielle est **diminuée**.

#### Doc. 6 Description d'un réflexe

Un réflexe est une réponse musculaire involontaire et très rapide à un stimulus. Le circuit nerveux qui aboutit à la production d'un réflexe est appelé arc réflexe. Dans un tel circuit, une information est captée par des récepteurs sensoriels qui transmettent l'information au système nerveux central (bulbe rachidien ou moelle épinière) par l'intermédiaire de neurones sensitifs. Le message est intégré, c'est-à-dire qu'il est décodé et mis en relation avec d'autres éléments. Une stimulation nerveuse de neurones moteurs permet d'apporter une réponse adaptée au niveau de l'effecteur. L'effecteur est l'organe dont l'action est modifiée par l'arc réflexe.

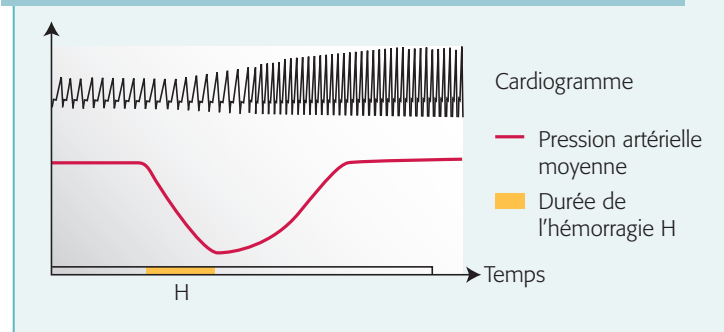


## Activité 4 La réponse à une hémorragie comme exemple de régulation cardiaque

- 1 À partir du doc. 7, décrire l'évolution de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque avant et après l'hémorragie.

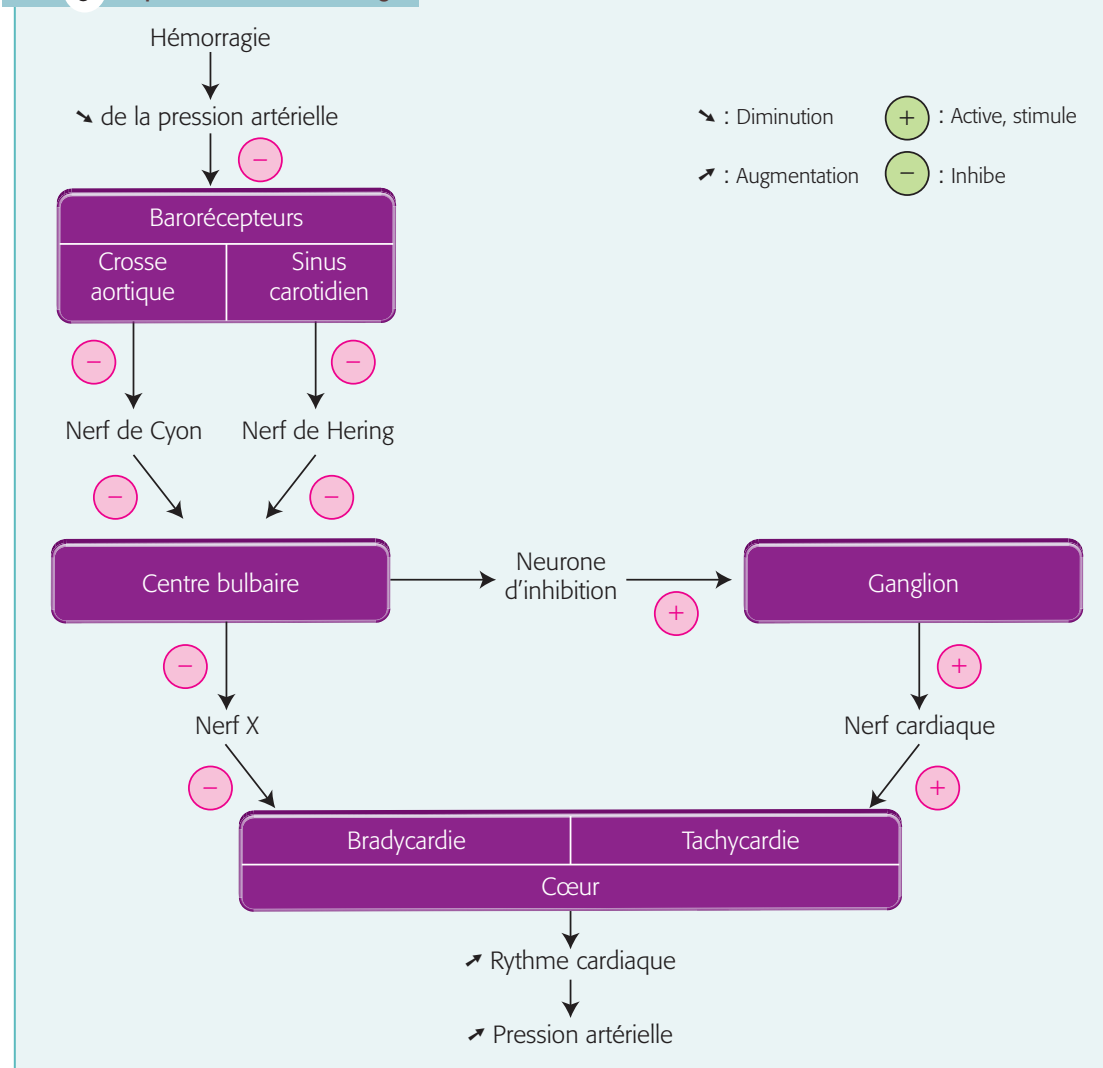
La pression artérielle diminue lors  
de l'hémorragie puis redevient normale.  
Le rythme cardiaque ne varie pas lors  
de l'hémorragie puis il augmente.

Doc. 7 Variation de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque autour d'un événement hémorragique



- 2 L'hémorragie conduit à une diminution de la pression artérielle. En utilisant le fait que cette situation est l'inverse d'une hypertension, compléter le doc. 8 avec des signes + ou - selon que les éléments considérés sont activés ou inhibés.

Doc. 8 Réponse à une hémorragie



## Je construis mon cours

### L'arc réflexe cardiaque

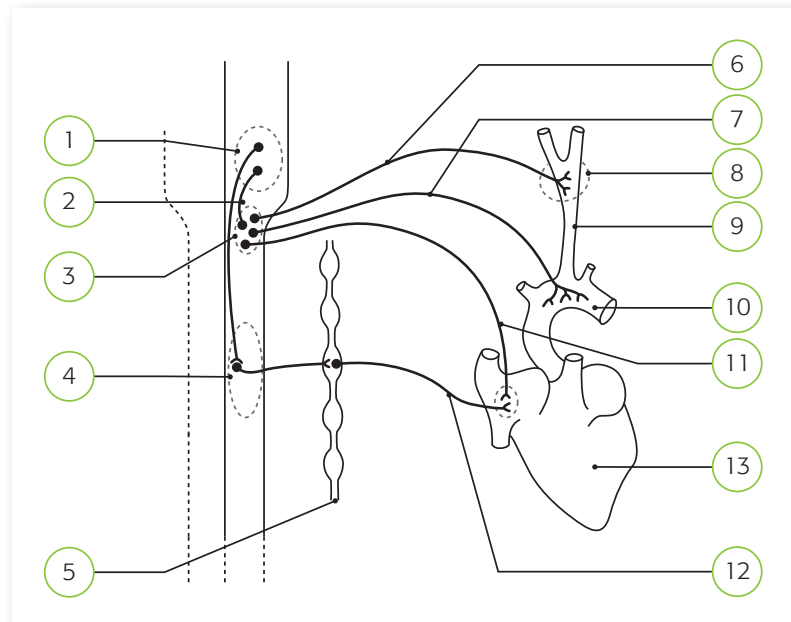
L'arc réflexe cardiaque permet une régulation du rythme cardiaque en réponse à des variations de la pression artérielle ou du volume sanguin (en cas d'hémorragie par exemple). Compléter les légendes du **doc. A**.

1. **Bulbe rachidien** ..... (centre bulbaire sympathique)
2. Interneurone inhibiteur
3. **Bulbe rachidien** ..... (centre bulbaire parasympathique)
4. **Moelle épinière** ..... (centre médullaire sympathique)
5. Ganglion (chaîne ganglionnaire sympathique)
6. Nerf **de Hering** .....
7. **Nerf de Cyon** .....
8. Barorécepteurs **du sinus carotidien** .....
9. **Carotide** .....
10. Barorécepteurs **de la crosse aortique** .....
11. **Nerf X** ....., parasympathique
12. **Nerf sympathique cardiaque** .....

Donner le numéro des structures concernées.

Un arc réflexe implique dans l'ordre :

- des récepteurs : structures **8** ..... et **10** .....
- des nerfs sensitifs ou afférents : structures **6** ..... et **7** .....
- des centres nerveux : structures **1**, **3** ..... et **4** .....
- des nerfs moteurs ou efférents : **11** ..... et **12** .....
- un effecteur : **13**, **le cœur** .....



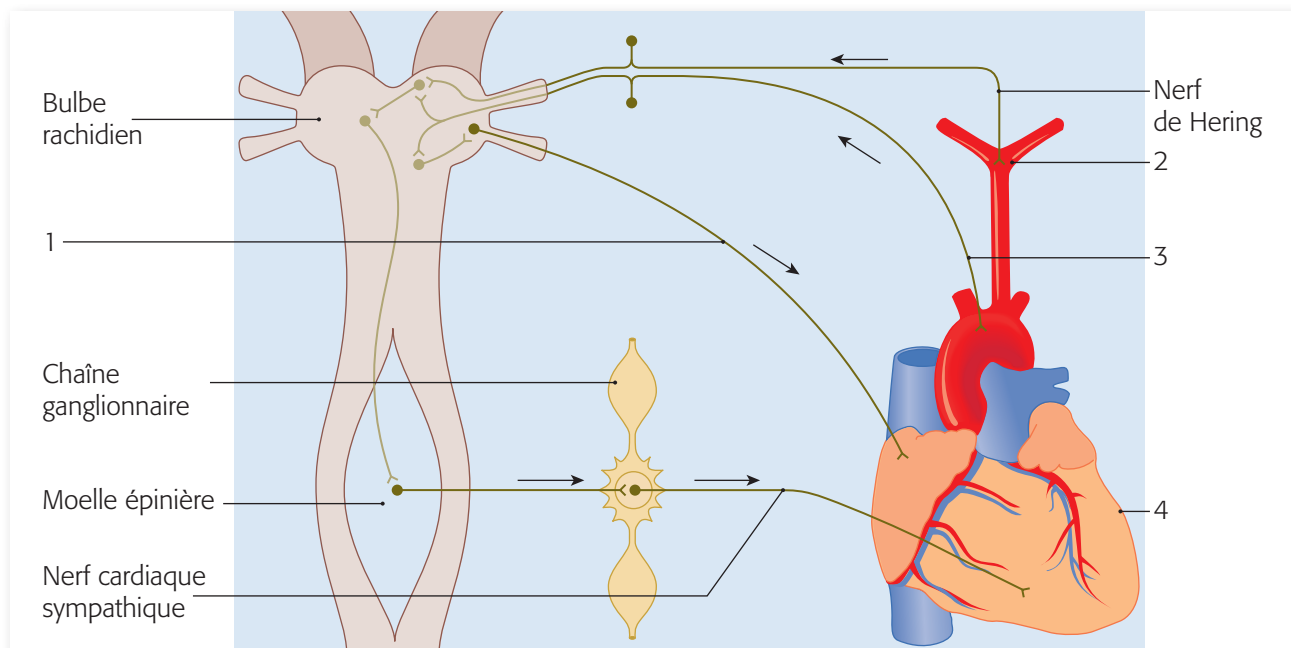
Doc. A L'innervation cardiaque

### Je sais dire

Terme	Définition
Nerf sympathique	Nerf qui <b>accélère</b> ..... le rythme cardiaque en cas de stimulation
<b>Nerf afférent</b> .....	Nerf qui véhicule une information vers le SNC

Terme	Définition
Nerf parasympathique	Nerf qui <b>ralentit</b> ..... le rythme cardiaque en cas de stimulation
<b>Nerf efférent</b> .....	Nerf qui véhicule une information du SNC vers un effecteur

## Je sais faire le jour du bac



Doc. A Schéma de l'arc réflexe cardiaque

L'arc réflexe cardiaque, impliqué dans la régulation nerveuse de la pression artérielle, est schématisé ci-dessus. Il fait intervenir différentes structures anatomiques : récepteurs, nerfs sensitifs, centres nerveux, nerfs moteurs et effecteurs.

1 Déterminer le nom des structures 1 à 4 dans le doc. A.

1 = Nerf vague (nerf X)

2 = Barorécepteurs du sinus carotidien

3 = Nerf de Cyon

4 = Cœur

2 Associer chacun des éléments 1 à 4 à un élément de l'arc réflexe : effecteur, récepteur, nerf moteur, nerf sensitif, centre nerveux.

Les barorécepteurs (2) sont des récepteurs, le nerf de Cyon (3) est un nerf sensitif, le nerf vague (1) est un nerf moteur et le cœur (4) est un effecteur.

3 En cas d'hypertension, le nerf de Hering et la structure 3 stimulent la structure 1 et inhibent indirectement le nerf cardiaque. Donner la conséquence de l'hypertension sur le rythme cardiaque. Expliquer en quoi cela permet de réguler la tension artérielle.

Le rythme cardiaque diminue, ce qui entraîne des éjections de sang moins fréquentes et donc une diminution de la pression artérielle.

4 Expliquer comment cet arc réflexe peut aussi être impliqué en cas d'hypotension.

En cas d'hypotension, on peut accélérer le rythme cardiaque en inhibant le nerf X et en stimulant le nerf sympathique cardiaque.

## 9

# Pathologies de la circulation sanguine

- ➔ Connaître la pathogénie de l'athérosclérose.
- ➔ Être capable de différencier l'infarctus du myocarde et l'angor. Connaître dans les deux cas les méthodes diagnostiques et les traitements.

## Activité 1 Les maladies cardio-vasculaires

### Doc. 1 Maladies cardio-vasculaires d'hier et d'aujourd'hui

Les maladies cardio-vasculaires sont provoquées par un mauvais fonctionnement du cœur et des vaisseaux sanguins. Elles sont responsables de 180 000 morts par an en France et représentent une des premières causes de mortalité.

La vidéo dont une capture d'écran est présentée ci-contre est une publicité réalisée par le LEEM, une association qui regroupe de nombreuses entreprises du médicament. L'aspect du « héros » du film n'a pas été choisi au hasard. Il correspond au profil type de la personne victime d'une maladie cardio-vasculaire.

Vidéo : <http://tinyurl.com/jj55hem>



#### 1 Préciser les caractéristiques du personnage.

Age : 50 ans environ Sexe : Masculin Mode de vie : Sédentaire

#### 2 Nuancer (ou expliciter) le terme « profil type » utilisé dans le doc. 1.

Les personnes présentant ces caractéristiques ont plus de risques de développer des maladies cardio-vasculaires que les autres profils. Tous ne le sont pas (loin de là) et d'autres profils peuvent en être victimes.

#### 3 D'après la vidéo, indiquer des symptômes associés aux maladies cardio-vasculaires.

Les symptômes évoqués sont les vertiges, la fatigue, la montée de sang au visage et la difficulté de bouger le bras droit (côté du cœur).

#### 4 La vidéo indique que les médicaments actuels sont plus efficaces pour prévenir et soigner les maladies cardio-vasculaires que les sangsues utilisées au XIX<sup>e</sup> siècle. Citer un domaine de prévention autre que médicamenteux et, à l'aide du doc. 2, préciser votre réponse.

Une hygiène de vie adaptée diminue les risques de maladies cardio-vasculaires. Parmi les conseils d'hygiène de vie, on peut citer :

- ne pas fumer ;
- avoir une alimentation variée ;
- pratiquer une activité physique.

### Doc. 2 Campagne de prévention



Le tiercé gagnant pour votre cœur !



## Activité 2 Les maladies coronariennes

- 1 Rappeler le nom des vaisseaux qui conduisent le sang dans la cavité des oreillettes et hors des ventricules.

Veines caves et pulmonaires apportent le sang au cœur ; artères aorte et pulmonaires font sortir le sang du cœur.

- 2 Les vaisseaux rouges observables sur le doc. 3 sont issus de la première ramification de l'aorte en partant du cœur. Il s'agit des artères coronariennes. Justifier le choix du nom, sachant que *corona* signifie « couronne » en latin.

Les artères coronaires enveloppent le cœur en formant une couronne.

- 3 Après avoir rappelé la signification des couleurs conventionnelles du sang, expliquer pourquoi les coronaires sont dites « artères nourricières du cœur ».

La couleur rouge indique que le sang est hématosé. La couleur bleue indique que le sang a perdu son dioxygène. Les artères coronaires amènent au tissu cardiaque l'oxygène nécessaire à son métabolisme.

- 4 L'insuffisance coronarienne signifie que l'apport de sang (ou irrigation) *via* les artères coronariennes est insuffisant. On parle d'ischémie. Préciser la conséquence prévisible d'une ischémie sur le métabolisme des cellules cardiaques.

Le cœur étant insuffisamment irrigué, les cellules cardiaques ne peuvent jouer correctement leur rôle de contraction : le cœur fatigue, perd de la puissance.

- 5 Lorsque le cœur n'est plus irrigué, certaines de ses cellules peuvent se nécroser (mort des cellules d'un tissu). Rappeler le rôle du cœur et prévoir les conséquences d'une telle nécrose.

Le cœur joue un rôle de pompe. Son arrêt interrompt la distribution du sang oxygéné aux divers tissus de l'organisme, dont le cerveau, compromettant ainsi la vie de l'individu.

- 6 La trinitrine est un médicament qui permet d'élargir le diamètre des artères coronaires (vasodilatateur coronarien). Prévoir son effet sur l'angine de poitrine et sur l'IDM (doc. 4).

L'effet vasodilatateur de la trinitrine permet de rétablir une circulation sanguine suffisante dans les artères coronaires. Il est inefficace sur l'IDM car une partie du cœur a été nécrosée.

Doc. 3 Vascularisation du cœur

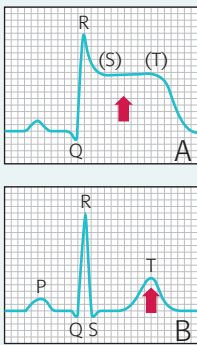
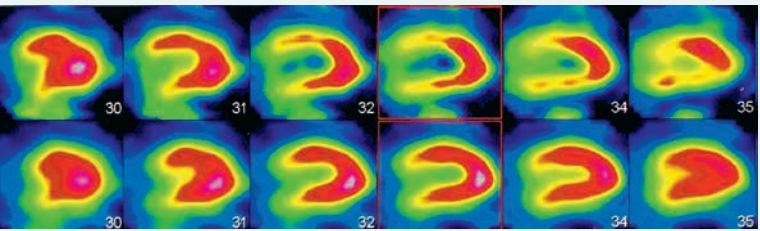


Doc. 4 Deux exemples d'insuffisances coronariennes

Angor ou angine de poitrine	Infarctus du myocarde (IDM)
Due à une sténose (rétrécissement d'un vaisseau) incomplète d'une artère coronaire. Provoque une anoxie (apport d'oxygène insuffisant) du myocarde.	Due à une sténose complète d'une artère coronaire. Provoque la nécrose d'une partie du myocarde.

## Activité 3 Méthodes diagnostiques et traitements

### Doc. 5 Trois méthodes diagnostiques des insuffisances coronariennes

ECG	Scintigraphie
 <p>La scintigraphie est un examen d'imagerie médicale au moyen duquel on suit la fixation d'un traceur radioactif sur le myocarde. La fixation du marqueur est proportionnelle au débit sanguin local. Les zones rouge/orangé correspondent à un tissu bien irrigué en sang et les zones bleu/jaune correspondent à un tissu mal irrigué (ischémie).</p>	
Prélèvement sanguin	
<p>Lors d'une lésion, les cellules du myocarde libèrent des protéines dans le sang. Si on constate une élévation du taux de ces protéines (troponines et <i>créatine kinase-muscle brain</i> (CK-MB)). Ainsi, le dosage de ces marqueurs cardiaques permet de confirmer un diagnostic d'IDM.</p>	

- 1 L'ECG A du doc. 5 est caractéristique d'une possible insuffisance coronarienne (début d'un IDM). Comparer cet ECG à un ECG normal (ECG B).  
B présente une onde T bien séparée de l'onde QRS. A ne présente pas une onde T isolée.
- 2 Les clichés en scintigraphie C et D du doc. 5 ont été pris chez un même patient. C correspond au repos et D à l'effort. Comparer l'irrigation du myocarde dans les deux conditions. Indiquer une pathologie possible du patient.  
En D certaines régions restent jaunes et sont donc mal irriguées. Le patient a des problèmes d'irrigation du myocarde à l'effort. Il souffre peut-être d'angor.
- 3 Indiquer en quoi le dosage des marqueurs cardiaques est un examen facile à effectuer.  
Une simple prise de sang suffit avant d'effectuer le dosage.
- 4 Parmi les traitements décrits dans le doc. 6, distinguer les traitements médicamenteux et chirurgicaux.  
Les traitements médicamenteux sont les antiagrégants, thrombolytiques et vasodilatateurs. Les traitements chirurgicaux sont l'angioplastie coronaire et le pontage.

### Doc. 6 Traitements des insuffisances coronariennes

#### Angioplastie coronaire (athérectomie)

Afin de rétablir le diamètre normal d'une artère bouchée, le chirurgien introduit une sonde munie d'un ballonnet et d'un mini-ressort appelé *stent*. Le gonflage du ballonnet permet de rétablir le diamètre normal de l'artère ; le *stent* est mis en place et demeure dans l'artère.

#### Différentes administrations

L'administration d'antiagrégant empêche la formation de caillots.  
L'administration de vasodilatateur augmente le diamètre des vaisseaux.

#### Pontage

Cette intervention permet de contourner la section de coronaire bouchée, au moyen d'un segment de vaisseau sanguin.

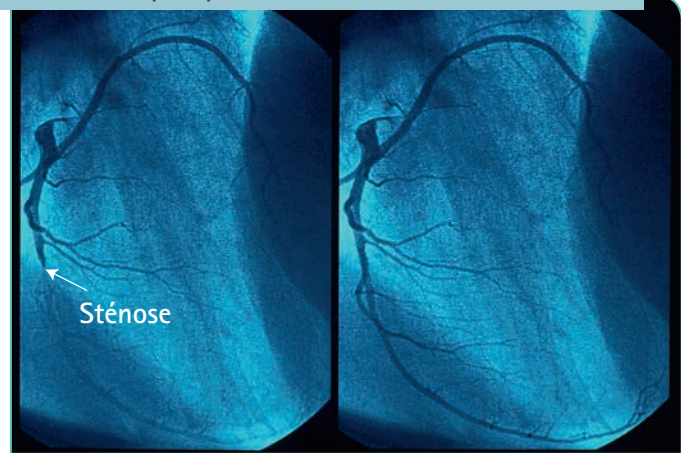
- 5 L'angioplastie est un traitement de premier recours, contrairement au pontage. Justifier.

Le pontage n'est réalisé que si l'angioplastie, ...  
plus simple, est impossible ou inopérante.

- 6 L'angiographie est l'image des artères obtenue aux rayons X après l'injection d'un produit de contraste. Expliquer les différences entre les deux images du doc. 7.

Le stent a permis d'augmenter localement  
le diamètre de l'artère sténosée. La partie en aval  
du stent est mieux irriguée et donc plus visible.

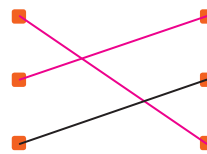
Doc. 7 Angiographie des artères coronaires avant et après pose d'un stent au niveau d'une sténose



## Activité 4 L'athérosclérose

- 1 Compléter le tableau et faire correspondre une conséquence possible de l'affection des artères.

Artère touchée	Région ou organe souffrant
Carotide	Cerveau
Coronaire	Cœur
Fémorale	Jambe



Conséquence possible
Infarctus
Artérite (inflammation d'une artère)
AVC (accident vasculaire cérébral)

Doc. 8 Description de l'athérosclérose

Des lipides (en particulier le « cholestérol-LDL ») peuvent se fixer sur la paroi interne des artères au niveau de l'intima. On parle de plaques d'athérome. Ces plaques peuvent entraîner des lésions (sclérose) et des formations de fibres (fibrose). À terme, elles peuvent obstruer le vaisseau ou se détacher. Dans ce dernier cas, des accidents graves peuvent avoir lieu en aval du lieu de formation de la plaque d'athérome.

- 2 Nommer la pathologie mise en évidence sur le doc. 9.

Il s'agit de l'athérosclérose.

- 3 Expliquer pourquoi ce cas peut poser problème.

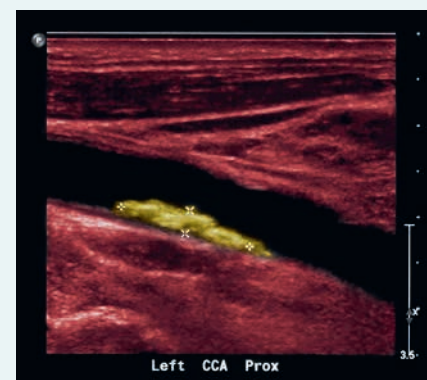
Si des morceaux de la plaque se détachent, ils peuvent boucher  
des artères de plus petit diamètre en aval, conduisant  
à un AVC, une phlébite ou une embolie.

- 4 Indiquer comment une alimentation trop grasse augmente les risques d'infarctus.

Cette alimentation favorise l'apparition de plaques d'athérome.

Doc. 9 Échographie Doppler

L'échographie Doppler convertit des ondes sonores en images. Ces ondes dépendent du débit sanguin dans les vaisseaux et mettent en évidence des obstacles. L'image présentée ici, obtenue par échographie Doppler, montre une plaque d'athérome (en jaune) sur la paroi d'une carotide.



## Je construis mon cours

### Les insuffisances coronariennes

Pathologies	Angine de poitrine (angor) .....	Infarctus du myocarde .....
Causes	Sténose partielle d'une artère coronaire	Sténose totale d'une artère coronaire
Signes cliniques	Précordialgie et douleur rétrosternale qui diminue en cas de prise de vasodilatateur	Précordialgie et douleur rétrosternale qui ne diminue pas en cas de prise de vasodilatateur
Méthodes diagnostiques	ECG, dosage de marqueurs cardiaques, scintigraphie cardiaque	
Traitements médicamenteux	Thrombolytiques, antiagrégants, vasodilatateurs	
Traitements chirurgicaux	Pas de traitement chirurgical	Angioplastie et pontage coronarien

L'athérosclérose est une pathologie multifactorielle (génétique, liée à l'hygiène de vie...) qui se traduit par la formation de plaques **d'athérome** ..... riches en lipides (cholestérol) dans les artères. Elle peut avoir de graves conséquences en fonction de sa localisation :

- artères coronaires ..... : infarctus ;
- artères des membres inférieurs : **artérite** .....
- artères cérébrales : **accident vasculaire cérébral (AVC)** ..... et hémiplégie.

## Je sais dire

<b>Accident vasculaire cérébral</b> .....	Trouble dû à l'obstruction ou à la rupture d'un vaisseau irriguant le cerveau	Embolie	Obstruction d'un vaisseau par un corps étranger, véhiculé par la circulation sanguine
Anévrisme	Dilatation localisée de la paroi d'une artère	<b>Fibrose</b> .....	Transformation fibreuse de certains tissus
<b>Angiographie</b> .....	Technique d'imagerie médicale d'observation aux rayons X des vaisseaux sanguins après injection d'un produit contrastant	Hémiplégie	Paralysie de la moitié du corps
Angioplastie	Intervention chirurgicale destinée à réparer ou remodeler un vaisseau	<b>Ischémie</b> .....	Diminution de l'apport sanguin artériel à un organe
<b>Anoxie</b> .....	Diminution de l'apport d'oxygène aux tissus	<b>Nécrose</b> .....	Mort de cellules d'un tissu
Anoxémie	Insuffisance d'oxygène dans le sang	Précordialgie	Douleur thoracique devant le cœur
<b>Artérite</b> .....	Inflammation d'une artère	Rétro-sternale	Située à l'arrière de la cage thoracique
Athérectomie	Ablation d'une plaque d'athérome	<b>Sclérose</b> .....	Dégénérescence d'un tissu
<b>Athérogène</b> .....	Qui engendre ou facilite l'athérome	<b>Sténose</b> .....	Rétrécissement d'un vaisseau



## Je sais faire le jour du bac

Monsieur X, âgé de 50 ans, obèse et tabagique, souffre de précordialgies, irradiant dans le bras gauche, apparaissant lors d'un effort, l'obligeant à arrêter l'effort et disparaissant spontanément au bout de quelques minutes ou après la prise de trinitrine (un vasodilatateur).

### 1 Définir le terme précordialgie.

Une précordialgie est une douleur dans la partie antérieure (en avant) de la cage thoracique (au niveau du cœur).

### 2 Rappeler le nom des deux maladies coronariennes les plus fréquentes. Déterminer, en justifiant, d'après les symptômes et leur évolution, le type d'insuffisance coronarienne dont semble souffrir M. X.

Les deux maladies coronariennes sont l'angine de poitrine (angor) et l'infarctus du myocarde. Le fait que les douleurs apparaissent à l'effort seulement et disparaissent en cas de traitement à la trinitrine plaide pour l'angine de poitrine. En cas d'IDM, la douleur ne disparaît pas avec la prise de trinitrine.

### 3 Un ECG pratiqué sur M. X montre des signes d'ischémie et de nécrose. Une coronarographie révèle la présence d'une plaque d'athérome dans une artère coronaire. Une intervention chirurgicale réparatrice est envisagée. Définir les termes ECG, ischémie et nécrose.

Un ECG, ou électrocardiogramme, permet d'enregistrer les signaux électriques émis par le cœur.

Une ischémie est une diminution de l'apport sanguin artériel au cœur. Une nécrose caractérise un tissu mort.

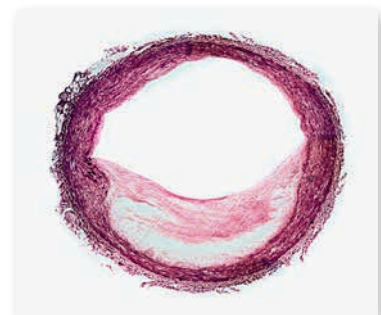
### 4 Nommer et décrire brièvement la finalité de deux techniques réparatrices de l'artère coronaire. Préciser laquelle est faite en première intention.

L'angioplastie coronaire permet de rétablir le diamètre de la lumière de l'artère en insérant un stent.

Un pontage coronarien permet de contourner le rétrécissement dû à une plaque d'athérome en greffant un vaisseau. L'angioplastie est effectuée en premier recours car c'est une technique moins lourde.

### 5 Nommer la structure mise en évidence dans la lumière de l'artère du doc. A et la pathologie suspectée.

L'artère est partiellement obstruée par une plaque d'athérome, il s'agit d'une athérosclérose.



Doc. A Coupe transversale d'une artère

# Je m'entraîne pour le bac

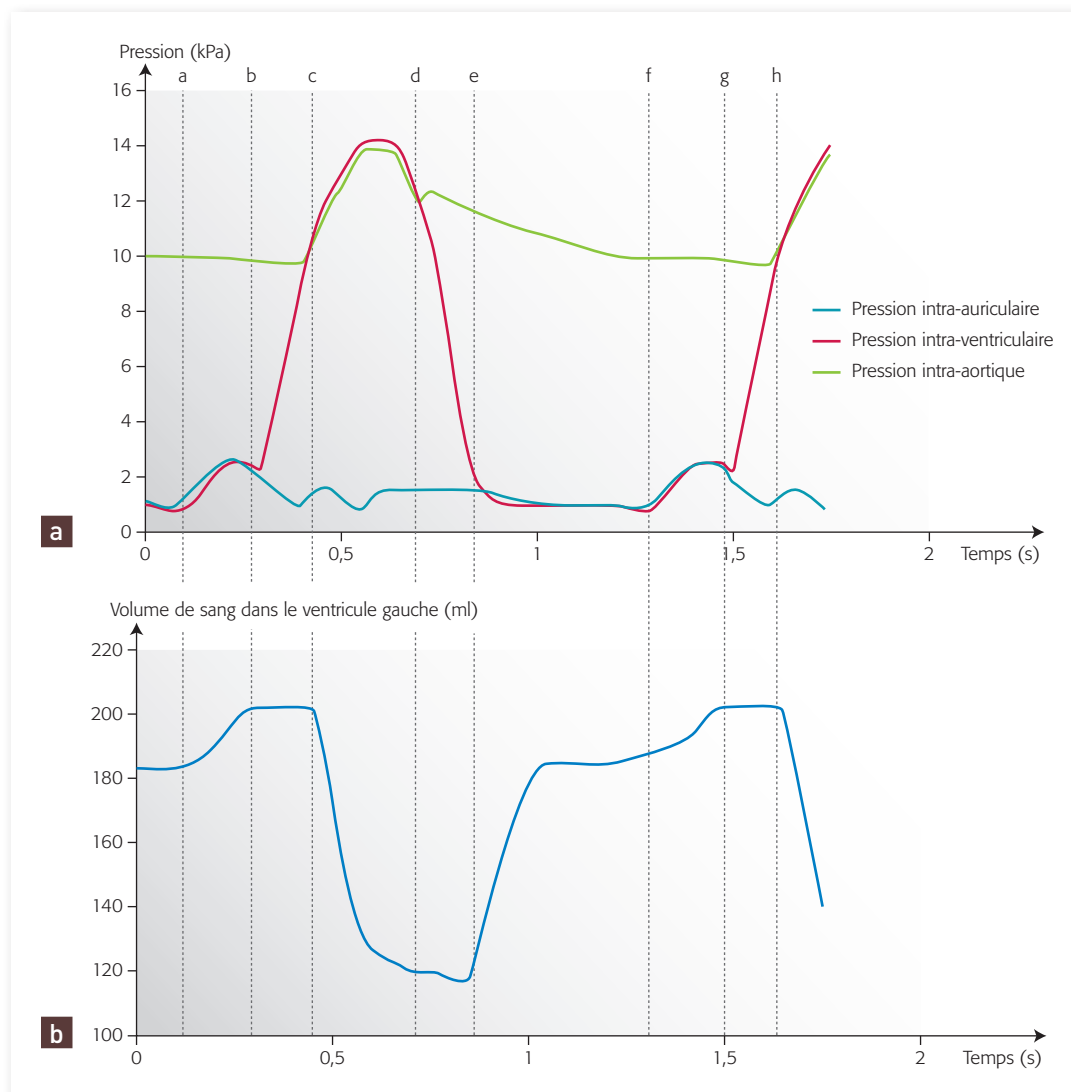
## Étude du fonctionnement cardiaque

### 1 Les phases du cycle cardiaque

Le doc. 1a présente les variations de pression dans les cavités cardiaques gauches et l'aorte.

programme T<sup>le</sup> 1.1. Indiquer quels événements ont lieu en b, c, d et e. Justifier.

programme T<sup>le</sup> 1.2. Indiquer à quels événements et quels repères du doc. 1 correspondent les bruits du cœur.



Doc. 1 Suivi de divers paramètres au cours du cycle cardiaque

programme T<sup>le</sup> 1.3. À l'aide des repères a à h, préciser les phases du cycle cardiaque.



Le doc. 1b représente les variations de volume à l'intérieur du ventricule gauche. L'échelle de temps est identique à celle du doc. 1a.

programme 1<sup>re</sup> T<sup>le</sup> 1.4. Décrire la systole ventriculaire à l'aide des docs 1a et 1b.

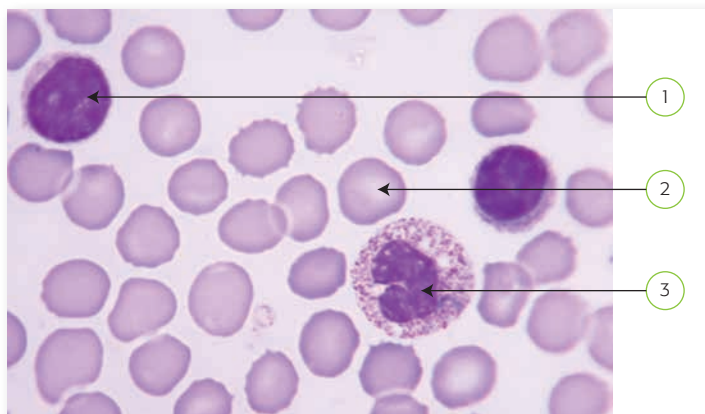
programme 1<sup>re</sup> T<sup>le</sup> 1.5. Calculer le volume d'éjection systolique à partir du doc. 1b.

## 2 Analyse sanguine

programme 1<sup>re</sup> 2.1. Le doc. 2 est le résultat d'un frottis réalisé chez M. D. Donner le nom des légendes 1 à 3.

programme 1<sup>re</sup> 2.2. Donner le rôle des cellules 2 et celui des cellules 3.

programme 1<sup>re</sup> 2.3. Le doc. 3 représente le résultat de l'hémogramme et du bilan biochimique du patient D. Relever les anomalies présentes dans ces analyses et donner le terme médical correspondant à chacune d'elles.



Doc. 2 Frottis sanguin

	Résultat de M. D	Valeurs de référence
Hématies	$5,2 \times 10^{12} \text{ L}^{-1}$	$4,5 \text{ à } 5,5 \times 10^{12} \text{ L}^{-1}$
Leucocytes dont :	$4,4 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$	$4,0 \text{ à } 9,0 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$
polynucléaires neutrophiles	$3,0 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$	$1,8 \text{ à } 7,5 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$
polynucléaires éosinophiles	$0,23 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$	inf. à $0,8 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$
lymphocytes	$0,03 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$	inf. à $0,2 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$
monocytes	$0,7 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$	$1,0 \text{ à } 4,0 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$
	$0,5 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$	$0,2 \text{ à } 1,0 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$
Plaquettes	$98 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$	$150 \text{ à } 450 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$

Doc. 3 Hémogramme et bilan biochimique du patient D.



## 10

## Chromosome et caryotype

- ➔ Connaître la composition et la structure de l'ADN et du chromosome.
- ➔ Reconnaître les différents états du chromosome au cours du cycle cellulaire.
- ➔ Pouvoir définir gonosome et autosome, formule chromosomique, caryotype et anomalie chromosomique.

## Activité 1 Présentation de l'ADN

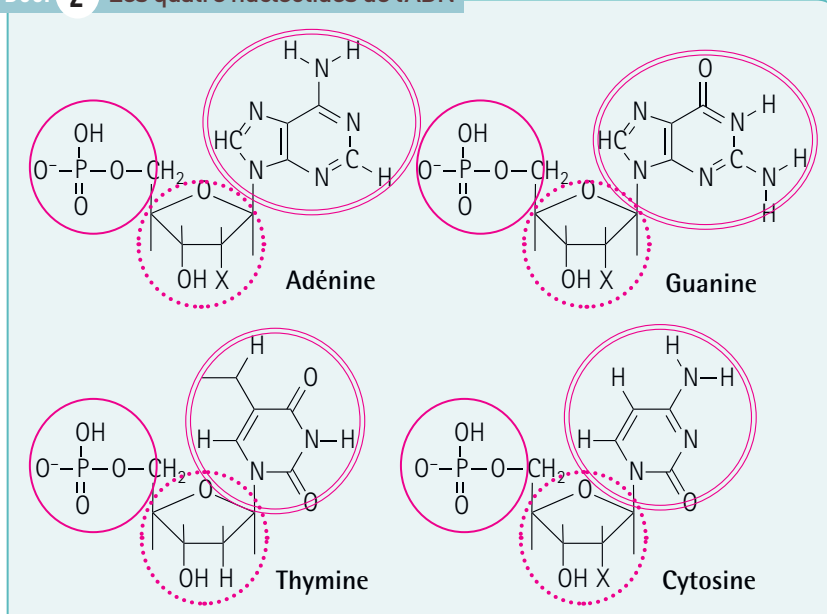
## Doc. 1 La molécule d'ADN

L'ADN est responsable de tous les caractères observables chez un être vivant (couleur des yeux, groupes sanguins...). La structure de l'ADN a été mise en évidence par James Watson et Francis Crick (photo) et Rosalind Franklin en 1953.

- La molécule d'ADN (acide désoxyribonucléique) est formée de deux **brins complémentaires** et **antiparallèles** formant une **double hélice**.
- Un brin d'ADN est constitué d'une succession de **nucléotides**. Le brin est **orienté**.
- Un nucléotide est constitué d'un **groupement phosphate** (noté P), d'un sucre (le **désoxyribose**) et d'une des quatre **bases azotées** suivantes : **adénine**, **guanine**, **cytosine** et **thymine** (notées A, G, C et T).



## Doc. 2 Les quatre nucléotides de l'ADN

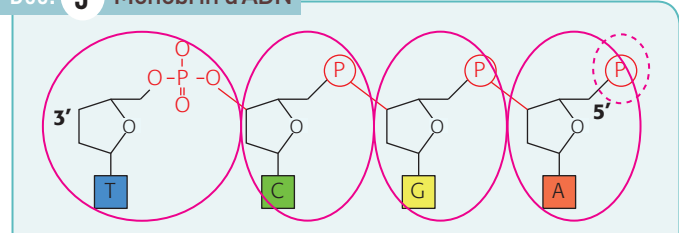


- 1 Identifier, en les entourant sur le **doc. 2**, les trois éléments caractéristiques des nucléotides en utilisant le code suivant : groupement phosphate (en bleu), sucré (en rouge), et base (en vert).

- 2 Identifier, en les entourant, les nucléotides schématisés sur le brin d'ADN présenté dans le **doc. 3**.

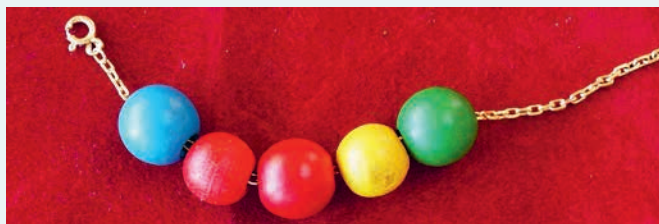
- 3 Le brin d'un ADN est orienté : une de ses extrémités présente un phosphate (extrémité 5') et l'autre non (extrémité 3'). Entourer en bleu l'extrémité 5' du brin.

## Doc. 3 Monobrin d'ADN





## Doc. 4 Deux colliers similaires orientés différemment



On peut assimiler le fermoir à l'extrémité 5' et les perles aux nucléotides.

## 4 En observant le doc. 4, justifier l'importance de préciser l'orientation de la molécule d'ADN.

Le fermoir des colliers n'est pas localisé du même côté. Même si la séquence des perles est la même, on ne peut les superposer. Deux colliers sont identiques s'ils présentent la même séquence à partir d'une extrémité donnée. Il en est de même pour un brin d'ADN.

## 5 Entourer les brins d'ADN dont la séquence est identique, en tenant compte de l'orientation.

5'-ACGGT-3'

3'-ACGGT-5'

3'-TGGCA-5'

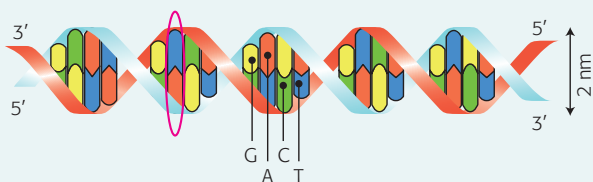
5'-TTGCA-3'

## Doc. 5 La double hélice d'ADN



Les deux brins de l'ADN forment une hélice. Les brins sont reliés l'un à l'autre par des « barreaux », qui correspondent aux bases azotées des nucléotides se faisant face (une sur chaque brin).

## Doc. 6 Représentation schématisée d'un fragment d'ADN



## 6 En observant l'orientation des deux brins d'ADN schématisés sur le doc. 6, justifier le terme « antiparallèle » utilisé dans le texte du doc. 1.

Les deux brins sont parallèles, mais en face de l'extrémité 5' d'un brin on trouve l'extrémité 3' de l'autre. Ils ont une orientation inversée.

## 7 Entourer sur le doc. 6 un exemple de « barreau », c'est-à-dire une liaison entre deux bases, tel que décrit dans le doc. 5.

## 8 Les brins sont dits complémentaires car, en face d'un type de base, on retrouve toujours le même autre type de base. Vérifier cette affirmation à partir du doc. 6 et compléter les phrases suivantes.

Chaque base **A** d'un brin est associée avec une base **T** sur l'autre brin.

Chaque base **C** d'un brin est associée avec une base **G** sur l'autre brin.

## 9 Donner, en l'orientant, la séquence du brin complémentaire de la séquence d'ADN suivante :

5'-ATTCGGGCTTTACCCCGA-3'

3'-TAAGCCCGAAATGGGGCT-5'

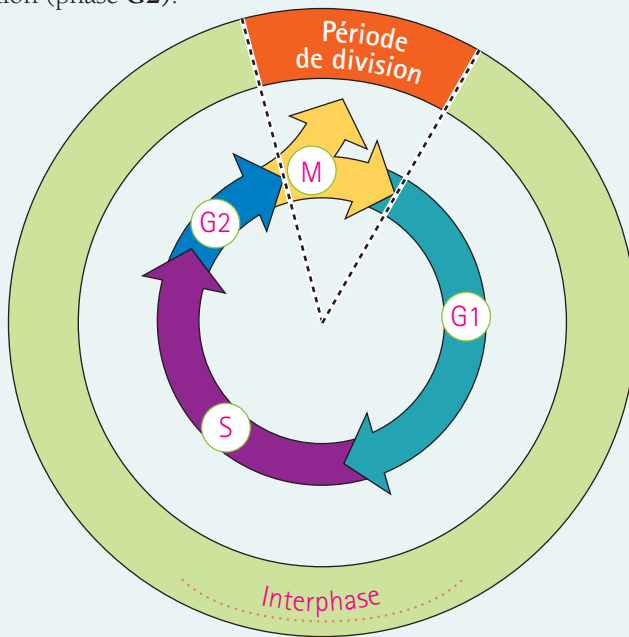
## Activité 2 Les étapes du cycle de la cellule

### Doc. 7 La division cellulaire

Le renouvellement des tissus nécessite une division permanente de cellules. Cette division est appelée mitose, **M**. Lors d'une mitose, une cellule se divise et donne deux cellules. La période entre deux mitoses successives est appelée **interphase**, que l'on divise en trois phases : G1, S et G2.

Pendant la phase S, l'ADN de la cellule est dupliqué (copié à l'identique). Cette duplication nécessite au préalable une étape de préparation cellulaire (phase G1).

Avant l'entrée en mitose, la cellule traverse une phase de préparation (phase G2).



1 Compléter la figure du doc. 7 avec les termes « interphase », « G1 », « G2 », « M » et « S ».

2 À partir du doc. 8, décrire le plus précisément possible l'évolution de la quantité d'ADN pendant les quatre phases du cycle cellulaire.

Phase 1 : la quantité d'ADN reste

constante, elle ne varie pas.

Phase 2 : la quantité d'ADN augmente

jusqu'à doubler.

Phase 3 : la quantité d'ADN reste

constante, elle ne varie pas.

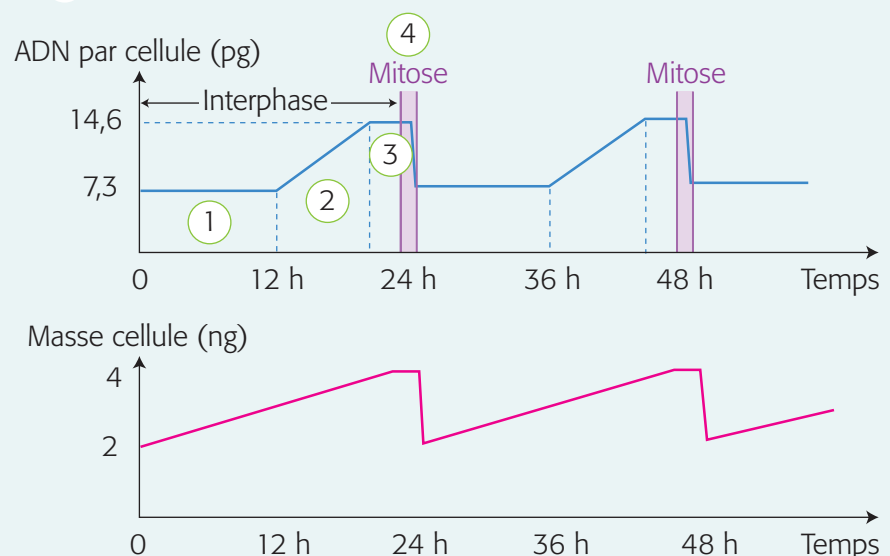
Phase 4 : la quantité d'ADN est au départ

constante, puis chute de moitié.

3 Faire correspondre à chaque phase du doc. 8 une étape du cycle cellulaire décrite dans le doc. 7.

- |         |               |
|---------|---------------|
| Phase 1 | S ou synthèse |
| Phase 2 | M ou mitose   |
| Phase 3 | G1 ou gap 1   |
| Phase 4 | G2 ou gap 2   |

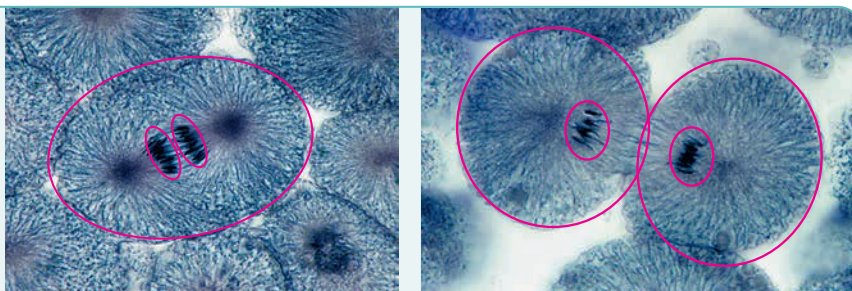
### Doc. 8 Évolution de paramètres cellulaires au cours du cycle de la cellule



## Doc. 9 Cellule en division

Les deux microphotographies montrent au cours du temps :

- les ADN (en noir) qui se séparent et se dirigent vers deux extrémités opposées de la cellule ;
- la cellule mère qui se divise en deux cellules filles.



4 Entourer la cellule en division ainsi que les ADN sur les deux photos du doc. 9.

5 Compléter le texte ci-dessous à l'aide des docs 8 et 9.

Lors de la division cellulaire, appelée **mitose**, la cellule mère se divise en **deux** cellules filles.

Le contenu de la cellule mère se répartit de manière **équitable**. Les deux cellules filles ont une masse et un contenu en ADN **identiques**.

6 La phase G1 a une durée très variable selon le type cellulaire. Ainsi une cellule du foie a une phase G1 courte (12 heures) comme c'est indiqué dans le doc. 8. D'autres cellules, tels les neurones, peuvent rester dans cet état de préparation cellulaire de nombreuses années. Une telle phase G1 prolongée est appelée phase G0. Indiquer la conséquence pour la cellule de ce maintien en phase G0.

La cellule ne se divise pas.

### Activité 3 Chromatine, chromatide et chromosome

## Doc. 10 Différents aspects de l'ADN au cours du cycle cellulaire

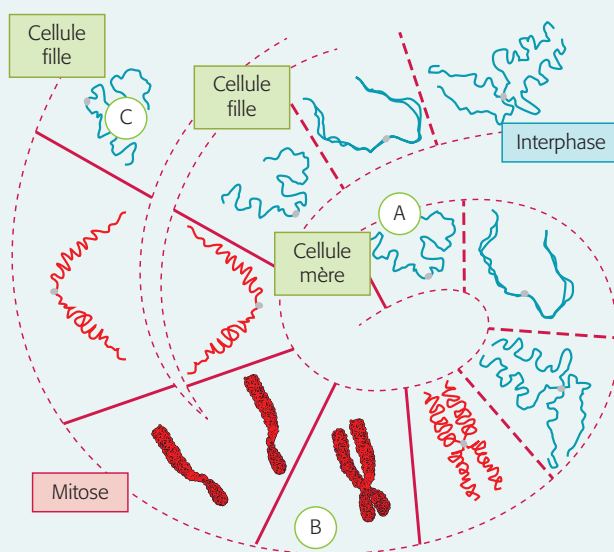
Dans le noyau d'une cellule, l'ADN est lié à des protéines pour former une structure appelée **chromatine**.

Pendant la phase S, la quantité d'ADN est doublée : l'ADN est dupliqué.

Lors de la mitose, les deux molécules d'ADN identiques issues de la phase S sont reliées par un **centromère**.

La structure ainsi formée est observable au microscope optique et est appelée **chromosome métaphasique**. Un chromosome est ainsi constitué de deux molécules d'ADN identiques, appelées **chromatides**, reliées par le centromère.

Les chromatides se séparent au cours de la mitose. Chaque cellule fille contient alors le même ADN.



1 À partir des docs. 8 et 10, compléter le tableau ci-dessous.

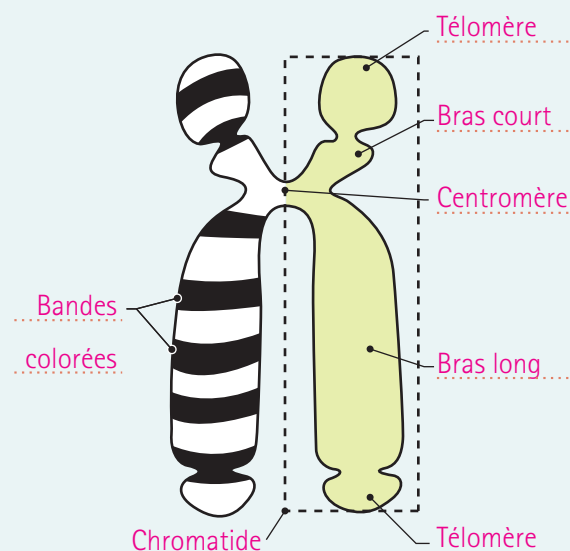
	Phase G1 de la cellule mère (A)	Début de mitose (B)	Phase G1 de la cellule fille (C)
Nombre de chromatides par chromosome	1	2	1
Masse de chromatine par chromosome (pg)	0,4	0,8	0,4

2 Selon le moment du cycle cellulaire, la chromatine est plus ou moins condensée. Identifier sur le schéma du doc. 10 l'étape correspondant à la forme la plus condensée (métaphase).

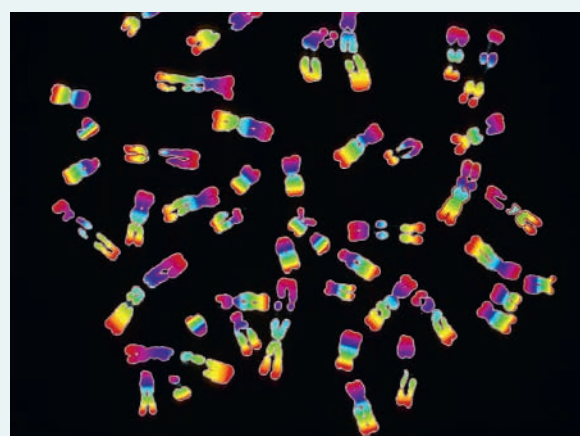
Il s'agit de l'étape notée B sur le doc. 10 (on parle de chromosome métaphasique).

