

TUTORAT SANTÉ STRASBOURG



CAHIER DE REMISE À NIVEAU

PREMIÈRE ET TERMINALE

Sciences de la vie

PRÉAMBULE

Dans ce cahier de remise à niveau, tu trouveras deux parties : une partie sur les notions enseignées en première et une partie sur les notions de terminale. Chaque cours est composé de vidéos explicatives, d'un texte explicatif ainsi que d'exercices corrigés (*réalisés par tes tuteurs.trices*) qui te permettront de t'exercer et de voir si tu as compris les notions abordées dans le cours.

N'oublie pas que si tu ne comprends pas directement certaines notions c'est normal : c'est en s'entraînant que tout deviendra plus clair.

Nous espérons que ce cahier te sera utile. Bon courage !

L'équipe du tutorat 🌸



SOMMAIRE

PREMIÈRE.....	4
Division cellulaire des eucaryotes.....	5
Partie 1 : le génome.....	5
Partie 2 : cycle cellulaire et mitose.....	8
Partie 3 : réplication de l'ADN.....	11
Partie 4 : la méiose.....	15
Accidents génétiques de la méiose.....	20
Enzymes et protéines.....	25
TERMINALE.....	29
Le brassage génétique de l'ADN.....	30
Métabolisme.....	35
Cellules musculaires.....	36
Contrôle des flux de glucose.....	39
Système nerveux et réflexe myotatique.....	41





SCIENCES DE LA VIE

REMISE À NIVEAU

PREMIÈRE



DIVISION CELLULAIRE DES EUCARYOTES

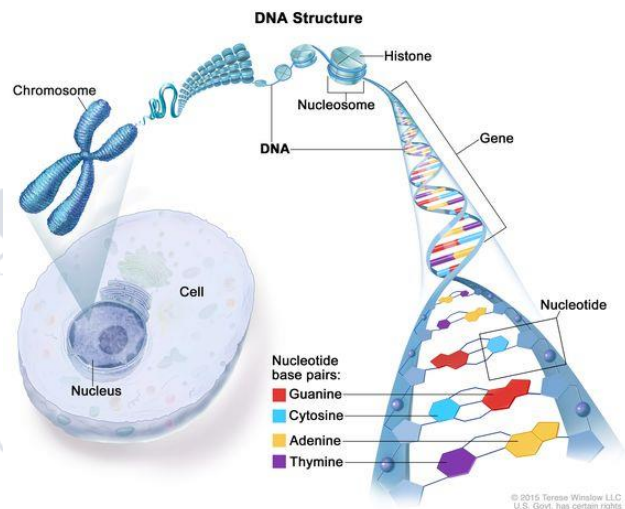
Partie 1 : le génome

I. Introduction

L'humain est composé d'un ensemble de **cellules**, qui sont organisées en **tissus** et en **organes** et qui forment ainsi notre organisme à proprement parlé.

Ces cellules possèdent **toutes** une **même information** génétique, **héritée** de nos parents : la moitié de notre génome provient du génome maternel et l'autre moitié du génome paternel.

L'information est présente en **2 exemplaires** (= génome diploïde) dans le noyau de la cellule sous forme **d'ADN** (ou acide désoxyribonucléique).

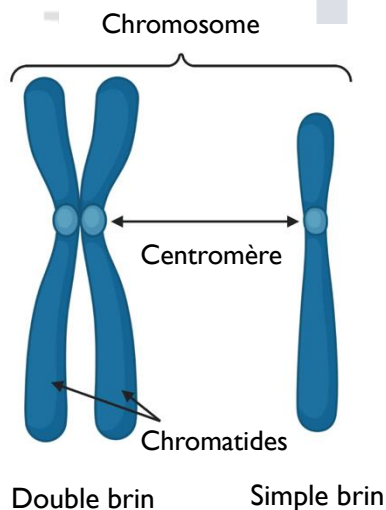


Source : [National Cancer Institute](http://NationalCancerInstitute.com) ©

II. Les chromosomes

5. Définition : https://www.youtube.com/watch?v=kK7ebn_6jk0

L'**ADN** contenu dans le noyau de nos cellules est divisé en portions, qu'on appelle **chromosome**.



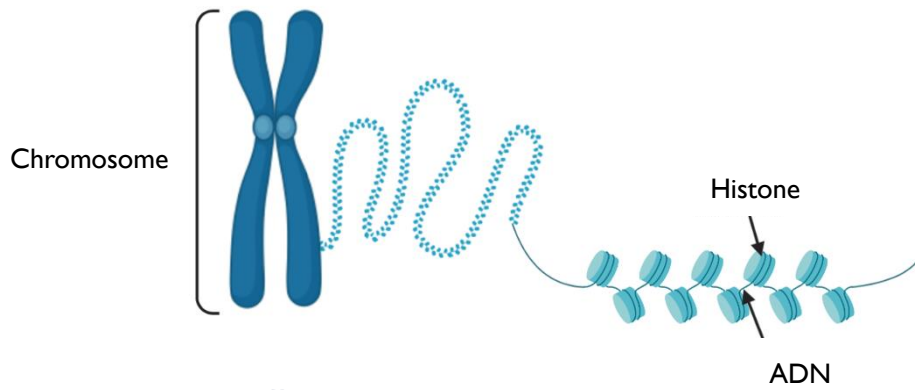
Réalisé sur Biorender.com

Chez l'être humain, il y a 23 paires de chromosomes (46 chromosomes) dans chaque cellule somatique (qui sont les cellules composant notre corps, à l'opposé des cellules germinales qui sont à l'origine des gamètes) dont :

Chacun des chromosomes possèdent **2 chromatides** (= 2 brins). Ils sont le support des **gènes** qui contiennent l'information génétique et qui permettent la transmission des caractères héréditaires.

Chaque chromosome est segmenté en de nombreux **gènes** (dont le nombre total est encore inconnu) : ce sont des « unités » d'information génétique qui sont nécessaire à la formation d'un brin d'ARN (= Acide RiboNucléique) codant pour une protéine (→ transcription).

Les chromosomes peuvent se trouver dans différents états de condensation grâce à la présence de protéines appelées **histones**. Ces protéines permettent d'enrouler l'ADN sous forme de chromosome et de le compacter. L'ADN est sous cette forme uniquement lors des **divisions cellulaires** (= mitose, méiose). Autrement, il est déroulé : cela va permettre la mise en place de différents processus lors de l'interphase (réplication, transcription etc.).



Réalisé sur Biorender.com

6. Les différents états de l'ADN

On peut schématiser les différents états que peuvent prendre les chromosomes dans le tableau ci-dessous.

État	Simple (= Haploïdie)	Double (= Diploïdie)
Décondensé : pendant l'interphase		
Condensé : pendant la mitose		

Schémas réalisés sur Biorender.com

L'être humain possède **23 paires** de chromosomes dans les cellules **diploïdes** (2n) dont **22 paires** d'autosome et **une paire** de chromosome sexuel (XX chez la femme et XY chez l'homme). La **diploïdie** permet de doubler les informations contenues dans l'ADN, elle évite la perte d'information et permet la compensation et la réparation en cas de dommage.



Pourquoi avoir différents états d'ADN ?

L'état **décondensé** permet la lecture de l'ADN par des complexes protéiques : on va pouvoir transcrire l'ADN en ARN et l'ARN sera traduit en protéines. L'ADN peut être **exprimé**.

L'état **condensé** empêche l'accès de l'ADN aux complexes protéiques : on ne pourra pas transcrire l'ADN et on ne produira donc pas de protéine. L'ADN n'est **pas exprimé**.

7. Chromosomes et cellules

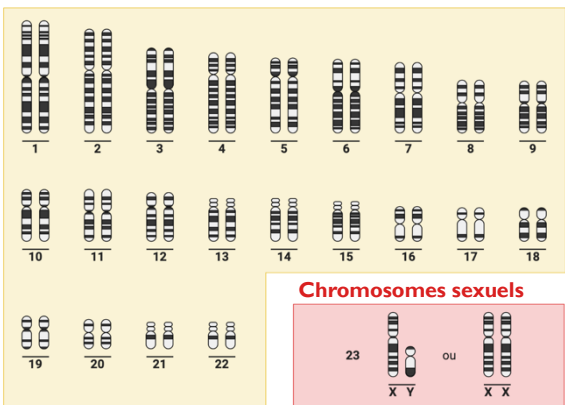
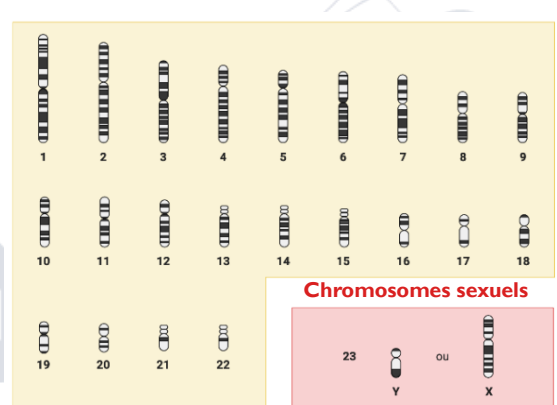
Dans le corps humain, il existe différents types de cellules :

Les cellules **somatiques** : cellules qui composent le corps et qui ne sont pas impliquées dans la production des gamètes (ovules ou spermatozoïdes).