### Doc. 11 Le chromosome métaphasique

Le chromosome métaphasique contient deux copies identiques de l'ADN appelées **chromatides**. Ces copies sont reliées au niveau d'un **centromère**. À partir du centromère, on observe des **bras courts** et des **bras longs** qui se terminent par des **télomères**. Sur les chromatides, on peut mettre en évidence des **bandes colorées** caractéristiques.



### Doc. 12 Garniture chromosomique



Les cellules possèdent un grand nombre de chromosomes qui se distinguent par leur taille, leur forme (emplacement du centromère) et leurs bandes colorées.

L'étude de ces chromosomes permet de mettre en évidence des anomalies qui peuvent se traduire par des pathologies sévères.

3 Légender le schéma du doc. 11.

4 En observant la « garniture chromosomique » du doc. 12, préciser le problème qui se pose lors de la recherche d'anomalies chromosomiques.

L'ensemble ne peut pas être interprété tel quel : il faut identifier puis classer les chromosomes selon leur taille, la position de leur centromère, de leurs bandes colorées...

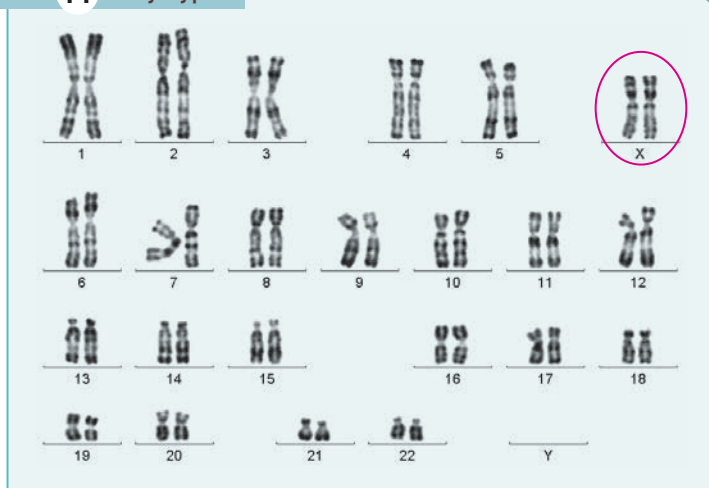
### Doc. 13 Réalisation d'un caryotype

Les chromosomes métaphasiques d'une cellule sont colorés puis observés en microscopie optique. Les chromosomes sont rangés par **paires** de chromosomes **homologues**. Les chromosomes homologues portent l'information codant les mêmes caractères : l'un provient du père et l'autre de la mère. Les paires de chromosomes homologues sont classées dans un ordre précis en fonction de leur taille, de la place du centromère et des bandes colorées. On obtient alors un **caryotype**.

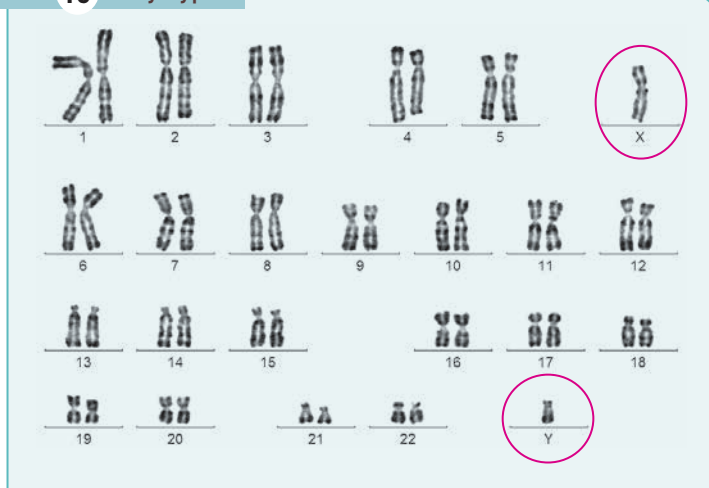
On distingue l'unique paire de **gonosomes** (chromosomes qui déterminent le sexe) des paires d'**autosomes** numérotés.



## Doc. 14 Caryotype 1



## Doc. 15 Caryotype 2



- 5 Indiquer le nombre de chromosomes d'un être humain à partir des docs 14 et 15.

Les êtres humains possèdent normalement 46 chromosomes, soit 22 paires d'autosomes et une paire de gonosomes.

- 6 Localiser et entourer les gonosomes dans les deux caryotypes présentés dans les docs 14 et 15.

- 7 Les gonosomes des femmes sont notés XX et les gonosomes des hommes sont notés XY. Indiquer le sexe des personnes possédant les caryotypes 1 et 2 des docs 14 et 15.

Le caryotype 1, qui présente les gonosomes XX, est celui d'une femme : le caryotype 2, qui présente les gonosomes X et Y, est celui d'un homme.

- 8 En tenant compte des informations du doc. 13, compléter la phrase suivante.

Un individu possède 23 paires de chromosomes : 1 paire de gonosomes et 22 paires d'autosomes.

- 9 Indiquer, à partir des docs 14 et 15 les affirmations qui semblent correctes aujourd'hui.

- Il est possible de déterminer le sexe d'un individu à partir de son caryotype

Oui

Non

- Le sexe d'un individu dépend du déroulement de la grossesse.

Oui

Non

- La conception d'Aristote sur la détermination du sexe d'un individu est en contradiction avec les données scientifiques actuelles.

Oui

Non

## Doc. 16 Fille ou garçon selon Aristote

Selon Aristote (IV<sup>e</sup> siècle avant J.-C.), l'homme transmet lors de l'accouplement un ferment capable de donner un individu. La femme est un simple réceptacle. Si la grossesse se passe bien, l'enfant est un garçon. Si la femme est fatiguée, l'enfant est une fille. Enfin, si la femme est malade, l'enfant est un monstre.



## Activité 4 Formule chromosomique

### Doc. 17 Formule chromosomique et anomalies chromosomiques

Le caryotype permet d'obtenir la formule chromosomique. La formule est donnée sous la forme suivante : (nombre total de chromosomes, type de gonosomes).

Les types de gonosomes sont « XX » ou « XY ».

Lorsque l'individu ne possède pas le nombre de chromosomes habituel, on parle d'**aneuploïdie**. On distingue l'aneuploïdie par défaut (chromosome manquant) et l'aneuploïdie par excès (hyperploïdie, chromosome excédentaire).

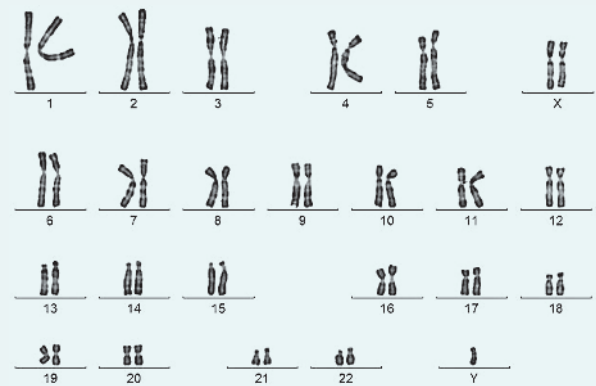
Si le chromosome en excès est un autosome, la formule chromosomique est donnée sous la forme : (« nombre total de chromosomes », « type de gonosomes » + « numéro du chromosome autosomique en plus »).

Si un gonosome est en excès, on écrit (« nombre total de chromosomes », « type de gonosomes »).

1 À partir des docs 14, 15 et 17, donner les formules chromosomiques d'une femme et d'un homme.

- ▶ Formule chromosomique d'une femme : (46, XX).....
- ▶ Formule chromosomique d'un homme : (46, XY).....

### Doc. 18 Caryotype « Klinefelter »



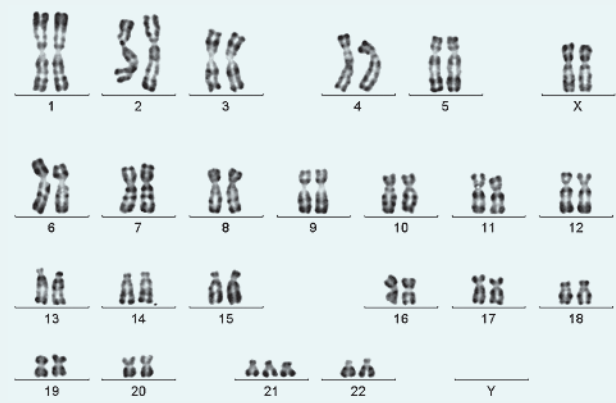
2 Écrire les formules chromosomiques des caryotypes présentés sur les docs 18 et 19.

- ▶ Formule chromosomique doc. 18 : (47, XXY).....
- ▶ Formule chromosomique doc. 19 : (47, XX + 21).....

3 Représenter le caryotype d'un moustique de formule chromosomique (6, XY).



### Doc. 19 Caryotype « syndrome de Down »

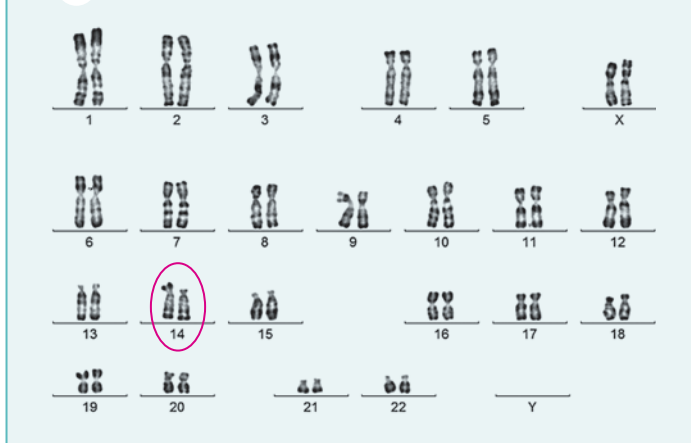


## Activité 5 Aberrations chromosomiques

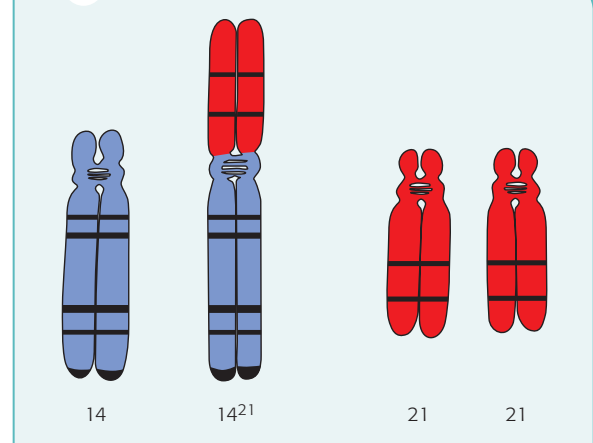
### Doc. 20 Le syndrome de Down ou trisomie 21

Les anomalies chromosomiques peuvent être de nombre (aneuploïdie) ou structurale (la structure de certains chromosomes est modifiée). La trisomie 21 se traduit par des déformations physiques et un retard mental plus ou moins importants. Elle est due à une anomalie chromosomique de nombre ou structurale.

## Doc. 21 Caryotype « syndrome de Down » avec translocation



## Doc. 22 « Syndrome de Down » avec translocation



- 1 Décrire le type d'anomalie chromosomique de l'exemple donné dans les docs 21 et 22. Entourez l'autosome concerné par la translocation.

Les bras longs d'un chromosome 21 ont été transloqués (ajoutés) sur un chromosome 14.

- 2 Comparer les anomalies chromosomiques des patients avec syndrome de Down dont les caryotypes sont présentés dans les docs 19 et 21.

On distingue une anomalie de nombre avec 3 chromosomes 21 (doc. 19) et une anomalie de structure avec translocation d'un morceau du chromosome 21 sur un chromosome 14 (doc. 21).

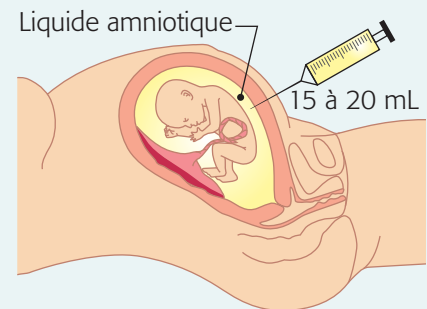
## Activité 6 Le diagnostic prénatal

## Doc. 23 Le diagnostic prénatal

Le diagnostic prénatal est un ensemble d'examens ayant pour but de détecter chez l'embryon ou le fœtus une affection génétique grave.

L'amniocentèse consiste à prélever du liquide amniotique qui contient des cellules du fœtus. Un caryotype peut alors être réalisé pour informer les parents de la présence ou non d'une anomalie chromosomique. En cas d'anomalie, les parents ont alors le choix d'interrompre la grossesse ou de préparer la prise en charge de l'enfant à venir.

L'amniocentèse présente un risque de fausse couche. Depuis 2011, un test prénatal à partir du sang maternel est commercialisé aux États-Unis.



- 1 Préciser l'intérêt d'un diagnostic prénatal qui révélerait une trisomie 21. Informer les futurs parents afin qu'ils aient le choix d'interrompre ou non la grossesse et éventuellement de préparer la future prise en charge de l'enfant.

- 2 Justifier l'interdiction en Europe d'utiliser le diagnostic prénatal pour déterminer le sexe du fœtus.

La connaissance du sexe pourrait conduire à une sélection des enfants d'un sexe par rapport à l'autre.

- 3 Indiquer l'avantage d'un test effectué à partir d'un prélèvement de sang maternel.

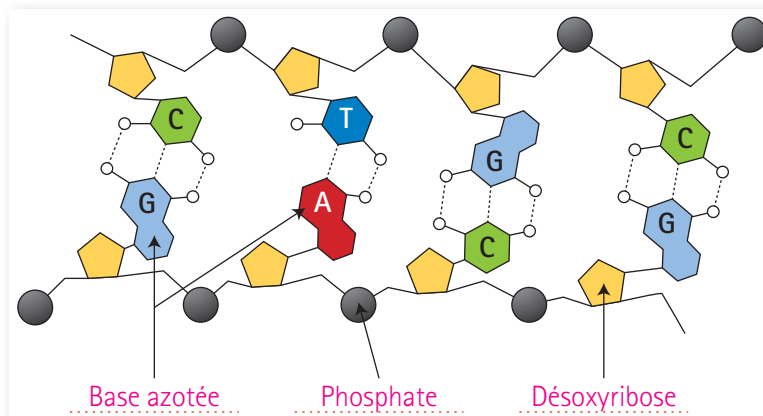
Cela évite une amniocentèse, qui est un facteur de risque de fausse couche.





# Je sais faire le jour du bac

- 1 Une molécule d'ADN est représentée dans le doc. A. Compléter les annotations.

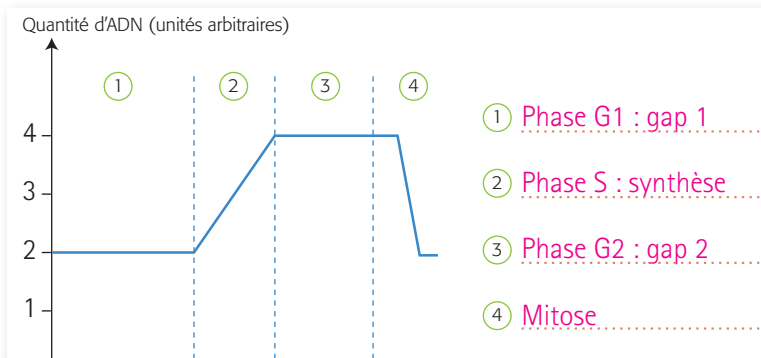


Doc. A Schéma de la molécule d'ADN

- 2 Nommer les quatre phases du cycle cellulaire présentées dans le doc. B.

- 3 À partir du doc. B, donner le nombre de chromosomes par cellule et le nombre de chromatides par chromosomes dans la phase 1 et 3.

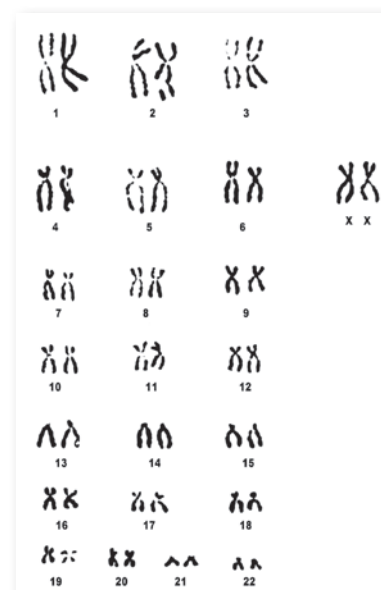
En phase 1, il y a 46 chromosomes  
à un chromatide ; en phase 3,  
il y a 46 chromosomes ayant chacun  
deux chromatides.



Doc. B Les phases du cycle cellulaire

- 4 Donner la formule chromosomique correspondant au caryotype du doc. C. Donner le sexe de l'individu dont c'est le caryotype.

La formule est (46, XX), il s'agit donc d'un individu de sexe féminin.



Doc. C Un caryotype

## 11

# Transmission des caractères héréditaires

- ➔ Savoir définir phénotype et génotype, homozygotie et hétérozygotie.
- ➔ Maîtriser les notions de dominance, co-dominance et récessivité.

## Activité 1 Caractères héréditaires

### Doc. 1 Caractères héréditaires (innés) et caractères liés à l'environnement (acquis)

Dans le film *La vie est un long fleuve tranquille* (1988), Étienne Chatiliez présente deux familles opposées : l'une, très modeste, les Groseille, et l'autre, très aisée, les Le Quesnoy. Un des enfants de chaque famille a été échangé à la maternité 12 ans plus tôt par une infirmière. La vérité connue, les deux enfants découvrent leur famille « biologique ». Les deux enfants ont à la fois des caractères de leurs parents biologiques, de leurs parents d'adoption et des caractères propres.



- Les caractères sont des éléments observables. Indiquer deux origines possibles des caractères.  
Les caractères peuvent être innés (caractères héréditaires) ou acquis (caractères liés à l'environnement).
- En prenant l'exemple de la couleur de la peau et de l'exposition au soleil, montrer que les deux origines des caractères identifiées précédemment interagissent.  
Selon l'exposition au soleil, la couleur de la peau peut varier et passer d'une teinte blanche à brune.  
Deux personnes non exposées au soleil peuvent avoir des couleurs de peau différentes.
- Les caractères génétiques héréditaires sont transmis des parents aux enfants par l'intermédiaire d'une molécule contenant l'information codant ces caractères. Rappeler le nom complet de cette molécule et son sigle.  
Acide désoxyribonucléique ou ADN.
- La couleur des yeux est un caractère classiquement utilisé pour tenter d'établir des liens de parenté. Préciser la particularité qui justifie le choix de ce caractère.  
La couleur des yeux est un caractère facile à observer.
- Des personnes se proposent d'étudier l'intelligence comme caractère héréditaire. Indiquer l'une des raisons essentielles qui rend ces recherches vaines (et polémiques).  
Il n'y a pas de consensus sur la définition de l'intelligence.
- Compléter le texte en utilisant les questions et les réponses précédentes.  
Les caractères d'un individu sont des éléments observables. Certains caractères dépendent de l'individu, d'autres de l'environnement et, très souvent, de l'interaction entre les deux. Les caractères qui se prêtent bien aux études sur l'hérédité (transmission des caractères par l'ADN) sont faciles à observer.

## Activité 2 Définition du phénotype

### Doc. 2 Définition et notation d'un phénotype

Le phénotype est l'ensemble des caractères observables d'un individu. Cependant, on utilise aussi le terme phénotype pour définir un seul caractère observable d'un individu, d'une cellule ou d'une molécule.

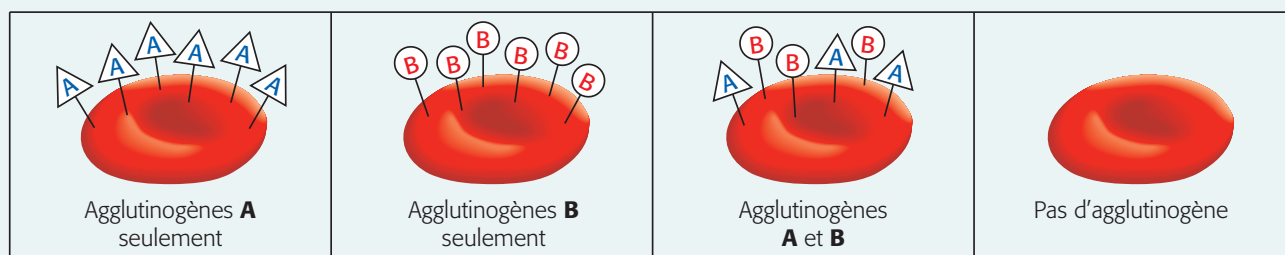
Le phénotype est noté entre crochet. Par exemple, [N] signifie qu'une personne a les yeux noirs et [Bl] signifie qu'une personne a les yeux bleus.

Des tests d'identifications de groupes sanguins sont réalisés. Les témoins (qui permettent de valider les résultats) ne sont pas présentés. Compléter le tableau à l'aide des informations des docs 2 et 3.

### Doc. 3 Mise en évidence d'un caractère génétique

Les globules rouges peuvent porter à leur surface, selon les individus, une molécule appelée agglutinogène A, une molécule appelée agglutinogène B, les deux ou aucune des deux. Lorsque des globules rouges possèdent l'agglutinogène A, ils peuvent s'agglutiner en présence d'anticorps anti-A. S'ils possèdent l'agglutinogène B, ils s'agglutinent en présence d'anticorps anti-B.

Afin d'identifier le groupe sanguin d'une personne, on teste avec des anticorps l'apparition ou non d'une agglutination. Une agglutination se traduit par la formation d'agrégats de globules rouges.



	Ajout d'anticorps anti-A	Ajout d'anticorps anti-B	Groupe sanguin	Notation du phénotype
Cléopâtre			Groupe A (présence de l'agglutinogène A et absence de l'agglutinogène B)	[A]
Antoine			Groupe AB	[AB]
Claude			Groupe B	[B]
Messaline			Groupe O (absence des agglutinogènes A et B)	[O]

### Activité 3 Définition du génotype

#### Doc. 4 Définition du génotype

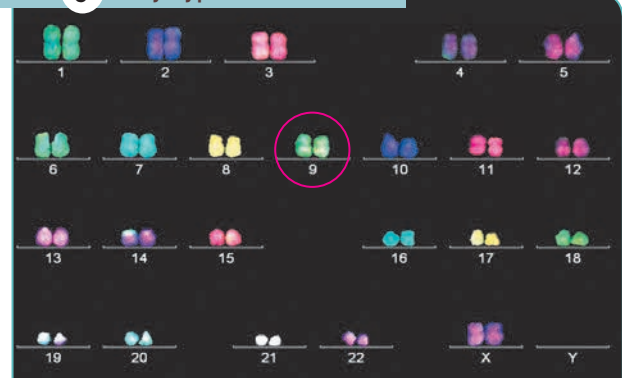
Certaines séquences de l'ADN portent une information qui permet l'expression (c'est-à-dire l'apparition) de caractères. Chacune de ces séquences correspondant à un caractère peut être définie comme une « unité d'information » et est appelée **gène**.

Un gène donné est situé à un endroit précis du chromosome appelé **locus**. Par exemple, le gène responsable du groupe sanguin est situé sur le chromosome 9. Un **génotype** caractérise l'ensemble des gènes. Cependant, on parle parfois de génotype pour un seul gène ou pour un seul caractère.

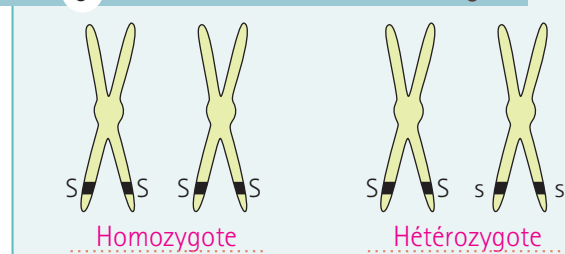
Certains gènes existent en plusieurs versions que l'on nomme **allèles**. S'il existe dans un groupe d'individus des allèles différents d'un même gène, on parle de **polyallélisme**. Lorsque chez un individu les deux allèles d'un même gène sont identiques, on dit qu'il est **homozygote** pour le gène donné. Lorsque les allèles sont différents, on dit qu'il est **hétérozygote**.

Lorsqu'il existe au moins deux allèles différents chez au moins 1 % de la population, on parle de **polymorphisme** pour ce gène.

#### Doc. 5 Caryotype humain normal



#### Doc. 6 Paires de chromosomes homologues



1 Entourer sur le doc. 5, le(s) chromosome(s) qui portent le gène des groupes sanguins.

2 À l'aide des docs 5 et 6, indiquer le nombre de chromosomes qui contiennent les allèles des groupes sanguins et préciser la caractéristique de ces chromosomes.

Il existe deux chromosomes 9. Il s'agit de chromosomes homologues.

3 Expliquer pourquoi il peut y avoir deux allèles différents des groupes sanguins dans une même cellule.

Les deux chromosomes 9 homologues contiennent les allèles des groupes sanguins, mais chaque chromosome peut porter un allèle différent.

4 Expliquer pourquoi les deux allèles d'un même chromosome sont toujours identiques.

Un chromosome est constitué de deux chromatides identiques (chromatides sœurs de même séquence) issues de la duplication de l'ADN.

5 Identifier sur le doc. 6 la paire de chromosomes d'un individu homozygote et d'un individu hétérozygote.



- 6 Indiquer les différentes combinaisons alléliques possibles dans une cellule pour les groupes sanguins en les rangeant dans le tableau.

Homozygote	allèle <u>A</u> + allèle <u>A</u> ; allèle <u>B</u> + allèle <u>B</u> ; allèle <u>o</u> + allèle <u>o</u>
Hétérozygote	allèle <u>A</u> + allèle <u>o</u> ; allèle <u>B</u> + allèle <u>o</u> ; allèle <u>A</u> + allèle <u>B</u>

- 7 Préciser les allèles possédés par un individu de groupe sanguin de phénotype [AB].

Cet individu possède l'allèle A et l'allèle B qui codent les agglutinogènes A et B.

- 8 Trois allèles différents existent pour le gène des groupes sanguins : A, B ou O. Expliquer pourquoi cette affirmation permet de parler de polyallélisme et non de polymorphisme.

Il existe plus de deux allèles différents, on peut donc parler de polyallélisme de la population humaine.

Par contre, on ne sait pas si au moins deux de ces allèles se retrouvent dans plus de 1 % de la population humaine ; on ne peut donc pas parler de polymorphisme.

- 9 Reprendre la question 8 en prenant en compte le doc. 7.

L'allèle A est retrouvé dans 48 % de la population (45 % + 3 %) et l'allèle B dans 12 % de la population (9 % + 3 %). Ces allèles sont donc présents chez plus de 1 % de la population. Il s'agit donc d'un polymorphisme.

Doc. 7 Les groupes sanguins en France

Phénotype	[A]	[B]	[AB]	[O]
Fréquence en France	45 %	9 %	3 %	43 %

- 10 Une mutation de l'ADN est une modification de sa séquence. Indiquer les conséquences d'une mutation qui éteindrait l'expression de l'allèle B sur un globule rouge d'une personne [AB].

Le globule rouge ne fabriquerait plus d'agglutinogène B. La personne serait de groupe A.

## Activité 4 Allèles dominants, récessifs et codominants

Doc. 8 Vocabulaire

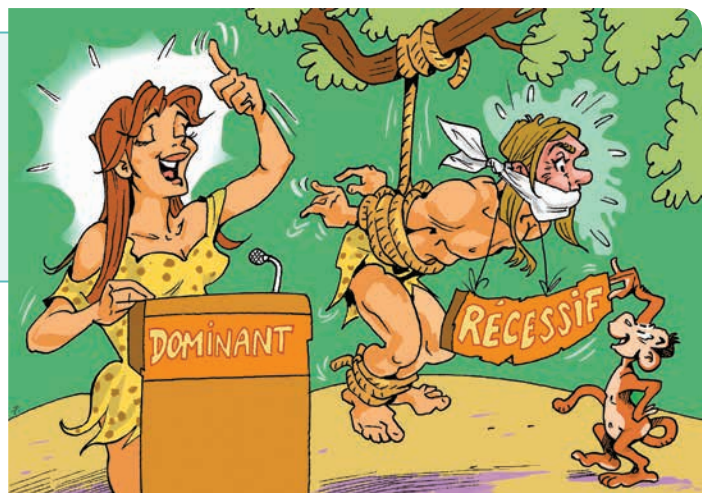
Lorsque deux allèles différents sont présents sur une paire de chromosomes homologues (individu hétérozygote), plusieurs cas sont possibles. Un seul allèle s'exprime : il est dit **dominant**, l'autre est dit **récessif**. Les deux allèles s'expriment : ils sont **codominants**.

- 1 Rappeler le phénotype associé à la présence simultanée des allèles A et B.

Le phénotype est [AB].

- 2 Dédurre de la question précédente la relation entre l'allèle A et l'allèle B.

Ils sont codominants car les deux s'expriment.

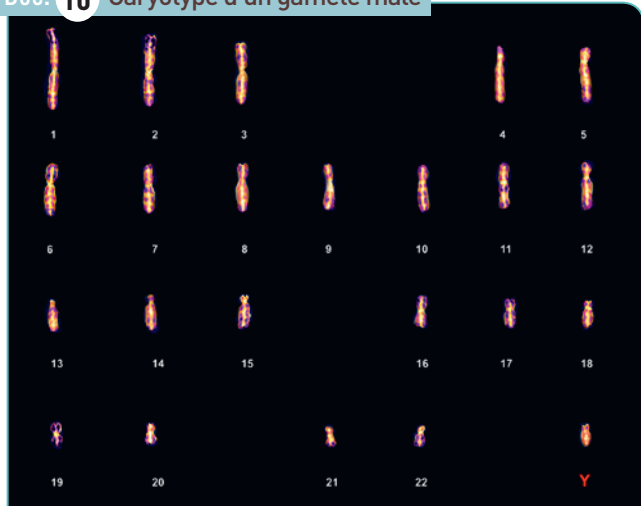
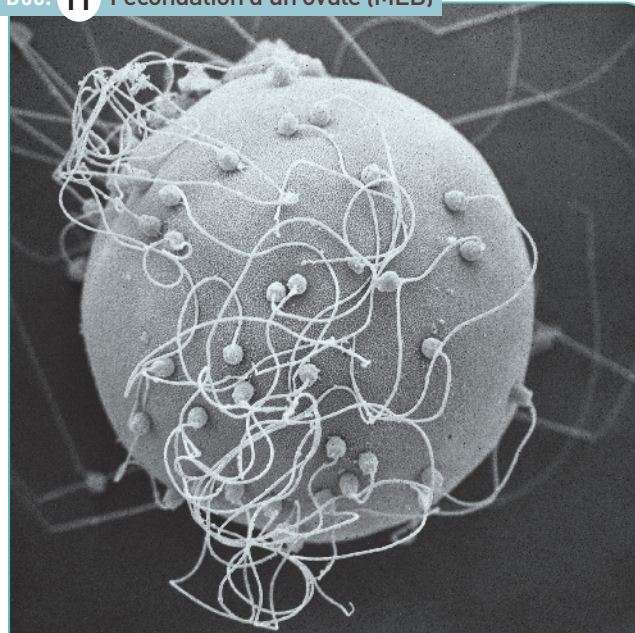


**Doc. 9** Règles de notation d'un génotype

- Les allèles sont représentés par des lettres.
- Les allèles dominants ou codominants sont écrits en majuscules.
- Les allèles récessifs sont écrits en minuscules.
- Le génotype est noté entre parenthèses.
- Les deux allèles étudiés d'un génotype sont séparés par une double barre : //.

**3** Des études ont montré que l'allèle o est récessif par rapport à l'allèle A et l'allèle B. En utilisant les règles de notation indiquées dans le [doc. 9](#), compléter le tableau.

Phénotype	Agglutinogènes formés	Couples d'allèles possibles	Notation du génotype
[A]	Agglutinogène A	A et A A et o	(A//A) (A//o)
[B]	Agglutinogène B	B et B B et o	(B//B) (B//o)
[AB]	Agglutinogènes A et B	A et B	(A//B)
[O]	Pas d'agglutinogène	o et o	(o//o)

**Activité 5** Caryotype des gamètes et échiquier de probabilités**Doc. 10** Caryotype d'un gamète mâle**Doc. 11** Fécondation d'un ovule (MEB)

**1** Les gamètes sont des cellules particulières dites « sexuelles ». Un gamète mâle (spermatozoïde) apporte son ADN au gamète femelle lors de la fécondation ([doc. 11](#)). Comparer le caryotype d'un gamète ([doc. 10](#)) avec le caryotype d'une cellule non sexuelle ([doc. 5](#) par exemple).

Une cellule non sexuelle contient 23 paires de chromosomes homologues, tandis qu'un gamète contient un seul représentant de chacune des 23 paires de chromosomes.

- 2 Indiquer, en termes de chromosomes, le résultat de la fécondation des deux gamètes, sachant que chaque gamète a une garniture chromosomique équivalente.

La cellule issue de la fécondation contient 23 paires de chromosomes (23+23).

- 3 Justifier la phrase : « Les paires de chromosomes homologues sont composées d'un chromosome qui vient du père et d'un chromosome qui vient de la mère ».

Les cellules d'un individu sont issues de la fécondation d'un gamète mâle (spermatozoïde) et d'un gamète femelle (ovule) qui apportent chacun un jeu complet de 23 paires de chromosomes.

- 4 Un individu de phénotype [AB] peut produire différents types de gamètes (si l'on ne s'intéresse qu'au groupe sanguin). Indiquer les allèles retrouvés dans les différents gamètes.

La moitié des gamètes contient uniquement l'allèle A et l'autre moitié uniquement l'allèle B.

- 5 En tenant compte du principe précédent, compléter les échiquiers de croisement entre individus en indiquant les allèles possibles contenus par les gamètes et les génotypes et phénotypes possibles des cellules issues de la fécondation.

Cas 1	Gamètes possibles	
Père [AB] (A//B)	(A)	(B)
Mère [A] (A//o)	(A)	(o)
(A)	(A//A) [A]	(B//A) [AB]
(o)	(A//o) [A]	(B//o) [B]

Cas 2	Gamètes possibles	
Père [B] (B//B)	(B)	(B)
Mère [o] (o//o)	(o)	(o)
(B)	(B//B) [B]	(B//B) [B]
(o)	(B//o) [B]	(B//o) [B]

- 6 Chacune des cases de l'échiquier de croisement sont équiprobables (ont la même probabilité d'apparition). Compléter le tableau suivant à partir des cas de la question 6.

	Cas 1				Cas 2			
Phénotype de l'enfant	[A]	[B]	[AB]	[O]	[A]	[B]	[AB]	[O]
Probabilité d'apparition	50 %	25 %	25 %	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %

- 7 Dans le cas 2, les enfants issus d'un père [B] et d'une mère [o] sont tous [B]. Montrer pourquoi un autre père [B] et une autre mère [o] pourraient avoir un enfant [o].

Un père [B] peut avoir le génotype (B//o) et donner un gamète (o). Le fils sera alors [o] puisque son génome sera (o//o).

- 8 En complétant l'échiquier de croisement appliqué aux gonosomes, montrer que le sexe d'un enfant est déterminé par le spermatozoïde du père.

La mère donne un gamète X. Le père donne un gamète X ou Y.

Père (X // Y)	(X)	(Y)
Mère (X // X)	(X//X) [X]	(X//Y) [Y]
(X)	(X//X) [X]	(X//Y) [Y]
(Y)	(X//X) [X]	(X//Y) [Y]

## Je construis mon cours

Les groupes sanguins sont des caractères

héréditaires dont le phénotype

est mis en évidence par agglutination.

Le gène des groupes sanguins est localisé

sur un locus du bras long

du chromosome 9. Il en existe

plusieurs allèles (A, B, o). A et B

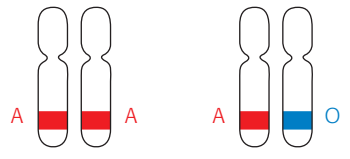
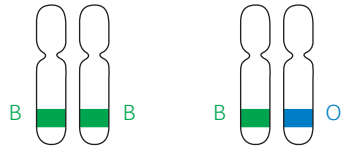
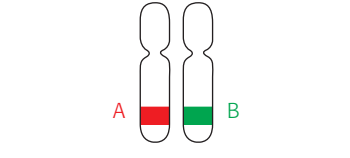
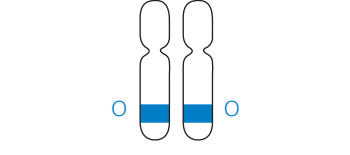
sont codominants, o est récessif.

Les échiquiers de croisement

permettent de déterminer la probabilité

d'apparition des génotypes et phénotypes

possibles des enfants.

Phénotype	Chromosomes 9	Génotype
[A]		(A//A) ou (A//o)
[B]		(B//B) ou (B//o)
[AB]		(A//B)
[O]		(o//o)

## Je sais dire

Terme	Définition
<u>Allèle</u>	Séquence d'ADN correspondant à une version d'un gène.
<u>Codominance</u>	Se dit lorsque deux allèles différents d'un même gène s'expriment conjointement.
<u>Dominant</u>	Se dit d'un allèle qui s'exprime seul, alors qu'un autre allèle du même gène est présent. Ce dernier est dit <u>récessif</u> .
<u>Gène</u>	Séquence d'ADN responsable de l'expression d'un caractère. Le gène peut se décliner selon plusieurs allèles.
<u>Génotype</u>	Ensemble des gènes d'une cellule ou d'un individu.
<u>Homozygote</u>	Individu dont les deux allèles d'un même gène sont identiques. Dans le cas contraire, on parle d'individu <u>hétérozygote</u> .
<u>Locus</u>	Emplacement d'un gène sur un chromosome. Au pluriel, on dit loci.
<u>Phénotype</u>	Ensemble des caractères observables d'un individu.



## Je sais faire le jour du bac

On se propose d'étudier la transmission d'un caractère, le groupe sanguin, dont le gène est situé sur le chromosome 9 et qui dépend d'un système de trois allèles A, B et O. On a étudié la descendance d'un couple dont l'un est de groupe A et l'autre de groupe B. Ce couple a deux enfants, l'un du groupe O et l'autre du groupe AB.

- 1 Définir le terme « allèle ».

Un allèle est une version d'un gène.

- 2 À partir de l'analyse des données, déterminer la dominance ou la récessivité des allèles A, B et O.

Un phénotype [AB] signifie que les allèles A et B s'expriment en même temps : ils sont codominants.

Le phénotype [O] implique que les deux parents possèdent l'allèle o et que cet allèle ne s'exprime pas.

Donc O est récessif.

- 3 Préciser, en le justifiant, le génotype des parents et des enfants.

A et B sont codominants. Si l'enfant est [AB], son génotype est (A/B). Un des parents porte l'allèle A et l'autre parent porte l'allèle B.

L'allèle o est récessif. Si l'enfant est [O], son génotype est (o/o). Chaque parent porte l'allèle o.

Les génotypes des parents sont donc (A/o) et (B/o).

- 4 Déterminer la probabilité pour ce couple d'avoir un autre enfant du groupe sanguin O en réalisant un échiquier de croisement.

Un échiquier de croisement donne les résultats suivants :

		Gamètes possibles	
Père [A] (A/o)	Mère [B] (B/o)	(A)	(o)
		(A/B) [AB]	(B/o) [B]
(B)	(o)	(A/o) [A]	(o/o) [O]

La probabilité d'avoir un enfant [O] est d'un quart, soit 25 %.

## 12

## Étude d'arbres généalogiques

- ➔ Mettre en évidence le mode de transmission des caractères héréditaires, à partir de l'analyse d'arbres généalogiques.
- ➔ Construire et analyser un échiquier de croisement.

### Activité 1 Établissement d'un arbre généalogique

#### Doc. 1 Quelques membres de la famille Weasley

Un **arbre généalogique** est une représentation graphique des liens familiaux qui nécessite la connaissance des membres de la famille étudiée.

Dans la saga *Harry Potter*, l'auteur J. K. Rowling a décrit en détail la famille Weasley. Arthur et Molly (deux personnes rousses) vont donner naissance à sept enfants roux : Charly, Bill, Percy, George, Fred, Ron et Ginny par ordre de naissance. L'union de Bill et de Fleur donnera trois enfants : Victoire, Dominique (une rousse) et Louis. Ron et Hermione donneront naissance à Hugo puis à Rosa (une rousse encore). George et Angelina auront deux enfants, Fred et Roxane, dont aucun ne sera roux. Enfin, Harry aura avec Ginny trois enfants : James Sirius, Lily Luna (une rousse) puis Albert Severus.



- 1 En utilisant les règles données dans le **doc. 2**, compléter en **fig. 1** l'arbre généalogique de la famille Weasley en notant le caractère « cheveux roux ».

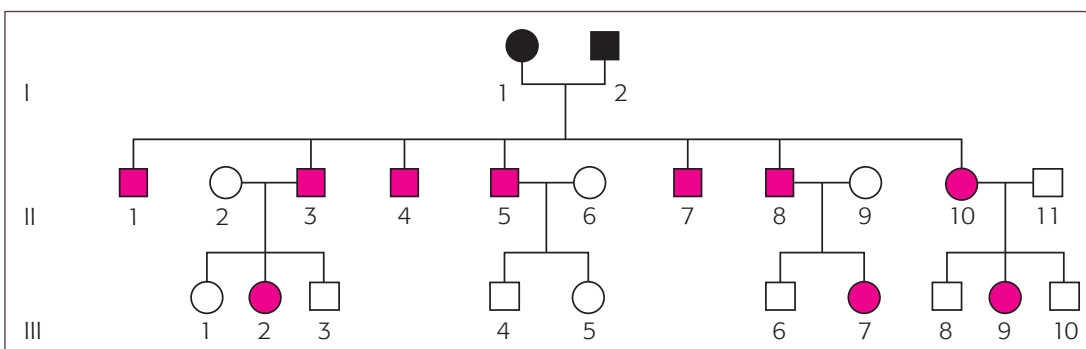


fig. 1 Arbre généalogique de la famille Weasley concernant le caractère « cheveux roux »

#### Doc. 2 Règles pour l'établissement d'un arbre généalogique en génétique

- L'arbre comporte une ligne par génération. Les conjoints sont sur une même ligne.
- Les lignes de génération sont numérotées en début de ligne en chiffres romains. La plus ancienne est notée I.
- Les individus d'une génération sont numérotés de gauche à droite en chiffres arabes (à partir de 1). On commence par l'aîné. Un individu est donc noté par ses coordonnées.
- Les hommes sont symbolisés par un carré, les femmes par un rond. Un losange indique que le sexe n'est pas connu.
- Le carré, le rond ou le losange sont coloriés lorsque l'individu possède le caractère que l'on étudie.
- Un point d'interrogation indique que l'on ne sait pas si la personne possède le caractère.
- Une forme barrée signifie que la personne est décédée.

- 2 À partir des phénotypes de l'arbre généalogique, observer le devenir du caractère « roux » au cours des générations dans la famille Weasley.

Le caractère « roux » est beaucoup moins fréquent à la génération III.

- 3 Préciser l'intérêt de réaliser un arbre généalogique en respectant les règles du doc. 2.

L'observation de l'arbre généalogique permet de voir immédiatement la répartition d'un caractère dans une famille. L'application des règles permet d'identifier facilement un individu dans la famille.

- 4 Indiquer le sexe et l'éventuelle atteinte de phénylcétonurie (une maladie métabolique facilement identifiable par l'étude des urines) de membres de la famille présentée dans le doc. 3.

III, 3 : garçon non atteint

II, 2 : fille atteinte

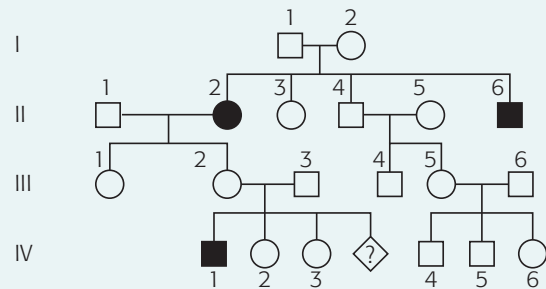
- 5 Interpréter le losange observé sur la ligne de la génération IV du doc. 3.

Il s'agit d'un enfant à naître. Ni le sexe, ni le caractère ne sont encore observables.

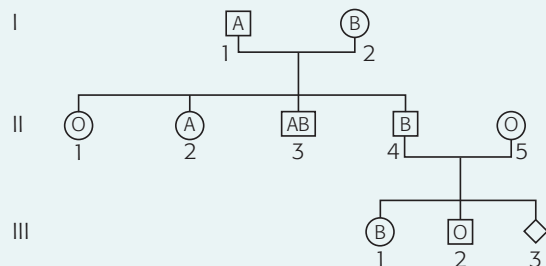
Donner les coordonnées des individus de phénotype [0] présentés dans le doc. 4.

II, 1 ; II, 5 ; III, 2

Doc. 3 Arbre généalogique d'une famille avec des cas de phénylcétonurie



Doc. 4 Arbre généalogique avec groupes sanguins



## Activité 2 Recherche de génotypes par observation des phénotypes d'une famille

- 1 Dans le doc. 4, indiquer les génotypes que l'on peut déduire uniquement à partir du phénotype.

L'allèle o est récessif. Donc [O] correspond à (o//o). C'est le cas de II, 1 ; II, 5 ; III, 2.

Les allèles A et B sont codominants. Donc [AB] correspond à (A//B). C'est le cas de II, 3.

- 2 Compléter le texte ci-dessous.

L'individu II, 1 a pour phénotype [O]. Il a pour génotype (o//o). L'un des allèle (o) vient du père I, 1. L'autre allèle (o) vient de la mère I, 2. Le génotype du père est donc (A//o) et le génotype de la mère est donc (B//o).

- 3** Expliquer comment on peut déduire du **doc. 4** les génotypes des individus [A] et [B] des générations II et III.

II, 2 : (A//o) l'enfant a reçu un allèle A (du père)

et n'a pas reçu de B de la mère (donc o).

II, 4 : (B//o) l'enfant a reçu un allèle B (de la mère)

et n'a pas reçu de A du père (donc o).

III, 1 : (B//o) l'enfant a reçu un allèle B (du père)

et n'a pas reçu de A de la mère (donc o).

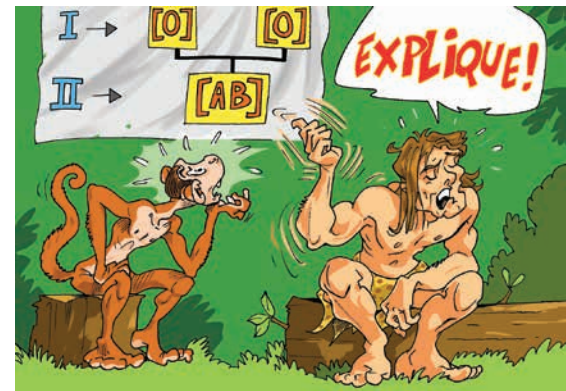
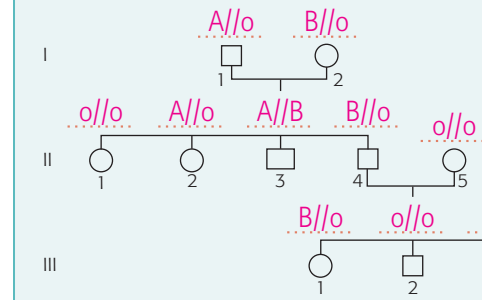
- 4** Compléter l'arbre généalogique des groupes sanguins **doc. 5**, en remplaçant les phénotypes par des génotypes.

- 5** Montrer pourquoi Cheetah va avoir du mal à expliquer l'arbre généalogique que lui présente Tarzan.

Des parents [O] ont forcément un génotype (o//o) car

l'allèle o est récessif. Leurs enfants seront donc (o//o).

### Doc. 5 Une énigme



- 6** Trouver plusieurs explications qui rendraient possibles l'arbre présenté par Tarzan en supposant qu'il s'agit bien d'un fils issu des deux parents. Afin de répondre à la question, une recherche sur le web du groupe sanguin « Bombay » permet d'illustrer une des explications.

Raison 1 : Une mutation (modification de la séquence génétique) peut avoir eu lieu.

Raison 2 : Des erreurs de manipulations lors de la détermination du groupe sont toujours possibles.

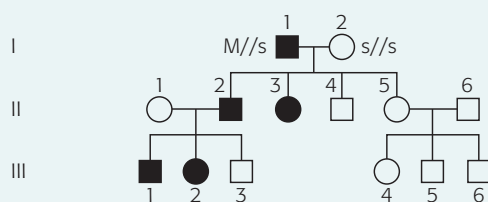
Raison 3 : Personnes apparaissant faussement [O].

## Activité

### 3

## Transmission d'une maladie associée à une hérédité autosomique dominante

### Doc. 6 Arbre généalogique d'une famille avec des cas de chorée de Huntington



La chorée d'Huntington est une maladie rare qui se traduit par une dégénérescence des neurones. Dans l'arbre généalogique ci-dessus, s désigne l'allèle « sain » et M l'allèle « malade ».

- 1** Rappeler ce que signifie « maladie due à une hérédité autosomique ».

La maladie est transmise aux enfants

par un chromosome non sexuel (autosome).

- 2** Justifier, à partir des données de la génération I du **doc. 6**, le terme « dominant » associé à cette hérédité.

Le phénotype « malade » est présent lorsque l'individu

possède le génotype (M//s). Donc M domine s.



- 3 Indiquer les génotypes possibles correspondant aux phénotypes suivants.

[M] : (M//s) ou (M//M) (peu fréquent)

[S] : (s//s)

- 4 Le génotype (M//M) se traduit par le phénotype [M]. Expliquer la raison pour laquelle les individus II, 2 et II, 3 n'ont pas le génotype (M//M).

La mère est homozygote (s//s). Elle transmet nécessairement un allèle s. Les enfants possèdent au moins un allèle s. Donc le génotype des individus II, 2 et II, 3 est (M//s).

## Activité 4 Transmission d'une maladie associée à une hérédité autosomique récessive

### Doc. 7 Description de la drépanocytose

La drépanocytose est une des maladies héréditaires liées à un seul gène (monogénique) les plus répandues dans le monde.

Elle est particulièrement présente dans les régions où sévit le paludisme (qui est une maladie due à un parasite).

Les globules rouges des personnes atteintes de drépanocytose ont une forme de faucille. Cela est dû à une modification de la structure de l'hémoglobine (une protéine nécessaire au transport du dioxygène contenue dans le globule rouge).

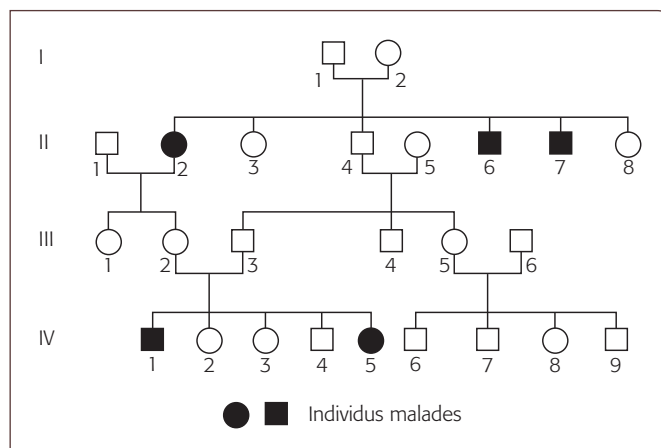


fig. 2 Arbre généalogique d'une famille avec des cas de drépanocytose

- 1 Montrer à partir de l'arbre généalogique de la fig. 2 que la drépanocytose ne dépend pas du sexe.

Trois hommes et trois femmes sont atteints. L'hérédité n'est donc pas liée au sexe.

- 2 Il existe deux allèles de l'un des gènes impliqués dans la structure de l'hémoglobine : HbA (qui donne une chaîne normale) et HbS (qui donne une chaîne anormale). L'allèle HbS est récessif par rapport à HbA. Préciser le génotype de l'individu II, 2. En déduire les phénotypes de ses parents.

II, 2 est (HbS//HbS) [malade] et ses parents sains sont tous les deux (HbA//HbS).

- 3 Justifier chaque terme de l'expression « hérédité autosomique récessive » utilisée pour classer la drépanocytose.

Hérédité : la maladie se transmet des parents aux enfants.

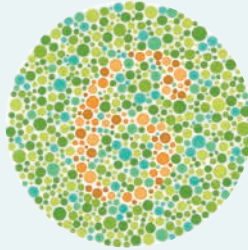
Autosomique : le gène est porté par un autosome (chromosome non sexuel).

Récessive : le caractère de la maladie n'apparaît que si les deux allèles sont présents.

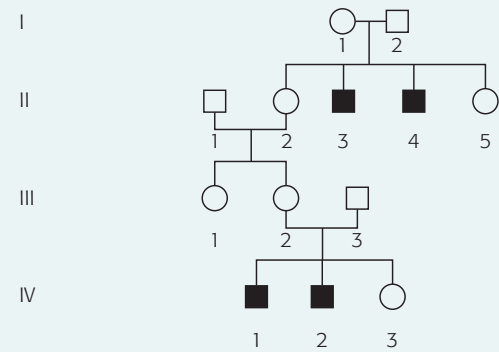
## Activité 5 Transmission d'une maladie associée à une hérédité liée à X

### Doc. 8 La vision d'un daltonien

Le daltonisme est une maladie qui se traduit par l'impossibilité de distinguer certaines couleurs (en général le vert et le rouge). Des daltoniens ne verront pas le chiffre écrit dans le disque ci-contre.



### Doc. 9 Arbre généalogique d'une famille comportant des daltoniens



- 1 Montrer que le daltonisme est une hérédité gonosomique (liée au chromosome sexuel).

Sur l'arbre présenté, seuls les garçons sont atteints.

On parle d'hérédité liée au sexe.

- 2 On prend pour hypothèse que l'allèle du gène responsable de la distinction des couleurs verte et rouge existe sous deux formes : (M) fonctionnel et (m) non fonctionnel. Ce gène est porté par le gonosome X. Compléter le tableau avec [N] pour normal et [D] pour daltonien.

Génotype	$X_M//X_M$	$X_M//X_m$	$X_m//X_m$	$X_M//Y$	$X_m//Y$
Phénotype	[N]	[N]	[D]	[N]	[D]

- 3 Le tableau de la question 2 présente le cas d'une femme daltonienne. Indiquer pourquoi les femmes daltoniennes sont peu nombreuses.

Il faut à la fois que le père soit daltonien ( $X_m//Y$ ) et la mère daltonienne ( $X_m//X_m$ ) ou porteuse ( $X_M//X_m$ ).

## Activité 6 Transmission d'une maladie associée à une hérédité liée à Y

### Doc. 10 Hypertrichose



L'hypertrichose se traduit par une pousse abondante des poils. Une des variantes (l'hypertrichose des oreilles) est due à un gène situé sur le chromosome Y.

- 1 Expliquer pourquoi les femmes ne peuvent être atteintes de l'hypertrichose des oreilles.

Elles ne possèdent pas de chromosome Y et donc pas le gène concerné.

- 2 Indiquer une particularité des garçons dont le père a du poil sur les oreilles. La « malédiction » les atteindra aussi.

## Activité 7 Reconnaissance des différents types d'hérédité

- 1 Préciser, en justifiant, pour chacun des cas présentés dans les fig. 3 à 6 si le caractère étudié est récessif ou dominant et si le gène est autosomique ou gonosomique. On pourra utiliser la méthodologie présentée dans la partie « je construis mon cours ».

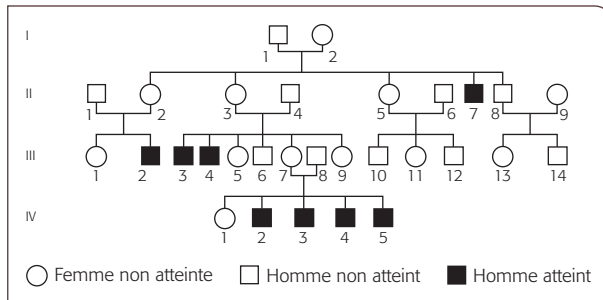


fig. 3 Arbre généalogique d'une famille atteinte de dystrophie musculaire de Duchenne

La maladie ne touche que les garçons, elle est due à un gène gonosomal. Ce ne peut être le chromosome Y, puisque des pères sains ont des enfants touchés. La maladie est donc portée par le chromosome X. La femme II, 2 transmet son chromosome X à son fils (III, 2). Elle est donc porteuse de l'allèle qui est récessif.

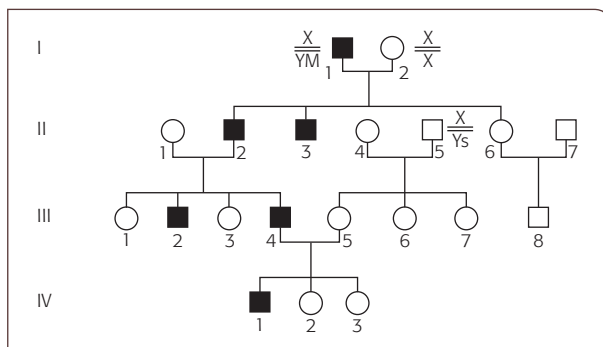


fig. 4 Arbre généalogique d'une famille atteinte d'hypertrichose

La maladie touche les hommes et les femmes, c'est un gène autosomal. Il n'existe pas de parents sains ayant des enfants malades : l'allèle est dominant.

La maladie ne touche que les garçons, elle est due à un gène gonosomal. Elle touche tous les hommes, elle est portée par le chromosome Y.

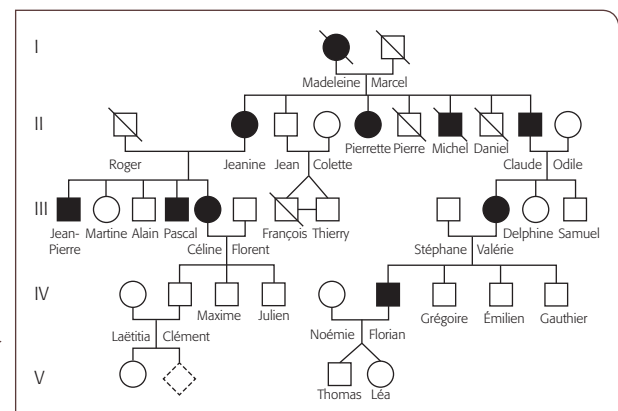


fig. 5 Arbre généalogique d'une famille atteinte d'hypercholestérolémie familiale

La maladie touche les hommes et les femmes, c'est un gène autosomal. Il existe des parents sains ayant des enfants malades : l'allèle est récessif.

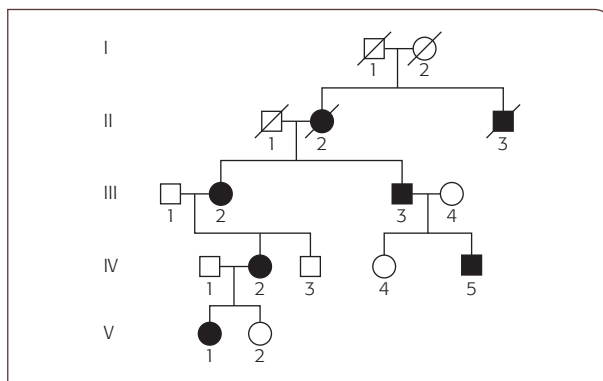


fig. 6 Arbre généalogique d'une famille atteinte de polypose adénomateuse familiale

- 2 Donner la probabilité que le fils de IV, 1 de la fig. 4 soit atteint d'hypertrichose.

Le gène est porté par le Y. Le fils sera automatiquement atteint. La probabilité est de 100 %.

## Je construis mon cours

Afin de caractériser le mode de transmission d'un caractère héréditaire, un arbre généalogique est réalisé.

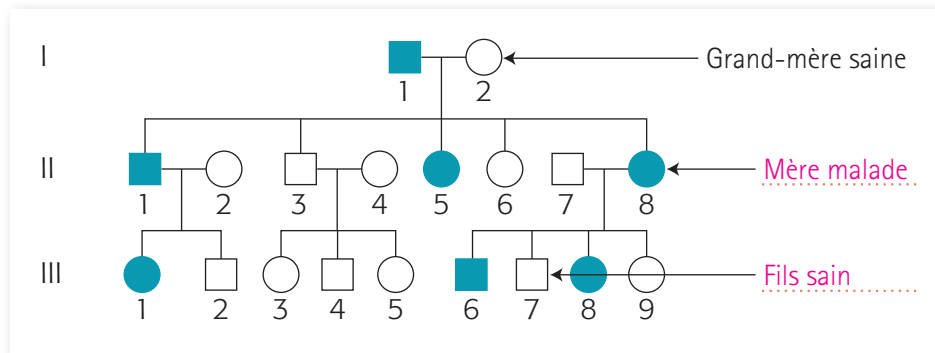
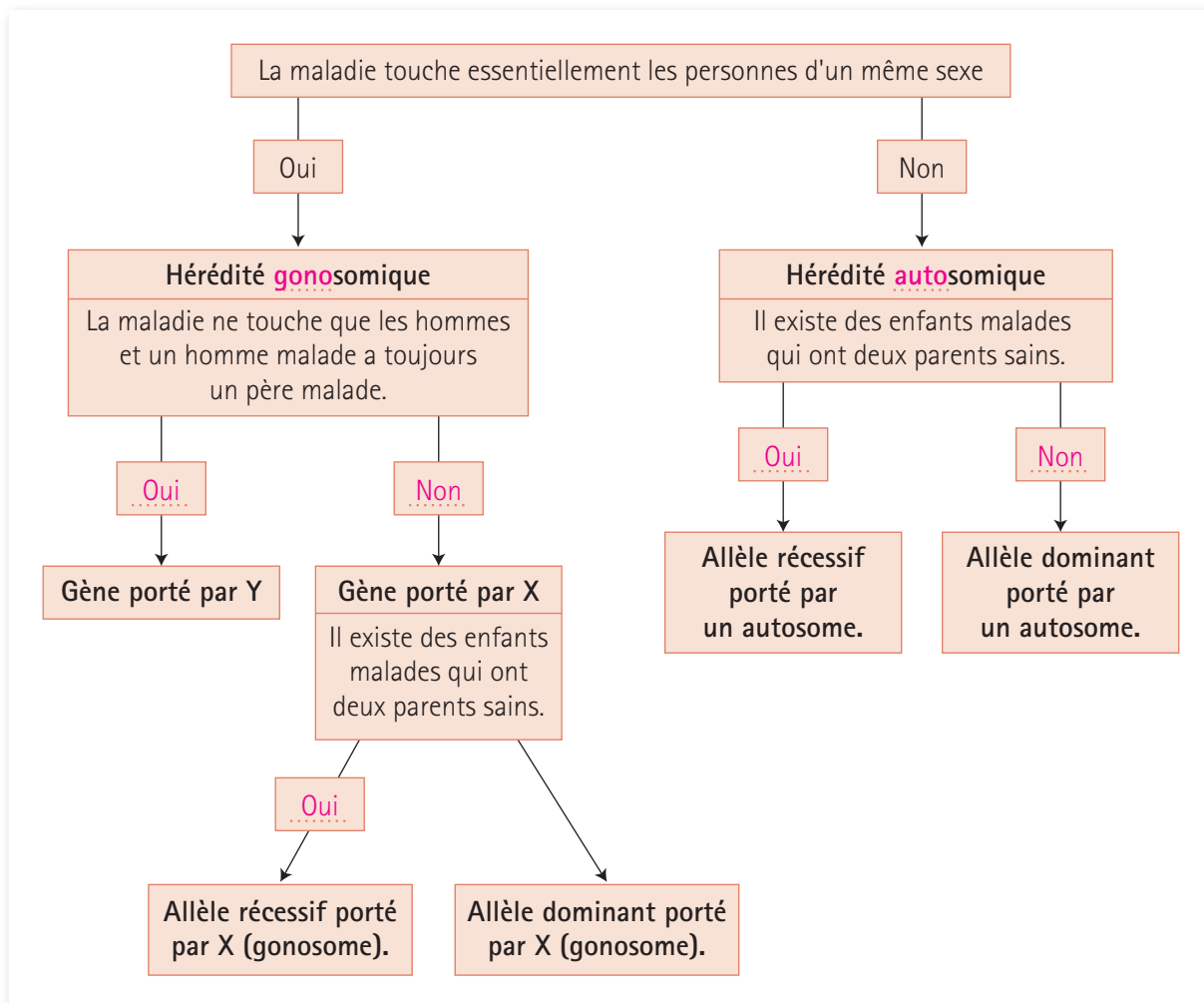


fig. 7 Arbre généalogique d'une famille atteinte du syndrome de Marfan

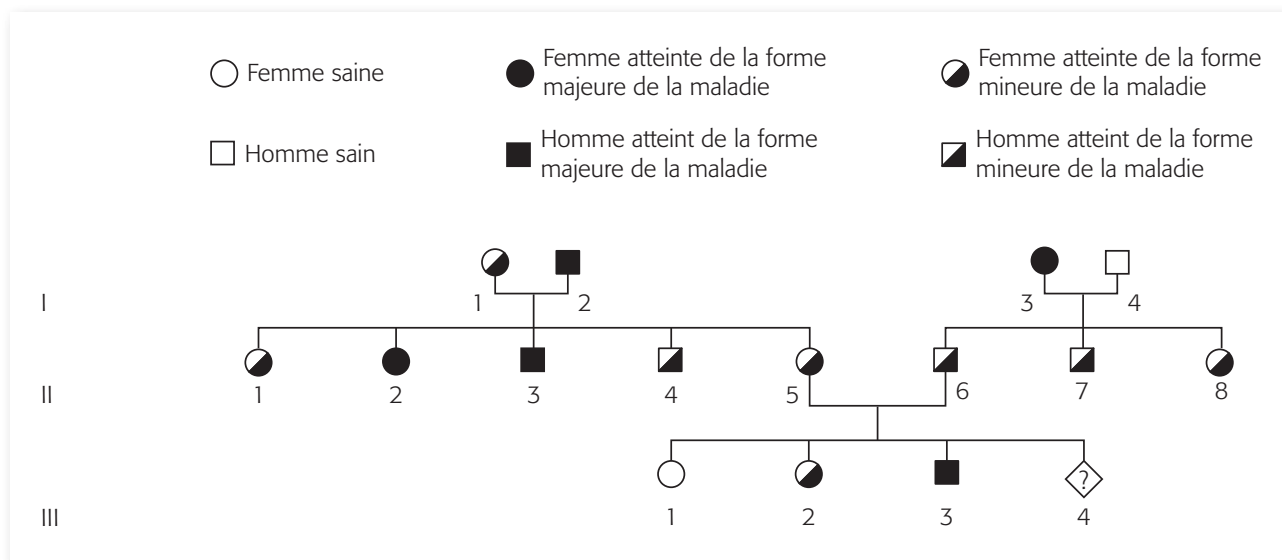


Une fois le type d'hérédité connu, un échiquier de croisement permet de déterminer les génotypes possibles des enfants à naître.



## Je sais faire le jour du bac

La drépanocytose est une maladie héréditaire due à une hémoglobine anormale. Le **doc. A** présente l'arbre généalogique de deux familles chez lesquelles certains membres sont atteints de drépanocytose. Il existe deux allèles HbA et HbS. L'allèle HbA code pour une chaîne normale et l'allèle HbS code pour une chaîne mutante.



Doc. A Arbre généalogique de deux familles atteintes de drépanocytose

- 1 Cette hérédité est-elle autosomique ou gonosomique ? Justifier.

Cette maladie touche aussi bien les hommes (I, 2 ; III, 3 ; II, 3) que les femmes (I, 3 ; II, 2), c'est donc une maladie autosomique.

- 2 Les personnes atteintes de la forme mineure de la maladie sont toutes hétérozygotes. Donner le génotype des individus sains, des individus atteints de la forme mineure de la maladie et des individus atteints de la forme majeure.

Individus sains : (HbA//HbA)

Individus atteints de la forme mineure : (HbA//HbS)

Individus atteints de la forme majeure : (HbS//HbS)

- 3 Les individus II, 5 et II, 6, tous deux atteints de la forme mineure de la drépanocytose, attendent un enfant. Après avoir rappelé les génotypes de ces individus, donner la probabilité que l'enfant à naître (III, 4) soit atteint de la forme majeure de la drépanocytose.

Les parents sont tous deux (HbA//HbS). Un échiquier de probabilité montre que leur enfant a 1 chance sur 4 d'être atteint par la forme majeure de la drépanocytose.

## 13

# Expression de l'information génétique

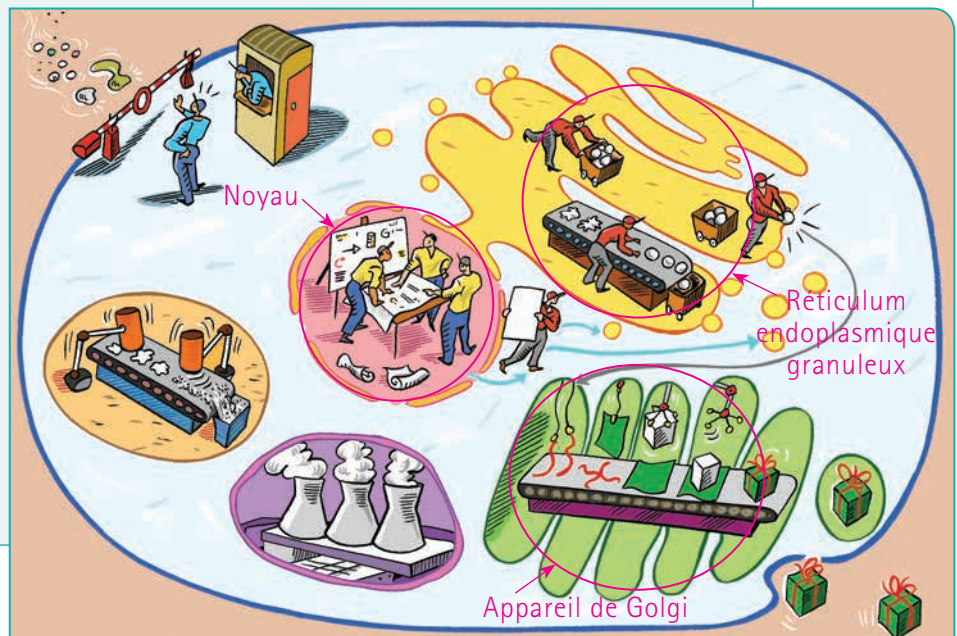
- ➔ Savoir définir et localiser dans la cellule la transcription et la traduction.
- ➔ Savoir utiliser le code génétique pour la traduction.

## Activité 1 Transcription et traduction : les étapes d'expression d'un gène

### Doc. 1 La transmission de l'information dans la cellule

Un gène est une portion d'ADN dont la séquence contient l'information (dite **information génétique**) nécessaire pour définir/établir partiellement le phénotype. Le phénotype dépend en partie de l'environnement et des protéines de l'individu.

Le schéma présente une cellule. Dans le cytoplasme, on trouve le noyau qui contient l'information. On trouve également des ribosomes impliqués dans la synthèse des protéines. Ces ribosomes peuvent être isolés ou liés au réticulum endoplasmique granuleux (REG). Les protéines fabriquées peuvent être modifiées dans l'appareil de Golgi puis exportées hors de la cellule.



- 1 À partir des notions vues en première, localiser sur l'illustration du doc. 1 le noyau, l'appareil de Golgi et le réticulum endoplasmique granuleux.

- 2 La membrane nucléaire confine l'ADN à l'intérieur du noyau. Justifier la nécessité d'une molécule intermédiaire afin de fabriquer des protéines.

L'ADN, qui contient l'information génétique, est dans le noyau. La synthèse des protéines a lieu dans le cytoplasme, il faut donc qu'une molécule intermédiaire transfère l'information du noyau au cytoplasme.

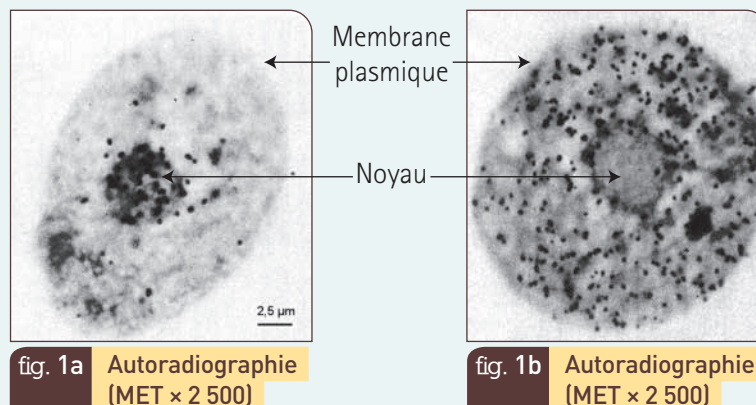
- 3 L'ARN est la molécule intermédiaire entre le gène (ADN) et la protéine. À partir du doc. 2, indiquer en justifiant où se trouve l'ARN aux temps 10 minutes et 2 heures.

L'ARN est majoritairement dans le noyau après 10 minutes et très majoritairement dans le cytoplasme après 2 heures.

## Doc. 2 Expérience de pulse-chase

Un constituant radioactif de l'ARN est ajouté au temps 0 à des cellules en culture. L'ARN fabriqué durant les minutes qui suivent est radioactif. Sur une autoradiographie, l'ARN radioactif est mis en évidence par des tâches noires. Deux observations sont réalisées :

- 10 minutes après ajout de la radioactivité (fig. 1a) ;
- 2 heures après ajout de la radioactivité (fig. 1b).



- 4 D'après le doc. 2, indiquer pourquoi l'expérience de pulse-chase montre que l'ARN joue le rôle d'intermédiaire. L'ARN est synthétisé dans le noyau (la radioactivité est dans le noyau au début de l'expérience) puis il passe dans le cytoplasme, lieu de synthèse des protéines.

## Activité 2 L'ARN

- 1 À partir des structures d'ADN et d'ARN présentées en fig. 2 et 3, compléter le texte suivant présentant les différences entre l'ADN et l'ARN.

La molécule d'ADN est une molécule à double brin. Chaque brin est composé d'une succession de nucléotides, parmi les quatre suivants : A, T, G et C. L'ARN est une molécule à simple brin composée d'une succession de nucléotides, parmi les quatre suivants : A, U, G et C.

## Doc. 3 Représentation schématique d'une molécule d'ADN et de la molécule d'ARN correspondante

U est un nucléotide dont la base azotée est l'uracile.

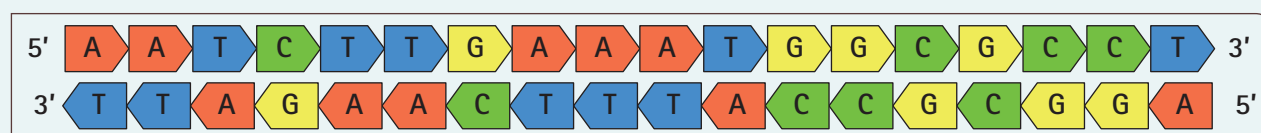


fig. 2 Molécule d'ADN



fig. 3 Molécule d'ARN correspondante

- 2 Nommer la base azotée caractéristique de l'ARN. Préciser la base de l'ADN qu'elle remplace. L'uracile, U, est caractéristique de l'ARN. Elle remplace la thymine de l'ADN.

- 3 On peut réaliser des doubles brins avec un brin d'ARN et un brin d'ADN. Les brins s'associent grâce à leurs bases complémentaires. Sachant que le brin d'ARN présenté dans le doc. 3 est parfaitement complémentaire au brin 3'-5' de l'ADN du même document, compléter le tableau.

Base de l'ADN	A	T	G	C
Base de l'ARN complémentaire	U	A	C	G

### Activité 3 Diversité des ARN

#### Doc. 4 Diversité des ARN

L'ARN est synthétisé dans le noyau. On parle de transcription. Parmi les ARN synthétisés, on distingue :

- les ARN messagers, notés ARNm, qui véhiculent les informations contenues dans l'ADN jusqu'au cytoplasme ;
- les ARN de transfert, notés ARNt, qui servent d'adaptateur entre l'ARNm et la protéine synthétisée.

L'anticodon permet à l'ARNt de se fixer au codon de l'ARNm, car il lui est complémentaire.



fig. 4 Schéma d'un ARNm

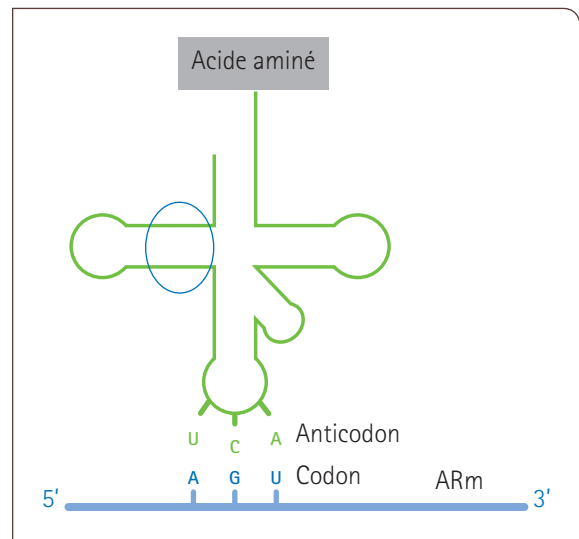


fig. 5 Schéma d'un ARNt

- 1 Relier chaque acide nucléique (ADN et ARN) à sa caractéristique.

ADN	Simple brin (contient 2 extrémités)
ARNm	Double brin (contient 4 extrémités)
ARNt	

- 2 L'ARNt a une structure particulière dite « en trèfle ». Certaines régions (par exemple la région entourée sur le schéma de la fig. 5) apparaissent comme du double brin. Préciser si les deux portions d'ARN dans la région entourée appartiennent au même brin d'ARN.

Les deux portions d'ARN qui forment le « double brin » appartiennent à la même molécule d'ARN.

- 3 Après avoir rappelé la composition d'une protéine, justifier le terme « d'adaptateur entre l'ARNm et la protéine synthétisée » utilisé à propos de l'ARNt dans le doc. 4.

Une protéine est composée d'acides aminés. L'ARNt fixe à la fois l'ARNm (par sa région anticodon) et un acide aminé. Il semble donc pouvoir faire l'intermédiaire entre les deux lors de la synthèse d'une protéine.

### Activité 4 Première étape de la synthèse protéique : la transcription

- 1 Rappeler le lieu de synthèse de l'ARN dans la cellule.

La transcription a lieu dans le noyau (activité 3).

- 2 Dessiner, en l'orientant, la molécule d'ARN issue de la transcription de la molécule d'ADN suivante.

5'-ATTCGGGGATT TCCCGATC-3' Brin non transcrit

3'-TAAGCCCCTAAAGGGCTAG-5' Brin transcrit

5'-AUUCGGGGAUUUUCCCGAUC-3'



- 3 Comparer la séquence du brin non transcrit de l'ADN avec celle de l'ARN.

Les séquences sont identiques, à l'exception de la présence d'U (uracile) à la place de T (thymine).

- 4 Le suffixe « ase » est utilisé dans la dénomination de toutes les enzymes. Justifier le nom de « l'ARN polymérase ADN » utilisé dans le doc. 5.

Une ARN polymérase accélère la polymérisation (association de monomères : les nucléotides) de l'ARN et donc à sa synthèse. Elle copie un brin d'ADN (d'où la dénomination « ADN dépendante »).

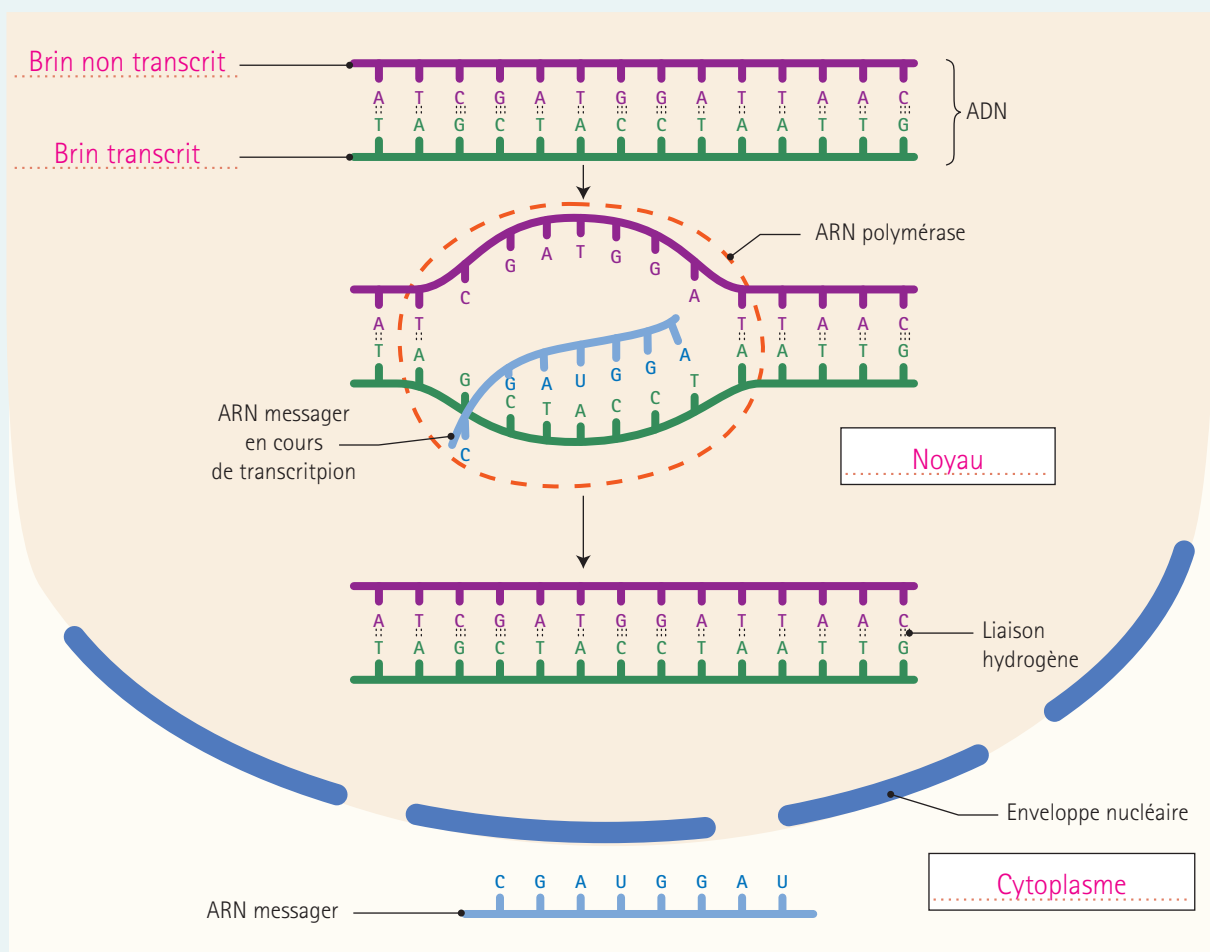
- 5 Compléter les annotations du doc. 6, en utilisant en légende les termes suivants : brin transcrit, brin non transcrit, noyau et cytoplasme.

### Doc. 5 La transcription de l'ADN

La **transcription** d'un gène est définie comme la synthèse d'une molécule d'ARN simple brin complémentaire à une région d'ADN. L'enzyme impliquée dans la synthèse de l'ARN est appelée **ARN polymérase**. L'ARN est formé par complémentarité avec un des brins de l'ADN, appelé brin transcrit. L'autre brin est appelé brin non transcrit.

La molécule d'ARN formée est nommée **ARN messenger (ou ARNm)** car elle joue le rôle de messenger entre le noyau et le cytoplasme où a lieu la **traduction**, c'est-à-dire la synthèse de la protéine.

### Doc. 6 La transcription de l'ADN



Lors de la transcription, la molécule d'ADN double brin s'ouvre localement, ce qui permet à l'ARN polymérase ADN dépendante de synthétiser l'ARN complémentaire du brin transcrit de l'ADN. Les enzymes sont des protéines qui accélèrent une réaction.

## Activité 5 Seconde étape de la synthèse protéique : la traduction

### Doc. 7 La traduction

Les ARNm sont constitués d'une succession de nucléotides. Chaque triplet de nucléotides (codon) correspond à un acide aminé précis donné par le code génétique (doc. 8).

La **traduction** consiste en la synthèse d'une protéine à partir de la lecture des codons successifs de l'ARNm. La traduction a lieu dans le cytoplasme au moyen de structures spécialisées, nommées ribosomes.

Les différents acides aminés correspondant aux différents codons de l'ARNm sont ensuite reliés pour former des protéines.

### Doc. 8 Noms et abréviations des 20 acides aminés des protéines

Acide glutamique	Glu	E	Leucine	Leu	L
Acide aspartique	Asp	D	Lysine	Lys	K
Alanine	Ala	A	Méthionine	Met	M
Arginine	Arg	R	Phénylalanine	Phe	F
Asparagine	Asn	N	Proline	Pro	P
Cystéine	Cys	C	Sérine	Ser	S
Glutamine	Gln	Q	Thréonine	Thr	T
Glycine	Gly	G	Tryptophane	Trp	W
Histidine	His	H	Tyrosine	Tyr	Y
Isoleucine	Ile	I	Valine	Val	V

### Doc. 9 Le code génétique

		Deuxième base azotée					
		U	C	A	G		
Première base azotée	U	UUU phénylalanine	UCU sérine	UAU tyrosine	UGU cystéine	U	Troisième base azotée
		UUC phénylalanine	UCC sérine	UAC tyrosine	UGC cystéine	C	
		UUA leucine	UCA sérine	UAA stop	UGA stop	A	
		UUG leucine	UCG sérine	UAG stop	UGG tryptophane	G	
	C	CUU leucine	CCU proline	CAU histidine	CGU arginine	U	
		CUC leucine	CCC proline	CAC histidine	CGC arginine	C	
		CUA leucine	CCA proline	CAA glutamine	CGA arginine	A	
		CUG leucine	CCG proline	CAG glutamine	CGG arginine	G	
	A	AUU isoleucine	ACU thréonine	AAU asparagine	AGU sérine	U	
		AUC isoleucine	ACC thréonine	AAC asparagine	AGC sérine	C	
		AUA isoleucine	ACA thréonine	AAA lysine	AGA arginine	A	
		AUG méthionine	ACG thréonine	AAG lysine	AGG arginine	G	
	G	GUU valine	GCU alanine	GAU a. aspartique	GGU glycine	U	
		GUC valine	GCC alanine	GAC a. aspartique	GGC glycine	C	
		GUA valine	GCA alanine	GAA a. glutamique	GGA glycine	A	
		GUG valine	GCG alanine	GAG a. glutamique	GGG glycine	G	

Le code génétique présente les acides aminés correspondants aux différents codons de l'ARN. Le code génétique est qualifié de « dégénéré » ou « redondant » car plusieurs codons peuvent correspondre au même acide aminé. La synthèse débute au niveau d'un codon d'initiation (AUG) et s'arrête au niveau d'un des trois codons stop. Le code génétique est identique chez tous les êtres vivants : il est universel.

- Donner un exemple d'acide aminé codé par plusieurs codons différents. Indiquer la propriété du code génétique illustrée par cet exemple.

La valine par exemple est codée par quatre codons différents : GUU, GUC, GUA et GUG. Le code génétique est dit dégénéré (ou redondant).

- 2 Donner la séquence des trois codons stop et nommer l'acide aminé correspondant au codon d'initiation.

Les trois codons stop ont pour séquence UAA, UAG et UGA. La méthionine est l'acide aminé qui correspond au codon d'initiation.

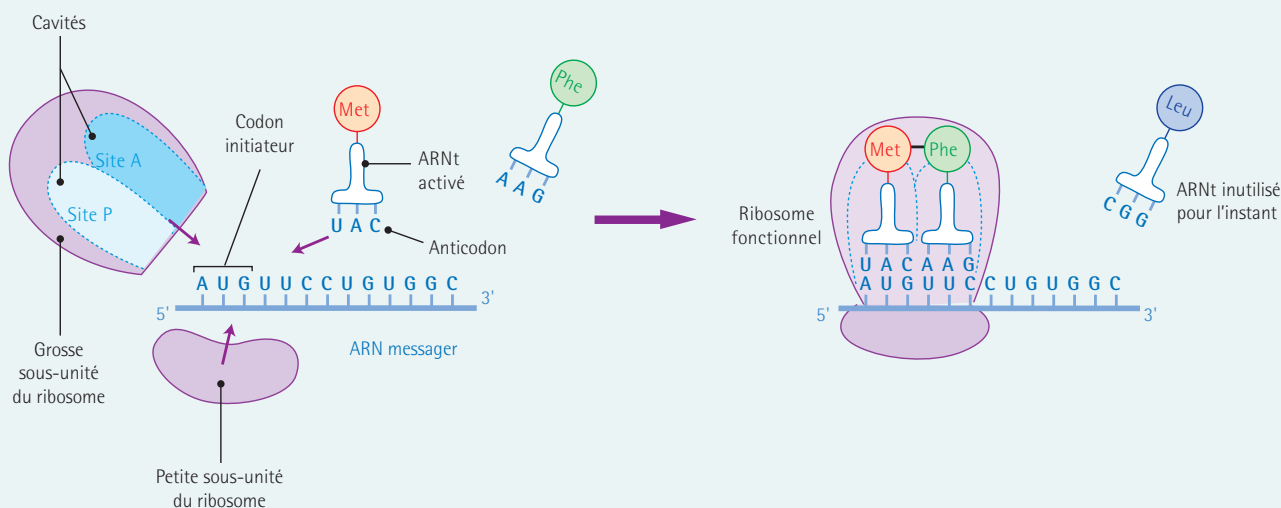
- 3 Traduire les paroles de Tarzan en acides aminés (code une lettre).

MIAMGFAIM (miam, j'ai faim). Il faut s'arrêter au codon stop.



### Doc. 10 Les acteurs de la traduction

Le ribosome est composé de deux sous-unités. La grande sous-unité contient des cavités dans lesquelles les ARNt apportent les acides aminés.



- 4 Nommer les différents acteurs moléculaires impliqués dans la traduction.

La traduction nécessite un ARNm, des ARNt transportant des acides aminés et un ribosome.

- 5 La traduction débute par une phase d'initiation au cours de laquelle les deux premiers acides aminés composant la protéine se lient. Justifier la présence de la méthionine (Met) à partir du doc. 10.

Le premier codon est AUG, c'est le codon initiateur de la traduction qui correspond à la méthionine.

- 6 Après la phase d'initiation, la traduction passe par une phase d'élongation. Indiquer dans quel sens le ribosome se déplace lors de l'addition de l'acide aminé suivant.

Le ribosome se déplace de codon en codon de l'extrémité 5' vers l'extrémité 3' de l'ARNm.

- 7 La traduction se termine par une étape de terminaison. Donner une séquence possible d'un codon de terminaison.

UAA, UAG ou UGA.

### Doc. 11 Le mécanisme de la traduction

La vidéo sur le lien court suivant : <http://tinyurl.com/zqupjhu> résume les différentes étapes du processus de traduction.

## Je construis mon cours

L'ARN est une macromolécule à simple brin composée d'une succession de nucléotides contenant les bases azotées cytosine C, guanine G, uracile U et adénine A.

La synthèse d'ARN complémentaire à une portion d'ADN est appelée **transcription**. L'enzyme qui accélère cette réaction est appelée **ARN polymérase**; elle a pour fonction de permettre la **polymérisation**, c'est-à-dire l'**association des nucléotides**. La molécule formée est complémentaire au brin **transcrit** de l'ADN. L'ARNm sort du **noyau** pour rejoindre le **cytoplasme**.

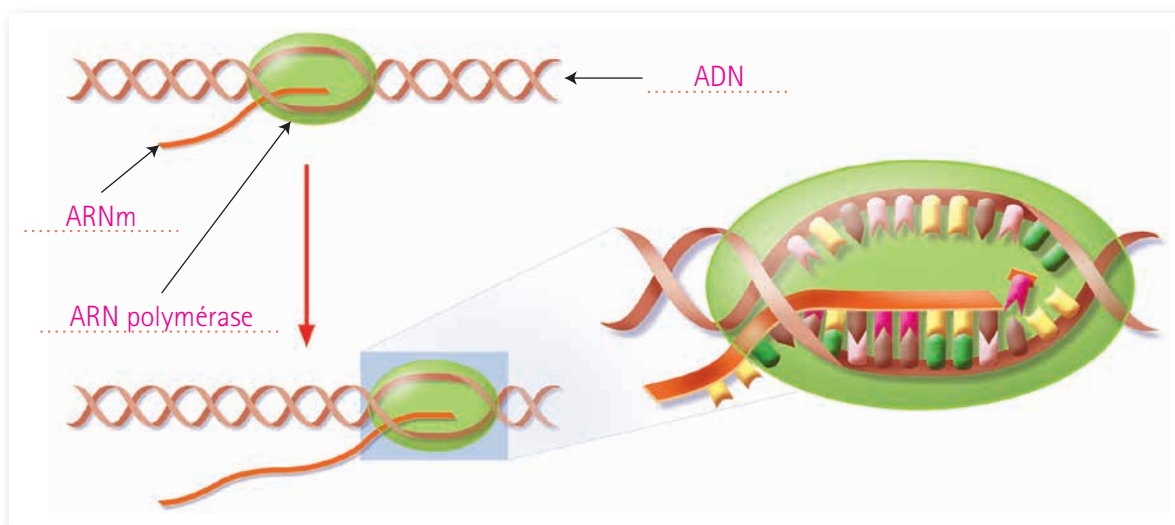
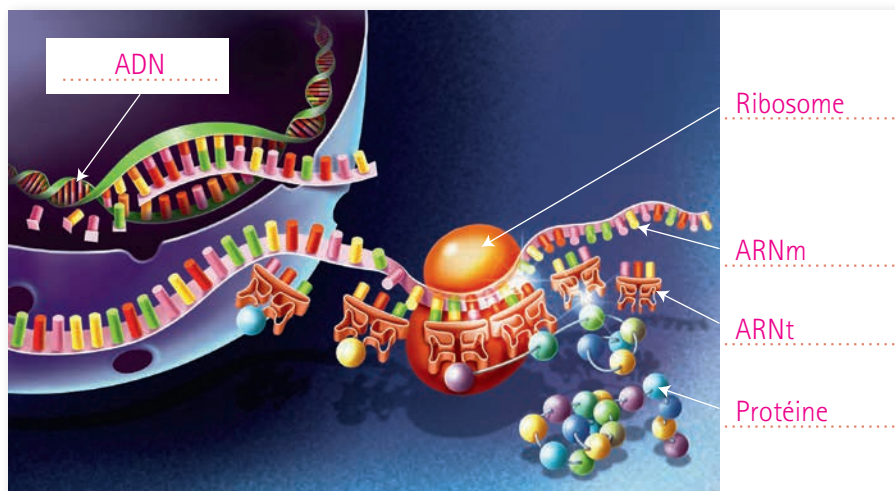


fig. 6 La transcription : synthèse de l'ARN complémentaire

La synthèse de protéines est appelée **traduction**. Elle a lieu dans le **cytoplasme** et nécessite l'intervention de plusieurs éléments :

- l'**ARNm** contient une succession de triplets de nucléotides (codons) qui correspondent chacun à un acide aminé selon les règles du **code génétique** ;
- l'**ARNt**, qui transporte et fait correspondre un acide aminé précis au codon de l'ARNm ;
- le **ribosome**, qui permet de mettre en relation l'ARNm et les ARNt chargés des acides aminés de la future protéine.

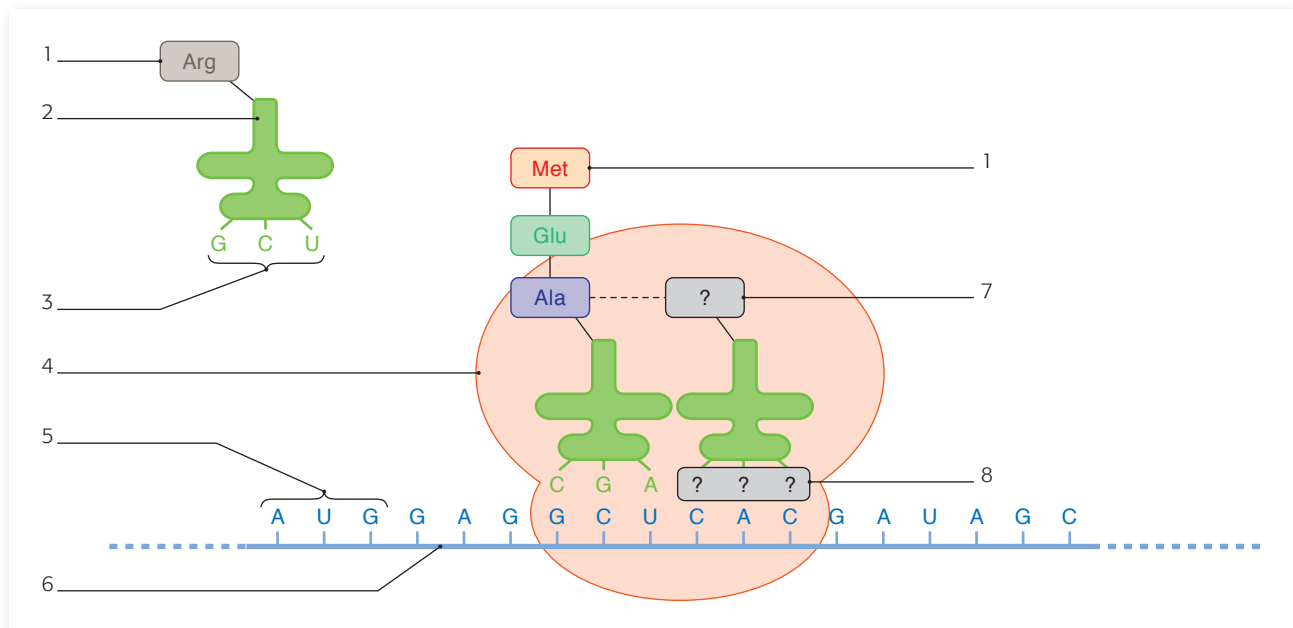




# Je sais faire le jour du bac

- 1 La synthèse d'une protéine se déroule en deux étapes : la transcription et la traduction. Le doc. A représente une des étapes de l'expression de l'information génétique. Compléter les annotations en nommant les molécules 1, 2 et 6, ainsi que la structure 4 et les ensembles moléculaires 3 et 5.

1 = Acide aminé (arginine) .....	2 = ARNt .....	3 = Anticodon .....
4 = Ribosome .....	5 = Codon .....	6 = ARNm .....



Doc. A Une étape de l'expression de l'information génétique

- 2 À l'aide des connaissances et du code génétique du doc. B, déterminer le nom des trois bases azotées de l'ensemble 8 du doc. A et le nom de la molécule 7.

L'ensemble 8, qui correspond  
à l'anticodon, est formé des trois  
bases azotées GUG. L'acide aminé  
correspondant au codon CAC,  
en légende 7, est l'histidine.

		Deuxième lettre									
		U		C		A		G			
Première lettre	U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U	Troisième lettre
		UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	C	
		UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	Stop	UGA	Stop	A	
		UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	Stop	UGG	Trp	G	
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U	
		CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	C	
		CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A	
		CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G	
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U	
		AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C	
		AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A	
		AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	G	
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U	
		GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C	
		GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A	
		GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	G	

Doc. B Code génétique

## 14

# Dérèglement du cycle cellulaire, modifications de l'ADN

- ➔ Pouvoir définir une tumeur.
- ➔ Connaître les conséquences des mutations au niveau de l'ADN, ainsi que les facteurs mutagènes.

## Activité 1 Contrôle de la division cellulaire

- 1** Une cellule a une masse moyenne de 1 ng ( $1.10^{-9}$  g). La durée d'un cycle cellulaire est de 24 heures. Le nombre  $n$  de cellules obtenues après  $x$  jours est donné par la formule :  $n = 2^x$ . Calculer la masse des cellules issues de la division d'une seule cellule après 50 jours.

$$n = 2^{50} = 1.10^{15} \text{ cellules}$$

$$m = 1.10^{-9} \times 1.10^{15} = 1\,000\,000 \text{ grammes}$$

$$= 1\,000 \text{ kg} = 1 \text{ tonne.}$$

- 2** Dédurre du calcul précédent la nécessité d'un contrôle du cycle cellulaire pour toutes les cellules de l'organisme.

Une seule cellule parmi les milliards de cellules composant l'être humain donnerait une tonne de cellules en 50 jours si la division cellulaire se poursuivait sans contrôle.

- 3** Chez un individu adulte, la multiplication cellulaire est contrôlée. Citer un exemple montrant la nécessité de cette multiplication.

Certaines cellules de l'organisme meurent rapidement et doivent donc être régulièrement renouvelées, comme les cellules de la peau, les globules rouges, etc.

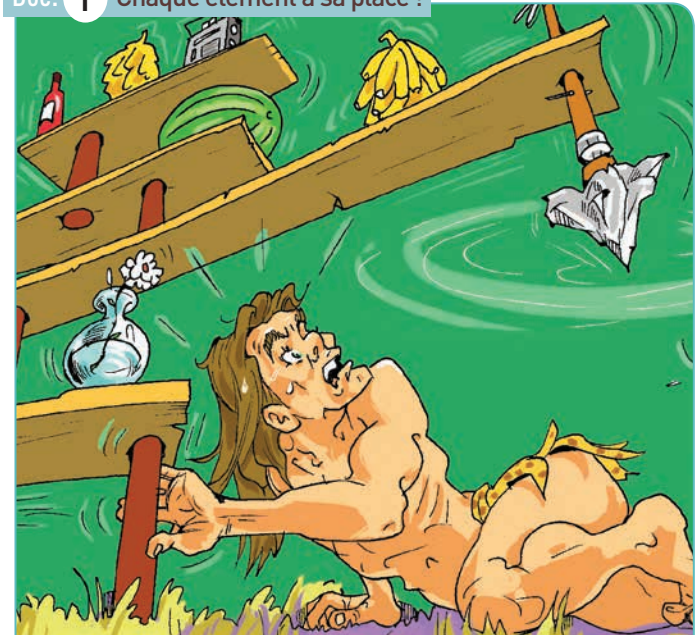
- 4** Mettre en relation le dessin du doc. 1 avec la réponse aux questions précédentes.

L'organisme est en équilibre instable. Une petite modification dans le contrôle de la multiplication cellulaire peut avoir des conséquences graves, parfois irréversibles.

- 5** Une tumeur se traduit par une augmentation de volume d'un tissu. Rappeler ce qu'est un tissu et nommer le mécanisme déficient à l'origine de l'établissement d'une tumeur.

Un tissu est un ensemble de cellules de même type. Sans contrôle de la division cellulaire, les cellules se multiplient et peuvent donner naissance à une tumeur.

Doc. 1 Chaque élément à sa place !



## Activité 2 Les gènes de régulation du cycle cellulaire

- 1 En comparant les cas 1 et 2 du **doc. 2**, déterminer le rôle du gène A.

Le gène A est nécessaire  
pour la multiplication cellulaire.

- 2 Montrer que les observations du cas 3 sont en accord avec la conclusion précédente.

Lorsque le gène A fonctionne trop  
(surexpression), la multiplication  
cellulaire devient excessive.

Le gène A intervient donc bien  
dans la multiplication cellulaire.

- 3 En comparant les cas 1 et 4, déterminer le rôle du gène B.

Lorsque le gène B ne fonctionne pas  
suffisamment (sous-expression),  
la multiplication cellulaire  
est excessive. Donc le gène B  
empêche une multiplication  
cellulaire trop importante.

### Doc. 2 Observation de l'effet de deux gènes sur la multiplication cellulaire

Cas	Gènes	Fonctionnement du gène	Effet sur la multiplication cellulaire
1	Gène A	Normal (+)	Cycle cellulaire normal
	Gène B	Normal (+)	
2	Gène A	Faible (-)	Multiplication cellulaire insuffisante
	Gène B	Normal (+)	
3	Gène A	Excessif (+++)	Multiplication cellulaire excessive
	Gène B	Normal (+)	
4	Gène A	Normal (+)	Multiplication cellulaire excessive
	Gène B	Faible (-)	

### Doc. 3 Définitions

**Proto-oncogène** : gène nécessaire à la multiplication cellulaire et susceptible de devenir un oncogène.

**Oncogène** : gène responsable d'une multiplication excessive des cellules.

**Anti-oncogène** (ou suppresseur de tumeur) : gène nécessaire pour éviter une multiplication excessive des cellules.

- 4 Compléter le tableau avec les termes du **doc. 3**.

Gène A normal	Proto-oncogène
Gène A avec fonctionnement excessif	Oncogène
Gène B normal	Anti-oncogène

- 5 Donner la raison de l'appellation « suppresseur de tumeur » pour un anti-oncogène.

Ce gène empêche la multiplication excessive de cellules et donc l'apparition de tumeur.

- 6 Rappeler les deux étapes de synthèse d'une protéine à partir du gène.

Les deux étapes sont la transcription de l'ADN en ARN, puis la traduction de l'ARN en protéine.

- 7 Indiquer ce que l'on peut supposer des séquences des gènes erbB et erbB-onc présentées dans le **doc. 4**.

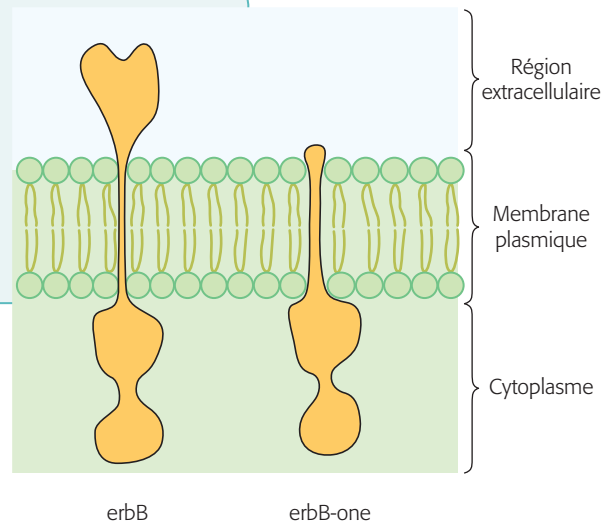
Les protéines erbB et erbB-onc sont différentes, on peut en déduire que la séquence de leur gène est différente.

**Doc. 4** Des mutations à l'origine de dérèglements du cycle cellulaire

ErbB est une protéine. Lorsqu'un facteur de croissance se lie au domaine extracellulaire d'erbB, un signal se déclenche dans le cytoplasme et la cellule se multiplie.

La protéine erbB-onc ne possède pas de domaine extracellulaire, mais le signal de multiplication est produit en permanence.

La séquence de nucléotides du gène erbB diffère de celle de erbB-onc.



- 8** Une modification des paroles de Tarzan (activité 5 de la séquence 13) donne la séquence suivante : 5'-AUGAUUGCUAUGUGAUUUGCUAUAUGUAAGUU-3'. Donner la nouvelle traduction (en acides aminés code une lettre, docs 7 et 8, séquence 13).

Le nouveau message est : MIAM et non plus

MIAMGFAIM car un codon stop apparaît en 5<sup>e</sup> position.

- 9** Formuler une hypothèse en vous aidant de la réponse précédente expliquant les raisons possibles du passage du proto-oncogène erbB à l'oncogène erbB-onc.

Une mutation a pu faire apparaître un codon stop au milieu du gène erbB.

**Activité 3** Les mutations de l'ADN**Doc. 5** Les mutations génétiques

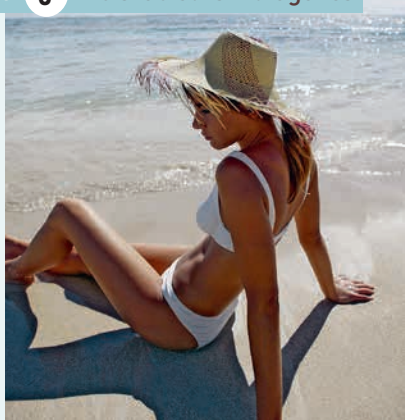
Nombre de nucléotide(s) impliqués	Type de mutation	Nom de la mutation
Un nucléotide	Mutation ponctuelle	Substitution : un nucléotide est remplacé par un autre. Une mutation par substitution peut être sans conséquence au niveau de la protéine correspondante (mutation <b>silencieuse</b> ), provoquer l'apparition d'un codon stop (mutation <b>non-sens</b> ) ou provoquer le remplacement d'un acide aminé par un autre (mutation <b>faux-sens</b> ).
		Délétion : un nucléotide est supprimé, ce qui décale le cadre de lecture lors de la traduction.
		Insertion : un nucléotide est ajouté, ce qui décale le cadre de lecture lors de la traduction.
Quelques nucléotides		Micro-insertion : quelques nucléotides sont ajoutés.
		Micro-délétion : quelques nucléotides sont supprimés.
Un grand nombre de nucléotides	Mutation chromosomique	Translocation : un morceau de chromosome est déplacé ou échangé avec un autre morceau de chromosome.



1 Compléter le tableau à l'aide du code génétique de la séquence 13.

Séquence d'ARNm	Nom de la mutation	Séquence protéique	Type de mutation (quand substitution)
5'AUGAUUGCUAUGGGAUUUUGCUAUUAUGUAA-GUU3'	Pas de mutation	MIAMGFAIM	Pas de mutation
5'AUGAUUGCUAUGUGAUUUUGCUAUUAUGUAA-GUU3'	Substitution	MIAM	Non-sens
5'AUGAUUGCUAUGGGGUUUUGCUAUUAUGUAA-GUU3'	Substitution	MIAMGFAIM	Silencieuse
5'AUGAUUGCUAUGAGAUAUUUGCUAUUAUGUAA-GUU3'	Substitution	MIAMRFAIM	Faux-sens
5'AUGAUUGCUAUGGGGAUUUGCUAUUAUGUUAA-GUU3'	Insertion	MIAMGFAIMLS	/
5'AUG.UUGCUAUGGGGAUUUGCUAUUAUGUAAGUU3'	Délétion	MLLWDLLLCK	/

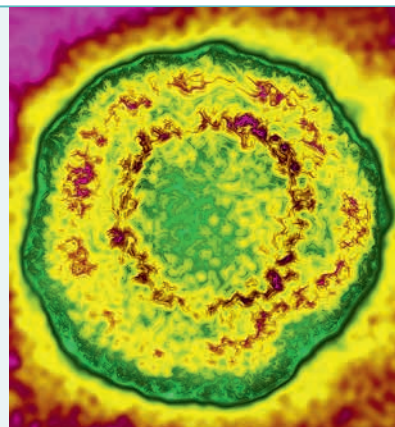
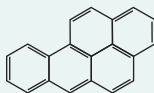
Doc. 6 Trois facteurs mutagènes



Les rayons ultraviolet (UV) créent des liaisons entre certaines bases de l'ADN.



Le **benzopyrène** (présent dans les fumées de combustion) peut s'intercaler entre des bases de l'ADN.

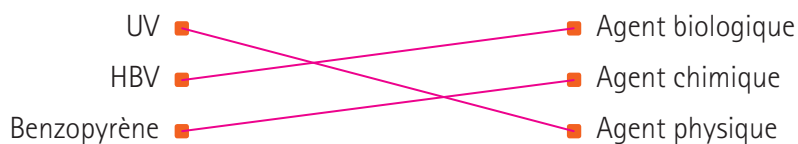


Le virus de l'hépatite B (HBV, ici vu au MET avec traitement de l'image) contient de l'ADN. Dans certains cas, l'ADN du virus peut s'incorporer à l'ADN d'une cellule du foie.

2 L'exposition excessive au soleil, l'excès de cuisine au barbecue, l'exposition au virus de l'hépatite B sont des facteurs de risques conduisant à des maladies en rapport avec un dérèglement du cycle cellulaire. Justifier cela à partir du doc. 6.

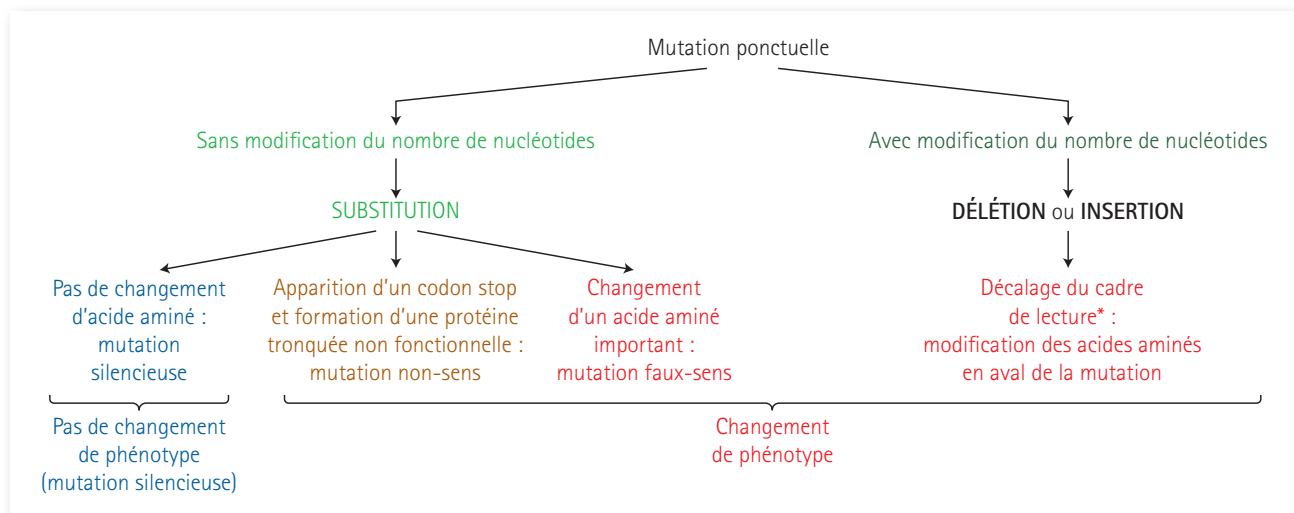
Dans ces trois exemples, l'ADN de l'organisme est modifié. Une telle modification peut altérer le fonctionnement d'un gène contrôlant la multiplication cellulaire par exemple.

3 Relier les exemples et le type d'agent mutagène.



## Je construis mon cours

La division cellulaire est régulée par les protéines issues des **proto**-oncogènes (facteurs de croissance) et par des protéines issues des **anti**-oncogènes (inhibiteurs de croissance). Le fonctionnement **excessif** (surexpression) des proto-oncogènes, appelés alors **oncogènes** ou le fonctionnement **insuffisant** des anti-oncogènes conduit à une multiplication excessive des cellules. Ce dérèglement peut être dû à des **mutations**.



\* Lorsque le cadre de lecture est décalé, tous les codons de l'ARNm sont changés. Les agents mutagènes favorisent l'apparition de mutations. On distingue les agents mutagènes **physiques**, **biologiques** et **chimiques**.

## Je sais dire

Racine	Signification	Mot dérivé
Adén(o)	Ganglions, glandes	Adénomégalie = augmentation de volume des <b>ganglions</b>
Cancer(o)	Cancer	Cancérogène ou cancérigène = favorise l'apparition de tumeurs
Carcin(o)	Cancer	Carcinogène = favorise l'apparition de tumeurs
Cary(o)	Noyau	Caryotype = étude des chromosomes du noyau
Chimi(o)	Chimique	<b>Chimiothérapie</b> = traitement des tumeurs cancéreuses par une molécule chimique
Nuclé(o)	Noyau	Nucléotide = élément constituant une molécule du noyau
Onc(o)	Tumeur	<b>Oncogène</b> = qui favorise l'apparition de tumeurs
Radi(o)	Rayons	<b>Radiothérapie</b> = traitement à base de rayonnement radioactif
Sarc(o)	Chair, tissu	Sarcome = cancer du tissu conjonctif

## Je sais faire le jour du bac

- 1 Soit les séquences partielles des brins transcrits de l'allèle A et de l'allèle S. À quelle macromolécule appartiennent les séquences présentées dans le **doc. A** ? Le nom et la signification de l'acronyme sont attendus.

Allèle A : TACCACGTGGACTGAGGACTCCTC...

Allèle S : TACCACGTGGACTGAGGACACCTC...

Ces séquences appartiennent à l'ADN, acide  
désoxyribonucléique.

**Doc. A** Séquence des allèles A et S

- 2 Localiser et identifier la différence entre ces deux séquences. Comment appelle-t-on ce type de mutation ?

Le cinquième nucléotide en partant de la droite est T (thymine) dans l'allèle A et A (adénosine)  
dans l'allèle S. Un tel type de mutation est une substitution. C'est une mutation ponctuelle.

		Deuxième lettre									
		U		C		A		G			
Première lettre	U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U	Troisième lettre
		UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	C	
		UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	Stop	UGA	Stop	A	
		UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	Stop	UGG	Trp	G	
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U	
		CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	C	
		CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A	
		CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G	
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U	
		AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C	
		AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A	
		AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	G	
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U	
		GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C	
		GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A	
		GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	G	

**Doc. B** Code génétique

- 3 À partir des séquences des allèles A et S de l'hémoglobine et du code génétique donné en **doc. B**, indiquer la séquence des peptides A et S. Justifier la réponse en nommant la molécule intermédiaire et en donnant sa séquence.

La molécule intermédiaire est l'ARNm.

La portion d'ARNm issu de l'allèle A est AUG GUG CAC CUG ACU CCU GAG GAG.

Le peptide A a pour séquence Met-Val-His-Leu-Thr-Pro-Glu-Glu.

La portion d'ARNm issu de l'allèle S est AUG GUG CAC CUG ACU CCU CAG GAG.

Le peptide S a pour séquence Met-Val-His-Leu-Thr-Pro-Gln-Glu.



## 15

## Processus tumoral et cancer

- ➔ Connaître les propriétés des cellules cancéreuses, différencier tumeurs bénignes et malignes.
- ➔ Connaître les méthodes de dépistage, et les traitements.

## Activité 1 Première approche du cancer

- 1** Après avoir lu le **doc.1**, proposer des arguments pour étayer l'idée que le cancer est une maladie du monde moderne, en rappelant l'origine du dérèglement d'un cycle cellulaire.

Des mutations de l'ADN peuvent conduire à un dérèglement cellulaire. Le nombre de mutation augmente avec la durée de vie. Les mutations sont dues à des agents biologiques, chimiques et physiques, plus nombreux dans nos conditions modernes de vie.

- 2** Indiquer la consistance physique du tissu osseux.

Le tissu osseux est un tissu solide et dur.

- 3** En tenant compte de la réponse précédente, indique en quoi la conclusion des chercheurs est surprenante.

Les chercheurs ont mis en évidence un cancer de tissu mou en observant un tissu dur. Les cellules cancéreuses issues d'un tissu mou ont migré dans les os.

- 4** Un cancer débute dans un foyer primaire. Les cellules cancéreuses migrent vers des foyers secondaires ou métastases. Compléter.

L'individu retrouvé au Soudan était atteint d'un cancer. Le foyer primaire était un tissu mou. Les cellules cancéreuses (métastases) ont migré vers les os et ont provoqué des modifications encore visibles sur le squelette.

- 5** Interpréter le résultat de la scintigraphie du **doc. 2**.

Les cellules cancéreuses du foyer primaire (prostate) ont produit des métastases qui apparaissent à différents endroits du squelette.

## Doc. 1 Étude d'un squelette ancien

En 2014, au Soudan, des archéologues anglais ont analysé le squelette d'un homme mort il y a 3 200 ans. L'observation des os a permis aux chercheurs de déduire que l'individu avait été atteint d'un cancer d'un tissu mou.

Un cancer est une maladie due à une prolifération anarchique de cellules capables de migrer dans le corps. Cette découverte est importante car l'absence d'observation de cancers sur les corps anciens avait conduit à penser que cette maladie était liée uniquement aux conditions de vie dans le monde moderne (alimentation, stress, pollution de l'environnement, concentration des populations...).



## Doc. 2 Réalisation d'une scintigraphie

La scintigraphie consiste à injecter un isotope radioactif à un patient. L'isotope se concentre sur les cellules cancéreuses. Une caméra à scintillation permet de visualiser la radioactivité et donc de localiser d'éventuels foyers de cellules cancéreuses. La scintigraphie réalisée ici concerne un patient atteint d'un cancer de la prostate.





## Activité 2 Tumeurs et cancers

- 1 Faire correspondre l'étymologie du mot latin avec le sens du mot en médecine.

Maligne : du latin *malignus* (qui engendre le mal)

Bénigne : du latin *benignus* (qui est doux et bienveillant)

Qui n'est pas alarmant

Qui est grave

- 2 Donner un exemple dans lequel une tumeur qui aurait pu être considérée comme bénigne a des conséquences graves sur la santé.

Une tumeur bénigne au cerveau  
comprime les zones voisines,  
ce qui peut altérer  
le fonctionnement cérébral.

### Doc. 3 Diversité des tumeurs

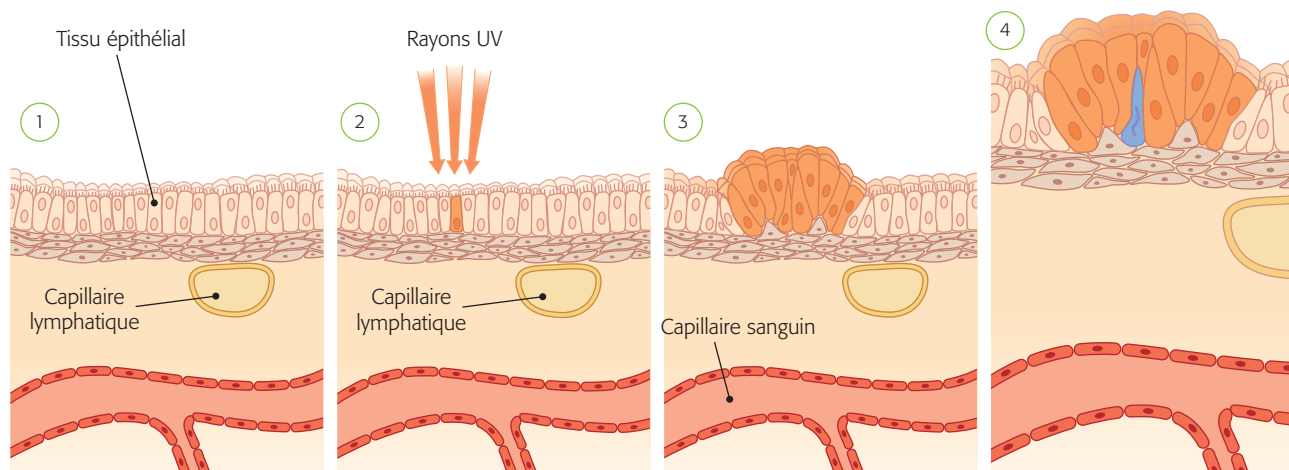
Le processus tumoral est une **dysplasie**, c'est-à-dire une anomalie du développement d'un tissu.

Une **tumeur** se caractérise par une augmentation de volume d'un tissu. Cette augmentation de volume est due à une croissance cellulaire locale excessive (**néoplasie**). On distingue les **tumeurs bénignes** (verrues, grains de beauté) et les **tumeurs malignes** (cancers). Les tumeurs bénignes sont délimitées par une structure capsulaire. Certaines peuvent cependant évoluer et devenir des tumeurs malignes. Les tumeurs malignes croissent rapidement (**hyperplasie**) et envahissent les tissus voisins puis des tissus plus éloignés (**métastases**), en empruntant la voie sanguine ou lymphatique.

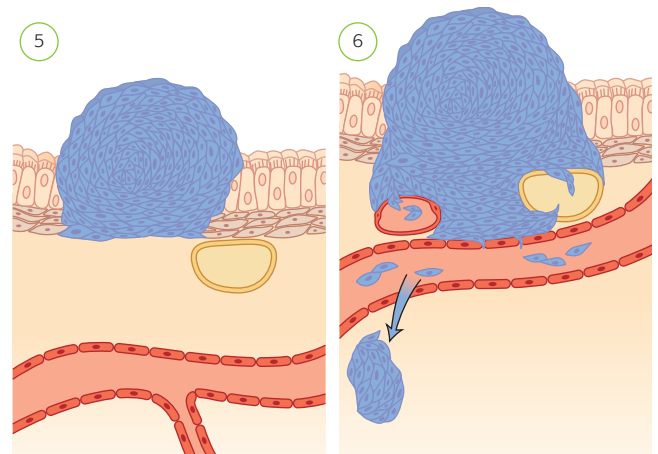
- 3 Compléter le tableau ci-après à partir du doc. 3.

	Tumeur bénigne	Tumeur maligne
Pathologie	Aucune	Cancer
Croissance	Lente	Rapide
Délimitation	Zone bien délimitée	Zone mal délimitée
Nombre de foyers	Un foyer (primaire)	À l'origine un foyer primaire, puis foyers secondaires (métastases)
Conséquences	En général, sans gravité	Conséquences graves voire mortelles
Récidive après ablation	Pas de récurrence	Récurrences possibles

- 4 Compléter en page suivante le texte explicitant le processus tumoral d'un épithélium.



L'épithélium ① subit l'action du soleil sous la forme de **rayons UV** ②. Ce sont des agents mutagènes physiques qui peuvent modifier **l'ADN** d'une cellule épithéliale. Cette dernière perd **le contrôle** du cycle cellulaire : une tumeur **bénigne** (grain de beauté) apparaît ③. D'autres mutations peuvent apparaître dans une cellule qui devient cancéreuse ④ (en bleu). La cellule cancéreuse se multiplie **rapidement** ⑤. La tumeur atteint **les vaisseaux sanguins et lymphatiques**. Les cellules cancéreuses gagnent d'autres régions du corps et produisent des foyers cancéreux secondaires (**métastases**) ⑥.



### Activité 3 Prévention, dépistage et diagnostic

- 1** La prévention représente l'ensemble des mesures destinées à éviter les risques de développer un cancer. Citer un exemple simple de prévention du cancer de la peau.
- Ne pas s'exposer trop directement ou longtemps au soleil, utiliser chapeau, tee-shirt, crème solaire, respecter les durées d'exposition au soleil.**

- 2** Le dépistage d'un cancer consiste à rechercher les signes de présence de cellules cancéreuses ou précancéreuses avant l'apparition des premiers symptômes. Justifier le fait que le dépistage d'un cancer donné cible des populations précises en utilisant le doc. 4.
- Le cancer des seins est un cancer essentiellement féminin qui touche surtout les femmes de plus de 50 ans. Les hommes peuvent être touchés par le cancer des testicules ou de la prostate. Le dépistage d'un type de cancer cible la population la plus exposée.**

#### Doc. 4 Campagnes de prévention

##### Octobre rose

Sur les emballages de baguettes, en octobre, un message incite les femmes de plus de 50 ans à passer une mammographie (radiographie de la poitrine) tous les deux ans en prévention du cancer du sein.



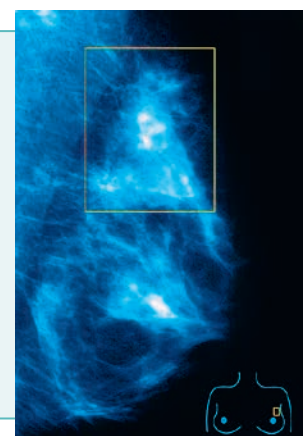
##### Movember

Afin de sensibiliser les hommes aux cancers typiquement masculins (cancers de la prostate et des testicules), l'action consiste à se laisser pousser la moustache en novembre.



#### Doc. 5 Radiographie

Les rayons X traversent les différents tissus en étant plus ou moins atténués. Les os, par exemple, atténuent fortement la transmission des rayons. Le contraste (différence de transmission) obtenu est transformé en image (radiographie). Des zones blanches peuvent traduire la présence de microcalcifications anormales dues à la présence de cellules cancéreuses.



- 3** Interpréter la mammographie (radiographie des seins) présentée sur le doc. 5.
- Les zones blanches traduisent l'existence de microcalcifications et d'une tumeur possible.**

## Doc. 6 Scanner et IRM

Le scanner émet des rayons X de faible intensité et permet d'obtenir des images équivalentes à une coupe.

L'appareil permettant une IRM (imagerie par résonance magnétique) émet un champ magnétique. Ces deux techniques non invasives sont fréquemment utilisées dans le dépistage des tumeurs du système nerveux central.

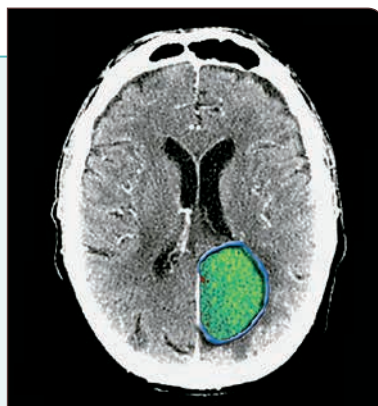


fig. 1 Scanographie du cerveau

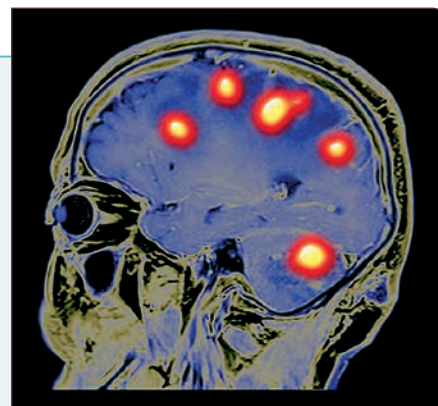


fig. 2 IRM du cerveau

- 4 Justifier le terme de non invasives utilisé pour les méthodes présentées dans le doc. 6. Citer deux autres méthodes non invasives.

Aucune intervention chirurgicale n'est pratiquée chez le patient dans le cas d'un scanner ou d'une IRM.

Parmi les méthodes non invasives, on peut citer aussi la radiographie et la scintigraphie.

- 5 Les images observées dans le doc. 6 correspondent à des coupes du cerveau. Nommer le type de coupe.

Scanographie : coupe transversale

IRM : coupe sagittale

- 6 Formuler une hypothèse pouvant expliquer la présence de plusieurs taches visibles par IRM.

Si les taches sont celles de tumeurs, il s'agit probablement de métastases (plusieurs foyers secondaires).

- 7 Compléter le texte ci-après.

L'augmentation de marqueurs tumoraux dans le sang a plusieurs origines possibles :

- les cellules tumorales se multiplient rapidement.

Les substances qu'elles produisent sont donc en quantité supérieure à la normale ;

- le métabolisme des cellules tumorales est modifié. De nouvelles substances sont produites ;
- les tumeurs peuvent léser des organes, ce qui aboutit au passage de molécules cytoplasmiques dans le sang.

## Doc. 7 Recherche de marqueurs tumoraux

Un marqueur tumoral est une molécule que l'on peut doser dans le sang et dont la quantité augmente en cas de tumeur. Quelques exemples :

- la protéine PSA (Prostate Specific Antigen) augmente en cas de tumeur de la prostate ;
- la protéine AFP (alpha-fœtoprotéine) augmente en cas de tumeurs testiculaires et de tumeurs de cellules du foie (hépatocytes) ;
- la protéine ACE (antigène carcino-embryonnaire) augmente en cas de cancers digestifs, mammaires ou ovariens.

- 8 D'après le doc. 8, montrer que le dosage de la PSA ne suffit pas pour diagnostiquer un cancer de la prostate.

Bien que les trois patients aient une concentration plasmatique de PSA anormale, seul le patient 2 a déclaré un cancer de la prostate.

**Doc. 8** Dosage de la PSA dans le sang

## Variations physiologiques normales de la PSA

Tranches d'âge	Valeur « normale » de la PSA
< 50 ans	2 ng/mL
De 50 à 60 ans	2 à 3,5 ng/mL
De 60 à 70 ans	3,5 à 4,5 ng/mL

En France, 10 % des hommes développent un cancer de la prostate avant 75 ans.

## Résultats du dosage de la PSA chez trois patients

	Concentration plasmatique de la PSA	Présence avérée d'un cancer
Patient 1 (54 ans)	4 ng/mL	–
Patient 2 (59 ans)	5 ng/mL	+
Patient 3 (68 ans)	6 ng/mL	–

**9** Indiquer l'intérêt du dosage de la PSA.

Le dosage de la PSA est un examen facile à réaliser. Les personnes avec une PSA élevée devront subir des examens complémentaires. Il est à noter que certaines personnes ont des PSA normales mais un cancer prostatique.

**Doc. 9** Échelle de Gleason, deux représentations

Un examen anatomopathologique débute par le prélèvement d'un tissu (biopsie) potentiellement cancéreux. Le tissu est découpé en lamelles et observé au microscope optique. L'aspect des tissus est caractéristique de la présence ou non d'une tumeur, ainsi que de son stade d'évolution. L'échelle de Gleason permet d'évaluer l'état des tumeurs dans le cas du cancer de la prostate. Plus le nombre obtenu est élevé, plus le cancer est agressif et plus le diagnostic est défavorable.

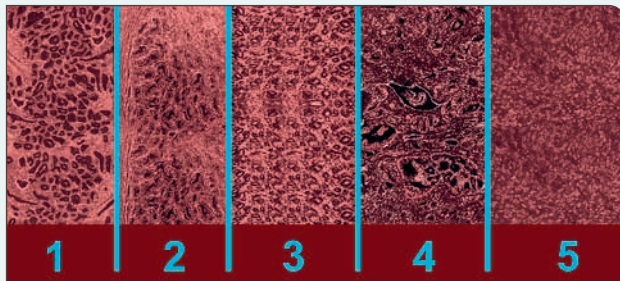


fig. 3 Microphotographie

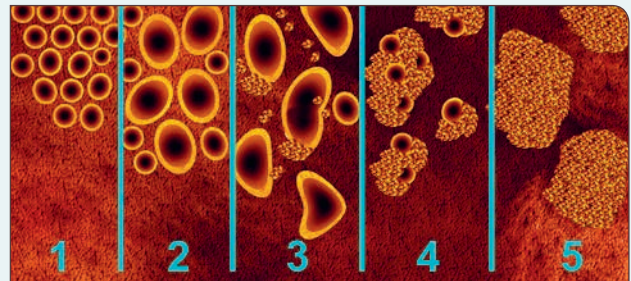


fig. 4 Dessin

**10** Faire correspondre chaque nombre issu de l'échelle de Gleason à sa description.

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | ■ | ■ | Masses irrégulières de cellules cancéreuses, peu de glandes |
| 2 | ■ | ■ | Infiltration de cellules cancéreuses (petites cellules)     |
| 3 | ■ | ■ | Glandes petites et uniformes                                |
| 4 | ■ | ■ | Glandes plus espacées et de diamètre variable               |
| 5 | ■ | ■ | Feuillettes de cellules cancéreuses, sans glandes visibles  |

**11** Caractériser les méthodes de dosage des facteurs tumoraux et de l'anatomopathologie par rapport aux méthodes de type scanographie, IRM, radiologie et scintigraphie.

Il s'agit de méthodes invasives, qui nécessitent un prélèvement de tissu par biopsie.



## Activité 4 Les traitements du cancer

Compléter le texte présentant les différents traitements du cancer.



Le taxol, un anticancéreux très puissant, est issu de l'if

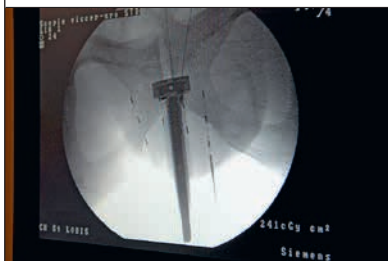
### La chimiothérapie

Principe : des molécules chimiques sont administrées au patient. Elles sont toxiques pour les cellules en forte division.

Intérêt : la chimiothérapie permet de détruire la tumeur principale ainsi que les métastases.

Limites : certaines cellules cancéreuses sont résistantes.

Effets secondaires : des cellules saines sont détruites (perte des cheveux) (alopécie), diminution du nombre de cellules sanguines (aplasie)...



Dépôt dans la prostate de grains d'iode radioactifs

### La radiothérapie

Principe : un rayonnement (souvent radioactif) détruit les cellules exposées.

Intérêt : la radiothérapie permet de détruire une tumeur locale.

Limites : les tissus autour de la tumeur sont détruits (brûlés). Un seul foyer est traité.



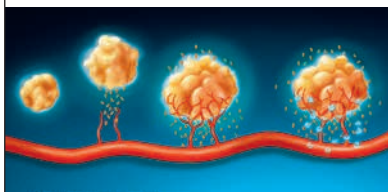
Fibrome (tumeur bénigne formée de fibroblastes) issu d'un sein

### La chirurgie (tumorectomie)

Principe : la tumeur est retirée chirurgicalement, ainsi que le tissu avoisinant.

Intérêt : permet d'éliminer une tumeur locale.

Limites : la tumeur doit être accessible. Un seul foyer est traité.



Mode d'action d'un inhibiteur de l'angiogenèse (molécules bleues)

### Utilisation d'un inhibiteur de néo-angiogenèse

Principe : à partir d'une certaine taille, une tumeur provoque la synthèse de nouveaux vaisseaux sanguins (néo-angiogenèse) qui lui apportent l'oxygène et permettent sa dissémination. Un inhibiteur empêche ce phénomène.

Intérêt : limite le développement et la dissémination de la tumeur.

### Autres traitements

Des traitements alternatifs sont en cours de mise au point. On peut citer :

- l'immunothérapie. Pour en savoir plus : <http://tinyurl.com/goejkqe>
- l'hormonothérapie. Vidéo de présentation : <http://tinyurl.com/hrrp5t3>
- la greffe de moelle osseuse. Vidéo explicative : <http://tinyurl.com/hgs846m>

## Je construis mon cours

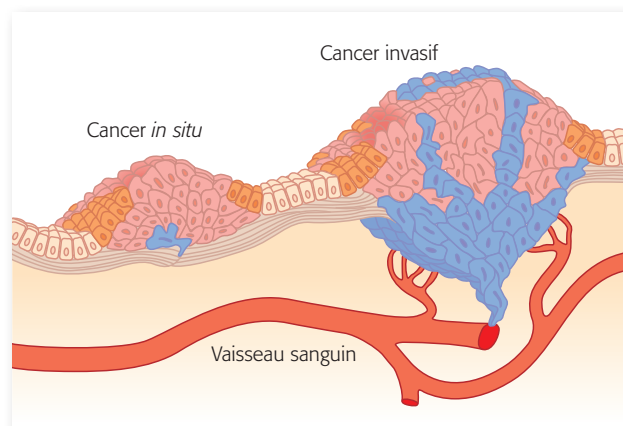
Une tumeur est la conséquence de la perte de contrôle des divisions cellulaires. Dans un premier temps, la tumeur est **localisée** (*in situ*), puis, dans le cas d'une tumeur **maligne**, les cellules de la tumeur peuvent se disséminer dans l'organisme et forment des foyers secondaires (appelés **métastases**) : on parle alors de cancer invasif.

Les méthodes d'investigations sont classées en deux catégories :

- les méthodes **non invasives** : IRM, scanographie, radiographie, **scintigraphie** ;
- les méthodes invasives : examen anatomopathologique et dosage des **marqueurs tumoraux** .

Les trois principaux traitements sont : la **chirurgie**, qui consiste à extraire les tumeurs (tumorectomie), la **radiothérapie**, qui consiste à détruire les tumeurs grâce à un rayonnement et la **chimiothérapie**, qui, par le biais d'une molécule chimique, détruit la tumeur et également les métastases (mais aussi des cellules saines, d'où des effets secondaires importants).

D'autres traitements existent : immunothérapie, hormonothérapie, greffe de moelle osseuse...



## Je sais dire

Terme	Définition
<b>Alopécie</b>	Chute des cheveux et poils
<b>Angiogenèse</b>	Nouvelle synthèse de vaisseaux sanguins
Aplasie	Diminution du nombre de cellules sanguines
<b>Biopsie</b>	Prélèvement d'un tissu
Dysplasie	Anomalie de développement d'un organe
Fibrome	Tumeur composée de fibroblastes

Terme	Définition
<b>Hyper</b> ...plasie	Augmentation importante du volume d'un tissu
Iatrogène	Qui est la conséquence néfaste d'un acte médical
Lymphome	Cancer du tissu lymphoïde
Néoplasie	Formation cellulaire nouvelle : <b>tumeur</b>
Polype	Tumeur des muqueuses (ex : côlon)
<b>Tumorectomie</b>	Ablation d'une tumeur

## Je sais faire le jour du bac

- 1 Un patient présentant un cancer du poumon peut être traité selon trois modalités : pneumectomie, radiothérapie ou chimiothérapie anticancéreuse. Définir ces termes.

La pneumectomie est l'ablation d'un des poumons (on parle de lobectomie pour l'ablation d'un lobe) .

La radiothérapie détruit une tumeur par des rayonnements .

La chimiothérapie utilise une molécule chimique qui tue les foyers cancéreux .

- 2 Expliquer l'intérêt de chaque modalité thérapeutique.

Les trois techniques peuvent détruire la tumeur principale. Seule la chimiothérapie permet d'attaquer aussi les métastases.

Une exposition prolongée à des agents mutagènes peut provoquer des mutations génétiques à l'origine d'une cancérogenèse.

- 3 Expliquer le lien entre la molécule d'ADN et la notion de mutation génétique.

L'ADN est la molécule porteuse des gènes. Une modification de sa séquence est appelée mutation génétique. Le développement cellulaire peut être perturbé.

- 4 Le doc. A présente les différentes étapes de la cancérogenèse. Décrire précisément, avec le vocabulaire adéquat, les phénomènes présentés aux étapes 1, 2, 3 et 4.

1 : Une cellule subit une mutation et sa croissance cellulaire devient incontrôlée .

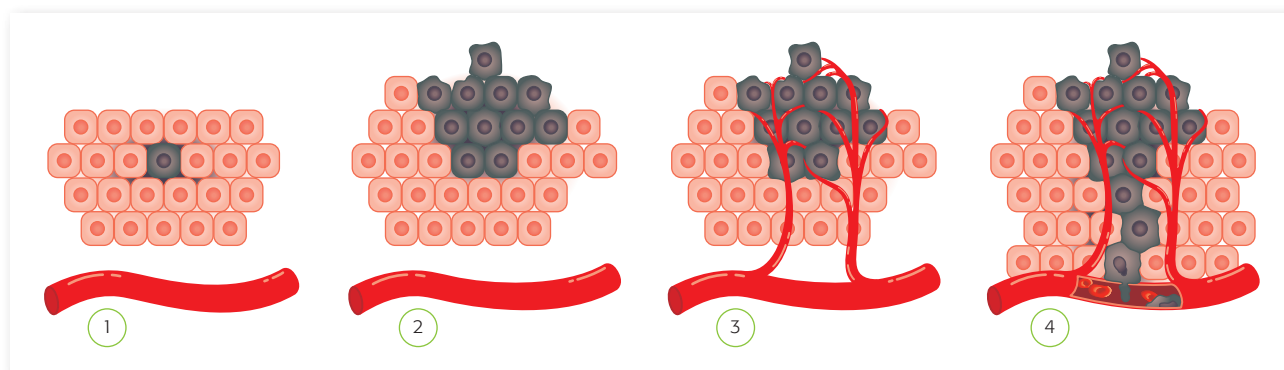
2 : La cellule mutée forme un amas de cellules, il s'agit d'un néoplasme localisé .

3 : Des vaisseaux de petit diamètre sont créés par angiogenèse, stimulée par la tumeur .

4 : Des cellules mutées rejoignent la circulation sanguine et vont créer des métastases dans d'autres organes .

- 5 En déduire la définition d'une tumeur.

Une tumeur est une masse de cellules synthétisées après perte de contrôle du cycle cellulaire. Elle peut grossir et par angiogenèse créer des métastases disséminées.



Doc. A Les étapes de la cancérogenèse



# Je m'entraîne pour le bac

## Diagnostic prénatal et transmission du syndrome de Di George

M. D a 27 ans. Il est atteint du syndrome de Di George appelé aussi syndrome de la micro-délétion 22q11. Ce syndrome touche une naissance sur 2 500 en France. Il s'agit d'une anomalie génétique de type délétion qui concerne 15 à 30 gènes. Les signes cliniques varient en fonction du nombre de gènes touchés, mais les plus répandus sont des malformations cardiaques, des troubles immunitaires, une malformation du palais, une diminution du tonus musculaire, des difficultés d'apprentissage et des troubles hormonaux.

La femme de M. D attend son premier enfant. Le couple est inquiet et discute avec son médecin du risque de transmission de cette maladie. Celui-ci leur indique que cette anomalie chromosomique n'est pas visible sur un caryotype, mais peut être détectée en analysant l'ADN du fœtus. Le médecin prescrit donc une amniocentèse et une échographie prénatale afin de déceler d'éventuelles malformations cardiaques.

### 1 Terminologie médicale

- programme T<sup>le</sup> 1.1. Définir les deux termes en caractères gras dans l'énoncé.
- programme T<sup>le</sup> 1.2. Définir le terme « amniocentèse » et citer le risque majeur de la technique.

### 2 L'échographie

- programme 1<sup>re</sup> 2.1. Présenter le principe de cette technique.
- programme 1<sup>re</sup> 2.2. Présenter les deux intérêts d'une échographie prénatale.

### 3 Le caryotype

- programme T<sup>le</sup> 3.1. Définir le caryotype. Citer les anomalies détectables sur un caryotype.
- programme T<sup>le</sup> 3.2. Le doc. 1 présente le caryotype (normal) du fœtus de Mme D. Donner la formule chromosomique et le sexe de l'enfant.
- programme T<sup>le</sup> 3.3. Le doc. 2 représente un chromosome. Légender les éléments 1 à 3.
- programme T<sup>le</sup> 3.4. Nommer les monomères, ou unités de base, constitutifs de l'ADN et donner la structure de l'ADN.





#### 4 La transmission du syndrome de Di George

Le doc. 3 présente l'arbre généalogique de la famille de M. D.

programme T<sup>le</sup> 4.1. À partir de cet arbre, démontrer que la maladie se transmet de manière dominante.

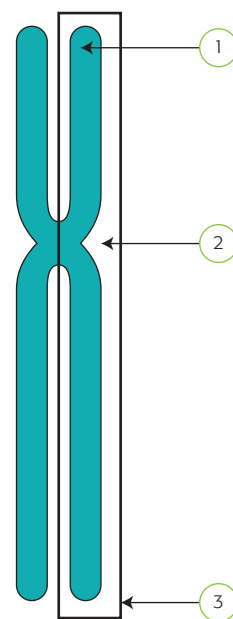
programme T<sup>le</sup> 4.2. Indiquer si la transmission est autosomique ou gonosomique. Justifier.

programme T<sup>le</sup> 4.3. Indiquer le(s) génotype(s) de M. et Mme D. Justifier.

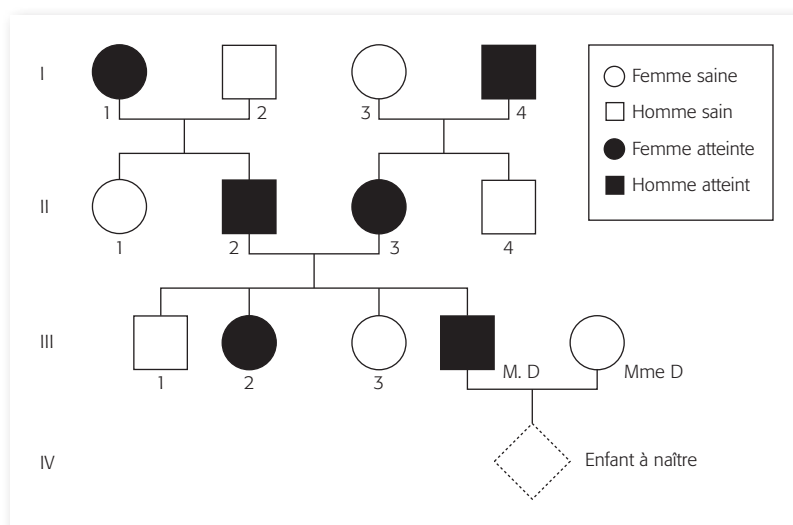
programme T<sup>le</sup> 4.4. Calculer le risque que l'enfant à naître soit porteur de la maladie.



Doc. 1 Caryotype de l'enfant à naître de M. et Mme D.



Doc. 2 Représentation schématique d'un chromosome



Doc. 3 Arbre généalogique de la famille de M. D

## 16

# Anatomie de l'appareil reproducteur et gamétogenèse chez l'homme et la femme

- ➔ Identifier les organes des appareils reproducteurs.
- ➔ Annoter des coupes ou des schémas de testicules en repérant les stades de la spermatogenèse.
- ➔ Annoter des coupes ou des schémas d'ovaires en repérant les stades de développement du follicule.
- ➔ Annoter le follicule de De Graaf.
- ➔ Identifier les cellules et leurs caractéristiques chromosomiques lors de la spermatogenèse et de l'ovogenèse.
- ➔ Définir la fécondation et la nidation.

## Activité

## 1

## Organisation de l'appareil reproducteur de l'homme

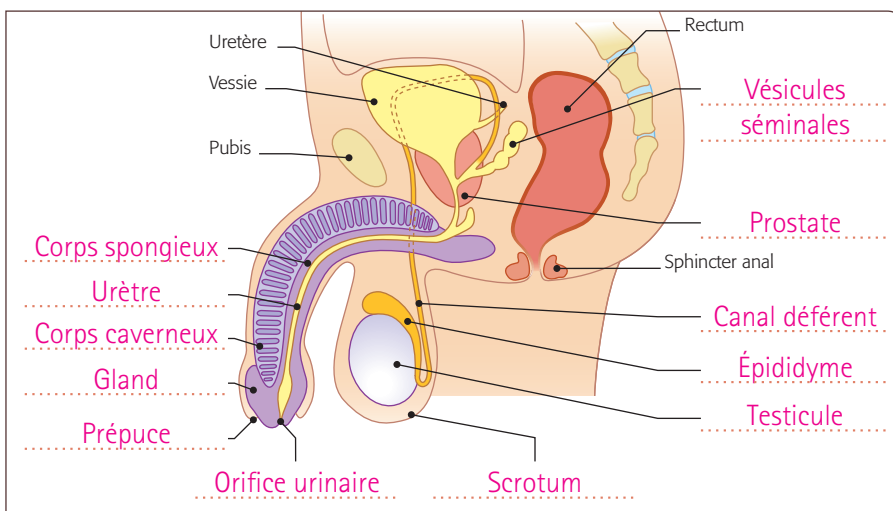


fig. 1 Coupe longitudinale de l'appareil génital masculin

## Doc. 1

### Présentation de l'appareil génital masculin

L'appareil reproducteur de l'homme est composé de gonades (les testicules : *orchi*), de voies génitales externes et internes et de glandes annexes. Les testicules situés dans le scrotum fabriquent les cellules reproductrices – les spermatozoïdes – appelées gamètes. Ces derniers transitent par l'épididyme lequel coiffe le testicule, puis par le canal déférent qui rejoint l'urètre. Sur le trajet, des sécrétions venant de glandes annexes (vésicules séminales et prostate) s'ajoutent aux spermatozoïdes et l'ensemble forme le sperme. Celui-ci est expulsé par le pénis, organe génital externe, composé des corps érectiles (corps spongieux et caverneux), du prépuce et du gland.

En utilisant le doc. 1, compléter la légende de la fig. 1.

## Activité

## 2

## Organisation de l'appareil reproducteur de la femme

### Doc. 2 Présentation de l'appareil génital féminin

Chez la femme, l'appareil reproducteur est interne. Dans les gonades (ovaires : *ovario*) sont produits les hormones sexuelles et les ovocytes. Les ovocytes sont captés par le pavillon de la trompe de Fallope (*salpingo*), puis ils migrent par les trompes jusqu'à l'utérus (*hystero* ou *metro*). Celui-ci est divisé en trois couches : l'adventice externe, une couche musculaire appelée myomètre

et une muqueuse, l'endomètre qui tapisse la cavité utérine. L'utérus débouche sur le vagin (*vagino*). Le passage entre le vagin et l'utérus est appelé col de l'utérus (*cervico*). On trouve également chez la femme des organes génitaux externes et la vulve. Cette dernière est constituée des petites et des grandes lèvres, lesquelles bordent les orifices urinaire et vaginal ainsi que le clitoris.

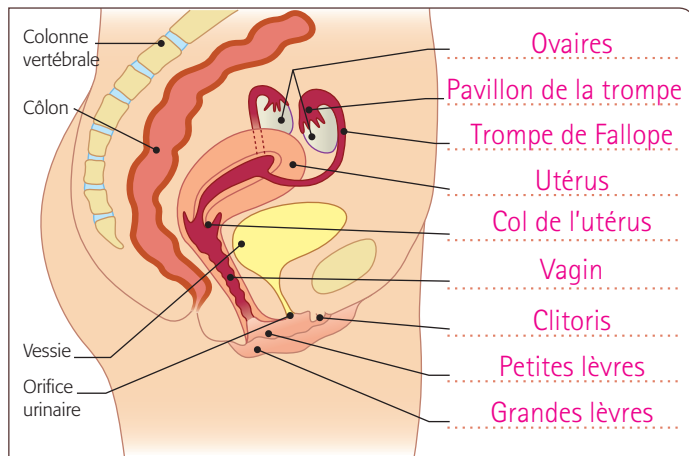


fig. 2 Coupe longitudinale de l'appareil génital féminin

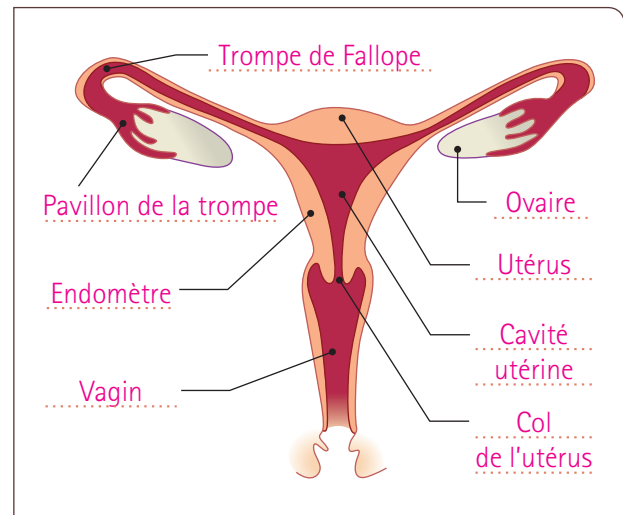


fig. 3 Anatomie de l'appareil reproducteur vue de face

Compléter la légende des fig. 2 et 3.

### Activité 3 La méiose, processus essentiel de la gamétogenèse

- 1 Expliquer pourquoi il est fondamental que les gamètes subissent une méiose.

Les gamètes mâles et femelles étant destinés à fusionner, ils ne doivent comporter que la moitié de la quantité d'ADN pour donner une cellule œuf constituée du nombre exact de chromosomes.

#### Doc. 3 La gamétogenèse

La gamétogenèse est la formation des gamètes, cellules destinées à fusionner en vue de la reproduction. C'est pourquoi le spermatozoïde et l'ovocyte comportent deux fois moins d'ADN que les autres cellules de l'organisme. Chaque espèce est définie par un nombre de paires de chromosomes ( $n$ ). Chez l'Homme  $n = 23$ . Chacun des deux chromosomes appartenant à une même paire sont appelés chromosomes homologues.

- 2 À partir du doc. 4 et de la fig. 4, compléter le texte ci-dessous.

La méiose donne naissance à quatre cellules filles haploïdes génétiquement différentes à partir d'une cellule mère diploïde. Une cellule diploïde contient des paires de chromosomes alors qu'une cellule haploïde ne contient qu'un seul exemplaire de chaque chromosome. La méiose est propre aux gamètes.

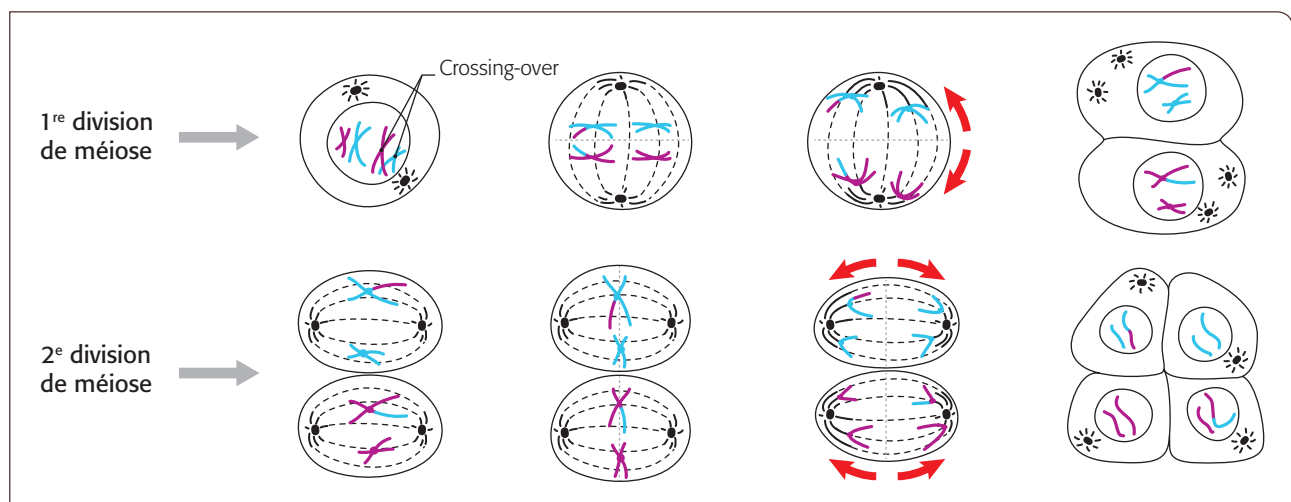


fig. 4 Les étapes de la méiose

**Doc. 4** Le mécanisme de la méiose

La méiose est le processus qui permet le passage de la forme diploïde ( $2n$ ) à la forme haploïde ( $n$ ). Elle ne s'applique donc qu'aux gamètes. La méiose est une succession de deux divisions cellulaires, chacune comprenant les quatre phases identiques à la mitose.

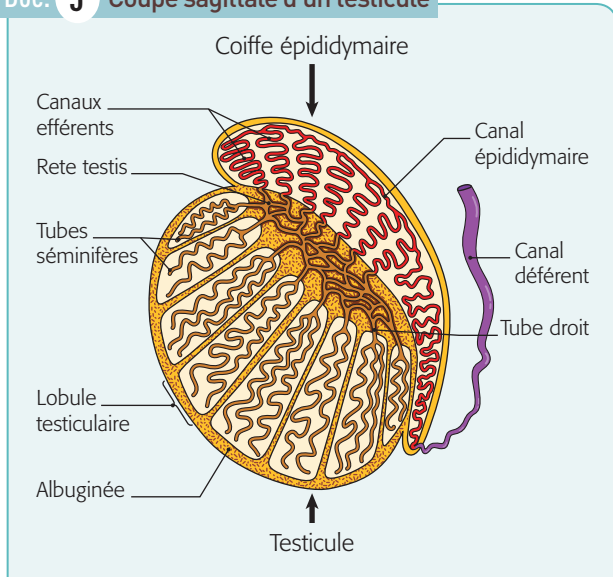
La première division ou méiose I s'appelle aussi division réductionnelle, car elle partage les chromosomes en deux lots de chromosomes homologues. Elle permet un brassage interchromosomique des gènes : les chromosomes d'une même paire se séparent de manière aléatoire. De plus, en prophase de première division de

méiose, les chromosomes homologues peuvent échanger des portions de chromatides. Ce phénomène, appelé crossing-over, est à l'origine d'un brassage intrachromosomique entre les allèles des paires homologues.

La deuxième division, ou méiose II, est une division équationnelle, car elle sépare par la suite chaque chromosome en deux chromatides sœurs. La méiose permet donc, à partir d'une cellule diploïde de 46 chromosomes constitués de deux chromatides chacun, d'obtenir quatre cellules haploïdes de 23 chromosomes à une seule chromatide, génétiquement différentes.

**3** Définir les termes suivants.

Division réductionnelle	Cette division permet de diviser par deux le nombre de chromosomes en séparant en deux lots les chromosomes homologues.
Division équationnelle	Le nombre de chromosomes ne change pas mais chaque chromosome se sépare en deux chromatides qui se répartissent dans les cellules filles.

**Activité 4** La production des spermatozoïdes**Doc. 5** Coupe sagittale d'un testicule**1** À partir du doc 5, compléter le texte suivant.

Le testicule est entouré par une enveloppe protectrice : l'**albuginée**. Il est divisé en 200 à 300 lobules. Chaque lobule est constitué de plusieurs **tubes séminifères** très contournés et pelotonnés. Les tubes séminifères se poursuivent par **les tubes droits** qui se collectent dans **le rete testis** puis dans **les canaux efférents**, **le canal épидидymaire** et enfin **le canal déférent**. Entre les tubes séminifères se trouvent de nombreux vaisseaux sanguins ainsi que des cellules de Leydig, cellules sécrétrices de testostérone.



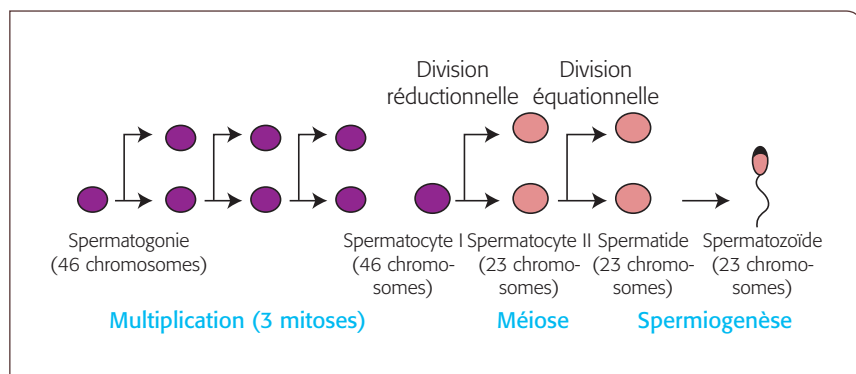


fig. 5 La spermatogenèse

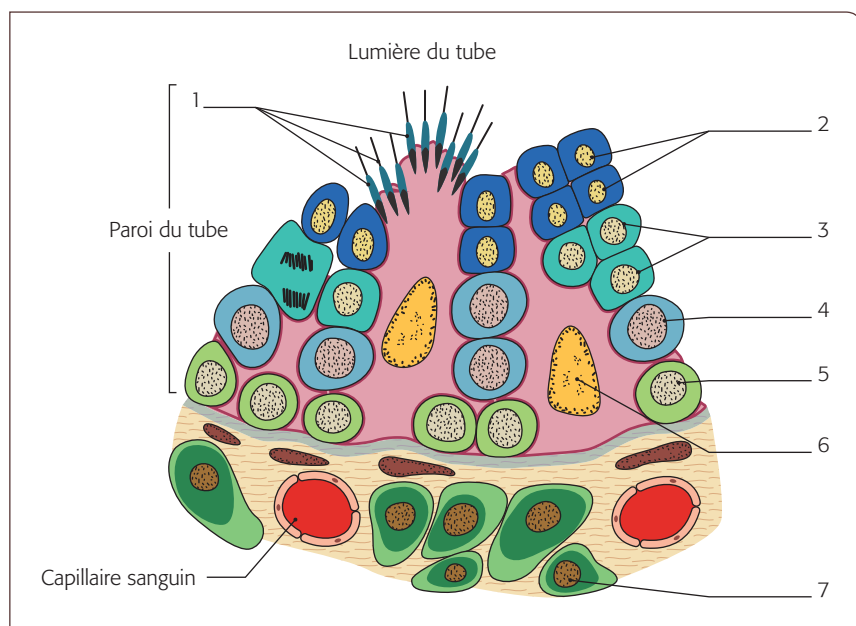


fig. 6 Coupe d'un tube séminifère

## Doc. 6 La spermatogenèse

Le tube séminifère est le lieu de fabrication des gamètes mâles ou cellules germinales. Ce mécanisme s'appelle la spermatogenèse. Cette production s'effectue de la périphérie vers la lumière du tube. Elle commence par la multiplication des cellules souches, les spermatogonies, situées en périphérie et contenant 23 paires de chromosomes ( $2n$ ). Ces cellules se différencient en spermatocytes I ( $2n$ ) qui subissent la première division de méiose et forment les spermatocytes II ( $n$ ), puis la deuxième division de méiose qui mène aux spermatozoïdes ( $n$ ). Chaque spermatozoïde subit une transformation progressive (appelée spermiogenèse) pour devenir finalement un spermatozoïde ( $n$ ), prêt à sortir dans la lumière du tube séminifère. Il existe à l'intérieur du tube séminifère une autre catégorie de cellules : les cellules de Sertoli qui ont un rôle nourricier et de soutien pour la spermatogenèse. Entre les tubes séminifères, on trouve de nombreux vaisseaux sanguins ainsi que des cellules de Leydig, sécrétrices de l'hormone testostérone.

2 À partir du doc. 6, reporter la légende de la fig. 6 dans la deuxième colonne du tableau.

Numéro	Nom de la cellule	Nombre de chromosomes	État diploïde D ou haploïde H	Fonction des cellules
1	Spermatozoïde	23	H	Cellule reproductrice de la spermatogenèse
2	Spermatozoïde	23	H	Cellule reproductrice de la spermatogenèse
3	Spermatozoïde	23	H	Cellule reproductrice de la spermatogenèse
4	Spermatozoïde	46	D	Cellule reproductrice de la spermatogenèse
5	Spermatozoïde	46	D	Cellule reproductrice de la spermatogenèse
6	Cellule de Sertoli	46	D	Cellule nourricière et protectrice
7	Cellule de Leydig	46	D	Cellule sécrétrice de testostérone

3 Compléter les autres colonnes du tableau en vous appuyant sur les documents précédents.

## Activité 5 Le développement du follicule ovarien

### Doc. 7 Le déroulement de l'ovogenèse

L'ovogenèse est la fabrication des ovocytes. Les cellules souches, appelées ovogonies, sont déjà présentes chez le fœtus et se multiplient par mitoses. Lorsque le stock est formé, certaines parmi elles entrent en phase de croissance pour devenir un ovocyte de type I entouré d'une couche de cellules que l'on appelle cellules folliculaires. De la naissance à la puberté, les ovocytes I entament la division réductionnelle de la méiose mais restent bloqués en prophase I. Ces cellules diploïdes resteront à ce stade jusqu'à la puberté. À la puberté, à chaque premier jour du cycle ovarien, quelques ovocytes I diploïdes

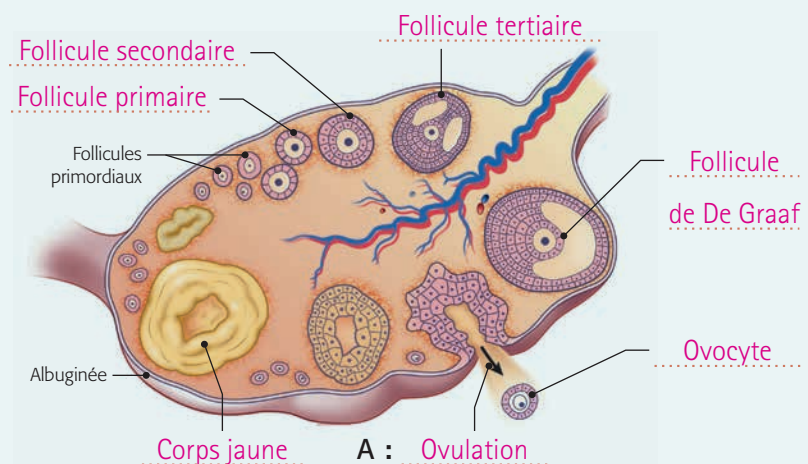
bloqués en prophase I poursuivent leur division réductionnelle. Puis, un seul va poursuivre sa maturation, qui se termine juste avant l'ovulation et donne deux cellules haploïdes de taille très inégale : l'ovocyte II, de grosse taille et un premier globule polaire, une petite cellule qui dégénère. L'ovocyte II subit la division équationnelle mais reste bloqué en métaphase II. Il sera expulsé lors de l'ovulation et ne poursuivra sa division que s'il fusionne avec un spermatozoïde : en cas de fécondation, il achève sa méiose II, devient un ovule et expulse un second globule polaire. Sinon, il meurt au bout de 24 heures.

1 À partir du doc. 7, répondre aux propositions suivantes. Justifier les réponses lorsque les propositions sont fausses.

Propositions	Vrai	Faux	Justification
Les ovogonies sont des cellules souches diploïdes.	<u>x</u>		
Les ovocytes I sont des cellules haploïdes.		<u>x</u>	<u>2n donc diploïdes</u>
La première division de méiose permet la fabrication de deux cellules identiques haploïdes.		<u>x</u>	<u>Un ovocyte II et un globule polaire</u>
Le second globule polaire apparaît à chaque cycle dès la puberté.		<u>x</u>	<u>Il n'apparaît que s'il y a eu fécondation</u>
À la puberté, les ovocytes I poursuivent leur division jusqu'à la métaphase II.	<u>x</u>		
La fécondation permet la fin de la deuxième division méiotique et ainsi la libération du second globule polaire.	<u>x</u>		

### Doc. 8 La folliculogénèse

L'ovaire est constitué d'une zone centrale très vascularisée et d'une zone périphérique qui contient les follicules. Ces follicules sont constitués d'un ovocyte entouré de cellules nourricières et protectrices. Les premiers follicules immatures sont appelés follicules primordiaux, puis ils grandissent et deviennent des follicules primaires, secondaires et tertiaires. Lorsque le follicule est mûr, il porte le nom de follicule de De Graaf. Au moment de l'ovulation, il libère l'ovocyte ; le reste du follicule devient le corps jaune et finit par dégénérer dans l'ovaire.

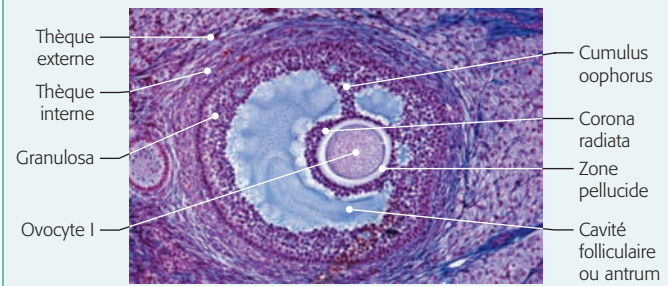


2 À partir du texte du doc. 8, retrouver la légende du schéma attenant.

### 3 Compléter le texte ci-dessous en utilisant la légende du doc. 9.

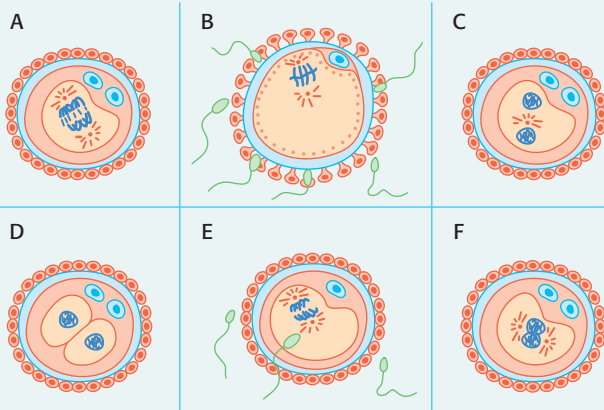
Le follicule de De Graaf ou follicule **mûr** est constitué d'un **ovocyte I** entouré de cellules folliculaires, la **granulosa** et la **thèque**. L'ovocyte est une grosse cellule sphérique entourée d'une **zone pellucide**. Une cavité appelée **antrum** creuse la granulosa et l'ovocyte se retrouve juste relié par le **cumulus oophorus**. Autour de la zone pellucide apparaît une couche de cellules radiaires appelées **corona radiata** qui restera autour de l'ovocyte même après l'ovulation. Lors de la folliculogenèse, la **thèque** s'épaissit et donne deux couches autour de la granulosa, la **thèque interne** et la **thèque externe**.

#### Doc. 9 Photographie au MO d'un follicule mûr



## Activité 6 De la fécondation à la nidation

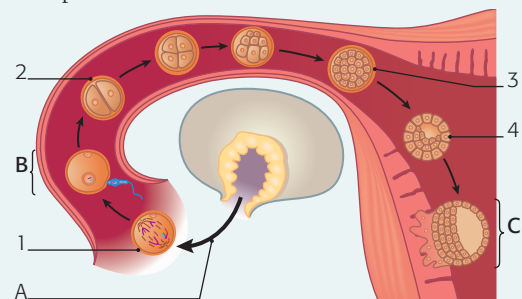
#### Doc. 10 Les étapes de la fécondation



La fécondation correspond à la fusion d'un spermatozoïde avec un ovocyte pour former une cellule-œuf ou zygote. Elle a lieu dans la trompe 48 heures après l'ovulation.

#### Doc. 11 De la fécondation à la nidation

Après la fécondation, l'embryon se déplace dans la trompe vers l'utérus tout en se divisant, pour donner deux, quatre, huit... jusqu'à 64 cellules appelées blastomères. C'est le stade morula. Puis l'œuf formé d'une centaine de cellules prend le nom de blastocyste et va s'implanter dans l'utérus. C'est la **nidation**.



4	Blastocyste	C	Implantation
2	Deux blastomères (30 <sup>e</sup> heure)		
A	Ovulation	3	Morula
B	Fécondation	1	Ovocyte II

### 1 Retrouver les événements qui correspondent aux étapes de la fécondation.

Description de l'étape	Événement	Description de l'étape	Événement
Achèvement de la méiose de l'ovocyte et expulsion du 2 <sup>e</sup> globule polaire	3 : A	Ovocyte bloqué en métaphase II et entouré de spermatozoïdes	1 : B
Apparition des deux pronucléi (noyaux) masculin et féminin	4 : C	Rapprochement des deux pronucléi qui fusionnent : c'est la caryogamie	5 : F
La cellule œuf est formée de deux cellules identiques appelées blastocytes.	6 : D	Pénétration d'un spermatozoïde et poursuite de la méiose de l'ovocyte	2 : E

### 2 Retrouver les étapes du développement embryonnaire sur le doc. 11.

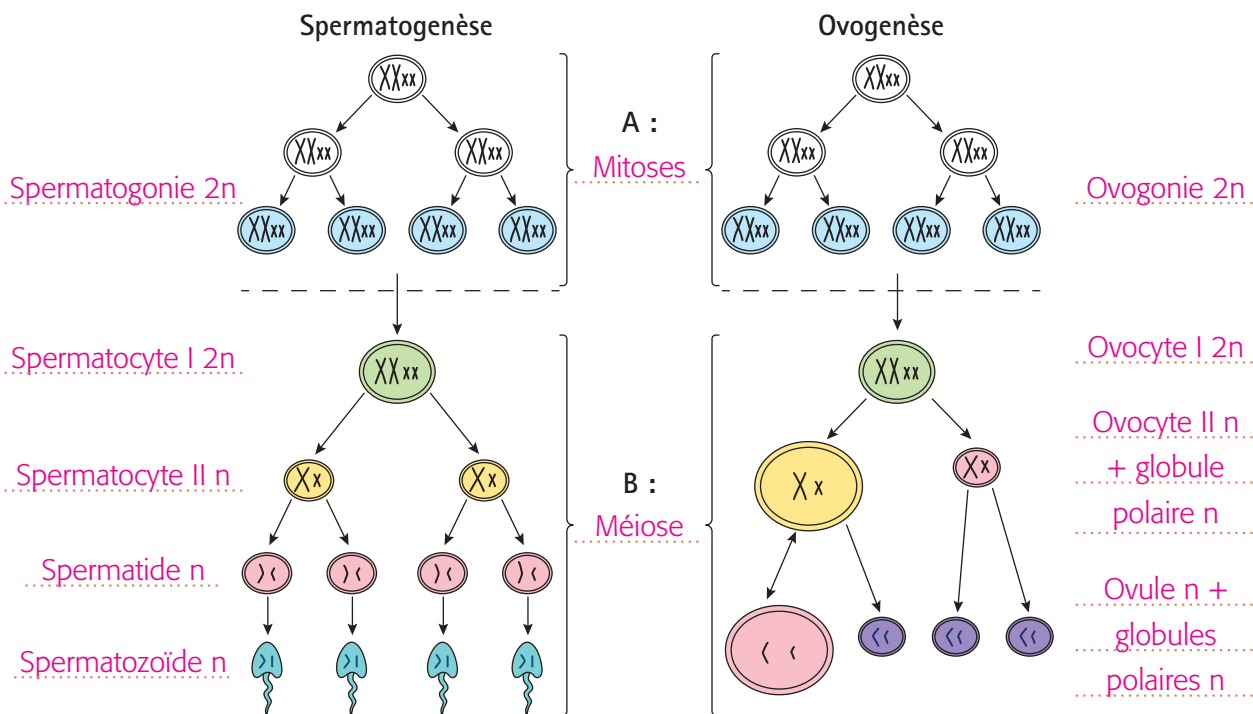
## Je construis mon cours

### Les organes reproducteurs

	Homme	Femme
Organes génitaux externes	Le pénis ; les gonades : testicules	La vulve ; le clitoris
Organes génitaux internes	1) Les voies génitales Les épididymes ; les canaux déférents ; l'urètre 2) Les glandes annexes Les vésicules séminales ; la prostate	1) Les voies génitales Les trompes de Fallope ; l'utérus ; le vagin 2) Les gonades Les ovaires
Fonction des gonades	Production des spermatozoïdes et production d'hormone (testostérone)	Production des ovocytes et production d'hormones sexuelles

### La gamétogenèse

Donner le nom des cellules de la lignée germinale en précisant leur nombre de chromosomes, ainsi que les noms des divisions A et B.



**Chez l'homme :** une phase de différenciation, la spermiogenèse. On obtient 4 spermatozoïdes avec  $n$  chromosomes à 1 chromatide.

**Chez la femme :** une seule cellule reproductrice avec  $n$  chromosomes à 1 chromatide.



## Je sais faire le jour du bac

Mme X, 28 ans, consulte en raison d'un problème d'infertilité. Le médecin lui prescrit une hystérosalpingographie. Elle signale un antécédent personnel génital infectieux, une salpingite qui a été traitée à l'aide d'un antibiotique.

- 1 Écrire les légendes correspondant aux repères 1, 2, 3 et 4 (fig. A).

1 : Trompe de Fallope ..... 2 : Utérus .....  
3 : Ovaire ..... 4 : Vagin .....

- 2 Définir l'hystérosalpingographie puis expliquer son principe.

L'hystérosalpingographie est une radiographie de l'utérus et des trompes de Fallope. Il s'agit d'une technique d'imagerie médicale basée sur l'absorption des rayons X.

- 3 Justifier le recours au produit de contraste lors de la réalisation d'une hystérosalpingographie.

Le produit de contraste permet de rendre opaque aux rayons X les organes à observer (ici l'utérus et le vagin). Il permet de mieux visualiser les voies génitales et de détecter d'éventuelles anomalies.

- 4 Observer et comparer les figures A et B. Contrairement à la femme saine, chez qui l'on observe bien le vagin, l'utérus et les trompes utérines, Mme X semble avoir les trompes obstruées car le produit de contraste n'est pas passé.

- 5 Les médecins décident d'étudier les gamètes de Mme X. Le document ci-dessous représente l'évolution de la quantité d'ADN dans un ovocyte en fonction du temps. Nommer les trois phases du cycle cellulaire numérotées 1, 2 et 3 sur le document.

- 6 Donner le nombre de chromosomes par cellule et le nombre de chromatides par chromosome : en phase 1, en phase 3, en fin de phase 4 et en phase 6.

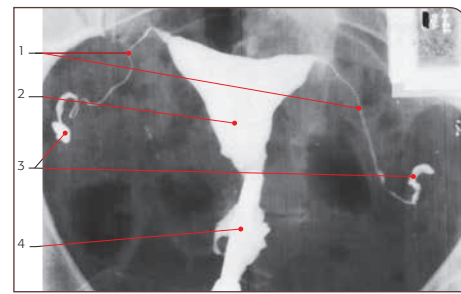


fig. A Femme saine

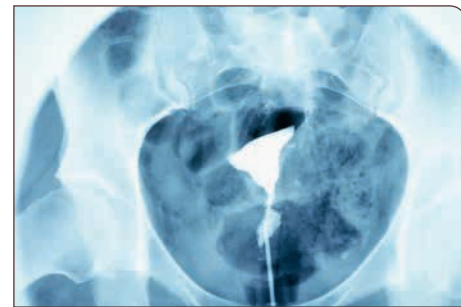
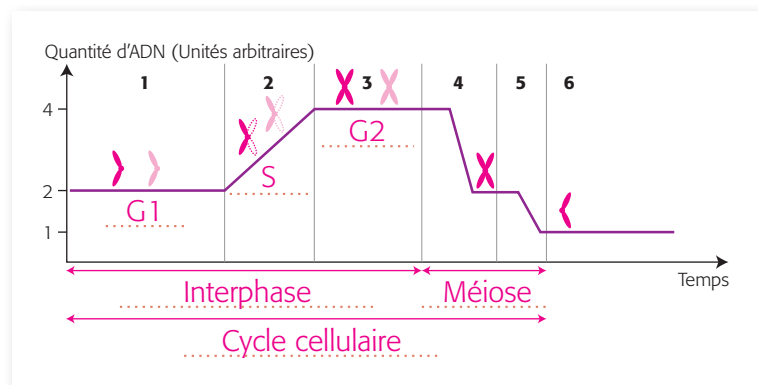


fig. B Madame X

Doc. A Clichés d'hystérosalpingographie

Phases	Nombre de chromosomes	Nombre de chromatides
1	<u>2n</u>	<u>1</u>
3	<u>2n</u>	<u>2</u>
4	<u>n</u>	<u>2</u>
6	<u>n</u>	<u>1</u>



## 17

# Régulation de la fonction reproductrice

- ➔ Présenter l'organisation anatomique et fonctionnelle du complexe hypothalamo-hypophysaire.
- ➔ Dégager les rôles des hormones sexuelles mâles et femelles et la régulation de leur sécrétion.
- ➔ Présenter les cycles ovarien et utérin, et montrer leur synchronisation.

## Activité 1 Les rôles des testicules






### Doc. 1 Les eunuques

Les eunuques étaient de jeunes garçons destinés à garder les harems sous l'empire Ottoman au XIII<sup>e</sup> siècle. Pour éviter toute liaison avec les épouses du sultan, ils subissaient avant leur puberté une castration, c'est-à-dire une ablation des testicules. Les garçons grandissaient alors sans développer de caractères virils appelés caractères sexuels secondaires : leur voix ne muait pas, leur pilosité et leur musculature ne se développaient pas. Les caractères sexuels primaires, essentiels à la reproduction, étaient affectés : le pénis restait de petite taille et les spermatozoïdes étaient absents. Si la castration avait lieu après la puberté, la castration entraînait une stérilité ainsi qu'une régression des caractères sexuels secondaires (la voix devenait aiguë et les poils régressaient).



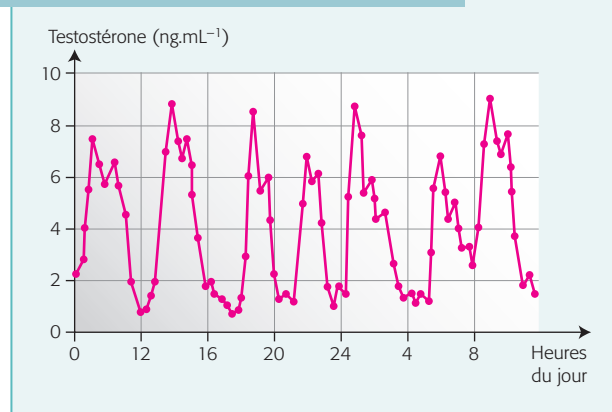
fig. 1 *Le gardien du Harem, 1885, Peinture de Raphaël Ambros*

### Doc. 2 Mise en évidence de l'activité testiculaire

Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3	Expérience 4	Expérience 5
Souris mâle témoin	Section de la moelle épinière	Castration	Castration + greffe de testicules dans le cou	Castration + injection de testostérone
				
Apparition des caractères sexuels à la puberté	Apparition des caractères sexuels à la puberté	Pas de caractères sexuels	Apparition des caractères sexuels	Apparition des caractères sexuels
Conclusions				
À la puberté se développent le pénis et les autres caractères sexuels utiles à la reproduction.	La mise en place des caractères sexuels n'est pas d'origine nerveuse. Hypothèse : origine hormonale.	Les testicules jouent un rôle essentiel dans l'apparition des caractères sexuels.	Les testicules contrôlent les caractères sexuels via le système hormonal (la greffe connectée aux vaisseaux sanguins peut restaurer les caractères sexuels).	Les testicules contrôlent les caractères sexuels grâce à une hormone : la testostérone qui agit à distance sur les organes cibles.

- 1 Quel organe, par son absence, est responsable de l'apparence des eunuques ? Les testicules
- 2 Indiquer à quoi correspondent chez l'homme :
  - ▶ les caractères sexuels primaires : pénis, production des spermatozoïdes
  - ▶ les caractères sexuels secondaires : voix, pilosité, musculature
- 3 Proposer une conclusion pour chaque expérience du doc. 2.

**Doc. 3** Mesure du taux de testostérone sur 24 heures chez un animal



- 4 À partir des doc. 1 à 3, compléter le texte suivant.

L'hormone mâle s'appelle la testostérone.  
 Elle est synthétisée par les testicules et plus particulièrement par les cellules de Leydig.  
 Sa sécrétion est très faible à la naissance, mais, à partir de la puberté, son taux augmente considérablement. Elle sera sécrétée durant toute la vie de l'individu en réalisant des pics brefs appelés pulses. On dit que la testostérone a une sécrétion pulsatile.

La testostérone agit sur les caractères sexuels primaires : elle stimule la production des spermatozoïdes et provoque le développement des voies génitales et du pénis. Elle permet l'apparition et le maintien des caractères sexuels secondaires : les poils, notamment sur le visage, le torse, les membres et le pubis. Les épaules s'élargissent et la musculature se développe. La voix devient plus grave suite à la croissance du larynx.

## Activité 2 Contrôle des fonctions testiculaires par le complexe hypothalamo-hypophysaire

**Doc. 4** Le complexe hypothalamo-hypophysaire

L'hypothalamus et l'hypophyse sont deux glandes situées dans l'encéphale reliées entre elles par la tige pituitaire. Elles forment le complexe hypothalamo-hypophysaire. L'hypophyse est constituée de deux lobes qui possèdent des rôles différents, l'un antérieur (antéhypophyse) aussi appelé adénohypophyse, et l'autre postérieur (posthypophyse) ou neurohypophyse. Un réseau de capillaires sanguins relie les neurones de l'hypothalamus à l'adénohypophyse.

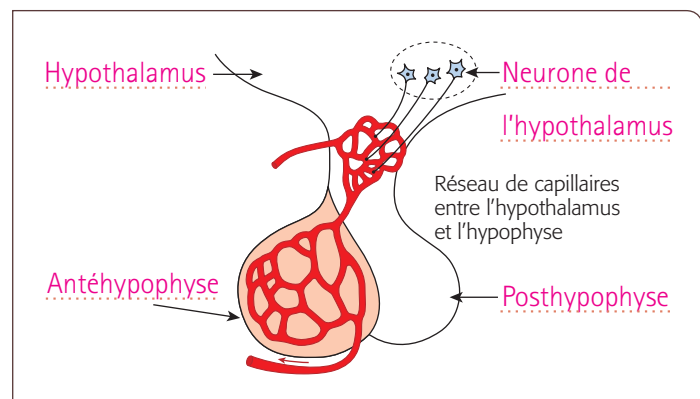


fig. 2 Anatomie du complexe hypothalamo-hypophysaire

- 1 À partir du doc. 4, compléter la légende de la fig. 2.

## Doc. 5 Mise en évidence du contrôle des testicules par l'hypophyse

Expériences	Observations	Interprétations
Expérience 1	Si l'on retire l'hypophyse chez un animal qui n'a pas atteint l'âge de la puberté, les caractères sexuels n'apparaissent pas.	L'hypophyse joue un rôle dans l'apparition de la puberté et des caractères sexuels.
Expérience 2	Si l'on retire l'hypophyse chez un animal adulte, les testicules et les caractères secondaires régressent.	L'hypophyse joue un rôle sur les testicules et sur les caractères sexuels secondaires.
Expérience 3	Des injections d'extraits du lobe antérieur de l'hypophyse dans le sang d'un animal hypophysectomisé entraînent la réapparition des caractères sexuels.	L'hypophyse antérieure produit des substances véhiculées par le sang et qui agissent sur les testicules et les caractères sexuels secondaires.
Expérience 4	Quand on isole le lobe antérieur de l'hypophyse et qu'on le place dans un milieu nutritif approprié, le milieu s'enrichit en deux hormones : la FSH (hormone folliculostimulante) et la LH (hormone lutéinisante).	L'hypophyse antérieure est une glande endocrine qui synthétise deux hormones : la FSH (hormone folliculostimulante ou folliculostimuline) et la LH (hormone lutéinisante).
Expérience 5	Une injection de FSH chez un animal hypophysectomisé entraîne la stimulation des tubes séminifères (via les cellules de Sertoli).	La FSH stimule la spermatogenèse.
Expérience 6	Une injection de LH chez un animal hypophysectomisé entraîne la sécrétion de testostérone et le rétablissement de la spermatogenèse	La LH stimule la production de testostérone qui active la production des gamètes mâles, en agissant sur les cellules de Leydig.

## 2 Interpréter chaque expérience du doc. 5.

## Doc. 6 Mise en évidence du rôle de l'hypothalamus, une autre glande du cerveau

Expériences	Observations	Interprétations
Exp 1	Si on détruit l'hypothalamus chez un animal, les caractères sexuels restent absents.	A L'hypothalamus contrôle l'hypophyse grâce à une hormone appelée GnRH.
Exp 2	Détruire l'hypothalamus fait disparaître les hormones hypophysaires FSH et LH. Au contraire, stimuler l'hypothalamus provoque leur sécrétion accrue.	B L'hypothalamus joue un rôle dans l'apparition des caractères sexuels.
Exp 3	Des injections d'extraits hypothalamiques contenant une hormone appelée GnRH (gonadolibérine) stimulent la production de FSH et LH.	C L'hypothalamus contrôle le fonctionnement de l'hypophyse.

## 3 Associer à chaque expérience du doc. 6 l'interprétation qui lui correspond. 1-B, 2-C, 3-A

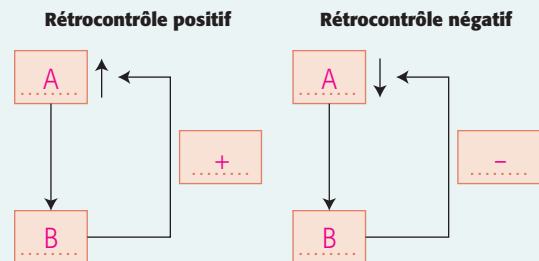


### Activité 3 Régulation de la fonction reproductrice chez l'homme

- À partir du doc. 7, compléter les dessins de chaque type de rétrocontrôles avec A, B, + ou -.
- Interpréter chaque expérience du doc. 8.

#### Doc. 7 Notion de rétrocontrôle

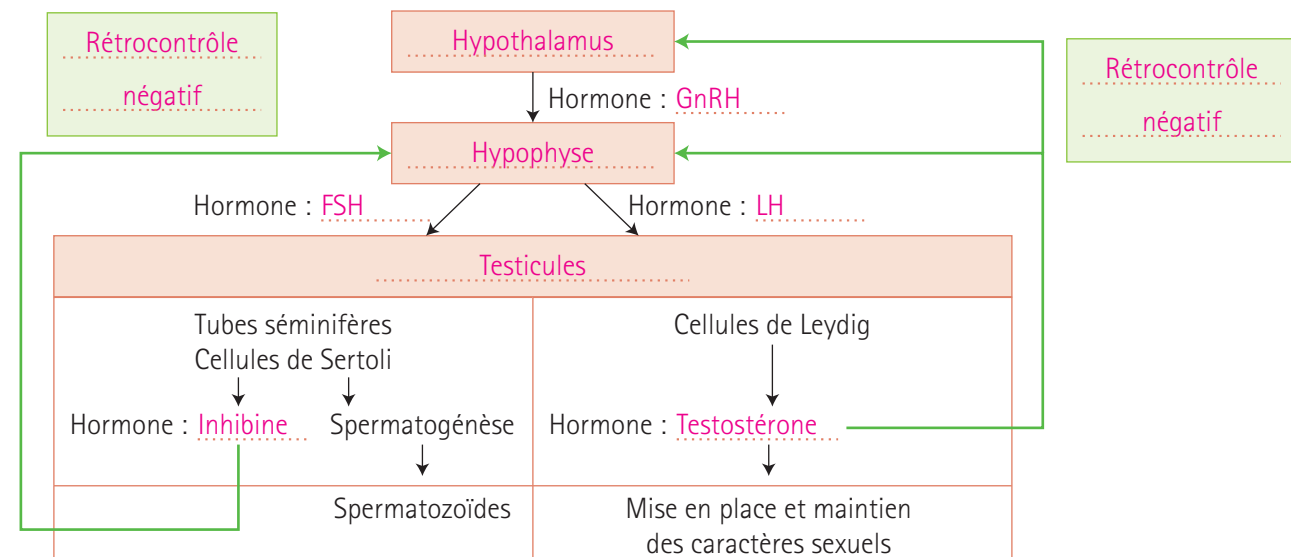
Une hormone (A) est une molécule agissant sur une cellule cible. L'action de cette hormone sur cette cellule peut provoquer différents phénomènes dont, entre autres, la libération d'une deuxième hormone (B) ayant une action sur la sécrétion de la première. On parle de **rétrocontrôle**. Le rétrocontrôle est **positif** si l'hormone B provoque une augmentation de la sécrétion de l'hormone A. Le rétrocontrôle est **négatif**, si l'hormone B provoque une diminution de sa sécrétion.



#### Doc. 8 Mise en évidence des rétrocontrôles dans l'activité des testicules

Expériences	Observations	Interprétations
Exp 1	Une administration de testostérone à forte dose entraîne l'arrêt de sécrétion de FSH et LH.	La testostérone exerce un rétrocontrôle négatif sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.
Exp 2	Si la concentration de testostérone diminue, il y a production accrue de FSH, de LH puis de testostérone.	Le rétrocontrôle diminue pour maintenir une quantité constante de testostérone dans le sang.
Exp 3	Si l'on met en présence des cellules de Sertoli (qui produisent une hormone appelée inhibine) avec des cellules hypophysaires, la quantité de FSH dans le milieu chute.	L'inhibine exerce un rétrocontrôle négatif sur la libération de FSH.

- Compléter le schéma de synthèse ci-dessous qui reprend tous les niveaux de contrôle.



## Activité 4 Les différents cycles sexuels de la femme

### Doc. 9 Le cycle ovarien

L'appareil génital féminin a un fonctionnement cyclique qui débute à la puberté et s'achève à la ménopause. Le caractère cyclique se manifeste par un écoulement sanguin appelé : **menstruations ou règles**. On parle de cycle sexuel ou menstruel ; sa durée varie de 20 à 40 jours, avec une moyenne de  $28 \pm 4$  jours. Ils débutent par convention au moment des règles qui durent de 3 à 5 jours. Le cycle ovarien se divise en trois phases. **La phase folliculaire ou pré-ovulatoire** (0 à

14 jours) inclut les règles et correspond à l'évolution d'un follicule primordial jusqu'au stade d'un follicule de De Graaf.

**La phase ovulatoire ou ovulation** correspond à la libération de l'ovocyte II, vers le 14<sup>e</sup> jour du cycle.

**La phase lutéale (lutéinique) ou post-ovulatoire** fait suite à l'ovulation et dure toujours 14 jours. Elle est marquée par l'apparition du corps jaune qui dérive du follicule ayant expulsé son ovocyte II.

### Doc. 10 Le cycle utérin

Au cours du cycle utérin, l'endomètre subit des modifications pour permettre une éventuelle nidation de l'œuf. **Du premier jour (début des règles) au 4<sup>e</sup> jour** : l'ovocyte n'a pas été fécondé. L'endomètre se détruit et comme celui-ci est richement vascularisé, des saignements apparaissent, les menstruations (ou ménorrhée, de *méno* : mois et *rrhée* : écoulement). **Du 4<sup>e</sup> au 14<sup>e</sup> jour** : l'endomètre se reforme. Les cellules prolifèrent.

**Du 14<sup>e</sup> au 28<sup>e</sup> jour** : des glandes en tube apparaissent. Les vaisseaux sanguins se spiralisent formant une « dentelle utérine ». À la fin du cycle, l'endomètre peut accueillir un œuf. S'il n'y a pas de fécondation, un nouveau cycle recommence.

Les cellules du col de l'utérus libèrent un mucus, la glaire, qui présente un maillage très serré en phase folliculaire et lâche en période ovulatoire, facilitant le passage des spermatozoïdes vers la cavité utérine.

1 À partir des docs 9 et 10, compléter la légende de la fig. 3.

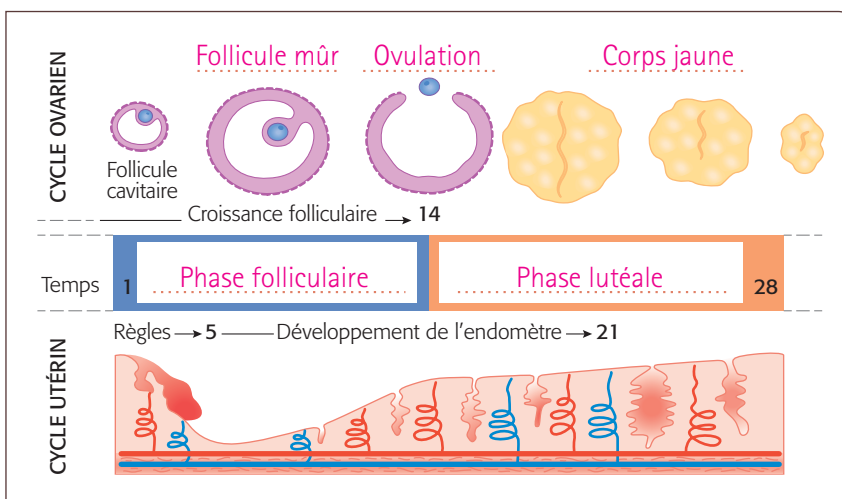


fig. 3 Les cycles ovarien et utérin

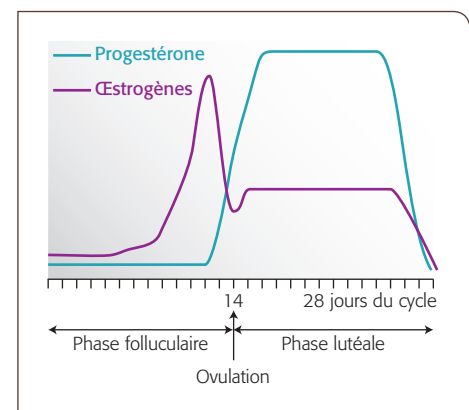


fig. 4 Évolution des hormones ovariennes lors d'un cycle

2 En analysant les fig. 3 et 4, compléter le texte suivant.

On constate qu'au cours de la phase folliculaire, plus la quantité d'œstrogènes augmente, plus l'épaisseur de l'endomètre est importante : on peut donc en déduire que ce sont **les œstrogènes** qui stimulent cette croissance de l'endomètre. Pendant la phase lutéale, la présence d'œstrogènes mais surtout l'apparition de **la progestérone** fabriquée par le corps jaune provoquent la dentellisation et l'augmentation de la vascularisation de cet endomètre.

## Activité 5 Régulation de la fonction reproductrice chez la femme

1 En analysant la fig. 5, compléter le texte suivant.

Les taux de LH et de FSH produites varient au cours du cycle, notamment le 14<sup>e</sup> jour où se produisent deux pics de libération d'hormones par l'hypophyse : un pic de FSH et surtout un pic de LH qui provoque l'ovulation. La FSH est une hormone qui agit sur l'ovaire et qui provoque la croissance du follicule au cours de la première partie du cycle. La LH entraîne la formation du corps jaune. LH et FSH sont donc deux hormones hypophysaires qui stimulent les ovaires.

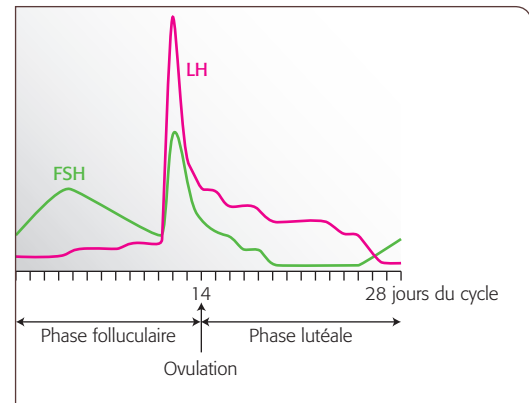


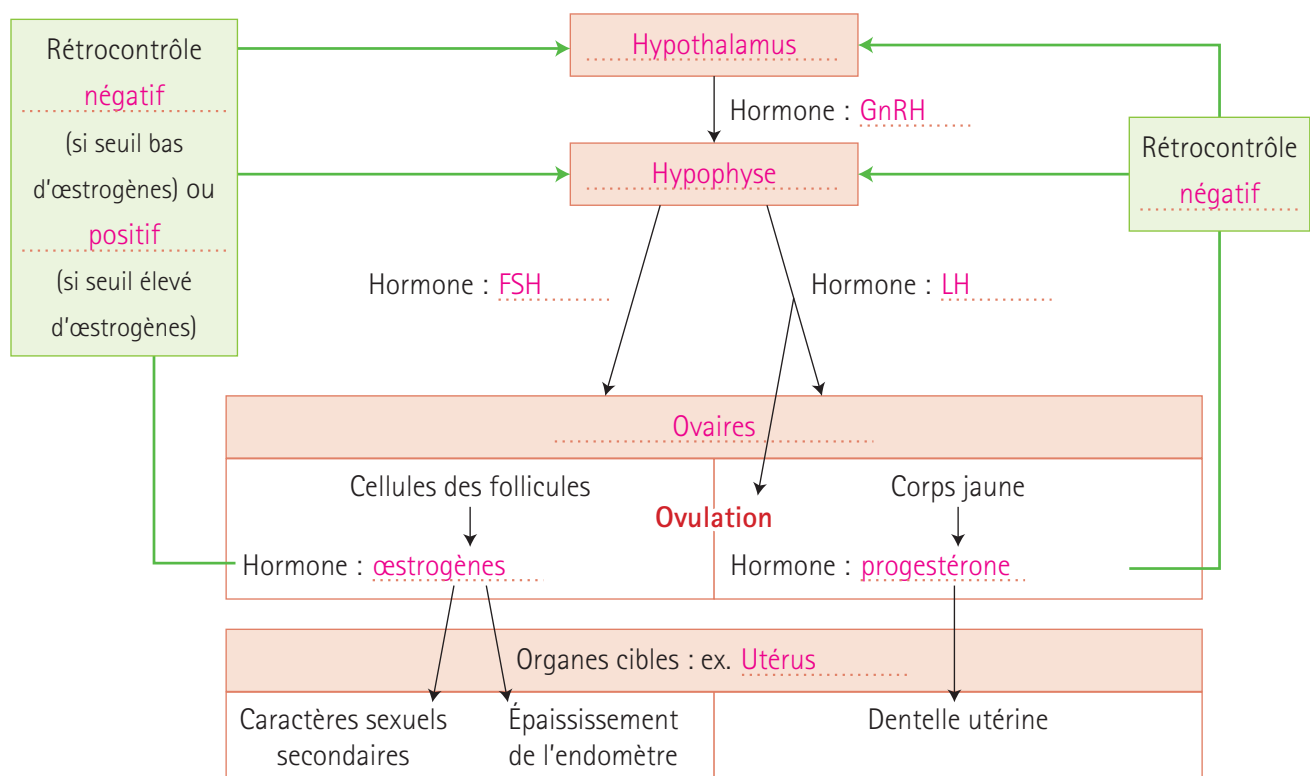
fig. 5 Évolution des hormones hypophysaires lors d'un cycle

### Doc. 11 Contrôle du complexe hypothalamo-hypophysaire

Des expériences similaires à celles réalisées chez l'homme ont montré que, chez la femme, l'hypothalamus contrôlait aussi la sécrétion de FSH et LH par l'hypophyse grâce à une sécrétion pulsatile de GnRH. D'autre part, au début de la phase folliculaire, une faible augmentation du taux des œstrogènes (inférieure à 200 µg/L) inhibe la

sécrétion de FSH et de LH : c'est la **rétroaction négative**. À la fin de la phase folliculaire, une forte augmentation du taux des œstrogènes déclenche les pics de FSH et LH. Il se produit un **retrocontrôle positif**. En phase lutéale, les taux élevés de progestérone et d'œstrogènes inhibent la sécrétion de LH et FSH. Il y a **retrocontrôle négatif**.

2 À partir du doc. 11, compléter le schéma de régulation sexuelle chez la femme ci-dessous.



## Je construis mon cours

### Régulation de la fonction reproductrice chez l'homme

La testostérone est sécrétée par les cellules de **Leydig**, et détermine les caractères sexuels **primaires**. Ceux-ci sont **indispensables** à la reproduction : **développement** des organes génitaux et production de **spermatozoïdes**. La testostérone est aussi responsable de l'apparition des caractères sexuels **secondaires** qui sont les traits associés à la virilité. Ils comprennent le timbre de la **voix**, la **pilosité**, la croissance **musculaire**. La régulation hormonale de la spermatogenèse et de la production de testostérone fait intervenir des interactions entre l'**hypothalamus** et l'**hypophyse**, qui forment l'axe hypothalamo-hypophysaire, et les testicules. Un taux **élevé** de testostérone inhibe les sécrétions de l'**hypophyse** et de l'**hypothalamus** et un taux très bas les **active**.

### Régulation de la fonction reproductrice chez la femme

L'ovaire est sous le contrôle de l'**hypophyse** par l'intermédiaire de ses deux gonadostimulines **FSH** et **LH** qui sont sécrétées de manière cyclique. L'hypophyse est sous la dépendance de l'**hypothalamus** par l'intermédiaire de la **GnRH** (gonadolibérine) qui **stimule** des cellules à FSH et LH de l'antéhypophyse. On distingue trois périodes dans le cycle.

- 1 La phase **folliculaire** : phase de début de cycle. Sous l'influence de la **FSH**, un follicule **primordial** se développe. Les cellules de la thèque et de la granulosa libèrent des **œstrogènes**. Ceux-ci entraînent par rétrocontrôle **négatif** la baisse du taux des **gonadostimulines** (**FSH** et **LH**).
- 2 La période **ovulatoire** : le taux sanguin d'œstrogènes atteint une valeur seuil (**supérieure** à 200 µg/L), ce qui exerce un rétrocontrôle **positif** et provoque une **augmentation** du taux de **LH** (pic de **LH**), responsable de l'**ovulation**.
- 3 La phase **lutéale** : le follicule de De Graaf se transforme en **corps jaune**. La progestérone exerce un rétrocontrôle **négatif** : le taux de **gonadostimulines** (surtout de LH) diminue. En conséquence, le corps jaune régresse ainsi que les sécrétions hormonales ovariennes. Leur taux sanguin **diminue**, levant aussi l'**inhibition** hypothalamo-hypophysaire.

## Je sais dire

Hypophysectomie	Hypophys : <b>hypophyse</b>	Ectomie : <b>ablation = Ablation de l'hypophyse</b>
Ménorrhée	Méno : <b>mois</b>	Rrhée : <b>écoulement = Règles</b>
Androgènes	Andro : <b>mâle</b>	Gène : <b>qui engendre = Hormone mâle</b>



## Je sais faire le jour du bac

Le **doc. A** représente des coupes d'ovaire réalisées à différents moments du cycle menstruel.

Le **doc. B** montre l'évolution des sécrétions hormonales ovariennes, ainsi que les modifications de la muqueuse utérine au cours de ce cycle.

- 1 Reporter les légendes correspondant aux repères 1 à 5 du **doc. A**.

1 : Follicules primordiaux      2 : Follicule primaire      3 : Follicule tertiaire  
4 : Follicule mûr ou follicule de De Graaf      5 : Corps jaune

- 2 Donner le nom des hormones 1 et 2 du **doc. B**.

Hormone 1 : œstrogènes      Hormone 2 : progestérone

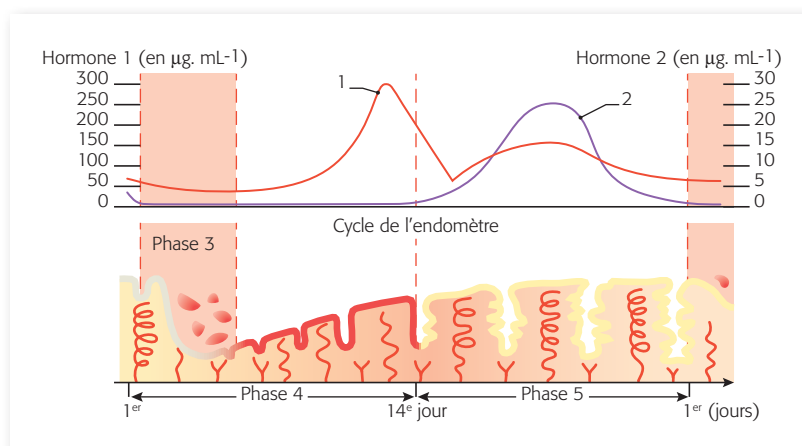
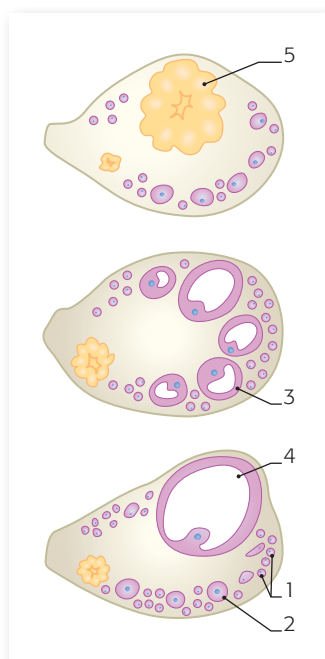
- 3 Reporter les noms correspondant à la période 3 et aux phases 4 et 5 du **doc. B**.

Phase 3 : règles ou menstruations      Phase 4 : phase folliculaire      Phase 5 : phase lutéale

- 4 Établir une relation entre l'évolution de la sécrétion des hormones A et B et celle de la muqueuse utérine au cours du cycle.

Lorsque les œstrogènes sont sécrétés en phase folliculaire, l'endomètre s'épaissit. Puis la progestérone apparaît, ainsi que des glandes et des vaisseaux spiralés. On peut en conclure que les œstrogènes interviennent dans l'épaississement de l'endomètre et la progestérone dans la formation de la dentelle utérine.

- 5 Indiquer quel phénomène intervient le quatorzième jour du cycle. L'ovulation



**Doc. B** Sécrétions hormonales ovariennes

**Doc. A** Coupes d'ovaire à différents stades du cycle menstruel

## 18

## Stérilité et maîtrise de la procréation

- ➔ Identifier les principales causes de stérilité.
- ➔ Montrer le mode d'action de la contraception hormonale et de la contraception.
- ➔ Citer les moyens de contraception mécanique.
- ➔ Donner le principe de l'insémination artificielle, de la FIVETE et de l'ICSI.

## Activité 1 Les causes de stérilité

## Doc. 1 Étude d'un cas clinique

Lucie et Thomas essaient d'avoir un enfant depuis trois ans. Ils consultent un gynécologue qui leur confirme qu'après deux ans de rapports sexuels réguliers et sans contraception, ne pas réussir à concevoir un enfant est un signe de stérilité. Ils subissent donc tous deux des examens afin d'en déterminer la cause. La stérilité peut être d'origines diverses : anatomique, infectieuse, endocrinienne, génétique, voire psychologique. Lucie et Thomas décident de se documenter chacun de leur côté sur les causes possibles de leur stérilité afin de mieux comprendre leur problème.

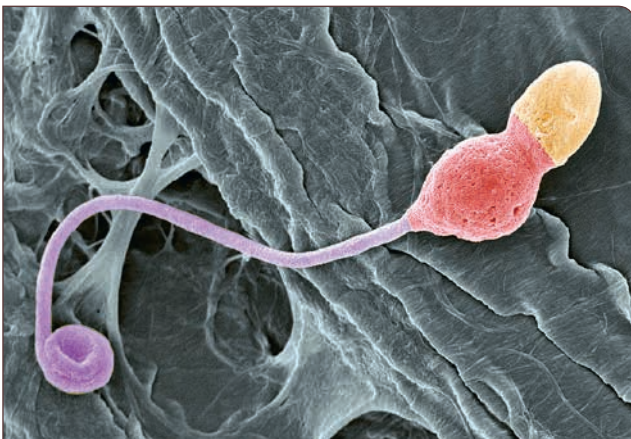


fig. 1 Spermatozoïde anormal (tératosperme)

## Doc. 2 Les causes de stérilité chez l'homme

Les causes de stérilité sont multiples, mais on peut citer chez l'homme la **cryptorchidie** (*crypt* : caché – *orchidi* : testicule). Elle se produit lorsqu'un testicule n'a pas effectué sa migration de l'abdomen du fœtus au scrotum pendant la grossesse. Dans ce cas, les testicules ne produisent pas de spermatozoïdes (azoospermie). Plusieurs problèmes de fertilité masculine peuvent également être associés à des anomalies des spermatozoïdes : formes anormales (tératospermie), mort des spermatozoïdes (nécospermie), nombre insuffisant (oligospermie), mobilité insuffisante (asthénospermie). Une affection cumule tous ces troubles : l'oligoasthénotératospermie (OATS). Ces causes peuvent être déterminées par l'analyse du sperme (spermo-gramme), qui comprend la numération, la mesure microscopique et la mobilité des spermatozoïdes. La stérilité, chez l'homme comme chez la femme, peut avoir pour origine une infection de l'appareil génital. Ces infections, qui peuvent être transmises lors de rapports sexuels, portent le nom d'IST ou **infections sexuellement transmissibles**. Certains troubles hormonaux peuvent entraîner une production insuffisante des hormones contrôlant la sécrétion de testostérone et la production de spermatozoïdes. La varicocèle (varice sur les testicules) est aussi responsable d'une stérilité chez l'homme. Il existe d'autres causes moins répandues : immunitaires, génétiques, environnementales, dues à des traitements. Mais dans 30 % des cas, elles sont d'origine inconnue.

## 1 Définir la stérilité humaine.

Incapacité de concevoir un enfant après des rapports sexuels réguliers pendant au moins deux ans.

## 2 À partir de vos connaissances et du doc. 1, retrouver le sens des racines.

Spermie	<u>Spermatozoïde</u>
Oligo	<u>Peu</u>

Asthéno	<u>Fatigue</u>
Térato	<u>Malformation</u>

A	<u>Absence</u>
Nécro	<u>Mort</u>

## Doc. 3 Les causes de stérilité chez la femme

Chez la femme, une des causes de stérilité est l'**obstruction des trompes** qui empêche la rencontre des cellules sexuelles en bloquant le passage des spermatozoïdes vers les trompes. Cette obstruction peut être due à une malformation ou à une infection, comme la salpingite, infection des trompes de Fallope. Les infections peuvent être provoquées par des germes sexuellement transmissibles comme des bactéries (chlamydiae ou gonocoques) ou des virus (herpès, VIH). Les anomalies ou malformations utérines sont aussi des causes de stérilité féminine (petit utérus, cloisonné, malformé). Des anomalies de la glaire cervicale peuvent rendre l'utérus hostile aux spermatozoïdes (acidité, anticorps antispermatozoïdes). Une déficience endocrinienne est la cause de stérilité la plus répandue chez la femme. Un déficit de sécrétion de gonadostimulines, associé à une hypersécrétion d'hormones ovariennes, entraîne l'absence d'ovulation (ou **anovulation**). Ces anovulations peuvent s'accompagner ou non de règles. Enfin, des ovogenèses anormales peuvent donner des ovocytes impropres à la fécondation. Il existe différents outils diagnostiques pour mettre en évidence l'origine de la stérilité : la **radiographie** et l'**échographie** pour une anomalie d'ordre anatomique ou infectieuse (l'infection peut provoquer l'obstruction d'un conduit, visible sur la fig. 2).

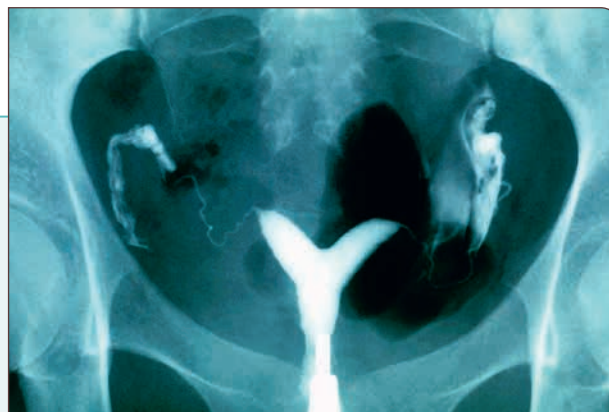


fig. 2 Malformation utérine : utérus bicorne

## 3 À partir des doc. 2 et 3, repérer et classer les causes des stérilités.

Origine	Stérilité masculine	Stérilité féminine
Anatomique	Cryptorchidie Varicocèle	Obstruction des trompes, malformation de l'utérus, glaire cervicale hostile
Infectieuse	Oreillons	Salpingite, IST : bactéries (chlamydiae, gonocoques) ou virus (herpès, VIH)
Endocrinienne	Anomalies de testostérone d'origine hypothalamique, hypophysaire ou testiculaire	Anomalies de l'ovulation d'origine hypothalamique, hypophysaire ou ovarienne
Cellulaire	Anomalies de la spermatogenèse	Anomalies de l'ovogenèse

## Activité 2 L'assistance médicale à la procréation (AMP)

## Doc. 4 La loi de bioéthique sur l'AMP

Extrait de l'article L. 2141-1 du Code de la santé publique  
« L'assistance médicale à la procréation s'entend des techniques cliniques et biologiques permettant la **conception in vitro**, le transfert d'embryons et l'insémination artificielle ainsi que toutes techniques d'effet permettant la procréation en dehors du processus naturel dont la liste est fixée par arrêté ».

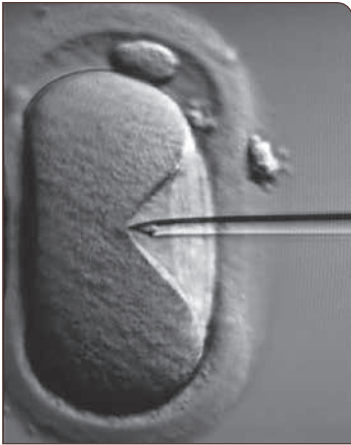
Toutes les techniques nécessitent un traitement de stimulation préalable hormonale afin d'obtenir le développement de follicules.

Lors de l'insémination artificielle (IA), le médecin, à l'aide d'un fin cathéter, dépose les spermatozoïdes à l'intérieur

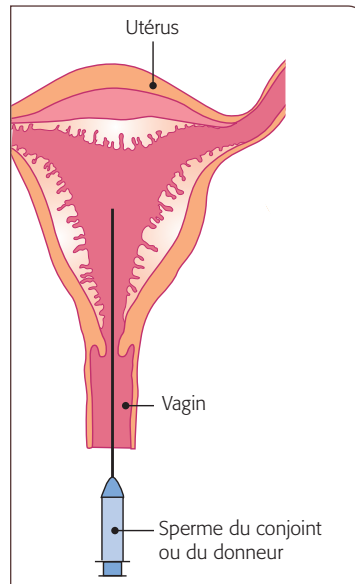
de l'utérus. En fonction de l'origine du sperme, on distingue l'IA avec sperme du conjoint (IAC) ou l'IA avec sperme de donneur (IAD).

La fécondation *in vitro* et la transplantation de l'embryon (Fivete) suit le même principe, mais l'embryon est formé en laboratoire puis réinjecté dans l'utérus. Lorsque la Fivete est impossible, une technique plus récente appelée ICSI (injection intracytoplasmique de spermatozoïde) consiste à injecter un spermatozoïde **unique** directement dans le cytoplasme de l'ovule, puis de réintroduire l'embryon dans l'utérus.

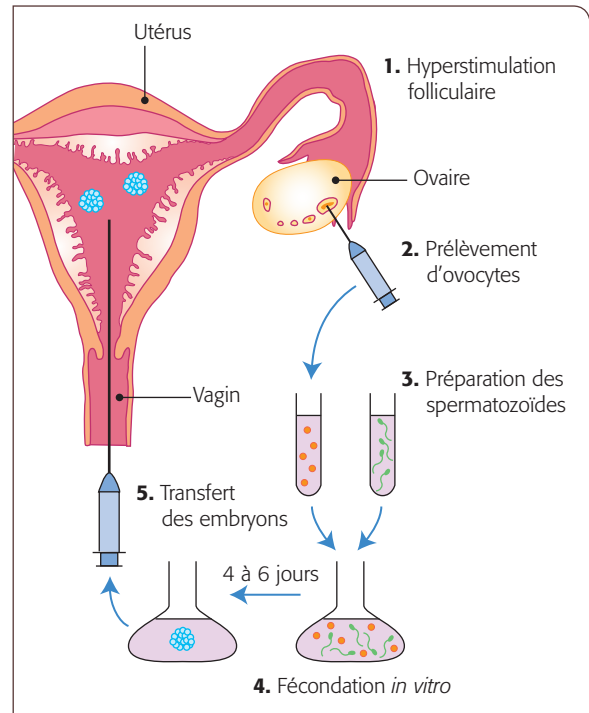
- 1 En vous appuyant sur le doc. 5, retrouver le nom de chaque technique.



ICSI



Insémination artificielle



Fivete

- 2 En fonction de l'origine de la stérilité, proposer la technique d'assistance médicale à la procréation (AMP) la plus adaptée.

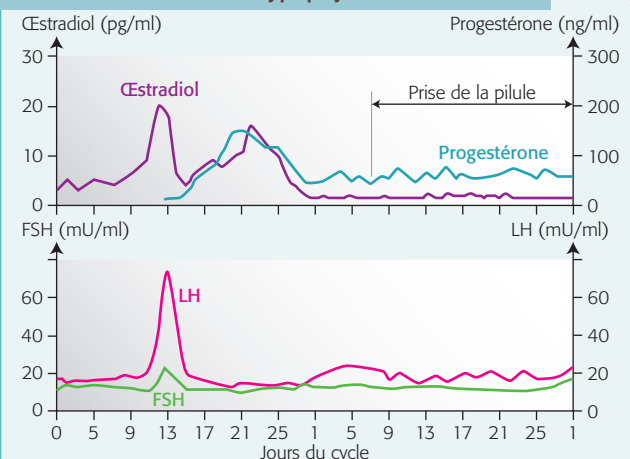
Origine de la stérilité	Technique d'AMP
Anomalie de l'ovulation ou de la glaire cervicale. Sperm normal	IAC
Femme stérile par obstruction des trompes	Fivete
Diminution de la mobilité des spermatozoïdes	Fivete ou ICSI
Homme atteint d'une maladie génétique et sperm anormal	IAD

### Activité 3 Les techniques de contraception

#### Doc. 5 La contraception hormonale féminine par voie orale

La contraception hormonale par voie orale consiste en l'absorption par la femme de pilules contenant des hormones ovariennes (œstrogènes et progestérone) à des doses variables. Elles sont prises quotidiennement du 1<sup>er</sup> au 21<sup>e</sup> jour du cycle, après quoi il y a un arrêt de 7 jours pendant lequel surviennent de fausses règles. Les pilules contraceptives qui s'opposent au développement de l'embryon. Il s'agit de la « pilule du lendemain », qui entraîne l'élimination précoce de l'endomètre empêchant ainsi la nidation éventuelle d'un œuf, et la pilule abortive RU486, ou mifépristone, qui agit contre la progestérone et provoque également des règles.

#### Doc. 6 Évolution des taux sanguins d'hormones ovariennes et hypophysaires





**1** Analysez le **doc. 6** et précisez le mode d'action des pilules contraceptives à partir du **doc. 5**.

Analyse en absence de pilule, en phase folliculaire : le taux d'œstradiol augmente parallèlement aux taux de LH et de FSH.

Vers le 13<sup>e</sup> jour : le pic de LH entraîne l'ovulation.

En phase lutéale : le taux de progestérone (libérée par le corps jaune) augmente.

Analyse en présence de pilule : les pics d'hormones dont celui de LH ont disparu. Les taux d'hormones sont constants.

Conclusion sur le rôle de la pilule : la pilule augmente le taux d'œstrogènes et de progestérone qui agit par rétrocontrôle négatif sur l'hypophyse, bloquant l'ovulation.

**2** Dans le **doc. 7**, attribuer à chaque photo le nom de la technique de contraception représentée.

**Doc. 7 Les méthodes contraceptives**

La contraception concerne toutes les méthodes qui s'opposent à la fécondation, physiques ou chimiques. On distingue les techniques suivantes :

- ▀ Les préservatifs masculin et féminin.
- ▀ Le stérilet ou dispositif intra-utérin (DIU) : objet en plastique et en cuivre en forme de T que l'on insère au fond de l'utérus. Il empêche la nidation en créant une réaction inflammatoire.
- ▀ Les crèmes spermicides : substances qui détruisent les spermatozoïdes.
- ▀ Le diaphragme : membrane ronde en latex, placée au niveau du col utérin, qui bloque le passage des spermatozoïdes.
- ▀ L'implant : bâtonnet en forme d'allumette posé sous la peau au niveau du bras qui diffuse en faible quantité de la progestérone et bloque ainsi l'ovulation.
- ▀ La pilule : comprimés pris tous les jours contenant des œstrogènes et de la progestérone de synthèse à différents dosages, ce qui empêche l'ovulation.
- ▀ L'anneau : flexible et transparent, placé dans le vagin, il délivre des œstrogènes et de la progestérone, ce qui empêche l'ovulation.



Préservatif féminin



Anneau



Diaphragme



Implant



Préservatif masculin



Pilule



Spermicides



Stérilet ou DIU

## Je construis mon cours

Les assistances médicales à la procréation ou **AMP** sont des techniques qui permettent d'aider les couples **stériles** à obtenir une grossesse. Elles nécessitent une stimulation des **follicules** grâce à des injections **hormonales**. **L'insémination artificielle** permet de traiter principalement des stérilités masculines ou résultant d'anomalies de la glaire cervicale. Elle consiste à déposer dans le vagin ou dans l'utérus des **spermatozoïdes** qui proviennent soit du conjoint, c'est **l'insémination artificielle du conjoint** (IAC), soit d'un donneur, c'est alors une **insémination artificielle avec donneur** (IAD). La Fivete (**fécondation in vitro et transfert d'embryon**) consiste à réaliser une fécondation en laboratoire puis à réintroduire l'**embryon** dans l'utérus. Une nouvelle technique reprend les mêmes étapes que la Fivete mais consiste à injecter un seul **spermatozoïde** dans l'ovocyte : c'est **l'injection intracytoplasmique de spermatozoïde** ou ICSI.

### QCM sur la contraception

La pilule hormonale :

- ☐ ne contient que des œstrogènes ;
- ☒ bloque l'ovulation par rétrocontrôle négatif ;
- ☒ peut contenir des œstrogènes et de la progestérone ;
- ☐ protège contre les infections sexuellement transmissibles ;
- ☐ bloque la nidation de l'œuf.

La pilule du lendemain :

- ☐ est une pilule contraceptive ;
- ☐ bloque la progression des spermatozoïdes ;
- ☐ provoque l'élimination de l'ovocyte ;
- ☐ peut être prise par l'homme ou la femme ;
- ☒ empêche la nidation de l'œuf.

## Je sais dire

Terme	Définition
<b>Gynécologue</b>	Médecin spécialisé dans l'étude et les maladies de l'appareil génital féminin.
Stérilité	<b>Incapacité de se reproduire</b>
<b>Oligospermie</b>	Nombre insuffisant de spermatozoïdes
<b>Salpingite</b>	Inflammation des trompes utérines
Tératospermie	<b>Formes anormales de spermatozoïdes</b>
Cryptorchidie	<b>Non-descente des testicules dans les bourses</b>
<b>Asthénospermie</b>	Manque de mobilité des spermatozoïdes

## Je sais faire le jour du bac

Monsieur et Madame B, âgés tous deux de 32 ans, n'arrivent pas à concevoir un enfant en dépit de rapports sexuels réguliers depuis deux ans sans contraception. Des examens sont réalisés en parallèle chez M. et Mme B. Le médecin prescrit à M. B un spermogramme et à Mme B une hystérosalpingographie.

- 1 Définir les trois termes ci-dessous.

Contraception : ensemble des techniques qui empêchent la grossesse

Spermogramme : examen qualitatif et quantitatif du sperme

Hystérosalpingographie : radiographie des trompes de Fallope et de l'utérus

- 2 Le doc. A présente les résultats du spermogramme de M. B. À l'issue de cet examen, le médecin diagnostique une stérilité.

Identifier l'anomalie mise en évidence par cet examen, puis la désigner par le terme médical correspondant.

Le spermogramme de M. B montre que son sperme ne contient aucun spermatozoïde.

Il s'agit d'une azoospermie.

- 3 Légender l'hystérosalpingographie de Mme B.

- 4 L'hystérosalpingographie de Mme B semble-t-elle normale ? Justifier.

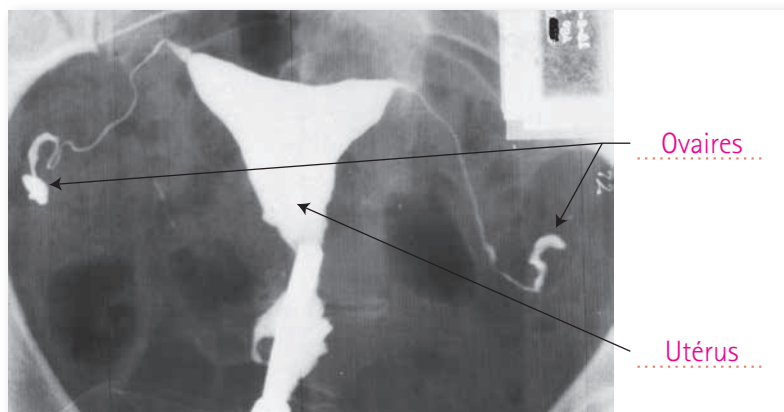
L'hystérosalpingographie semble normale, il n'y a pas d'obstruction des voies génitales.

- 5 Nommer la technique de procréation médicalement assistée proposée à ce couple compte tenu de l'anomalie constatée chez M. B.

Une insémination artificielle avec sperme de donneur (IAD) peut être proposée à ce couple.

Spermogramme	Monsieur B	Valeurs de référence
Volume éjaculat	2,4 mL	> 2 mL
pH normale	7,8	7,2 - 8
Viscosité	normale	normale
Quantité de spermatozoïdes	0/mL	> 20 millions/mL
Vitalité (formes vivantes)	—	> 80 %
Mobilité	—	> 50 %
Formes typiques	—	> 30 %
Formes atypiques	—	< 70 %

Doc. A Spermogramme de M. B



Doc. B Hystérosalpingographie de Mme B



# Je m'entraîne pour le bac

## Cas clinique de stérilité

M. et Mme X, 30 ans, essayent sans succès depuis trois ans de concevoir un enfant. Mme X consulte donc son gynécologue qui propose dans le cadre d'un bilan de stérilité une hystérosalpingographie, représentée sur le **doc. 1**. Le médecin vérifie l'ovaire de Mme X. Le **doc. 2** est une représentation schématique des structures observées au niveau de l'ovaire. En parallèle, M. X subit également des examens, notamment un examen clinique de son appareil génital (dont une coupe sagittale est représentée sur le **doc. 3**), ainsi qu'un spermogramme dont les résultats sont regroupés dans le **doc. 4**.

### 1 Terminologie médicale

- programme T<sup>le</sup> 1.1. Définir les cinq termes suivants : gynécologue, stérilité, hystérosalpingographie, spermogramme, contraception.
- programme T<sup>le</sup> 1.2. Donner deux racines signifiant « utérus ».

### 2 Imagerie médicale

- programme T<sup>le</sup> 2.1. Présenter le principe de la technique de l'hystérosalpingographie.
- programme 1<sup>re</sup> 2.2. Donner un exemple d'organe normalement radiotransparent et d'un organe radio-opaque.
- programme 1<sup>re</sup> 2.3. Quel est l'intérêt d'utiliser un produit de contraste ?

### 3 Stérilité de Mme X

- programme T<sup>le</sup> 3.1. Analyser le cliché de Mme X. Justifier le diagnostic d'hypofertilité mécanique constaté chez Mme X.
- programme T<sup>le</sup> 3.2. Nommer les structures désignées par les lettres A à E sur le **doc. 2**, puis les classer dans l'ordre chronologique.

### 4 Stérilité de M. X

- programme T<sup>le</sup> 4.1. Légender le **doc. 3**.
- programme T<sup>le</sup> 4.2. Analyser le spermogramme de M. X en utilisant un vocabulaire médical précis.
- programme T<sup>le</sup> 4.3. Indiquer si les résultats permettent de déduire une stérilité chez M. X.





## 5 Procréation médicalement assistée

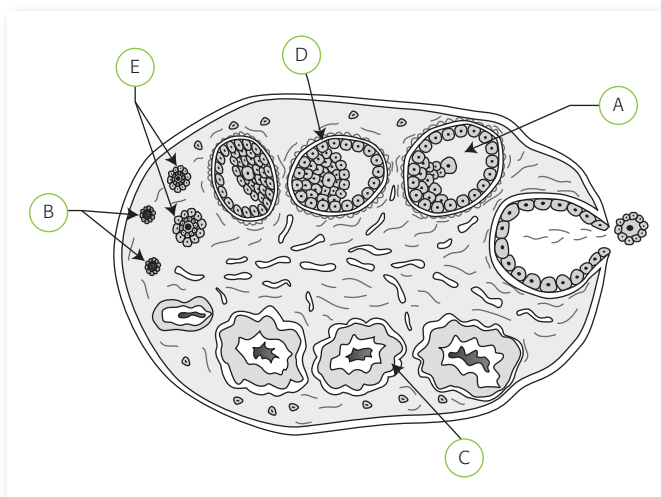
Les résultats de ces analyses conduisent le médecin à proposer au couple un protocole de Fivete ou d'ICSI.

**programme T<sup>1</sup>e** 5.1. Après avoir indiqué la signification des sigles Fivete et ICSI, donner la principale différence existant entre ces deux techniques.

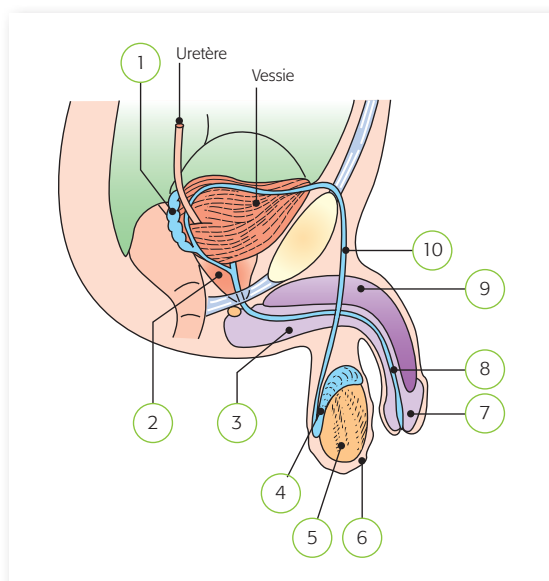
**programme T<sup>1</sup>e** 5.2. Expliquer pourquoi le médecin ne propose pas la technique d'insémination artificielle à ce couple.



Doc. 1 Cliché d'hystérosalpingographie de Mme X



Doc. 2 Coupe d'ovaire



Doc. 3 Coupe sagittale de l'appareil génital masculin

Recherche effectuée	Monsieur X	Valeurs normales
Volume de l'éjaculat	2,4 mL	Supérieur à 2 mL
pH	8,5	Supérieur à 7,2
Viscosité	Normale	–
Numération des spermatozoïdes	15 millions/mL	50 à 100 millions par mL
Spermocytogramme (% de formes anormales)	10 %	Inférieur à 20 %

Doc. 4 Résultats partiels du spermogramme de M. X

# 19 Soi, non-soi, antigènes

- ➔ Définir le soi et le non-soi à partir de la description d'expériences de greffes.
- ➔ Citer et localiser les principaux marqueurs du soi.
- ➔ Définir la notion d'antigène et montrer la diversité des antigènes.

## Activité 1 La transfusion sanguine et les groupes sanguins

### Doc. 1 La transfusion sanguine

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, Karl Landsteiner, médecin et biologiste autrichien, a tenté d'expliquer pourquoi certaines transfusions sanguines d'homme à homme étaient couronnées de succès, alors que d'autres conduisaient à la mort des patients. La science médicale savait depuis quelques années que les transfusions de l'animal à l'homme conduisaient à des accidents et à une hémolyse (destruction des érythrocytes transfusés). C'est en faisant réagir entre eux le sérum et les globules rouges de ses collaborateurs que Landsteiner a remarqué, en 1900, que dans certains cas les globules rouges s'agglutinaient, c'est-à-dire se rassemblaient en paquets et étaient détruits au lieu de rester en suspension dans le sérum (plasma dépourvu de fibrine).

Groupe sanguin testé	Sérum test contenant les anticorps			Mélange de sangs
	anti-B	anti-A	Anti-A+B	
Groupe A	Pas d'agglutination	Agglutination	Agglutination	A+B
Groupe O				A+A
Groupe B	Agglutination			B+B
Groupe AB	Agglutination	Agglutination	Agglutination	O+A
				O+B

fig. 1 Détermination des groupes sanguins par le test d'agglutination

- 1 À partir de la définition du terme « hémolyse », donner le sens des racines *hemo* et *lyse*.

Hémolyse : destruction des érythrocytes ou globules rouges.

Hemo = sang ; lyse = destruction.

### Doc. 2 Les groupes sanguins

Karl Landsteiner a alors fait l'hypothèse que les globules rouges qui étaient agglutinés possédaient à leur surface une substance, qu'il a appelée agglutinogène, et que les sérums qui avaient la capacité d'agglutiner les globules possédaient une substance appelée agglutinine. Il a ainsi défini trois catégories d'individus A, B et O.

En 1902, deux élèves de Landsteiner, Decastello et Sturli, ont découvert le groupe AB.

Depuis cette époque, la terminologie a bien changé. On parle d'**antigènes** à la surface des globules rouges, et non d'agglutinogènes, et on sait que les agglutinines sont des **anticorps**.

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

fig. 2 Les différents groupes sanguins et leurs caractéristiques

- 2 Émettre une hypothèse sur l'origine de l'hémolyse lors de certaines transfusions sanguines entre êtres humains et lors de transfusions de l'animal à l'homme.

Les globules rouges transférés d'un organisme à un autre sont parfois détruits. Les organismes transfusés ne semblent pas « accepter » certains types de globules rouges que ce soit entre êtres humains ou, *a fortiori*, entre êtres humains et animaux.

- 3 À partir du doc. 2, indiquer à quoi correspondent les antigènes.

Les antigènes sont des molécules, que Landsteiner appelait des agglutinogènes, situées à la surface des globules rouges.

- 4 Quelle précaution doit-on prendre avant toute transfusion sanguine, c'est-à-dire avant tout transfert de globules rouges ?

Il faut s'assurer que les sangs des personnes soient compatibles. Ainsi, le sang du receveur ne doit pas agglutiner les globules rouges du donneur porteur d'antigènes différents.

- 5 Lors d'une transfusion sanguine, indiquer quelles sont les molécules du « soi » et les molécules du « non-soi ».

Le « non-soi » correspond aux antigènes à la surface des globules rouges du donneur. Le « soi » correspond aux antigènes à la surface des globules rouges du receveur.

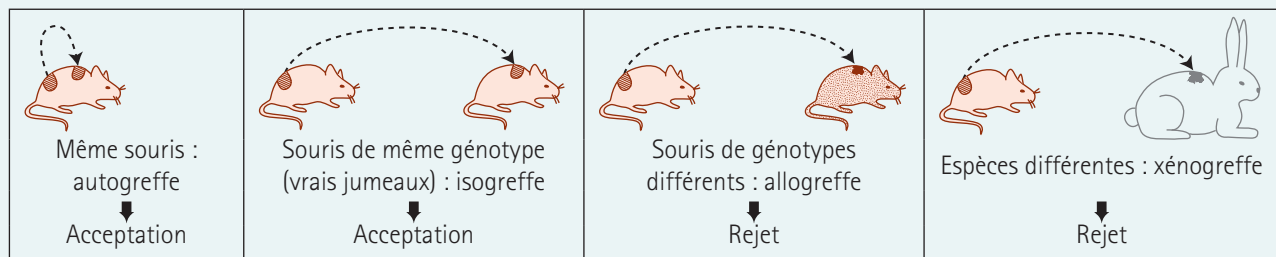
- 6 Proposer une définition du mot « anticorps » et indiquer l'action des anticorps sur les érythrocytes transfusés.

Un anticorps est une substance soluble dans le sérum (plasma) capable de réagir (agglutiner) avec un antigène étranger, c'est-à-dire une molécule du « non-soi ». Il n'y a aucune réaction si les érythrocytes transfusés n'ont pas d'antigènes ou s'ils présentent à leur surface les mêmes antigènes que ceux du receveur.

## Activité 2 Les greffes

### Doc. 3 Expériences de greffe sur des souris

On réalise différents transferts entre un donneur (une souris) et un receveur (organisme de la même espèce ou d'une espèce différente). Le greffon est un morceau de peau. Le devenir du greffon est observé au bout de quelques jours. Les résultats sont présentés ci-dessous.



- 1 À partir du doc. 3, préciser pour quel type de greffe le greffon est accepté.

Le greffon est accepté lors d'une autogreffe et d'une isogreffe.

- 2 Indiquer pour quels types de greffe le greffon est rejeté.

Le greffon est rejeté dans le cas d'une allogreffe et d'une xénogreffe.

**3** Définir les termes « autogreffe », « isogreffe », « allogreffe » et « xénogreffe ».

Autogreffe : le donneur et le receveur de la greffe sont un seul et même individu.

Isogreffe : greffe réalisée entre un donneur et un receveur de même génotype.

Allogreffe : greffe réalisée entre un donneur et un receveur de la même espèce mais de génotypes différents.

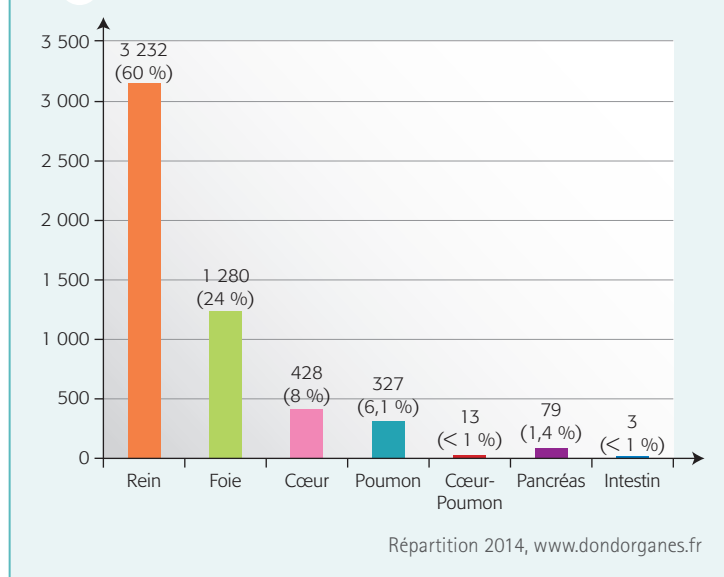
Xénogreffe : greffe réalisée entre un donneur et un receveur appartenant à des espèces différentes.

**4** Conclure sur la condition nécessaire pour la réussite d'une greffe. Les individus impliqués (donneur et receveur) doivent être génétiquement identiques. L'utilisation d'immunosuppresseurs peut permettre de réaliser des greffes entre individus de génotypes différents.

**5** À partir des docs 2 et 3, expliquer l'origine du rejet du greffon issu d'un donneur génétiquement différent. Le greffon (non-soi) porte à sa surface des antigènes différents du soi. Ils sont considérés comme des corps étrangers par des anticorps – et, de façon plus générale, par le système immunitaire du receveur – qui les détruisent.

### Activité 3 La nature des greffons

#### Doc. 4 Exemples d'organes greffés



#### Doc. 5 Les tissus utilisés lors de greffe

Un tissu du corps humain est constitué de cellules de même nature. Sur une personne décédée, on peut prélever des organes mais également des tissus : des cornées (membranes situées à la surface des yeux), des os, des artères, des veines, de la peau, des valves cardiaques, des tendons... D'autres types de tissus peuvent également être conservés à des fins de greffe, comme les membranes amniotiques des placentas conservés après l'accouchement, avec le consentement de la mère. La greffe de membranes amniotiques permet de soigner des détériorations de la cornée. En 2014, les principaux tissus fournis par les banques d'organes à des équipes médicales ont été : les cornées (4 804), la peau (24,6 m<sup>2</sup>), les membranes amniotiques (2 818), les veines (1 154), les artères (540) et les valves cardiaques (275).

www.dondorganes.fr, 2015

**1** À partir des docs 4 et 5, indiquer la nature des greffons utilisés à des fins thérapeutiques.

On réalise aujourd'hui des greffes d'organes entiers ou de tissus.

**2** Indiquer quels types de greffe sont le plus fréquemment réalisés en France.

Le rein est l'organe le plus greffé. La cornée est le tissu le plus greffé.

**3** Formuler une hypothèse sur la différence du nombre de greffes selon la nature du greffon.

Selon la nature du greffon, les greffes sont plus ou moins difficiles à réaliser. Il est difficile de trouver des donneurs pour certains organes.



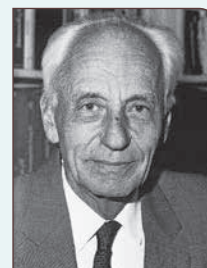
## Activité 4 Le rejet de greffe et l'immunosuppression

### Doc. 6 Le système HLA et le phénomène de rejet

La France se distingue en 1952 avec la première tentative de greffe à partir de donneur vivant. L'opération, réalisée à l'hôpital Necker par l'équipe du professeur Jean Hamburger, est un succès, mais, 21 jours après la greffe, le jeune homme décède. La technique de greffe a beau avoir accompli de grands progrès, elle se heurte toujours à un obstacle majeur, la question du rejet.

Le système HLA (*Human Leucocyte Antigen*) est un ensemble d'antigènes à la surface de nos cellules qui représente l'identité biologique de chacun d'entre nous et intervient dans la réaction de notre système immunitaire. Appelé aussi complexe majeur d'histocompatibilité (CMH), le système HLA a été découvert en 1958 par le professeur Jean Dausset. Cette avancée majeure permet aujourd'hui de connaître au préalable la compatibilité entre donneur et receveur pour une greffe d'organe. Lorsqu'on attribue un greffon à un malade, on veille systématiquement à ce que les groupes sanguins du donneur et du receveur soient compatibles. En revanche, il est quasiment impossible de trouver des donneurs et receveurs rigoureusement identiques pour l'identité HLA, ce qui conduit au phénomène de rejet. En effet, l'introduction dans l'organisme d'un organe qui n'a pas le même système HLA est immédiatement perçue comme une agression. La greffe déclenche une réaction de type immunitaire, comme s'il s'agissait de l'introduction dans le corps d'un virus.

On empêche le rejet en bloquant partiellement le fonctionnement du système de défense immunitaire. On utilise pour cela des médicaments dits « immunosuppresseurs ».



Pr Jean Dausset  
(1916-2009)

www.dondorganes.fr, 2015

1 Présenter la découverte qui a valu au professeur Jean Dausset le prix Nobel de Médecine en 1980.

Jean Dausset a découvert le système HLA, appelé aussi complexe majeur d'histocompatibilité, et son rôle dans le rejet de greffe.

2 Donner la signification des acronymes HLA et CMH puis définir « système HLA ».

HLA signifie *Human Leucocyte Antigen*. L'équivalent français est CMH, complexe majeur d'histocompatibilité. Le système HLA correspond à l'ensemble des antigènes à la surface de nos cellules qui représente l'identité biologique de chaque individu.

3 Quelle définition du « soi » peut-on formuler à partir de cette découverte ?

Le « soi » correspond à l'ensemble des antigènes constituant le système HLA ou CMH.

4 Quelle condition doit respecter un greffon pour être accepté par un organisme receveur ?

Le greffon doit avoir un système HLA le plus proche possible de celui du receveur et idéalement être identique.

5 Préciser pourquoi l'usage de médicaments appelés immunosuppresseurs est incontournable. Expliquer l'effet des immunosuppresseurs.

Il est impossible de trouver deux individus dont le système HLA est identique (sauf dans le cas de vrais jumeaux), donc le risque de rejet est toujours possible. Les immunosuppresseurs bloquent l'action du système immunitaire et permettent de diminuer le phénomène de rejet.

## Activité 5 La diversité des antigènes

### Doc. 7 Expériences d'injection de différents antigènes à des lapins

Afin de comprendre ce qui est capable de faire réagir le système immunitaire, différents antigènes ont été injectés à des lapins. Les résultats sont consignés ci-dessous (– : aucune réaction ; + : réaction du système immunitaire). On rappelle qu'une toxine est une molécule produite par une bactérie et possédant un pouvoir toxique. Dans le cas d'un virus « atténué », l'effet toxique n'induit pas la mort de l'organisme.

Lapins	A	B	C	D	E	F	G
Injection	–	+	+	+	+	+	+
Antigène injecté	Pas d'injection	Érythrocytes du même groupe	Bactérie	Virus atténué	Toxine atténuée	Grefte de peau de porc	Cellules cancéreuses issues du lapin G
Réaction du système immunitaire avec production d'anticorps	–	–	+	+	+	+	+

- 1** Indiquer à quoi sert le lapin A dans le cadre de ces expériences, puis analyser les résultats obtenus avec les lapins A et B.

Le lapin A joue le rôle de témoin. En effet, il permet de confirmer qu'en l'absence de tout contact avec un antigène étranger, le système immunitaire ne réagit pas.

Dans le cas du lapin B, on constate que le système immunitaire ne réagit pas lorsqu'on injecte des globules rouges du même groupe sanguin.

- 2** Expliquer la ou les raisons de la réaction du système immunitaire avec les lapins C, D, E, F.

Lorsqu'on injecte des antigènes étrangers aux lapins C, D, E, F, leur système immunitaire ne les reconnaît pas comme faisant partie du « soi » et cherche à les éliminer.

- 3** À partir de vos connaissances sur les caractéristiques des cellules tumorales, expliquer pourquoi les cellules injectées au lapin G, bien qu'issues du même lapin, engendrent une réaction du système immunitaire.

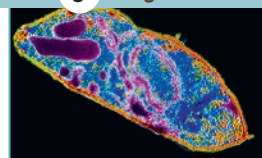
Les cellules du lapin G sont des cellules du « soi », mais elles expriment à leur surface des antigènes tumoraux anormaux. Ce sont donc des cellules du soi modifiées dont les nouveaux antigènes ne sont pas reconnaissables par le système immunitaire du lapin.

- 4** Proposer une nouvelle définition du mot « antigène » qui tienne compte des différents exemples d'antigènes injectés et de l'effet observé sur le système immunitaire.

Antigène : structure étrangère au soi ou correspondant à du soi modifié, capable de faire réagir le système immunitaire.

## Activité 6 Exemples de soi, non-soi et soi modifié

### Doc. 8 Origines diverses des antigènes



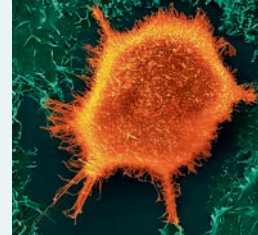
a. *Plasmodium falciparum* : parasite responsable du paludisme (microscopie électronique)



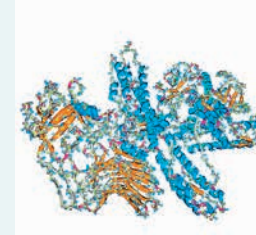
b. Allogreffe (cœur)



c. *Mycobacterium tuberculosis* : bacille de Koch (microscopie électronique à balayage)



d. Cellule cancéreuse, cancer du poumon (microscopie électronique à balayage)



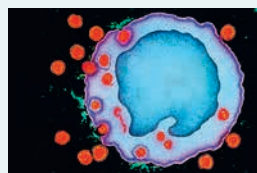
e. Toxine botulique (bactérie)



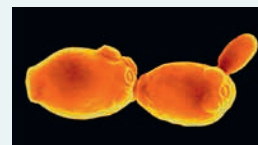
f. *Myxovirus influenzae* : virus de la grippe



g. Autogreffe (peau)



h. Lymphocyte T infecté par le VIH



i. *Candida albicans* : champignon responsable de mycoses (microscopie électronique à balayage)




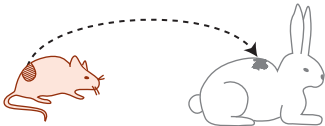


j. Allergène : pollen de bouleau (microscopie électronique à balayage)

- À partir du doc. 8, compléter le tableau en classant les antigènes en fonction de leur origine endogène et exogène d'une part et de leur nature microbienne, animale et végétale, d'autre part.
- À l'aide d'une croix, indiquer pour chaque antigène s'il s'agit d'un antigène du soi, du non-soi ou du soi modifié.

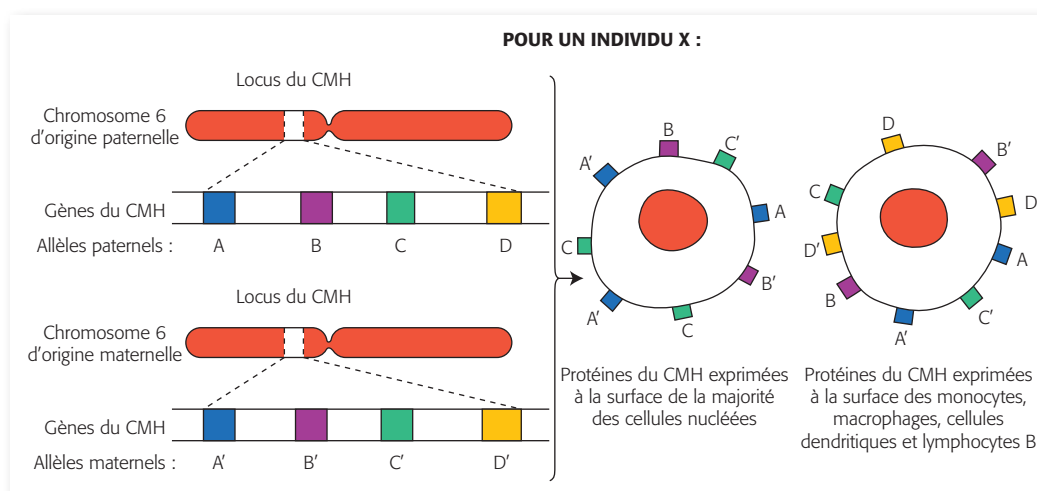
Porteur d'antigène exogène (d'origine externe au corps humain)	Nature de l'antigène	Soi	Non-soi	Soi modifié
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Nature microbienne : bactérie		X	
Toxine botulique	Nature microbienne : bactérie		X	
<i>Myxovirus influenza</i>	Nature microbienne : virus		X	
<i>Plasmodium falciparum</i>	Parasite		X	
Pollen de bouleau	Nature végétale		X	
Allogreffe : cœur	Nature animale : homme		X	
Porteur d'antigène endogène (interne au corps humain)	Nature de l'antigène	Soi	Non-soi	Soi modifié
Autogreffe : peau	Nature animale : homme	X		
Lymphocyte T infecté par le VIH	Nature animale : homme			X
Cellule cancéreuse	Nature animale : homme			X
<i>Candida albicans</i>	Nature microbienne : champignon		X	

## Je construis mon cours

Il existe quatre types de greffe. Relier chacune d'entre elle à son appellation et expliquer en quoi elle consiste.

Type de greffe	Nom de la greffe	Explication
	Isogreffe	Greffe réalisée entre un donneur et un receveur appartenant à la même espèce et de même génotype (vrais jumeaux).
	Allogreffe	Greffe réalisée entre un donneur et un receveur de la même espèce mais de génotypes différents.
	Xéno greffe	Greffe réalisée entre un donneur et un receveur appartenant à des espèces différentes.
	Autogreffe	Greffe réalisée sur un seul et même individu.

Certaines greffes se traduisent par un échec du fait du **rejet** du greffon. Ce phénomène est contourné par l'usage d'**immunosuppresseurs** qui inhibent le système immunitaire. Le complexe CMH – ou système HLA – désigne l'ensemble des **antigènes** situés **à la surface de la membrane plasmique**.



## Je sais dire

Antigène	Protéine à la surface des cellules, à l'origine de la réaction du système immunitaire
Immunosuppresseur	Médicament qui atténue la fonction immunitaire de l'organisme
CMH (système HLA)	Complexe majeur d'histocompatibilité ou HLA ( <i>Human Leucocyte Antigen</i> )



## Je sais faire le jour du bac

### Traitement de la drépanocytose

Le traitement de la drépanocytose revêt plusieurs aspects, parmi lesquels la prévention des risques de complication :

- éviter les situations d'hypoxie ;
- vacciner contre *Haemophilus* et le pneumocoque (responsables d'otites, de méningites ou de pneumonies) ;
- traiter par antibiotiques en cas d'infection ;
- transfuser et parfois proposer une greffe de moelle osseuse.

#### 1 Donner la définition d'une greffe.

Une greffe est le transfert d'un tissu, d'un organe ou de cellules d'un organisme donneur à un organisme receveur.

#### 2 Expliquer à quelle condition une greffe de moelle osseuse peut être acceptée.

Le donneur doit être compatible, c'est-à-dire génétiquement le plus proche du receveur (système HLA proche, on parle d'histocompatibilité).

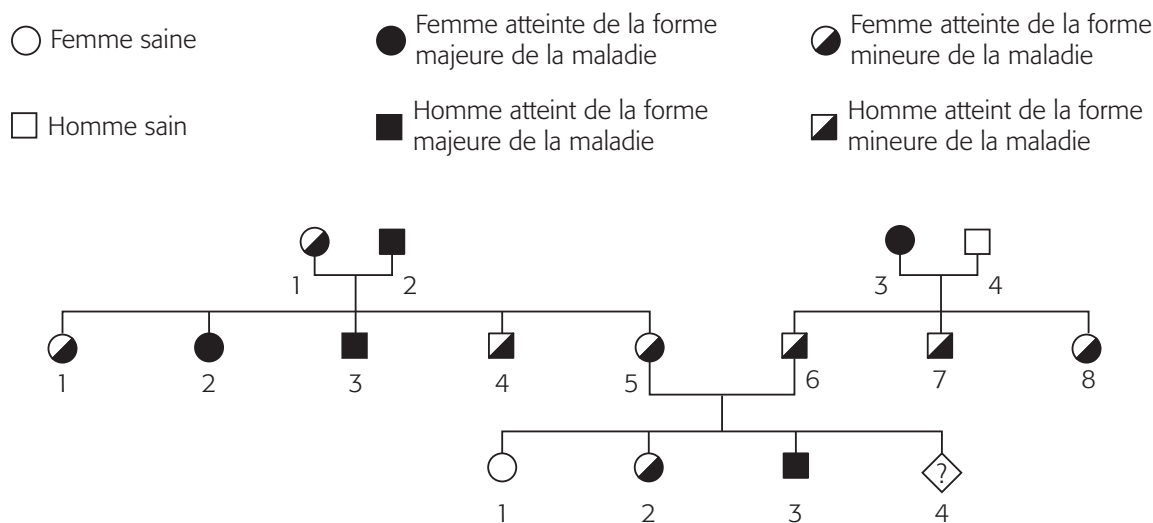
#### 3 Indiquer quel traitement facilitera la réussite de la greffe.

Un traitement immunosuppresseur permettra d'augmenter les chances de réussite de la greffe en affaiblissant le système immunitaire de l'organisme receveur.

#### 4 Dans la famille drépanocytaire décrite dans le doc. A, on décide de greffer le sujet III3. Indiquer quel serait le meilleur donneur de moelle à sélectionner et, à défaut, quel autre donneur serait envisageable.

Le donneur qui apparaît le meilleur (génétiquement le plus proche) est la sœur III-1.

Les autres donneurs envisageables seraient le grand-père paternel I-4 ou un individu sain, en dehors de la famille, par exemple issu d'une banque de donneurs et qui remplirait de bonnes conditions de compatibilité.



Doc. A Arbre généalogique d'une famille drépanocytaire

## 20

# Organes, cellules et molécules de l'immunité

- ➔ Identifier, localiser et donner les rôles des organes lymphoïdes primaires et secondaires.
- ➔ Identifier les cellules de l'immunité et donner leurs caractéristiques cytologiques et membranaires.
- ➔ Légender un schéma d'anticorps.

## Activité 1 La composition du sang

### Doc. 1 La centrifugation du sang

La centrifugation permet par un mouvement de rotation accélérée de séparer les différents constituants du sang selon leur densité : les éléments les plus lourds sont envoyés dans le fond du tube (dans le culot), alors que les plus légers restent en surface (dans le surnageant).

**1** À partir des connaissances de première, légendez le tube de sang obtenu après sédimentation sur la fig. 1.

**2** Donner la signification des racines : *erythro*, *cyte*, *leuco* et *thrombo*.

*Erythro* signifie « rouge » ; *leuco* signifie « blanc » ; *cyte* signifie « cellule » et *thrombo* signifie « caillot ».

**3** Indiquer quels sont les autres nom des érythrocytes, leucocytes et thrombocytes.

Il s'agit des globules rouges (ou hématies), globule blancs et plaquettes.

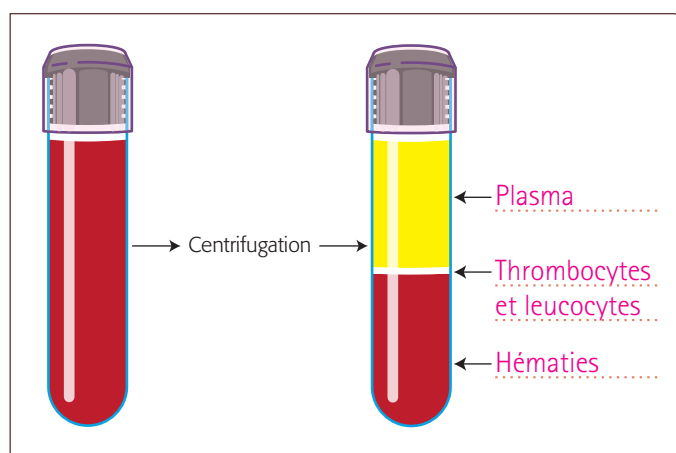


fig. 1 Sang traité par centrifugation

## Activité 2 Les éléments figurés du sang et les cellules immunitaires

### Doc. 2 Le frottis sanguin

Un frottis sanguin permet un examen, au microscope optique, qualitatif et quantitatif des cellules sanguines (les hématies étant les cellules les plus nombreuses et les thrombocytes les plus petites, organisées en amas). La numération ainsi que la détermination des caractéristiques cytologiques permet de détecter d'éventuelles anomalies et de distinguer les différents leucocytes du sang comme les lymphocytes (avec un noyau bien

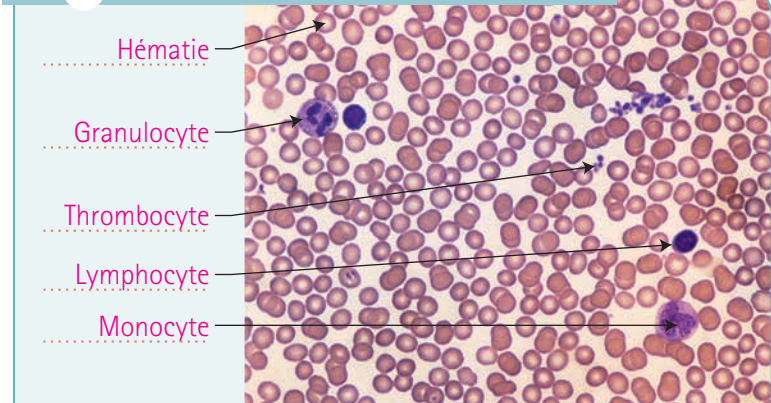
rond), les granulocytes ou polynucléaires (avec un noyau polylobé et des granulations cytoplasmiques) et les monocytes (avec un noyau dit en fer à cheval). Deux types de lymphocytes existent (T et B), qui possèdent des récepteurs spécifiques que l'on ne peut distinguer lors d'une observation au microscope optique. D'autres leucocytes existent et se trouvent dans les tissus. Il s'agit des cellules dendritiques, des mastocytes et des cellules NK.

1 À partir du doc. 2, légender le doc. 3.

2 Citer les légendes du doc. 3 qui correspondent aux leucocytes du sang.

Les leucocytes sont le granulocyte, le lymphocyte et le monocyte.

Doc. 3 Frottis sanguin humain après coloration MGG



### Activité 3 Les organes et les tissus de l'immunité

Doc. 4 Le système immunitaire

Le système immunitaire est réparti dans tout l'organisme. Il comprend les globules blancs circulant dans le sang, dans la lymphe et imprégnant les tissus et une série d'organes dits lymphoïdes : **les ganglions, la moelle osseuse, la rate, les amygdales et les végétations**, des tissus lymphoïdes associés au tube digestif (**plaques de Peyer**) et aux poumons. S'y ajoute **le thymus**, un organe situé derrière le sternum, qui grossit jusqu'à la puberté puis s'atrophie à l'âge adulte.

Doc. 5 Les organes lymphoïdes

Dans un organe lymphoïde, les cellules du système immunitaire naissent et deviennent immunocompétentes, c'est-à-dire capables de défendre l'organisme.

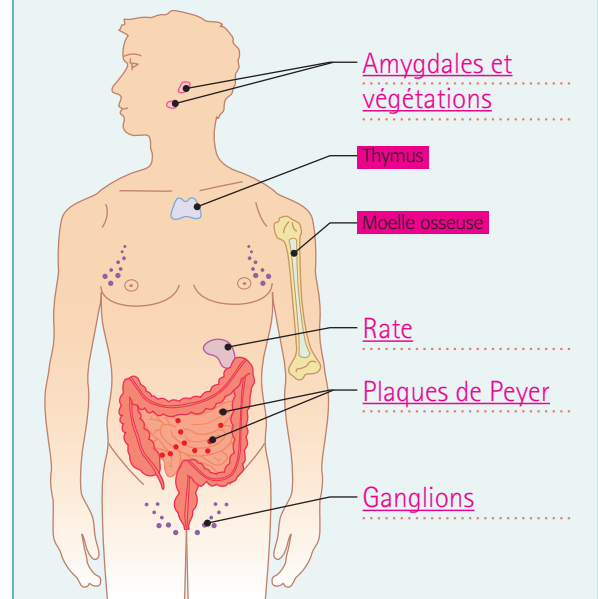
Les organes lymphoïdes centraux – ou primaires – assurent la production des cellules du système immunitaire et l'acquisition de leur immunocompétence.

Les organes lymphoïdes périphériques – ou secondaires – abritent les diverses cellules du système immunitaire et les premières phases des réactions immunitaires.

1 En utilisant les mots en gras du doc. 4, légender le doc. 5.

2 Utiliser le doc. 6 pour associer les conclusions relatives aux expériences sur les souris.

Les lymphocytes prennent naissance dans la moelle osseuse car en absence ou irradiation de celle-ci, aucun lymphocyte est produit.	Lots n° 1 et n° 3
Les lymphocytes B naissent et acquièrent leur immunocompétence dans la moelle osseuse. Ils sont présents et sont capables d'agir en périphérie même en absence de thymus.	Lots n° 2 et n° 4
Les lymphocytes T naissent dans la moelle osseuse mais acquièrent leur immunocompétence dans le thymus. En l'absence de moelle osseuse, il n'y pas de lymphocytes T et en l'absence de thymus les lymphocytes T produits ne sont pas retrouvés en périphérie.	Lots n° 3 et n° 4



**Doc. 6** Mise en évidence des rôles de la moelle osseuse et du thymus

Souris	Traitements effectués	Observations
Lot 1	Irradiation (qui a pour effet de tuer les cellules) de la moelle osseuse puis greffe de moelle osseuse	Production de lymphocytes B et T et présence de lymphocytes B et T immunocompétents dans le sang et au niveau des organes lymphoïdes.
Lot 2	Ablation du thymus, irradiation de la moelle osseuse puis greffe de moelle osseuse	Production de lymphocytes B uniquement et présence de lymphocytes B immunocompétents dans le sang et au niveau des autres organes lymphoïdes.
Lot 3	Ablation du thymus, irradiation de la moelle osseuse puis greffe de thymus	Absence de production de lymphocytes B et T.
Lot 4	Irradiation de la moelle osseuse, greffe de moelle osseuse puis ablation du thymus après quelques jours	Production de lymphocytes B et T et présence uniquement de lymphocyte B immunocompétents dans le sang et au niveau des autres organes lymphoïdes.

- 3** À partir des docs 5 et 6, indiquer dans le doc. 5 les organes lymphoïdes primaires et les organes lymphoïdes secondaires.

**Activité 4** Les anticorps

**Doc. 7** Détection d'une immunisation

L'introduction d'un antigène étranger dans l'organisme induit la production dans le sang d'anticorps par le système immunitaire. L'apparition des anticorps, appelés également immunoglobulines, est détectable par différentes méthodes dont l'électrophorèse (technique d'analyse permettant de séparer les différentes protéines du plasma et de les quantifier à l'aide d'un champ électrique).

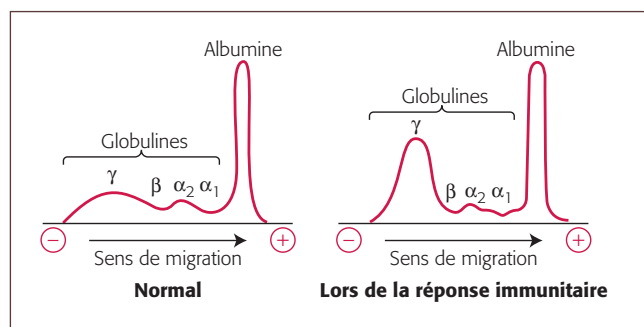


fig. 2 Résultats d'une électrophorèse de M. X avant et après la vaccination antigrippale

- 1** Citer les éléments mis en évidence par l'électrophorégramme (résultat de l'électrophorèse) de l'individu et préciser leur nature biochimique.  
La technique met en évidence différents composants du sérum sanguin, les globulines et l'albumine, qui sont des protéines.
- 2** Comparer les deux électrophorégrammes avant et après vaccination antigrippale (c'est-à-dire après injection du virus atténué).  
On observe un pic au niveau des globulines gamma quinze jours après la vaccination antigrippale.
- 3** À partir du doc. 7 et de la fig. 2, indiquer la réaction de l'organisme de M. X après vaccination et nommer les substances appartenant aux groupes des globulines gamma ( $\gamma$ ).  
Le virus atténué induit la production d'anticorps, car il présente des antigènes étrangers. Les globulines gamma sont encore appelées immunoglobulines ou anticorps.



4 Deux semaines après la vaccination, M. X. est immunisé. Expliquer le terme « immunisé ».

Une personne est immunisée contre un antigène lorsqu'elle produit des anticorps spécifiques à cet antigène.

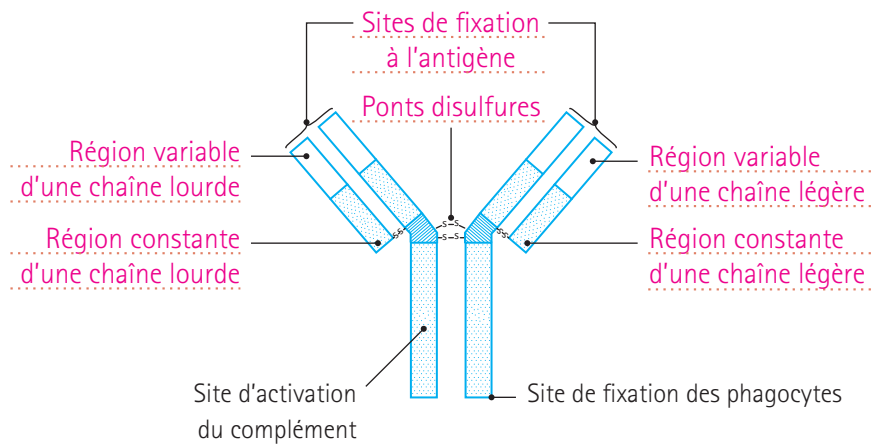
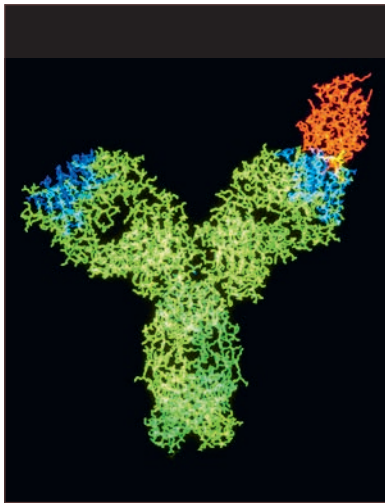


fig. 3 Modèle moléculaire d'un anticorps fixé à un antigène et sa schématisation

#### Doc. 8 Structure d'une immunoglobuline

Sur une molécule d'anticorps, on peut distinguer plusieurs zones : deux **chaînes légères** (courtes) reliées par des ponts disulfures (S-S) à chacune des deux **chaînes lourdes** (longues) « formant un Y ». Les chaînes lourdes sont elles-mêmes reliées entre elles par des **ponts disulfures** permettant ainsi une meilleure stabilité moléculaire.

La zone qui entre en contact avec l'antigène se nomme le **site antigénique** (on parle aussi de paratope).

Après la fixation de l'antigène (en orange sur la figure 3) à l'anticorps, deux autres zones augmentent l'efficacité d'élimination des antigènes :

- le site d'activation du complément,
- le site de fixation aux phagocytes.

5 Faire correspondre chacune de ces régions à celle du schéma de la fig. 3 et indiquer le rôle de la région bleue.

La zone en bleu correspond à la région VL/VH.

La zone en vert correspond à la région CL/CH.

La zone en bleu est en contact avec l'antigène (en orange), c'est par cette région que l'anticorps reconnaît l'antigène et agit sur lui.

6 Les régions en bleu et en vert de la fig. 3 sont respectivement appelées région variable et région constante. Expliquer ces expressions et formuler une explication sur la variabilité de la région représentée en bleu, en lien avec son rôle.

« Région constante » signifie que cette zone ne change pas. « Région variable » signifie que cette zone change. Comme son rôle est de reconnaître un antigène et puisqu'il y a différents antigènes, les régions dites variables sont des zones de fixation adaptées à chaque antigène.

7 À partir des données en gras du doc. 8, compléter les légendes de la schématisation dans la fig. 3.

## Je construis mon cours

### Les organes, les cellules et les molécules de l'immunité

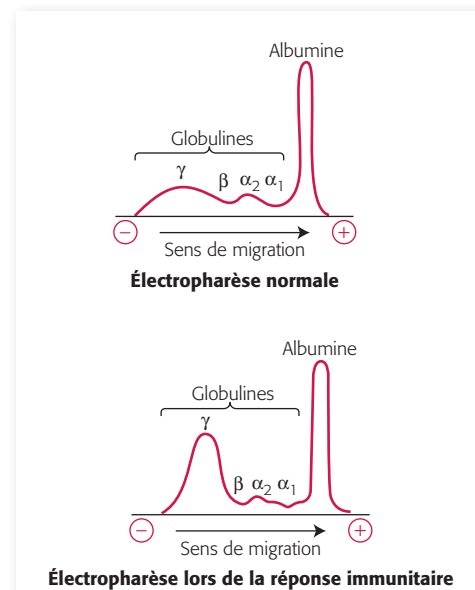
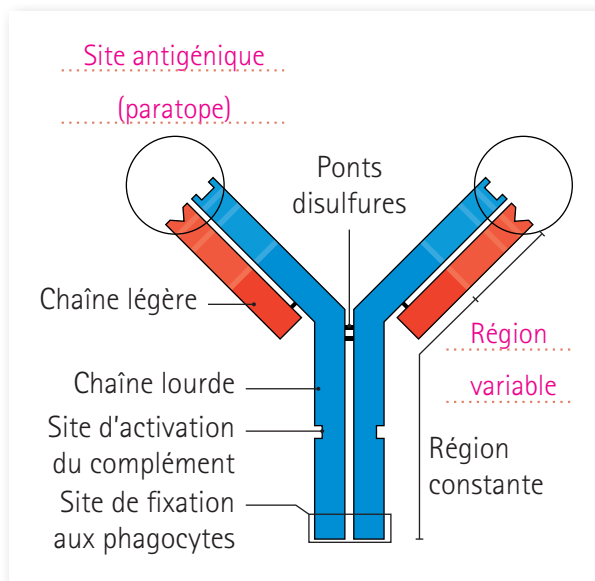
À partir de la liste suivante : ganglions lymphatiques, moelle osseuse, thymus, rate, plaques de Peyer, amygdales, végétations, compléter le tableau ci-après.

	Organes lymphoïdes primaires	Organes lymphoïdes secondaires
Rôles	Production des leucocytes et acquisition de l'immunocompétence	Action sur les antigènes
Noms	Moelle osseuse, thymus	Amygdales, végétations, ganglions lymphatiques, rate, plaques de Peyer

Les cellules spécialisées dans la défense de l'organisme sont les globules blancs ou **leucocytes**.

Ils se trouvent dans le sang, la lymphe, les organes et les tissus **lymphoïdes** au niveau desquels ils entrent en action. Certains peuvent être identifiés par un frottis sanguin. Parmi les leucocytes, les lymphocytes sécrètent des anticorps ou immunoglobulines en réaction à un antigène.

### Les anticorps



## Je sais dire

Racine	Signification
Adéno	Glandes ou ganglions lymphatiques
Myélo/médullo	Moelle osseuse

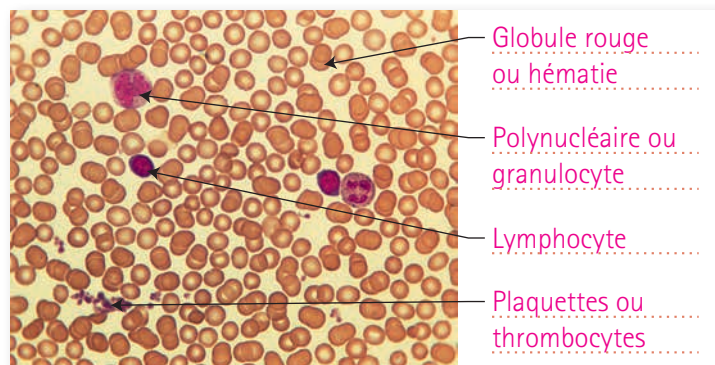
Racine	Signification
Mégalie	Augmentation du volume
Séro	Sérum

## Je sais faire le jour du bac

M. D est souvent touché par des infections dues à des déficiences immunitaires. Ces déficiences sont causées par une anomalie du thymus fréquente chez les personnes atteintes de microdélétion du chromosome 22.

- 1 Le doc. A est le résultat d'un frottis réalisé chez M. D. Compléter les légendes.

Afin de mieux comprendre l'importance et le rôle du thymus dans les mécanismes immunitaires, on pratique sur quatre lots de souris les traitements indiqués dans le doc. B. On rappelle que l'irradiation tue les cellules à multiplication rapide et notamment celles de la moelle osseuse.



Doc. A Frottis sanguin de M. D

- 2 Analyser ces expériences et conclure sur le rôle de la moelle osseuse et du thymus.

Souris	Traitement effectué	Conséquences
Lot A	Irradiation	Aucun lymphocyte produit
Lot B	Irradiation puis greffe de moelle osseuse	Production de lymphocytes B et T
Lot C	Ablation du thymus, irradiation puis greffe de moelle osseuse	Production de lymphocytes B uniquement
Lot D	Ablation du thymus, irradiation puis greffe de thymus	Aucun lymphocyte produit

Doc. B Résultats de l'irradiation de souris

Lot A : une destruction de la moelle osseuse empêche la production de lymphocytes.

Lot B : une irradiation suivie d'une greffe de la moelle osseuse permet de rétablir la production des lymphocytes B et T. Ces deux lots montrent que la moelle osseuse permet la production de ces lymphocytes.

Lot C : une greffe de la moelle osseuse suite à une irradiation et une thymectomie ne restaure que la production des lymphocytes B. Déduction : le thymus est impliqué dans la présence des lymphocytes T mais pas des lymphocytes B.

Lot D : une greffe de thymus suite à une irradiation et à une thymectomie ne permet pas de rétablir la production de lymphocytes. Déduction : le thymus seul ne permet pas la présence des lymphocytes T. La moelle osseuse est indispensable.

Conclusion : la production de tous les lymphocytes débute dans la moelle osseuse. Le thymus permet ensuite seulement la maturation des lymphocytes T.

## 21

# Virus de la grippe et VIH : transmission et multiplication

- ➔ Présenter les principaux symptômes de la grippe.
- ➔ Repérer les principales structures du virus de la grippe et les étapes du cycle viral à l'aide de schémas.
- ➔ Relier les moyens de prévention aux voies de contamination par le VIH.

## Activité 1 La transmission de la grippe

### Doc. 1 Les voies de transmission



fig. 1 L'éternuement est un moyen de transmission du virus de la grippe

Le virus de la grippe se transmet par l'inhalation de gouttelettes de salive ou de postillons émis par une personne infectée. La personne ayant contracté le virus est contagieuse à partir du jour précédant l'apparition des symptômes et le reste jusqu'à sept jours après l'apparition des symptômes. Certaines personnes, en particulier les enfants et les sujets immunodéprimés, peuvent contaminer leur entourage au-delà de cette période, car ils excrètent le virus pendant plus longtemps.

Plus rarement, la contamination se fait par contact direct avec des objets qui ont été touchés par un malade. Ce mode de contamination par voie aérienne explique la facilité avec laquelle les personnes s'infectent dans des lieux où règne la promiscuité, par exemple dans les transports en commun. Enfin, l'homme peut aussi contracter certaines gripes par contact avec des déjections d'animaux infectés, comme pour la grippe aviaire véhiculée par les oiseaux.

#### GRIPPE

### DES GESTES SIMPLES POUR LIMITER LES RISQUES DE TRANSMISSION



**LAVEZ-VOUS LES MAINS PLUSIEURS FOIS PAR JOUR**

AVEC DU SAVON OU UTILISEZ UNE SOLUTION HYDROALCOOLIQUE



**LORSQUE VOUS ÉTERNUEZ OU TOUSSEZ, COUVREZ-VOUS LA BOUCHE ET LE NEZ AVEC VOTRE MANCHE**

OU UN MOUCHOIR À USAGE UNIQUE



**EN CAS DE SYMPTÔMES GRIPPAUX, APPELÉZ VOTRE MÉDECIN TRAITANT**

CONTACTEZ LE 15 UNIQUEMENT EN CAS D'URGENCE

fig. 2 Document de l'Inpes

- 1 À partir du doc. 1, relever les modes de transmission de la grippe et expliquer en quoi il s'agit d'une maladie très contagieuse.

La contamination se fait par inhalation de gouttelettes de salive ou de postillons émis par une personne infectée, autrement dit par voie respiratoire (voie aérienne). La contamination peut aussi se faire de manière indirecte par contact avec des objets contaminés par une personne infectée ou, dans le cas de gripes animales, par contact avec des déjections d'animaux.



**2** Citer l'agent responsable de la grippe.

C'est le virus de la grippe.

**3** Rechercher la signification de l'expression « personne immunodéprimée » et expliquer pourquoi le virus persiste plus longtemps chez ce type de personne.

Immunodéprimé signifie que le système immunitaire est affaibli et donc moins efficace. Le virus reste alors plus longtemps en vie dans l'organisme infecté.

**4** Relever les moyens de prévention puis les relier aux voies de contamination.

Voies de contamination		Moyens de prévention
Contamination à partir d'objet souillé		Utiliser des mouchoirs uniques
Recontamination du sujet par ses voies respiratoires		Éternuer dans un mouchoir (ou porter un masque)
Émission de gouttelettes et de postillons (voie aérienne)		Se laver les mains souvent
Contact avec des déjections d'animaux		Consulter pour prendre rapidement en charge l'infection

## Activité 2 Les symptômes de la grippe saisonnière

**Doc. 2** Cas clinique : la grippe saisonnière

Madame B. est contrôleur à la SNCF, elle est affectée pour sa journée de travail sur la ligne Paris-Lyon. Le train est complet, de nombreuses familles font le voyage à l'occasion des fêtes de fin d'année. Au cours de ses contrôles, madame B. croise de nombreuses personnes qui toussent. La majorité des enfants ont le nez qui coule. Madame B. est particulièrement agacée par le comportement de certains individus qui lui tendent leur billet de train après avoir éternué sans utiliser de mouchoir ou en mettant les mains devant leur bouche. Elle a le réflexe de fermer la bouche mais ne peut malheureusement pas s'arrêter de respirer. Sans surprise, deux jours après, l'état de madame B. se détériore en quelques heures : elle commence par ressentir

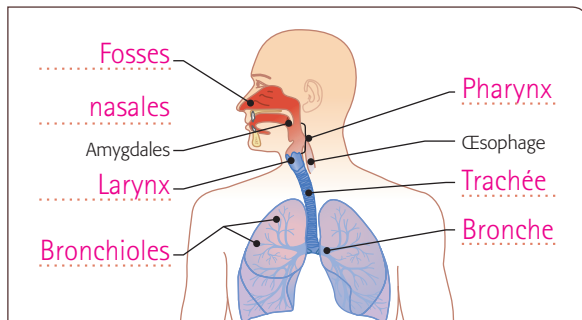
des maux de tête, des frissons et des douleurs articulaires et musculaires. Épuisée notamment par ses quintes de toux sèche, elle se couche avec 39 °C de fièvre. Pour se soulager, elle prend de quoi calmer sa toux, un antipyrétique et des antalgiques prescrits par le médecin venu la consulter à domicile en cette période d'épidémie grippale. Madame B. se remet au bout de 7 jours de la grippe mais de retour au travail elle constate que certains de ses collègues, contaminés comme elle lors de leur dernier voyage, présentent maintenant des symptômes plus spécifiques : une rhinopharyngite, un nez bouché et une toux grasse depuis plusieurs semaines. Ces personnes suivent un traitement antibiotique afin de prévenir une surinfection bactérienne.

**1** À partir du cas clinique, relever les signes de la maladie à ses débuts.

Les personnes ayant contracté le virus présentent des maux de tête, de la fièvre et des frissons, une toux, des douleurs musculaires et articulaires, un nez qui coule ou bien congestionné, des éternuements, une fatigue importante.

**2** Compléter le tableau en donnant le terme médical ou la définition correspondant aux différents symptômes.

**3** À partir de vos connaissances anatomiques sur l'appareil respiratoire, légender le schéma ci-dessous.



**4** En argumentant à l'aide de vos réponses à l'activité 1 et du cas clinique, citer les voies d'entrée du virus et les lieux de sa multiplication.

Voies d'entrée : bouche et nez. Lieux de multiplication du virus : le nez (nez qui coule/nez bouché/rhinopharyngite) ; le pharynx (rhinopharyngite) ; les bronches (toux).

Termes médicaux	Définitions
Céphalées	Maux de tête
Antalgique	Médicament antidouleur
Antipyrétique	Médicament contre la fièvre
Asthénie	Fatigue intense
Myalgie	Douleur musculaire
Antitussif	Médicament contre la toux
Antiviral/aux	Médicament(s) contre les virus
Antibiotique	Médicament permettant de lutter contre les bactéries
Rhinopharyngite	Inflammation du nez et du pharynx
Signe ou symptôme	Manifestation d'une maladie

### Activité 3 Les virus de la grippe

#### Doc. 3 Cause de la grippe saisonnière

La grippe est une maladie infectieuse causée par des virus respiratoires, de la famille des orthomyxoviridae, qui s'attaquent surtout aux voies respiratoires supérieures (nez, gorge, bronches), rarement aux poumons. Les virus grippaux pathogènes (qui provoquent une maladie) pour l'homme appartiennent à deux groupes, A et B. Les virus grippaux de type A circulent de façon permanente chez différentes espèces animales, notamment chez les porcs, les chevaux et les oiseaux. Ces animaux servent de réservoirs à tous les sous-types de virus A et

sont vraisemblablement l'hôte original des virus de la grippe. Le virus se multiplie principalement dans leur système digestif (d'où la présence de grandes quantités de virus dans les excréments) et également dans le système respiratoire, notamment chez les volailles.

Remarque : les glycoprotéines H (héماغglutinine) et N (neuraminidase) sont spécifiques des virus de la grippe et sont utilisées pour nommer la souche (exemple H1N1, H3N1, etc.).

www.pasteur.fr, 2015

**1** Citer à quelle famille et à quel type appartiennent les virus de la grippe pour l'homme.

Ils appartiennent à la famille des orthomyxoviridae, plus précisément aux types A et B.

**2** Indiquer l'origine des virus de la grippe.

L'origine du virus est animale, les réservoirs sont le porc, le cheval, les oiseaux.

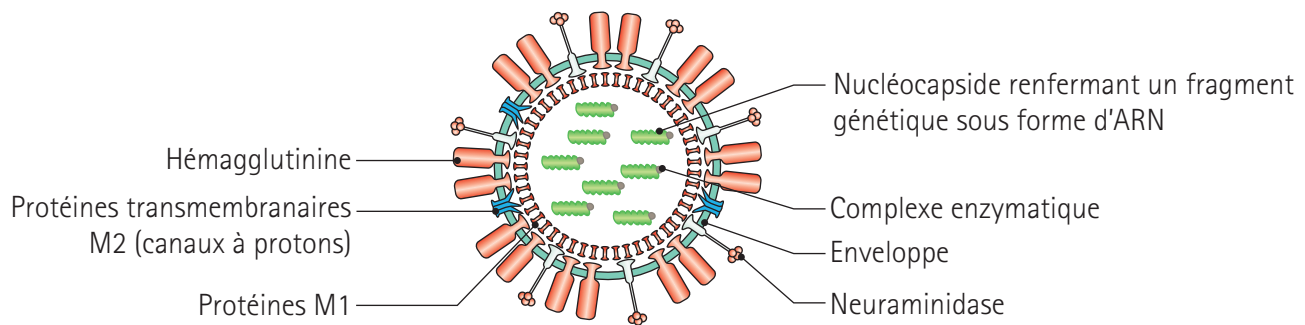


fig. 3 Structure du virus de la grippe

**3** À partir de l'observation de la figure 3, donner les caractéristiques structurales de ce virus en renseignant le tableau ci-dessous.

Nombre d'enveloppes	Deux
Nom donné à l'enveloppe interne	Matrice (constituée de protéines M1)
Nom des glycoprotéines les plus nombreuses au niveau de l'enveloppe externe	Hémagglutinines (H)
Nom des glycoprotéines les moins nombreuses au niveau de l'enveloppe externe	Protéines M2
Nom des glycoprotéines au niveau de l'enveloppe externe en quantité intermédiaire	Neuraminidases (N)
Nom de la molécule jouant le rôle de support de l'information génétique virale	Acide ribonucléique (ARN)
Nombre de fragments génétiques dans le virus	Huit
Nom donné aux molécules associées aux fragments génétiques.	Nucléoprotéines
Nom donné à l'association des fragments génétiques et des nucléoprotéines	Nucléocapside

**4** Justifier, à l'aide du doc. 4, les critères qui permettent de classer la grippe dans la catégorie des maladies épidémiques.

La grippe est une maladie saisonnière contagieuse qui se répand rapidement et affecte de nombreuses personnes dans le monde et en France.

**5** Indiquer dans quels cas la grippe peut être mortelle.

La grippe est mortelle chez des personnes fragiles comme les personnes âgées, les enfants en bas âge et les personnes souffrant de maladies chroniques.

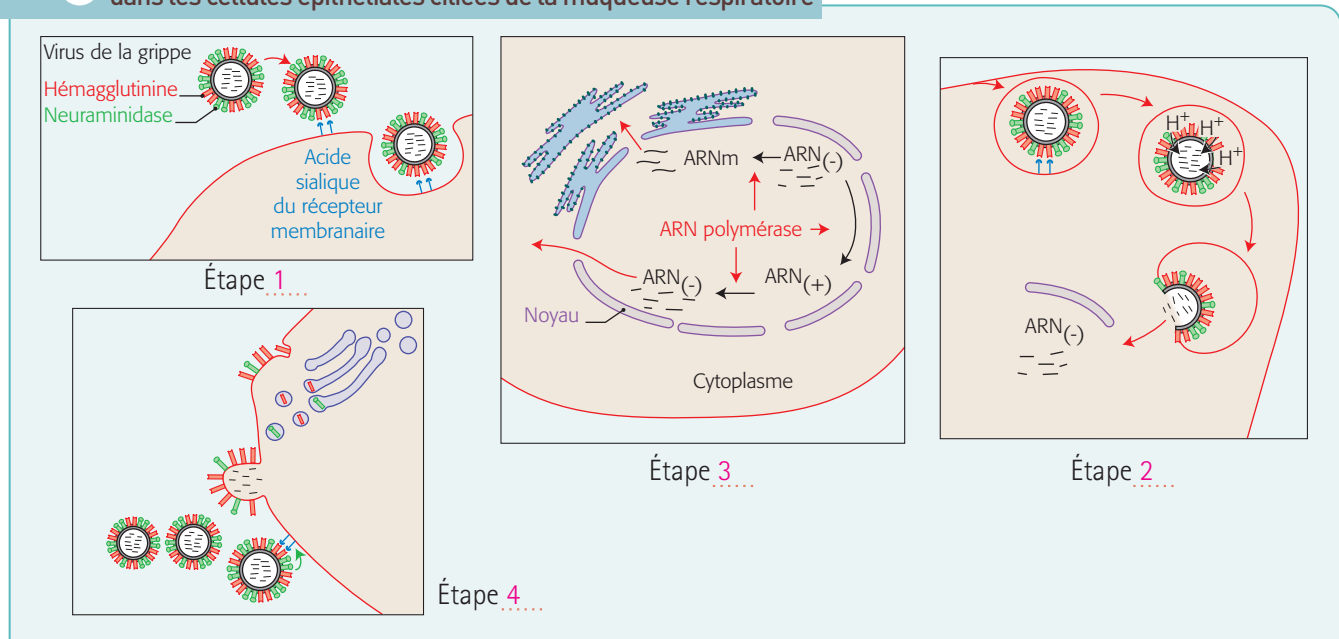
#### Doc. 4 Épidémiologie de la grippe

Les épidémies de grippe saisonnière surviennent entre octobre et avril dans l'hémisphère Nord et entre avril et octobre dans l'hémisphère Sud. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'elles entraînent entre 3 et 5 millions de cas graves et 250 000 à 500 000 décès par an dans le monde. Les hospitalisations et les décès surviennent principalement dans les groupes à haut risque (personnes âgées, malades chroniques, enfants en bas âge, etc.). En France, la grippe touche chaque année entre 2 et 8 millions de personnes selon le Groupe d'expertise et d'information sur la grippe et provoque entre 1 500 et 2 000 morts, essentiellement chez les personnes de plus de 65 ans.

www.pasteur.fr, 2015

## Activité 4 Le cycle de multiplication du virus de la grippe

Doc. 5 Les étapes de multiplication du virus de la grippe dans les cellules épithéliales ciliées de la muqueuse respiratoire



1 Dans le doc. 5, indiquer sous chaque schéma l'ordre des étapes du cycle du virus.

2 Décrire précisément chacune de ces étapes en complétant le tableau ci-après.

Étapes n°	Titres	Descriptions
1	Fixation du virus	Liaison de l'hémagglutinine virale à la molécule d'acide sialique présent sur la membrane
	Entrée par endocytose	Invagination de la membrane plasmique et formation d'une vésicule d'endocytose contenant le virus
2	Libération du contenu du virus dans le cytoplasme	Fusion des enveloppes virales avec la membrane de la vésicule
3	Entrée de l'ARN viral dans le noyau de la cellule cible	
	Transcription de nouvelles molécules d'ARN viraux	Action de l'ARN polymérase virale sur les fragments d'ARN « négatifs » viraux pour synthétiser deux types d'ARN viraux : ARN messager et de nouvelles molécules d'ARN « négatifs »
	Traduction des protéines viraux	Synthèse des protéines viraux à partir des ARNm viraux et des organites de la cellule cible.
4	Assemblage des constituants viraux	Migration des constituants viraux vers la membrane plasmique
	Sortie hors de la cellule par bourgeonnement	Déformation vers l'extérieur de la membrane plasmique



## Activité 5 Les voies de contamination par le VIH et les moyens de prévention

1 À partir du tableau ci-dessous, associer les voies de contamination du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) aux moyens de prévention appropriés.

1 : A, D, E

2 : C

3 : B

4 : F

Voies de transmission du VIH			
1	Rapports sexuels non protégés avec une personne infectée	3	Partage d'aiguilles, de seringues ou d'autres instruments pointus contaminés
2	Transfusion de sang contaminé	4	De la mère à l'enfant pendant la grossesse, l'accouchement ou l'allaitement

Moyens de prévention		
A	Se soumettre à un dépistage.	
B	Utiliser des aiguilles et des seringues jetables neuves.	
C	Veiller à ce que le sang et les produits sanguins dont on pourrait avoir besoin aient été testés.	
D	 <p>Avoir des rapports sexuels protégés en utilisant des préservatifs masculins ou féminins.</p>	
E	La circoncision médicale réduit le risque de transmission hétérosexuelle du VIH chez l'homme.	
F	Utilisation d'antirétroviraux pour une femme enceinte.	

2 Citer les fluides corporels qui véhiculent le VIH.

Les sécrétions sexuelles (sperme, sécrétions vaginales), le sang, le lait maternel.

## Je construis mon cours

### La grippe

Le virus de la grippe pénètre dans l'organisme par la bouche et le nez. Les vecteurs de contamination sont les gouttelettes de salive ou postillons émis par une personne infectée (voie respiratoire).

La contamination peut se faire de manière indirecte par contact avec des objets contaminés par une personne infectée ou, dans le cas des gripes animales, avec des déjections d'animaux.

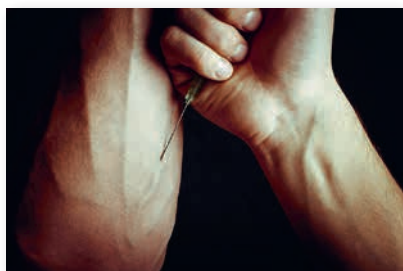
Les lieux de multiplication du virus sont le nez, le pharynx et les bronches. L'infection se traduit par des symptômes : toux, céphalées, fièvre, courbatures, nez qui coule ou congestionné, asthénie.

#### Les étapes du cycle de multiplication du virus de la grippe

..6..	Traduction des protéines virales	..4..	Entrée de l'ARN viral dans le noyau de la cellule cible
..8..	Sortie par bourgeonnement des nouveaux virus	..3..	Libération du contenu du virus dans le cytoplasme de la cellule
..2..	Entrée du virus dans le cytoplasme	..7..	Assemblage des constituants viraux
..1..	Fixation du virus à la membrane de la cellule cible	..5..	Transcription de nouvelles molécules d'ARN viraux
..9..	Libération des nouveaux virus hors de la cellule		

### Le VIH

Les principales voies de contamination



Voie sanguine



Voie foeto-maternelle



Voie sexuelle

Les mesures de prévention



Dépistage



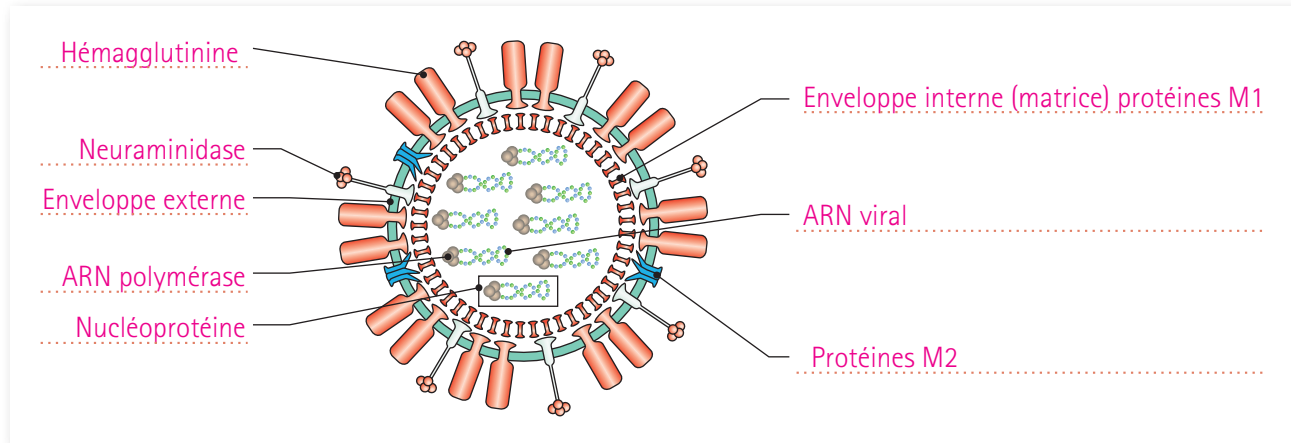
Rapports sexuels protégés



Médicaments antirétroviraux

## Je sais faire le jour du bac

### 1 Légender les constituants du virus de la grippe sur le doc. A.



Doc. A Structure du virus de la grippe

### 2 À partir du doc. B, décrire les sept étapes de multiplication du virus de la grippe dans la cellule.

Étape 1 : le virus se fixe sur un récepteur membranaire composé d'acide sialique. Le contact se fait entre l'hémagglutinine (du virus) et l'acide sialique (de la cellule).

Étape 2 : la membrane de la cellule s'invagine et le virus pénètre par endocytose.

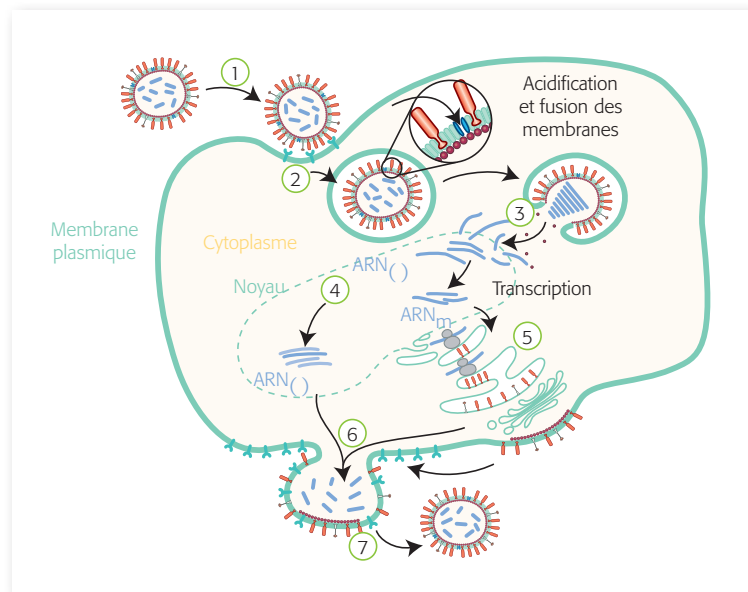
Étape 3 : l'ARN viral pénètre dans le noyau.

Étape 4 : l'ARN viral est transcrit en ARNm.

Étape 5 : l'ARNm sert à la synthèse de protéines virales.

Étape 6 : le virus se retrouve dans le cytoplasme de la cellule dans une vésicule d'endocytose. On observe la présence de protons dans la vésicule : l'intérieur devient acide et l'enveloppe du virus fusionne avec la membrane de la vésicule ce qui libère le contenu du virus.

Étape 7 : le virus se reconstitue, il sort en déformant la membrane plasmique de la cellule, qui bourgeonne.



Doc. B



## 22

# Les défenses non spécifiques de l'organisme

- ➔ Préciser le rôle de barrière de la muqueuse des voies respiratoires supérieures.
- ➔ Présenter les différentes défenses cutané-muqueuses.
- ➔ Décrire les étapes de la réaction inflammatoire et ses quatre signes cliniques.
- ➔ Présenter en particulier le rôle et le mécanisme de la phagocytose.

## Activité 1 Les voies d'entrée des antigènes dans le corps

### Doc. 1 Les portes d'entrée dans l'organisme humain



fig. 1

Voie respiratoire



fig. 2

Voie digestive



fig. 3

Voie transplacentaire



fig. 4

Voie génitale



fig. 5

Voie cutanée (piqûre ou plaie), voie sanguine



1 Préciser sous les figures du doc. 1 les voies d'entrée des antigènes dans le corps humain.

2 Rappeler les voies d'entrée du virus de la grippe et du VIH.

Le virus de la grippe entre dans l'organisme par les voies respiratoires ; le VIH peut pénétrer l'organisme par les voies génitale, cutanée (piqûre avec objets contaminés) et transplacentaire.

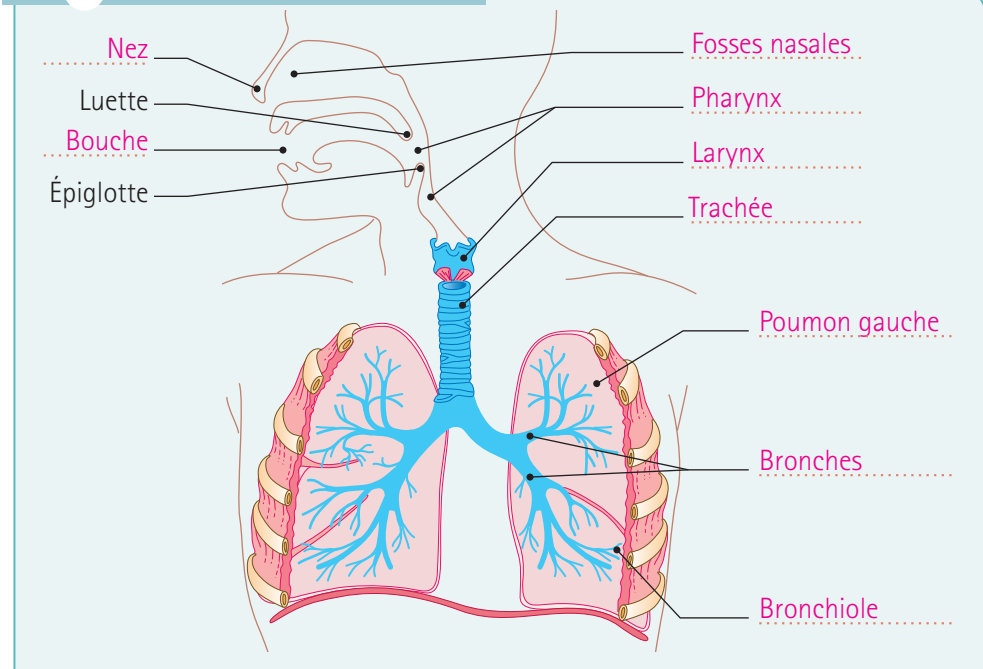


**3** À partir de vos connaissances sur l'appareil respiratoire, compléter les légendes du doc. 2.

**4** Rappeler les symptômes provoqués par le virus de la grippe.

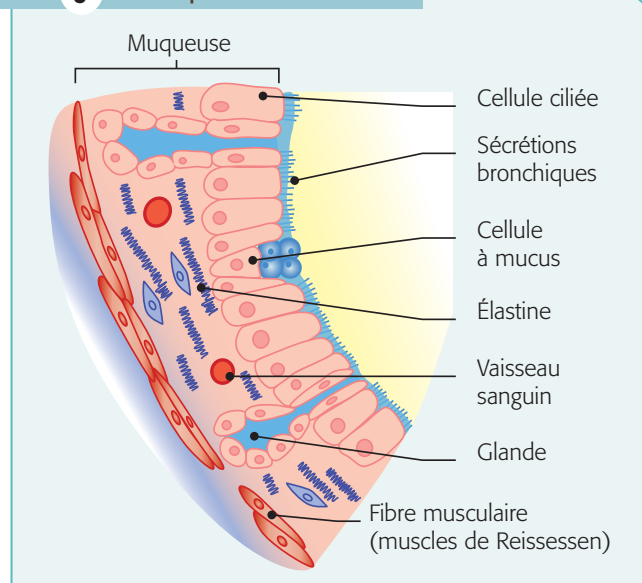
Les symptômes de la grippe sont la toux, la fièvre, la fatigue, les courbatures, le nez qui coule.

Doc. 2 Schéma de l'appareil respiratoire



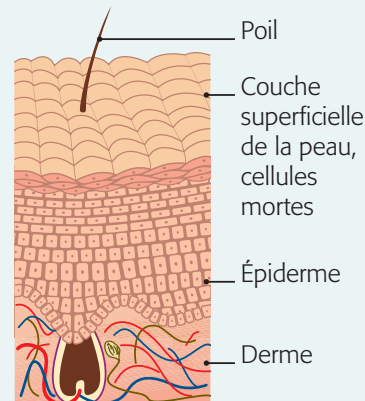
## Activité 2 Les défenses cutané-muqueuses

Doc. 3 La muqueuse des bronches



Doc. 4 Fragment de peau humaine

La surface de la peau est recouverte d'une substance, la kératine (une protéine), qui la rigidifie et la rend imperméable à la plupart des micro-organismes.



**1** La peau et les muqueuses sont formées de tissu épithélial. À partir de l'observation des docs 3 et 4 et des connaissances de première, justifier cette affirmation.

Les figures montrent que les cellules sont jointives et qu'elles peuvent s'organiser dans le cas de la peau en plusieurs couches. Il s'agit de tissus épithéliaux de revêtement en contact avec l'extérieur.

**2** Expliquer le rôle de barrière exercé par la peau et la muqueuse des voies respiratoires supérieures.

La disposition des cellules constitue un obstacle physique : les cellules sont jointives et forment plusieurs couches dans le cas de la peau. La surface de la peau est kératinisée, ce qui la rend imperméable.

- 3** Relever dans le doc. 5 les substances sécrétées par le corps qui permettent une protection vis-à-vis des micro-organismes en précisant leur rôle quand cela est possible.

La kératine rend la surface de la peau

imperméable aux micro-organismes.

Le mucus piège les micro-organismes.

Le suc gastrique (par son pH acide),

la salive, le sébum, les larmes peuvent

tuer les micro-organismes.

- 4** Définir « flore commensale » et citer un rôle assuré par celle-ci.

La flore commensale est un ensemble

de bactéries présent à la surface

et dans les cavités du corps. Sa présence

notamment empêche l'installation de bactéries étrangères.

- 5** Certains éléments dans le corps humain assurent une protection mécanique. Préciser le nom de ces éléments et leur action.

Le mouvement des cils et le renouvellement cellulaire permettent d'éliminer les micro-organismes

à la surface des cellules.

### Doc. 5 Les éléments de défense cutanéomuqueux

Au niveau de la peau et des muqueuses, des glandes sécrètent des substances chimiques qui s'opposent à l'implantation des micro-organismes. Ces sécrétions (la sueur, les larmes, le suc gastrique, le mucus nasal et bronchique, le sébum, la salive et les sécrétions vaginales), par leur pH acide ou les molécules chimiques qu'elles renferment, tuent les micro-organismes ou les piègent (cas du mucus).

La surface du corps ainsi que l'intérieur du tube digestif et de la cavité vaginale sont également colonisés par une flore commensale constituée de bactéries. Ces bactéries empêchent l'installation de bactéries « étrangères » et potentiellement pathogènes en produisant des molécules toxiques contre ces micro-organismes.

D'autres facteurs interviennent au niveau de la muqueuse respiratoire et de la peau. Le mouvement des cils et la desquamation des cellules cutanées (c'est-à-dire le remplacement des cellules mortes par de nouvelles cellules) permettent une élimination mécanique régulière des germes qui adhèrent à leur surface.

## Activité 3 Les quatre signes de la réaction inflammatoire

### Doc. 6 Exemple de la pharyngite

La pharyngite est une inflammation du pharynx qui se manifeste par des symptômes observables sur les photographies de la figure 7, décelables à la palpation et à l'inspection de la gorge. Des douleurs dans la gorge peuvent être ressenties, en particulier à la déglutition et cette zone peut être plus chaude.

Selon l'origine, on distingue la pharyngite aiguë et la pharyngite chronique. La pharyngite aiguë peut avoir deux causes : virale (le plus souvent) ou bactérienne. La pharyngite chronique est une inflammation persistante pouvant être causée par plusieurs facteurs comme le tabac, les polluants, une utilisation excessive de la voix, des rhinites ou des sinusites récidivantes.

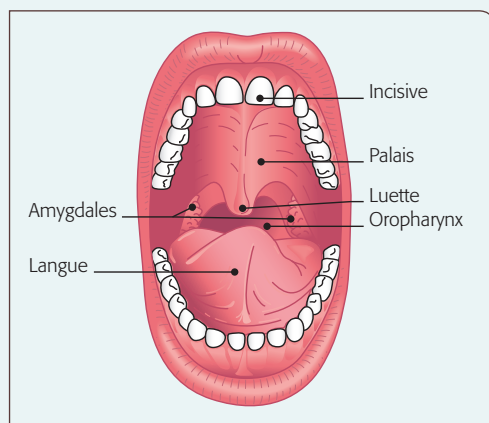


fig. 6 Schéma de la cavité buccale

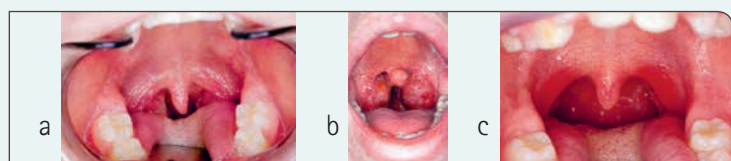


fig. 7 Photographies de la gorge de trois individus

- 1 Observer les photographies du doc. 6 et comparer l'aspect des amygdales de l'individu sain (a) et des individus malades (b et c) afin de relever deux manifestations majeures de la réaction du corps lors d'une pharyngite.

On observe un gonflement des amygdales du patient B et une rougeur au fond de la gorge du patient C (dont les amygdales ne sont pas visibles).

- 2 À partir du doc. 6, relever les deux autres signes cliniques d'une pharyngite.

Les autres signes de la pharyngite sont des douleurs, notamment à la déglutition, et une sensation de chaleur au niveau de la gorge.

- 3 Les signes relevés aux questions 1 et 2 sont qualifiés de signes généraux et sont caractéristiques d'une réaction de l'organisme appelée réaction inflammatoire ou inflammation. Expliquer l'expression « signes généraux » et ses liens avec les causes possibles d'une inflammation.

Les signes généraux sont des manifestations qui apparaissent quelle que soit la cause de la maladie.

## Activité 4 Les mécanismes de la réaction inflammatoire : exemple de la grippe

### Doc. 7 La réaction inflammatoire au niveau de la muqueuse bronchique

Des substances chimiques sont libérées au niveau de la muqueuse bronchique à la fois par les cellules agressées par le virus et par les leucocytes attirés sur le site de l'infection par certaines de ces substances. L'attraction des leucocytes au site infecté se nomme le **chimiotactisme**. L'œdème, ainsi que les molécules sécrétées localement par les cellules lésées, peuvent stimuler les fibres sensibles, à l'origine d'une sensation douloureuse.

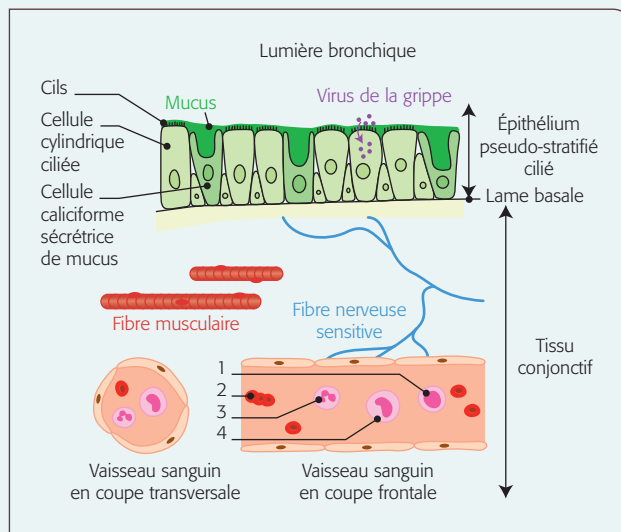


fig. 8 Muqueuse bronchique avant l'infection

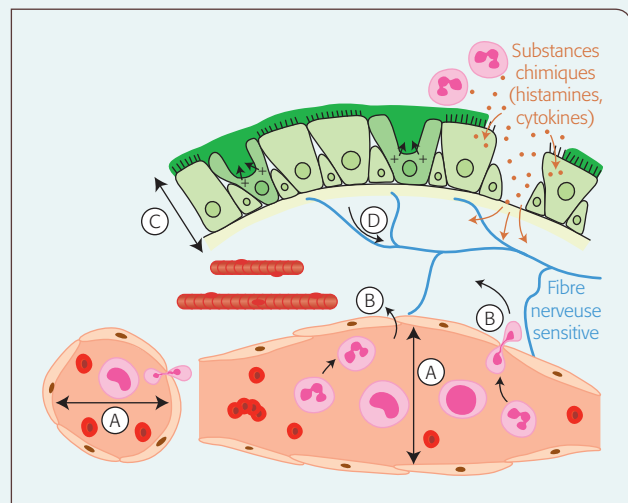


fig. 9 Muqueuse bronchique en présence d'infection par le virus de la grippe

- 1 Donner le nom des éléments 1 à 4 de la fig. 8.

1 : Lymphocyte      2 : Hématies      3 : Granulocyte      4 : Monocyte

- 2 Comparer les figures 8 et 9 et relever les modifications A, B et C provoquées par la présence du virus de la grippe en complétant le tableau.

Éléments observés	En absence d'infection	En présence d'infection
Le vaisseau sanguin	Diamètre : quelques micromètres Paroi du vaisseau : imperméable aux cellules du sang et au plasma	Diamètre : <b>augmenté (A)</b> Paroi du vaisseau : <b>perméable aux cellules et au plasma (B)</b>
Localisation des cellules sanguines et du plasma	Cellules contenues dans le vaisseau sanguin.	<b>Sortie de quelques cellules et du plasma vers la muqueuse (B).</b>
La muqueuse bronchique	Sécrétion du mucus : faible Sécrétion de substances chimiques : absente	Sécrétion du mucus : <b>abondante (C)</b> Sécrétion de substances chimiques : <b>présente (C)</b>

- 3** Décrire les caractéristiques cytologiques des cellules sanguines retrouvées au niveau de la muqueuse (site de l'infection) à l'origine de la sécrétion des substances chimiques et donner leur nom précis.  
**Les cellules ont un noyau polylobé, il s'agit de polynucléaires ou granulocytes.**
- 4** Nommer avec le terme scientifique adéquat le phénomène, noté A, affectant le vaisseau représenté sur la fig. 9. Justifier.  
**Il s'agit d'une vasodilatation car le diamètre du vaisseau a augmenté.**
- 5** La rougeur et la chaleur sont liées au phénomène A. Expliquer en quoi ce phénomène entraîne l'apparition de ces manifestations physiques.  
**La vasodilatation va apporter plus de sang et donc davantage de chaleur, ce qui accentue la couleur rouge.**
- 6** Donner l'origine de l'œdème chez les individus souffrant de pharyngite (activité 3) à partir des éléments de réponse à la question 2.  
**L'œdème est dû à l'accumulation de plasma dans les tissus puisque la paroi des vaisseaux devient perméable.**
- 7** Expliquer l'effet exercé sur les fibres sensibles en lien avec l'un des symptômes de la pharyngite (question 2 de l'activité 3).  
**Les molécules sécrétées par les cellules lésées et l'accumulation de plasma dans le tissu entraînent une stimulation des fibres sensibles, qui produisent un message de nature douloureuse.**
- 8** À partir des légendes A, B, C, D de la fig. 9, récapituler la chronologie des événements qui se déclenchent lorsqu'un micro-organisme pénètre dans l'organisme et les symptômes qui en découlent.  
**A : Vasodilatation qui entraîne rougeur et chaleur.**  
**B : Sortie du plasma et des granulocytes vers la muqueuse (lieu de l'infection), ce qui entraîne un œdème (accumulation du plasma).**  
**C : Sécrétion plus abondante de mucus pour piéger le virus avant son entrée dans les cellules et sécrétion de substances chimiques (cytokines) par les granulocytes.**  
**D : Stimulation par les substances chimiques et l'œdème formé des fibres sensibles nerveuses à l'origine de la sensation douloureuse.**



## Activité 5 La phagocytose

- 1 À partir de vos connaissances, rappeler le rôle des lysosomes au sein d'une cellule.

Les lysosomes sont des organites  
qui renferment des enzymes. Ils détruisent  
par digestion les corps étrangers.

- 2 Associer à chacune des légendes du doc. 8 le vocabulaire suivant : vésicule d'endocytose ou phagosome, déformation de la membrane plasmique ou pseudopodes, lysosomes, phagolysosome (fusion entre un phagosome et des lysosomes), antigène, fragments antigéniques, exocytose de fragments antigéniques.

a : Lysosomes, b : Antigène, c : Pseudopodes, d : Phagosome, e : Phagolysosome, f : Exocytose  
des fragments antigéniques, g : Fragments antigéniques

- 3 Donner, en réutilisant le vocabulaire de la question 2, un titre à chacune des étapes 1 à 5 du doc. 8.

1. Attraction du phagocyte vers l'antigène (chimiotactisme). 2. Fixation de l'antigène à la membrane de la cellule (contact entre l'antigène et le phagocyte, formation de pseudopodes autour de l'antigène).  
3. Internalisation de l'antigène par endocytose. 4. Formation d'un phagolysosome. 5. Exocytose des fragments d'antigène digéré.

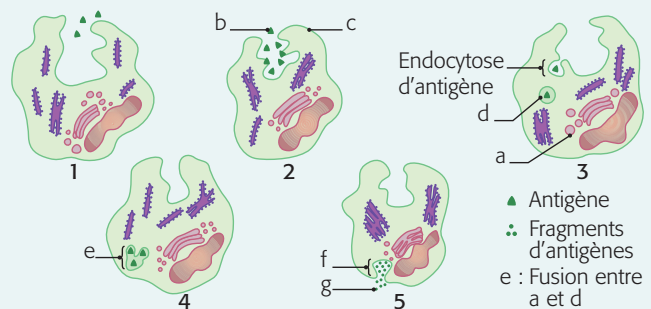
- 4 À partir du doc. 8, définir « la phagocytose ».

L'antigène a été dégradé. La phagocytose  
est donc un mécanisme d'élimination  
par les phagocytes d'un antigène par digestion  
intracellulaire.

- 5 Comparer le mécanisme de la phagocytose des docs 8 et 9 et indiquer le nom des éléments supplémentaires dans le doc. 9 qui facilitent le processus d'élimination de l'antigène.

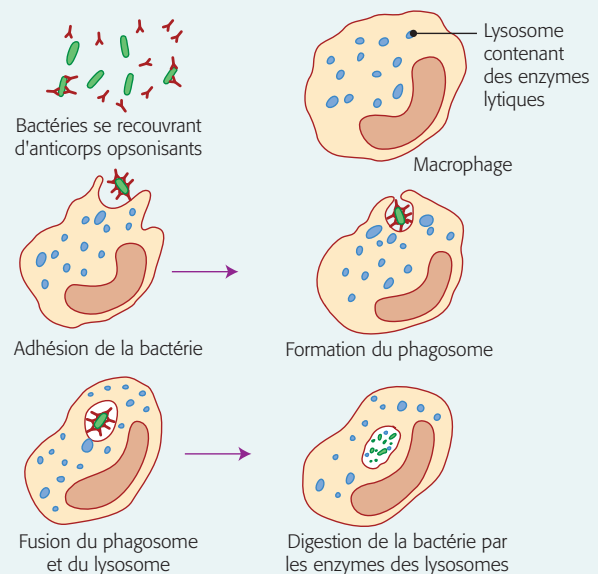
On observe la présence d'anticorps (Y en rouge)  
qui, en se fixant à la fois sur l'antigène  
et à la cellule, facilitent la phagocytose.  
On parle d'opsonisation.

### Doc. 8 Les étapes de la phagocytose



La phagocytose est assurée par un macrophage, c'est-à-dire un monocyte qui a quitté le sang pour rejoindre le site de l'infection et dont la taille a augmenté, ou par un granulocyte.

### Doc. 9 Le rôle des agents opsonisants dans la phagocytose



Les agents opsonisants facilitent l'élimination de l'antigène lors de la phagocytose.

## Je construis mon cours

### Les types de protection assurés par les barrières cutanéomuqueuses

Protection mécanique	Protection biochimique et chimique	Protection biologique
Cils, disposition des cellules épithéliales, mucus	Acidité gastrique	La flore commensale formée de bactéries protectrices

### Les quatre signes de la réaction inflammatoire

La vasodilatation entraîne l'apparition de **rougeur** et de **chaleur**. L'augmentation de la perméabilité de la paroi vasculaire entraîne une exsudation (sortie) du plasma dans les tissus, d'où résulte l'apparition d'un **œdème** et d'une sensation de **douleur** ainsi que le passage de granulocytes et de monocytes du sang vers les tissus, sur le lieu de l'infection. La phagocytose est assurée par des granulocytes et des monocytes qui se transforment en **macrophages**.

### Les étapes de la phagocytose

A	Déformations de la membrane plasmique permettant d'entourer l'antigène appelées : <b>pseudopodes</b>
B	Endocytose de l'antigène dans une vésicule appelée : <b>phagosome</b>
C	Fusion du phagosome et du lysosome et formation d'un : <b>phagolysosome</b>
D	Digestion de l'antigène grâce aux enzymes lytiques contenues dans les : <b>lysosomes</b>
E	Exocytose des <b>fragments d'antigène</b>

La phagocytose peut être facilitée par des agents opsonisants, tels que **les anticorps**. On parle d'opsonisation.

## Je sais dire

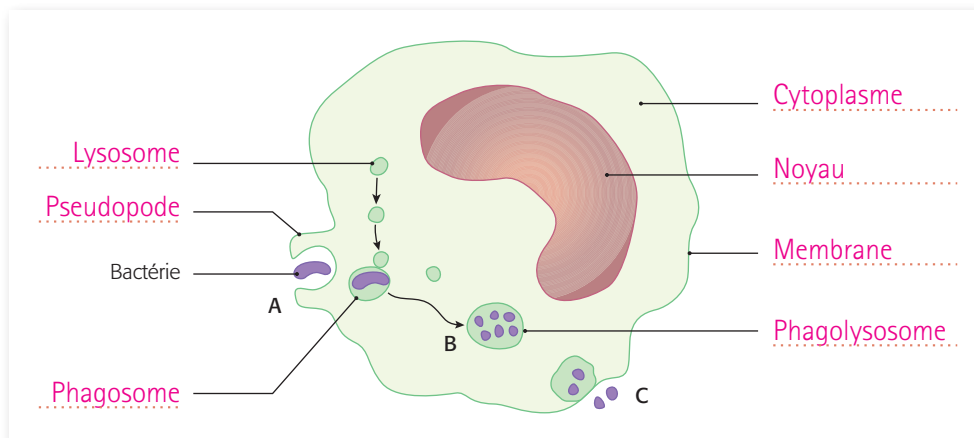
Faire correspondre chaque terme à sa définition.

Muqueuse	Attraction des leucocytes par un site infecté
Barrière cutanéomuqueuse	Protection physique, biochimique et biologique vis-à-vis d'un antigène
Réaction inflammatoire	Tissu épithélial qui tapisse une cavité
Phagocyte	Mécanisme de digestion d'un antigène assuré par un granulocyte ou un macrophage
Phagocytose	Première ligne de défense de l'organisme lors de l'entrée d'un antigène
Chimiotactisme	Cellule qui digère un antigène

## Je sais faire le jour du bac

### Conséquences de la drépanocytose sur le système immunitaire

Chez les personnes souffrant de drépanocytose, la rate est atrophiée, c'est-à-dire que sa taille est anormalement petite. Cette atrophie est la conséquence de l'obstruction des vaisseaux irriguant la rate par les globules rouges anormaux. On rappelle que la rate est l'un des organes lymphoïdes secondaires de l'organisme.



Doc. A Un processus de défense de l'organisme

- 1 Citer un autre organe lymphoïde secondaire.

Les amygdales, qui gonflent lors d'une pharyngite par exemple.

- 2 Parmi les cellules présentes dans la rate se trouve le macrophage schématisé sur le doc. A. Légender le doc. A.

- 3 Observer le doc. A et nommer le processus représenté et les étapes A, B et C. Justifier.

Ce processus est la phagocytose. L'étape A correspond à l'endocytose de l'antigène car celui-ci est internalisé par la cellule ; l'étape B est la digestion de l'antigène car l'antigène est hydrolysé ; l'étape C est l'exocytose des fragments d'antigène digéré car les fragments sont libérés en dehors de la cellule.

Les crises de douleur ressenties par les personnes souffrant de la drépanocytose peuvent être liées à une sensibilité accrue aux infections, aux cours desquelles des phénomènes inflammatoires à répétition se produisent.

- 4 Citer les principaux événements d'une réaction inflammatoire.

Les principaux événements sont : 1. une vasodilatation qui assure un débit sanguin plus important, 2. une augmentation de la perméabilité de la paroi des vaisseaux avec l'accumulation de plasma au niveau des tissus et la diapédèse de leucocytes, 3. le chimiotactisme après libération de substances chimiques sur le site de l'infection.

- 5 Citer les signes cliniques associés à ces événements.

Apparition d'un œdème, de rougeur et de chaleur.

## 23

## Les défenses spécifiques

- ➔ Présenter l'activation spécifique des lymphocytes B plasmocytes.
- ➔ Mettre en évidence le processus de cytolyse par les lymphocytes T cytotoxiques.
- ➔ Montrer le rôle central des lymphocytes T auxiliaires dans l'activation des réponses humorale et cellulaire. Présenter à l'aide d'un schéma l'intégration des réponses innée et acquise.
- ➔ Caractériser les réponses primaire et secondaire. Les relier au principe de vaccination (grippe).
- ➔ Comparer les réponses en fonction de la localisation intra ou extracellulaire de l'antigène.

## Activité

## 1

## Les marqueurs membranaires des leucocytes et le rôle des CPA

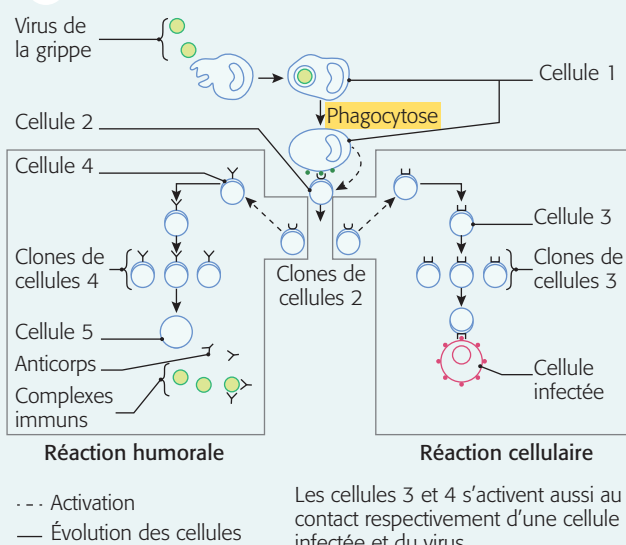
- 1** En utilisant les docs 1 et 2, compléter le texte suivant.

Le contact étroit entre les phagocytes et les cellules 2 lors de la présentation du virus phagocyté entraîne la multiplication des cellules 2 qui activent à leur tour les cellules 3 et 4, lesquelles vont se multiplier.

- 2** Décrire un complexe immun et préciser où se trouve l'élément étranger par rapport à la cellule.

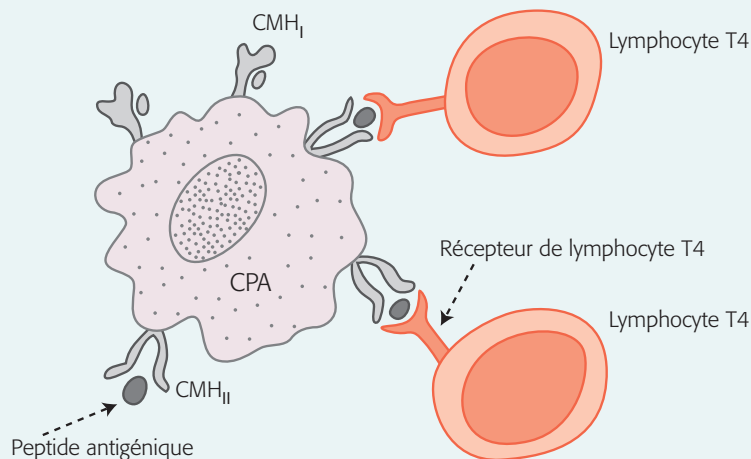
Le complexe immun correspond à la fixation spécifique des anticorps sur l'antigène à l'extérieur des cellules.

## Doc. 1 La réaction immunitaire spécifique



## Doc. 2 Les cellules présentatrices de l'antigène (CPA)

Après la phagocytose, les phagocytes (granulocytes ou macrophages) assurent une nouvelle fonction, celle de présenter des morceaux d'antigènes digérés à d'autres leucocytes afin de leur permettre d'identifier l'élément étranger à éliminer et d'entrer en action. La présentation des fragments antigéniques passe par un contact étroit entre la CPA et les autres cellules immunitaires au niveau du récepteur CMH.





## Doc. 3 Les lymphocytes B, auxiliaires et cytotoxiques

L'analyse des cellules 2, 3 et 4 du doc. 1 a permis de mettre en évidence la présence de marqueurs de surface spécifiques à chaque lymphocyte. Les lymphocytes B possèdent des immunoglobulines de membrane et les lymphocytes T existent en deux groupes caractérisés par la présence de récepteurs de membrane appelés respectivement CD4 et CD8. Les lymphocytes possédant le marqueur CD4 sont nommés lymphocytes T4 ou auxiliaires (ou helper, de l'anglais *helper* : celui qui aide). Ceux qui expriment sur leur membrane plasmique le marqueur CD8 s'appellent les lymphocytes T8 ou cytotoxiques.

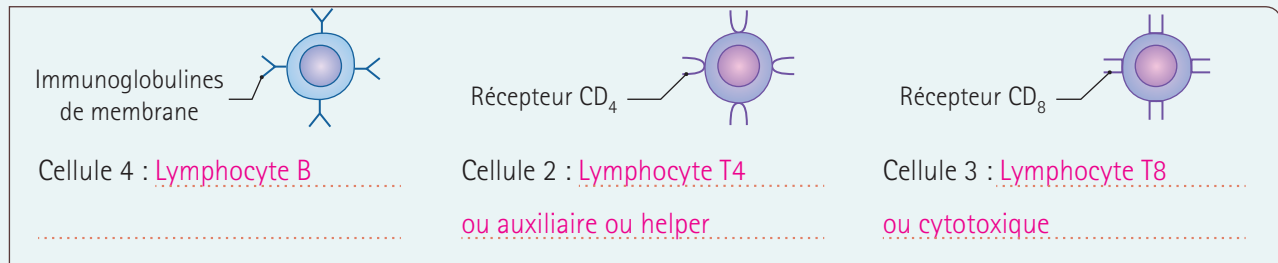


fig. 1 Différents lymphocytes

- 3 Dans la fig. 1, nommer les cellules du doc. 1 et citer le nom des réactions immunitaires dans lesquelles ces lymphocytes interviennent.

Les lymphocytes T4 et les lymphocytes B interviennent dans la réaction humorale. Les lymphocytes T4 et T8 interviennent dans la réaction cellulaire.

## Activité 2 Mise en évidence du rôle des lymphocytes B et T4

## Doc. 4 Expériences

Afin de comprendre le rôle des lymphocytes B et T4, des expériences ont été réalisées sur des souris, auxquelles on a injecté le virus grippal atténué et différents lymphocytes.

	Souris non irradiée, non thymectomisée	Souris irradiée et thymectomisée		
Lymphocytes injectés	Aucun	Lymphocytes T4	Lymphocytes B	Lymphocytes B et T4
Quantité d'anticorps produits	Quantité élevée	Aucun	Quantité faible	Quantité élevée

- 1 Analyser les expériences du doc. 4.

Les cellules productrices d'anticorps sont les lymphocytes B qui produisent peu d'anticorps en l'absence de lymphocytes T4 et une grande quantité d'anticorps en présence de lymphocytes T4.

- 2 Sur la fig. 2, nommer l'organe le plus abondant et conclure sur la nature biochimique des anticorps fabriqués.

Le réticulum endoplasmique granuleux (ou rugueux) est le lieu de synthèse des protéines. Les anticorps sont des protéines.

**Doc. 5** Du lymphocyte B au plasmocyte

En présence d'un antigène et sous l'effet de l'activation par les lymphocytes T4, les lymphocytes B changent d'aspect et de nom : on les appelle alors des plasmocytes.

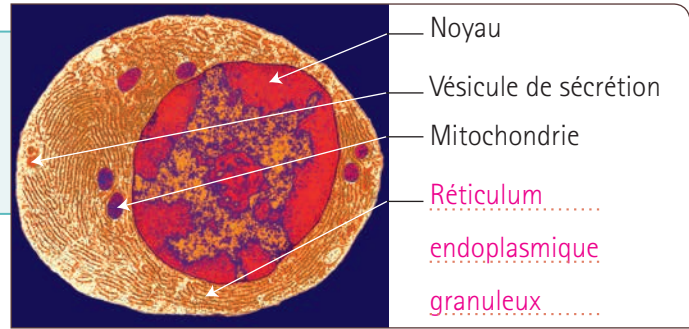


fig. 2 Plasmocyte

- 3** À partir de la fig. 2, indiquer sur quel type d'antigène les anticorps seront le plus efficaces.

Les anticorps sont sécrétés, ils seront donc plus efficaces sur des antigènes extracellulaires.

**Activité 3** Le rôle des lymphocytes T8**Doc. 6** Mise en évidence du rôle des lymphocytes T8

Des cellules épithéliales de muqueuse respiratoire préalablement infectées par le virus grippal atténué sont mises en culture en présence de différents lymphocytes. La viabilité des cellules est observée. Les résultats sont ci-après.

	Conditions	Résultats
1	Mise en culture de cellules bronchiques infectées par le virus grippal atténué	Survie de la totalité des cellules épithéliales
2	Mise en culture de cellules bronchiques infectées par le virus grippal atténué en présence de : a) lymphocytes B seuls ; b) lymphocytes T4 seuls ; c) lymphocytes B et T4 ; d) lymphocytes B et T8	Survie de la totalité des cellules épithéliales
3	Mise en culture de cellules bronchiques infectées par le virus grippal atténué en présence de lymphocytes T4 et T8	Diminution significative du nombre de cellules épithéliales

- 1** Analyser les conditions de survie et de mortalité des cellules épithéliales.

Dans les conditions des expériences 1 et 2 (a, b, c, d) toutes les cellules infectées survivent. Si les cellules infectées sont cultivées en présence de lymphocytes T4 et T8 (expérience 3) ; le nombre de cellules épithéliales diminue significativement, ce qui suggère qu'elles ont été détruites.

- 2** À partir de l'observation du doc. 7, conclure sur le rôle joué par les lymphocytes T8 vis-à-vis des cellules infectées afin d'expliquer la diminution observée de leur nombre dans le doc. 6.

Les lymphocytes T8 entrent en contact avec la cellule infectée par l'intermédiaire des marqueurs de surface et des fragments antigéniques présentés à la surface de la cellule infectée. Cette interaction entraîne la libération de perforines qui lysent la membrane cellulaire de la cellule infectée.

- 3** À partir du doc. 1 de l'activité 1, préciser le rôle des lymphocytes T4 vis-à-vis des lymphocytes T8.

Les lymphocytes T4 activés par la CPA, activent les lymphocytes T8, lesquels se multiplient avant d'interagir avec les cellules infectées.

## Doc. 7 Interaction entre un lymphocyte T8 et une cellule infectée par un virus

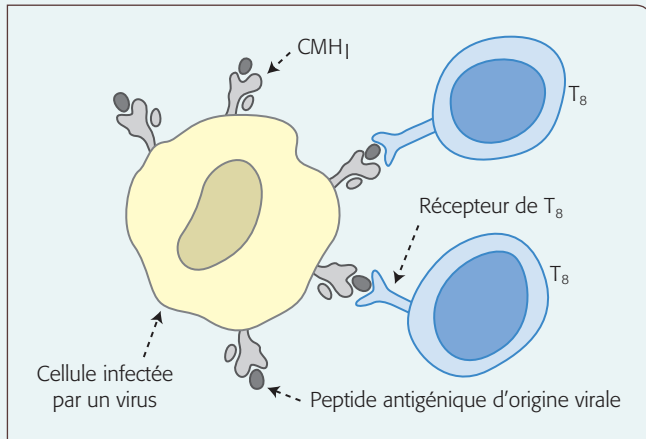


fig. 3 Reconnaissance de l'antigène par les cellules T8

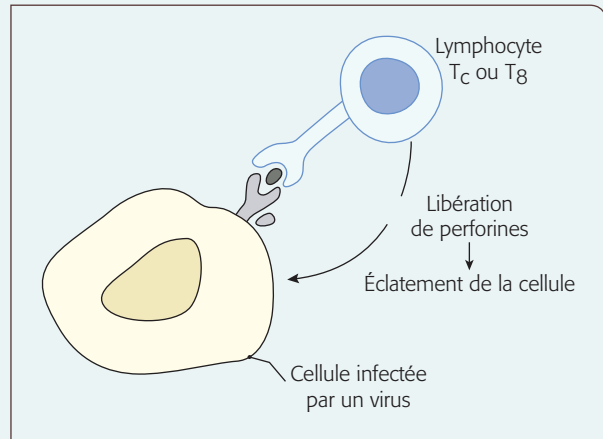


fig. 4 Lyse de la cellule infectée

## Activité 4 La vaccination

- 1 Au cours de l'infection par un virus, on constate que la réponse à médiation cellulaire (RIMC) domine, tandis que lorsque l'agent est une bactérie produisant des toxines, la réponse à médiation humorale (RIMH) devient majoritaire. Expliquer ce phénomène.

Le système immunitaire adapte sa réponse à l'agent pathogène en proposant la réponse la plus adaptée.

En effet, la RIMC est plus adaptée aux infections intracellulaires, tuant les cellules infectées,

alors que la RIMH est plus adaptée aux toxines présentes dans le compartiment extracellulaire.

- 2 À partir de la vidéo proposée (<http://tinyurl.com/zadfovu>), expliquer le principe de la vaccination en complétant le texte ci-après.

L'antigène vaccinal correspond à un fragment d'un pathogène, d'un pathogène tué ou inactivé, voire issu d'une synthèse. Dans tous les cas, l'agent a perdu son pouvoir pathogène mais conserve son caractère immunogène, c'est-à-dire qu'il est capable de provoquer une réponse immunitaire spécifique.

La première injection induit une réponse primaire qui montre une augmentation de la production d'anticorps en 10 à 20 jours. Au cours de cette réponse, le système immunitaire conserve une trace de cette première rencontre sous la forme d'un clone dormant, support de la mémoire immunitaire et d'anticorps circulants. L'organisme est alors immunisé.

Une nouvelle rencontre produit la réponse secondaire au cours de laquelle la production d'anticorps est plus rapide, de plus forte intensité et se maintient plus longtemps.

Les rappels de vaccination permettent de réactiver la mémoire immunitaire et ainsi d'augmenter l'intensité de la réponse, et donc le niveau de protection de l'organisme.

## Je construis mon cours

### Réponse humorale et cellulaire

La réponse humorale se traduit par la sécrétion d'anticorps par les lymphocytes B qui se sont transformés en plasmocytes, cellules de grande taille qui se caractérisent par un réticulum endoplasmique très développé produisant de nombreuses vésicules de sécrétion. Les complexes immuns :

- 1 : assurent la neutralisation de l'antigène.
- 2 : facilitent la phagocytose, on nomme ce phénomène l'opsonisation.
- 3 : activent des substances présentes dans le plasma appelées molécules du complément, qui lysent les antigènes.

La réponse cellulaire est assurée par les lymphocytes T8 et consiste en une destruction des cellules infectées en libérant des molécules lytiques appelées perforines.

Les lymphocytes T4 interagissent avec les CPA (macrophages) et activent les lymphocytes B et T8.

### Le principe de la vaccination

La vaccination consiste à injecter un antigène inactif afin de provoquer la production d'anticorps sans engendrer de maladie. Lors d'un premier contact avec l'antigène, la réaction humorale est qualifiée de primaire. Lors d'un second contact avec l'antigène, la réaction humorale est qualifiée de secondaire. La production d'anticorps est plus rapide et plus importante que lors de la réponse humorale primaire. Elle est assurée par des lymphocytes B « mémoires ». L'intérêt de la vaccination est d'induire une protection plus rapide et plus efficace lors d'une contamination par l'antigène pathogène contre lequel une personne est vaccinée. La vaccination anti-grippale annuelle est recommandée chez les personnes de plus de 65 ans, les femmes enceintes, les enfants en bas âge et chez toutes personnes de santé fragile en raison de la variabilité génétique du virus qui engendre l'apparition de nouvelles souches.

## Je sais dire

Terme	Définition
Cytolyse	Destruction d'une cellule
<u>Vaccination</u>	Moyen de prévention consistant à injecter un antigène pathogène inactif
<u>Réaction humorale</u>	Réponse immunitaire qui se caractérise par la sécrétion d'anticorps spécifiques à un antigène.
Réaction cellulaire	Réponse immunitaire se caractérisant par l'action cytotoxique des lymphocytes T8 contre des cellules infectées.



## Je sais faire le jour du bac

### Conséquences de la drépanocytose sur le système immunitaire

Pour déterminer le rôle des cellules immunitaires dans la production d'anticorps, on réalise les expériences suivantes.

Des cellules immunitaires de souris de même lignée sont prélevées, puis ces souris sont irradiées et thymectomisées.

Certaines de ces cellules immunitaires ainsi qu'un antigène leur sont réinjectés.

La production d'anticorps dirigés spécifiquement contre cet antigène est ensuite mesurée.

Expériences	Cellules injectées aux souris irradiées et thymectomisées, en plus de l'antigène	Production d'anticorps dirigés contre l'antigène
1	Macrophages	Nulle
2	Lymphocytes T auxiliaires ou T4	Nulle
3	Lymphocytes B	Faible
4	Lymphocytes T auxiliaires + macrophages	Nulle
5	Lymphocytes B + macrophages	Faible
6	Lymphocytes T auxiliaires + lymphocytes B	Moyenne
7	Lymphocytes B + macrophages + lymphocytes T auxiliaires	Maximale

Doc. A Résultats des expériences

- 1 Rappeler les conséquences de la thymectomie et de l'irradiation sur l'organisme.

La thymectomie est une ablation du thymus, organe au niveau duquel les lymphocytes T acquièrent leur immunocompétence. L'irradiation détruit les cellules.

- 2 Analyser ces expériences. En déduire quelles sont les cellules productrices d'anticorps.

Les cellules productrices d'anticorps sont les lymphocytes B. Leur production est maximale en présence des macrophages et des lymphocytes T auxiliaires.

- 3 À l'aide des résultats des expériences précédentes, préciser les rôles des différentes cellules immunitaires permettant une production maximale d'anticorps.

Les macrophages présentent des fragments d'antigènes aux lymphocytes T4 afin de les activer. Ceux-ci activent alors les lymphocytes B qui se multiplient à leur tour et se transforment en plasmocytes sécréteurs d'anticorps.

## 24

# Un exemple d'immunodéficience : le sida

- Citer les cellules cibles du virus et décrire les phases de l'infection.
- Interpréter les courbes représentant l'antigénémie, les concentrations en lymphocytes T auxiliaires et en anticorps en fonction de l'évolution de l'infection.
- Relier l'immunodéficience à l'apparition de maladies opportunistes.
- Présenter l'épidémiologie de la maladie.

## Activité 1 Les chiffres du syndrome de l'immunodéficience acquise (sida)

- 1** Relever le nombre de personnes contaminées par le VIH dans le monde et indiquer le territoire le plus touché par la pandémie du sida.

35 millions de personnes sont porteuses du virus dans le monde en 2013. L'Afrique subsaharienne est le continent où la prévalence de la maladie est la plus élevée.

- 2** Estimer le pourcentage de personnes malades ayant accès à un traitement. Analyser votre résultat par rapport à la somme consacrée à la lutte contre le sida.

$(12,9/35) \times 100 = 37 \%$  (valeur arrondie). Seul un pourcentage minoritaire de personnes a accès au traitement malgré la somme allouée à la lutte contre le sida.

- 3** 210 000 enfants nés en Afrique subsaharienne étaient contaminés par le VIH en 2013. Rappeler la voie de contamination probable de ces enfants.

Les enfants nés avec le VIH ont été contaminés par leur mère porteuse du virus. Il s'agit très probablement d'une transmission fœto-maternelle par le sang et/ou durant l'allaitement.

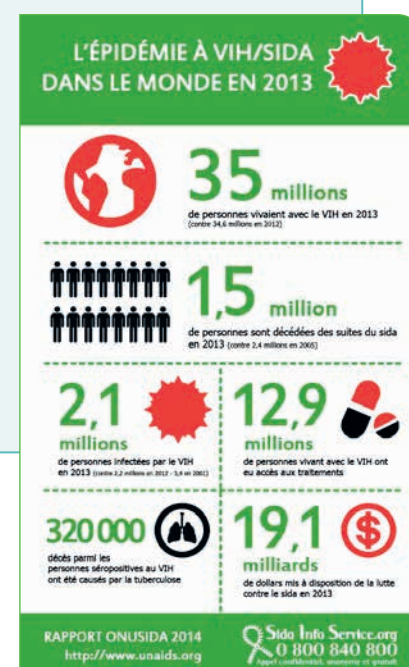
- 4** À partir du doc. 2, relever les principaux facteurs favorisant la propagation du VIH.

Les comportements à risque, le niveau d'éducation bas et le manque de prévention sont les principaux facteurs de propagation du VIH. De plus, les traitements coûtent cher et tout le monde n'y a pas accès, le niveau de pauvreté semble donc un facteur de propagation du VIH.

### Doc. 1 Le sida en 2013

On estime le nombre d'enfants contaminés par le VIH à la naissance à environ 240 000 enfants, parmi lesquels 210 000 vivent en Afrique subsaharienne.

L'Afrique subsaharienne reste la région la plus touchée par le sida (70,6 % des personnes vivant avec le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) dans le monde). Le virus touche particulièrement les femmes, qui représentent 58 % des personnes contaminées dans la région. La tuberculose reste la principale cause de décès parmi les personnes vivant avec le VIH.



- 5** Préciser les conséquences de l'épidémie du VIH en Afrique subsaharienne.

Le sida a des conséquences  
sanitaires : mortalité très  
élevée des adultes dans  
leurs années les plus actives  
sexuellement. L'épidémie  
a aussi des conséquences  
économiques puisqu'elle  
impacte la production  
du fait de la mortalité  
de la main-d'œuvre.

**Doc. 2 Les facteurs favorisant la propagation du VIH et leurs conséquences**

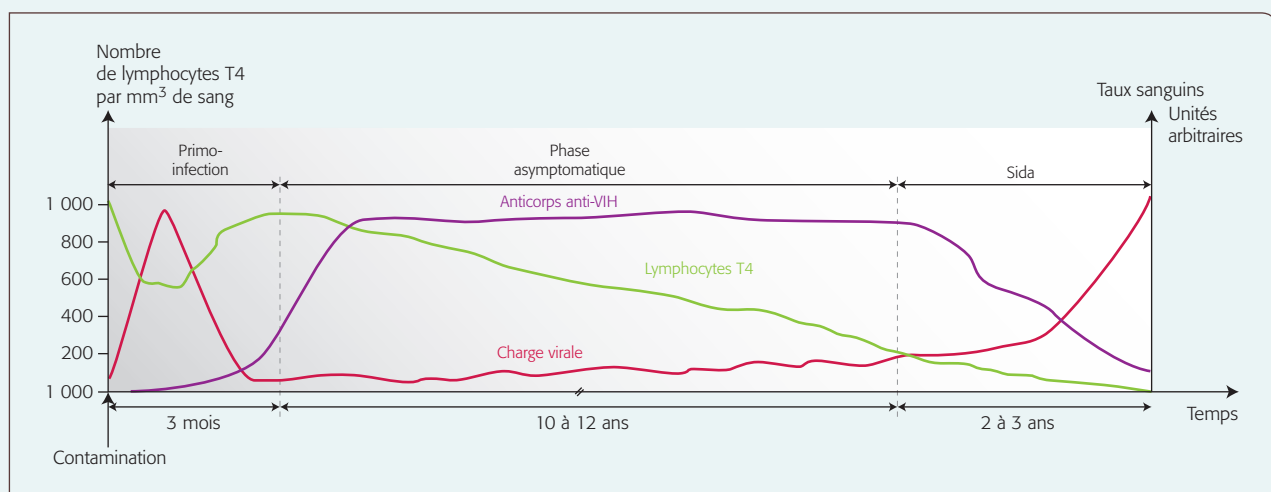
Découvert en 1983, le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) est de nos jours l'un des plus grands meurtriers de la planète et les effets de la maladie ne s'arrêtent pas au domaine médical. [...] Au-delà du secteur sanitaire, ce qui fait la particularité du VIH/SIDA c'est son impact sur le développement. En effet, la maladie affecte les adultes dans leurs années les plus actives sexuellement, qui coïncident avec leurs années les plus productives. Sans le VIH, ces personnes auraient peu de chance de mourir d'une autre cause. Ainsi, le VIH affecte le développement par l'intermédiaire de la main-d'œuvre qui est le facteur clé de production en Afrique. [...] À l'heure actuelle, il n'existe aucun vaccin contre le VIH et les traitements les plus efficaces sont inaccessibles à l'immense majorité des groupes les plus exposés à l'infection pour des raisons socio-économiques (pauvreté, niveau d'éducation bas). Ceci signifie que le seul moyen efficace de lutter contre l'évolution de l'épidémie pour ces pays réside dans la prévention des comportements à risque et l'information des personnes [...].

Chrystelle Tsafack Temah, « Les déterminants de l'épidémie du VIH/SIDA en Afrique subsaharienne », *Revue d'économie du développement*, vol. 17

**Activité 2 Les phases de la maladie**

**Doc. 3 Devenir du VIH dans le corps**

L'infection au VIH est en général diagnostiquée au moyen de tests sanguins détectant la présence ou l'absence d'anticorps spécifiques. Le VIH infecte des cellules du système immunitaire : les lymphocytes T4. Le virus peut rester à l'état latent (c'est-à-dire sans se multiplier) plusieurs années à l'intérieur des lymphocytes. Lorsqu'il s'engage dans son cycle de multiplication, les nouveaux virus quittent la cellule en provoquant sa destruction et vont infecter d'autres lymphocytes T4. Ainsi l'infection se traduit par une détérioration progressive du système immunitaire, qui empêche l'organisme de se défendre correctement contre les maladies. Le terme de sida (syndrome d'immunodéficience acquise) fait référence au stade le plus avancé de l'infection : une chute importante du taux de lymphocytes T4 se traduisant par une lymphopénie et, par voie de conséquence, la survenue de l'une des vingt infections opportunistes ou de l'un des cancers liés au VIH.



**fig. 1 Évolution de la charge virale, du taux de lymphocytes T4 et du taux d'anticorps anti-VIH (en l'absence de traitement)**

On désigne par **charge virale** la quantité de virus présente dans le sang, appelée aussi virémie.

1 Citer les phases (stades) de la maladie induite par le VIH et leur durée moyenne.

Primo-infection (3 mois) ; phase asymptomatique (10 à 12 ans), sida (2 à 3 ans).

2 Analyser la courbe de la charge virale et déduire pour les trois phases de la maladie le devenir du virus dans l'organisme.

Stade de primo-infection : charge virale élevée pendant plusieurs semaines, puis diminution jusqu'à un niveau faible. Le virus est présent dans le sang, puis semble quitter le sang pour probablement infecter des cellules.

Stade asymptomatique : la charge virale reste faible. Le virus reste à l'intérieur des cellules.

Stade sida : réaugmentation de la charge virale. Sortie des nouveaux virus et multiplication du nombre de cellules infectées.

3 À partir de la fig. 1, expliquer pourquoi un test de dépistage des anticorps au bout de 3 mois est plus fiable qu'un dépistage réalisé au bout de quelques jours, voire quelques semaines après la contamination.

La détection est plus fiable quand la quantité d'anticorps est plus élevée, c'est-à-dire après 3 mois.

4 Citer les cellules cibles du VIH et préciser les conséquences sur l'immunité d'une personne infectée au bout de quelques années afin d'expliquer le terme « immunodéficience ».

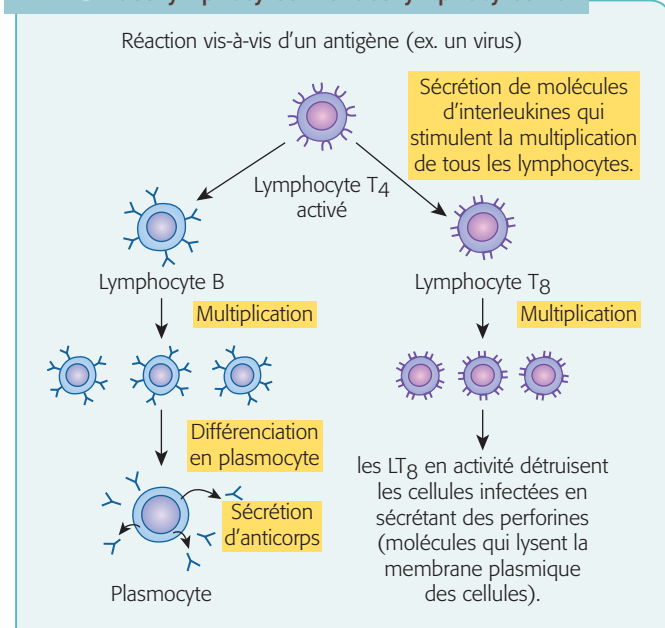
Le VIH infecte les lymphocytes T4 et induit une chute de leur nombre, mais aussi du taux d'anticorps qui constituent des éléments clés du système immunitaire. C'est pourquoi on parle d'immunodéficience.

### Activité 3 Les conséquences d'une infection au VIH

1 Décrire les événements illustrés sur le doc. 4.

Les lymphocytes T4 agissent sur les lymphocytes B et T8 en sécrétant des interleukines. Ces molécules provoquent la multiplication des lymphocytes T8 et des lymphocytes B, lesquels se transforment en plasmocytes qui sécrètent des anticorps, alors que les lymphocytes T8 lysent les cellules infectées en libérant des perforines.

#### Doc. 4 Rôle des lymphocytes T4 dans l'activation des lymphocytes B et des lymphocytes T8





**2** Expliquer l'origine de l'immunodéficience des personnes infectées par le VIH.

Si les lymphocytes T4 sont progressivement détruits par le VIH, les lymphocytes B ne sont plus stimulés pour produire suffisamment d'anticorps. De plus, les lymphocytes T8 cytotoxiques lysent les cellules infectées ; par conséquent, les lymphocytes T4 infectés par le VIH seront aussi la cible de ces lymphocytes cytotoxiques. À long terme, il apparaît une chute de la concentration des lymphocytes T4 et des anticorps et donc une immunodéficience.

**Doc. 5** Exemples de maladies opportunistes les plus fréquentes chez les personnes malades du sida



fig. 2 Radiographie montrant une tuberculose pulmonaire causée par la bactérie *Mycobacterium tuberculosis*

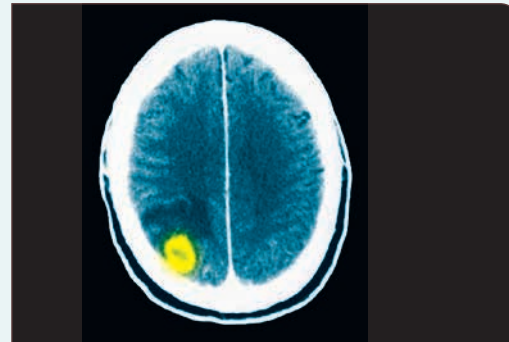


fig. 3 Scanner montrant une toxoplasmose cérébrale due à un parasite



fig. 4 Sarcome de Kaposi (cancer de la peau)



fig. 5 Candidose linguale provoquée par le champignon *Candida albicans*

**3** À partir des figures du doc. 5, expliquer l'expression « maladie opportuniste » en lien avec l'action du VIH sur l'organisme.

Le VIH détruit les lymphocytes T4 et déséquilibre le système immunitaire. Ce dernier est moins performant vis-à-vis de certains agents pathogènes qu'il combat en temps normal. Ces agents ont alors l'opportunité de se développer et de provoquer une maladie.

- 4** Citer les différentes catégories d'agents pathogènes responsables de ces infections opportunistes et indiquer la nature de ces maladies.

Des bactéries, virus, champignons ou parasites  
induisent des maladies de nature infectieuse  
ou des maladies néoplasiques (sarcome...).

- 5** À partir du doc. 6, citer la maladie opportuniste liée au sida ayant causé le plus décès en 2013.

Il s'agit de la tuberculose.

**Doc. 6** Le VIH, principal facteur de risque de survenue d'une tuberculose évolutive

En 2013, plus de 360 000 personnes vivant avec le VIH sont décédées des suites d'une tuberculose. Cela représente à peu près un quart du million et demi de décès dus au VIH cette année-là. La majorité des personnes atteintes d'une infection à VIH et de la tuberculose habitent en Afrique subsaharienne (environ 78 % des cas enregistrés dans le monde).

(source : www.oms.fr)

## Activité 4 La prise en charge des personnes séropositives

- 1** Indiquer la nature du traitement anti-VIH et l'effet des médicaments utilisés.

Le traitement consiste en la prise de plusieurs antirétroviraux. Ces médicaments bloquent la multiplication du virus.

- 2** Indiquer le stade de la maladie auquel on espère maintenir le patient soumis à ce traitement.

On espère maintenir le patient en phase asymptomatique.

**Doc. 7** Les antirétroviraux

Il n'existe pas de moyen de guérir le sida et le VIH reste l'agent infectieux le plus meurtrier dans le monde. En revanche, les traitements à l'aide de médicaments antirétroviraux empêchent le VIH de se multiplier dans l'organisme et permettent aux patients de continuer à mener une vie productive. On utilise plusieurs médicaments afin de rendre le traitement plus efficace, on parle de polythérapies, mais elles présentent des effets secondaires importants.

Si le virus arrête de se reproduire, les cellules immunitaires peuvent vivre plus longtemps et protéger l'organisme contre les infections. Si, dans un couple, le partenaire séropositif est traité avec des antirétroviraux, le risque de transmission sexuelle au partenaire séronégatif diminue considérablement. Un soutien psychologique et/ou financier peut être également proposé au malade.



**3** Expliquer l'évolution probable de la maladie chez un patient séropositif en l'absence de traitement par antirétroviraux ? *Sans traitement, l'issue est la multiplication du virus, la déficience du système immunitaire et à terme la mort du patient des suites d'une pathologie opportuniste.*

**4** Citer les autres prises en charge des patients séropositifs.  
*En plus de la polythérapie, une prise en charge psychologique, voire financière, peut être proposée.*

**5** À partir des activités 1, 2 et 4, récapitulez les différents niveaux de prévention (primaire, secondaire, tertiaire) vis-à-vis d'une contamination au VIH.

*Prévention primaire : informer, sensibiliser sur les voies de contamination et les moyens de se protéger.*

*Prévention secondaire : dépistage et éventuellement polythérapie, soutien psychologique.*

*Prévention tertiaire : prise en charge des malades, soutien psychologique et financier.*

## Activité 5 Les signes cliniques de la maladie

### Doc. 8 Cas clinique

Monsieur P. consulte pour une toux persistante accompagnée de **myalgies** et d'**arthralgies** depuis 10 jours. Lors de la consultation, le médecin prend la température et constate que Monsieur P. est **pyrétique**. Sa température est de 39 °C, il présente, à la palpation, des adénomégalies cervicales. Étant donnée l'époque de l'année (mois de novembre), le médecin conclut à un **syndrome grippal**. Toutefois, l'interrogatoire révèle que Monsieur P. a eu de nombreux comportements à risque avec des partenaires multiples ; le médecin lui recommande de réaliser un dépistage du sida dans quelques semaines.

Un mois plus tard, le résultat du test de dépistage au VIH révèle que Monsieur P. est **séropositif**. Le sérum

analysé contient des anticorps spécifiques au VIH. Les symptômes observés quelques semaines plus tôt correspondaient donc à un syndrome pseudogrippal, banal en phase de primo-infection. Pour débiter la prise en charge de son patient, le médecin lui explique l'évolution de la maladie et lui présente ses différentes manifestations possibles : pas de signes mais une possible lymphadénopathie généralisée persistante en phase asymptomatique, adénomégalies généralisées, cachexie, **asthénie**, **anorexie**, diarrhée chronique, candidose buccale, maladies opportunistes au stade de sida déclaré. Monsieur P. est immédiatement adressé au service des maladies infectieuses de l'hôpital pour une prise en charge médicamenteuse à base d'antirétroviraux.

**1** Définir les termes en gras dans le doc. 8. *Myalgies : douleurs musculaires ; arthralgies : douleurs articulaires ; pyrétique : fiévreux ; syndrome grippal : ensemble des symptômes spécifiques de la grippe ; séropositif : se dit d'une personne dont le sérum contient des anticorps spécifiques au VIH ; asthénie : manque de force ou fatigue ; anorexie : perte de l'appétit.*

**2** Relever les signes cliniques possibles de la maladie en fonction du stade de leur apparition et compléter le tableau.

	Primo-infection	Stade asymptomatique	Stade sida déclaré
Signes cliniques	Adénomégalies cervicales Fièvre, arthralgies, myalgies, toux : syndrome pseudogrippal	Pas de symptômes mais possible lymphadénopathie généralisée persistante.	Adénomégalies généralisées, cachexie, asthénie, anorexie, diarrhée chronique, candidose buccale, maladies opportunistes.



## Je construis mon cours

### Les stades de l'infection par le VIH et leurs principales caractéristiques

Paramètres biologiques	Phase de primo-infection	Phase asymptomatique	Phase sida
Virémie ou charge virale	Élevée puis basse	Basse	En augmentation
Taux d'anticorps anti-VIH	Bas puis en augmentation	Élevé	En baisse jusqu'à devenir bas
Nombre de lymphocyte T4	Élevé	En baisse	Bas

Les cellules cibles du VIH sont les cellules possédant le marqueur CD4 de surface, telles que les lymphocytes T4.

### Les signes cliniques de l'infection par le VIH

	Primo-infection par le VIH	Stade asymptomatique	Stade sida déclaré
Signes cliniques	Adénomégalies cervicales, fièvre, arthralgies, myalgies, toux : syndrome pseudogrippal Aphtes, candidose provoquant une dysphagie (plus rarement) Parfois éruption cutanée fugace	Pas de symptômes mais possible lymphadénopathie généralisée persistante	Adénomégalies généralisées, cachexie, asthénie, anorexie, diarrhée chronique, candidose buccale, maladies opportunistes

## Je sais dire

Terme	Racine	Définition
Asymptomatique	<i>a</i> = absence	Sans symptômes
Endémie	<i>en</i> = à l'intérieur ; <i>demos</i> = peuple	Maladie présente en permanence dans une région
Immunodéficience	<i>immuno</i> = immunité	Affaiblissement du système immunitaire
Leucopénie/ lymphopénie	<i>leuco</i> = blanc ; <i>lympho</i> = lymphocyte ; <i>pénie</i> = peu	Diminution du nombre de leucocytes/lymphocytes
Mycose	<i>myco</i> = champignon ; -ose = état, maladie non inflammatoire	Maladie provoquée par un champignon Exemple : candidose
Nosocomiale	<i>noso</i> = maladie ; <i>komein</i> = soigner	Ajectif relatif à une maladie contractée à l'hôpital
Pandémie	<i>pan</i> = tous ; <i>demos</i> = peuple	Maladie qui touche la population mondiale
Virémie	<i>viro</i> = virus ; <i>émie</i> = sang	Quantité de virus dans le sang



## Je sais faire le jour du bac

### ► Le VIH et le sida

1 Expliciter les acronymes VIH et sida.

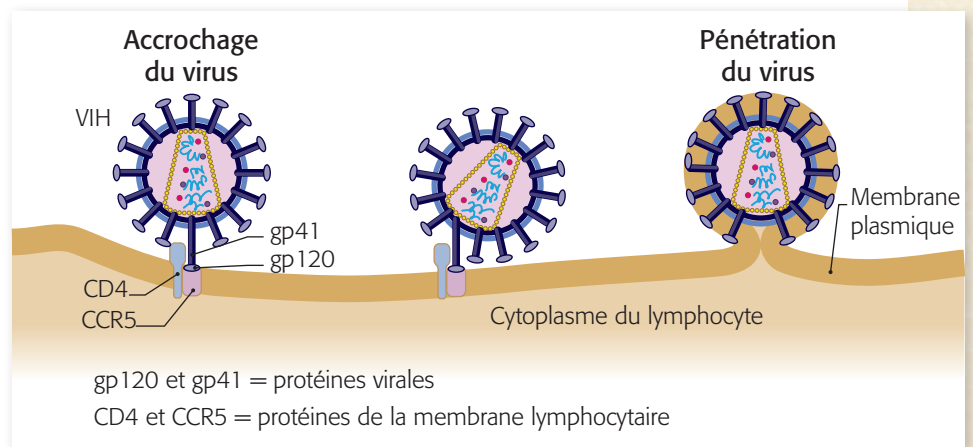
VIH : virus de l'immunodéficience humaine ; sida : syndrome de l'immunodéficience acquise.

2 Citer trois modes de contamination par le VIH et les moyens de prévention correspondants.

Voie sexuelle, voie sanguine, allaitement. Préservatif, usage de seringue stérile, usage d'antirétroviraux.

3 À partir du doc. A, expliquer en quoi le VIH est un parasite obligatoire et citer les cellules cibles du virus.

Le VIH est un parasite obligatoire car il est obligé d'infecter les cellules humaines pour se reproduire. Ses cellules cibles sont le marqueur CD4 et CCR5 des lymphocytes T4.



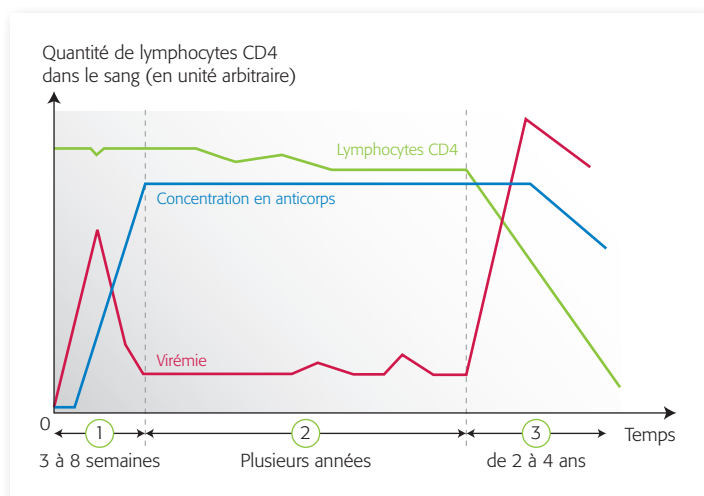
Doc. A Schéma de la pénétration du VIH dans une cellule cible

4 Nommer les trois stades de la maladie à partir du doc. B.

Phase de primo-infection (durée : trois mois) ; phase asymptomatique (durée 10 à 12 ans voire plus) ; stade sida (durée : 2 à 4 ans).

5 À l'aide du doc. B, expliquer l'origine de la baisse de la concentration en anticorps et en lymphocytes T4 constatée chez les personnes infectées et indiquer les conséquences sur la santé du patient de cet état.

La baisse constatée est due à l'infection des lymphocytes LT4 par le VIH. Les lymphocytes T4 sont tués par le VIH. Les lymphocytes B activés normalement par les lymphocytes T4 pour produire des anticorps ne le seront plus, d'où une chute du taux des anticorps. Cette immunodéficience facilite l'apparition de maladies opportunistes.



Doc. B Évolution des paramètres biologiques chez une personne infectée par le VIH

# Je m'entraîne pour le bac

## Le tabagisme et ses conséquences

Les cancers de l'appareil respiratoire (trachée, bronches, poumons) constituent la première cause de décès par cancer chez l'homme et la deuxième chez la femme. Le tabagisme est le premier facteur de risque, responsable de 81 % des décès par cancer pulmonaire (d'après l'Institut national de veille sanitaire).

On se propose d'étudier le cas de M. X, 55 ans, fumeur depuis l'âge de 15 ans et qui présente des difficultés respiratoires depuis un an. Afin d'orienter le diagnostic, son médecin traitant lui prescrit une radiographie pulmonaire qui révèle une opacité au niveau du poumon gauche. Au vu de ce résultat, un pneumologue consulté décide de faire une série d'examens complémentaires (scanographie thoracique, fibroscopie bronchique avec biopsie bronchique) qui confirmeront le diagnostic de cancer bronchique. M. X sait que le traitement peut se faire selon trois modalités : une chimiothérapie anticancéreuse, une pneumectomie et/ou une radiothérapie. Les médecins optent pour la première de ces modalités.

### 1 Terminologie médicale

programme 1<sup>re</sup> 1.1. Définir les termes fibroscopie et biopsie.

programme T<sup>le</sup> 1.2. Définir chimiothérapie et pneumectomie.

### 2 La radiographie

programme 1<sup>re</sup> 2.1. Présenter le principe de cet examen.

programme T<sup>le</sup> 2.2. Citer deux intérêts d'une radiographie pulmonaire.

### 3 L'hémogramme et la greffe d'organe

Au cours de la chimiothérapie de M. X, on effectue des prélèvements sanguins réguliers afin de s'assurer que son organisme tolère le traitement sur le plan hématologique. Le tableau ci-après montre le résultat de l'hémogramme obtenu lors de la dernière numération globulaire de M. X.

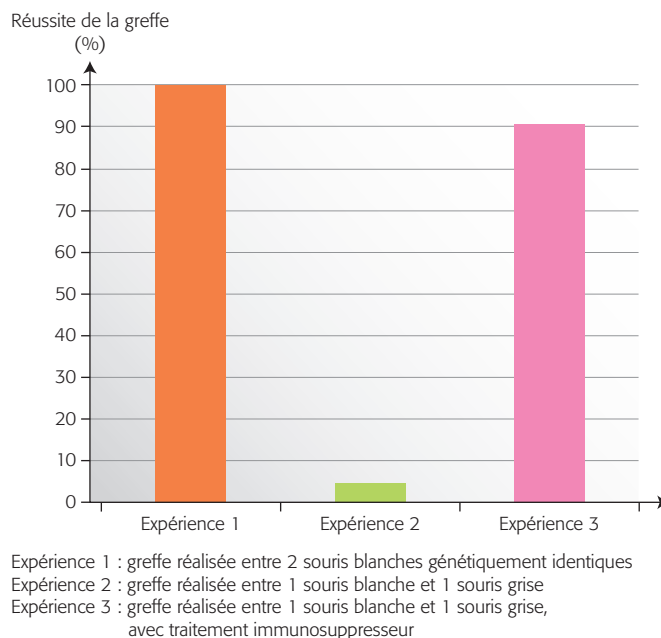
Tableau – Hémogramme de M. X

	Hématies ( $10^{12}$ )	Leucocytes ( $10^9$ )	Plaquettes ( $10^9$ )
Valeurs normales	4,2 à 5,7	4 à 10	150 à 400
Valeurs chez M. X	3,0	1,9	50



**programme 1<sup>re</sup>** 3.1. Commenter le tableau en utilisant les termes médicaux appropriés. Indiquer l'origine des anomalies sanguines observées chez M. X. Donner une conséquence sur l'organisme pour chacune de ces anomalies.

Dans certains cas de pathologies pulmonaires, une greffe de poumon peut être envisagée. Cette greffe est associée à un traitement immunosuppresseur. Des expériences de peau ont été menées sur différents lots de souris pour comprendre les conditions et le mécanisme du rejet de greffe (docs 1 et 2).

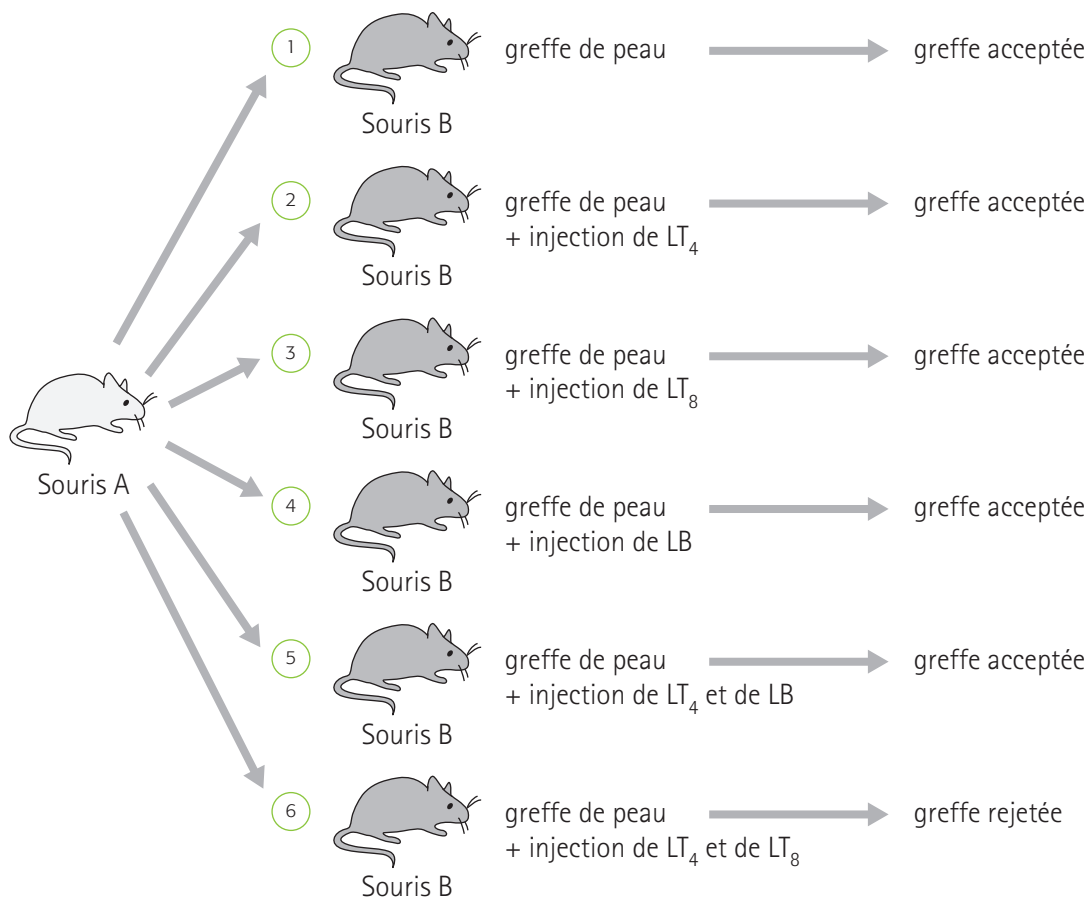


**Doc. 1** Résultats d'expériences d'isogreffe et d'allogreffes

**programme T<sup>le</sup>** 3.2. Analyser le doc. 1 afin de déterminer les conditions nécessaires à la réussite d'une greffe.

**programme T<sup>le</sup>** 3.3. Analyser le doc. 2 et notamment les expériences 5 et 6 pour en déduire le type de réponse immunitaire à l'origine du rejet de la greffe.

On effectue des greffes de peau d'une souris A sur six souris **thymectomisées** de lignée B.



**Doc. 2** Résultats d'expériences d'allogreffes sur des souris thymectomisées



## Crédits photographiques

### Pages

- p. 10 © Biophoto/BSIP  
 p. 10 © BSIP (b)  
 p. 11 © BSIP (h) ; © Inserm (b)  
 p. 12 © BSIP  
 p. 15 © Collection Leemage  
 p. 19 © BSIP  
 p. 21 © Library of Congress/Rue des Archives (m)  
 p. 21 © Cacchia/BSIP (b)  
 p. 23 © Living Art Entreprises/BSIP (m) ; BSIP/Ingram (bg) ; Cavallini/BSIP (bd)  
 p. 24 BSIP (h) ; The Advertising Archives/Rue des Archives (b)  
 p. 25 Inserm  
 p. 26 BSIP  
 p. 27 Cavallini/BSIP (hg et hd) ; BSIP  
 p. 30 © SOVEREIGN - ISM  
 p. 31 AKG-IMAGES (h) ; SPL/COSMOS (b)  
 p. 33 Brian Evans/BSIP  
 p. 37 FRAUD/BSIP(h) ; Amandine Wanert/BSIP  
 p. 39 Henri Picquot  
 p. 40 Amandine Wanert/BSIP  
 p. 42 BSIP  
 p. 43 BSIP  
 p. 45 SPL/COSMOS  
 p. 51 Saulo Bambi/Museo di Storia Naturale/Firenze  
 p. 53 BSIP  
 p. 55 Jacopin/BSIP  
 p. 63 LEEM  
 p. 64 BSIP  
 p. 65 CHSF de Corbeil-Essonnes  
 p. 66 BSIP (h et b)  
 p. 68 BSIP  
 p. 70 BSIP  
 p. 71 A. Barrington Brown/SPL/Cosmos  
 p. 72 Auteur(h) ; BSIP (m)  
 p. 74 © Ed Reschke/BSIP  
 p. 75 © SOVEREIGN - ISM  
 p. 81 © Collection ChristopheL  
 p. 82 © BSIP  
 p. 83 © Service de cytogénétique/CHU Morvan-Brest  
 p. 85 © ISM (g) ; BSIP (d)  
 p. 89 © Collection ChristopheL  
 p. 93 © Wikimedia Commons  
 p. 98 © G. Kaplan/Rockefeller University  
 p. 103 © BSIP (h et b)  
 p. 108 © Phovoir (g) ; Matton (m) ; BSIP (d)  
 p. 111 © Michael Binder/Durham University/Dr Edwin P. Ewing/CDC(h)  
 p. 111 © Phototake/BSIP (m)  
 p. 113 © SPL  
 p. 114 © Mendil/BSIP (g) ; Neil Borden/BSIP (d)  
 p. 115 © BSIP  
 p. 116 © Matton (h) ; BSIP  
 p. 120 © BSIP  
 p. 126 © BSIP  
 p. 128 © Wellcome Photo Lib./BSIP (g) ; BSIP (d)  
 p. 129 © AKG-IMAGES  
 p. 137 © SPL/BSIP  
 p. 138 © CNRI/SPL/COSMOS  
 p. 139 © Chassenet/BSIP  
 p. 140 © BSIP  
 p. 142 © BSIP  
 p. 144 © SOVEREIGN - ISM  
 p. 148 © SPL/COSMOS  
 p. 150 © Phototake/Pasteur/BSIP (a) ; Deloche/BSIP (b) ; Phototake/Kundel/BSIP (c) ; Phototake/Kundel/BSIP (d) ; Alfred Pasieka/SPL/Cosmos (e) ; Phototake/Camazine/BSIP (f) ; Girand/GJM/BSIP (g) ; Chris Bjornberg/BSIP(h) ; Stem Jems/BSIP(i) ; IMA/BSIP(j)  
 p. 154 Biophoto associates/BSIP  
 p. 156 Phototake/Pasteur/BSIP  
 p. 158 Biophoto associates/BSIP  
 p. 159 Science Source/BSIP  
 p. 164 BSIP  
 p. 165 © BSIP (hg) ; Science Picture Compagny/BSIP (hm) ; DR (hd) ; Jean-Claude Moschetti/REA (bg) ; preventionsida.org (bm) ; BSIP  
 p. 167 BSIP (h g, m et d) ; Matton (bg) ; BSIP (bm et d)  
 p. 184 BSIP (hd) ; Scott Camazine/BSIP (hd) ; Loic Guillevin/Inserm (bas gauche) ; Dr Zara (bd)  
 p. 185 BSIP



Maquette intérieure : Florian Hue  
Composition et infographies : STDI  
Iconographe : Albert Zugmeyer  
Illustrations : Florence Ollé ; Olivier Prime  
Paris – Avril 2016 – 01 – SB-NF-STM