→ Elles se divisent par **mitose**.

Les cellules germinales : cellules qui peuvent produire des gamètes (ovules ou spermatozoïdes)

→ Elles se divisent par **méiose**.

Cellule somatique	Cellule germinale
<p>Diploïde (2n) $2 \times 23 = 46$ chromosomes (23 paires de chromosomes)</p>	<p>Haploïde (n) 1×23 chromosomes (23 chromosomes de chromosomes)</p>
<p>Caryotype diploïde</p> <p>Autosomes</p>  <p>Chromosomes sexuels</p> <p>23 X Y ou X X</p>	<p>Caryotype haploïde</p> <p>Autosomes</p>  <p>Chromosomes sexuels</p> <p>23 Y ou X</p>

Caryotypes réalisés sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

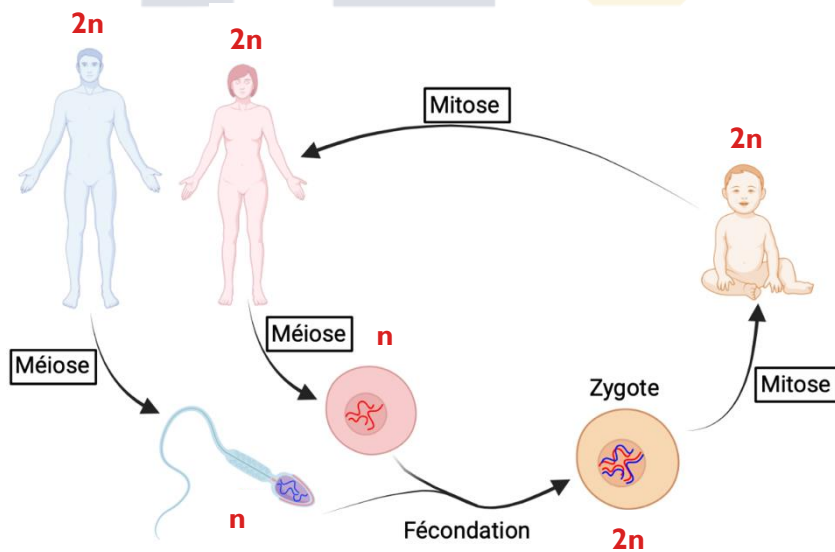


Schéma réalisé sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

Partie 2 : cycle cellulaire et mitose

I. Le cycle cellulaire

I. Différentes phases

Le cycle cellulaire est composé de 2 grandes phases :

- La **mitose** : c'est la phase de division cellulaire
- L'**interphase** : c'est la phase de croissance cellulaire et de réplication de l'ADN

Ces 2 grandes phases sont elles-mêmes sous-divisées en plusieurs phases : (phases décrites ultérieurement dans le cours)

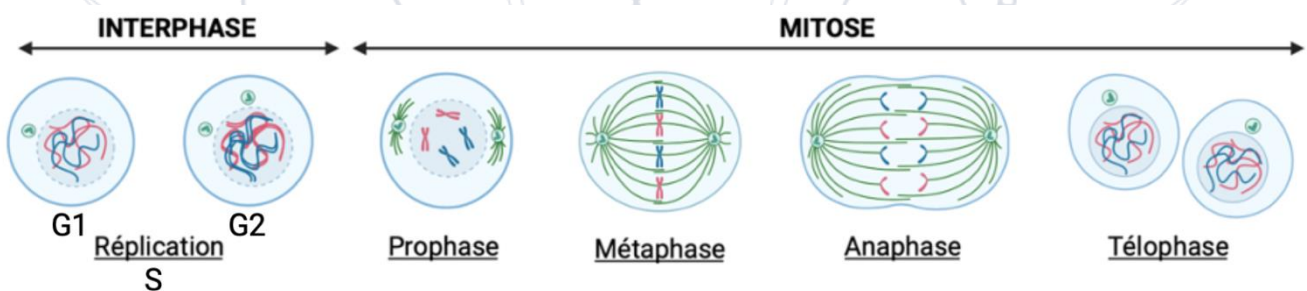


Schéma réalisé sur Biorender.com

La **phase G0** correspond à la **vie de la cellule**, on dit alors que la cellule est **quiescente**. Cette phase peut être **semi-permanente** comme dans les cellules du foie, du rein et de l'estomac qui vont pouvoir se diviser à nouveau en recommençant le cycle en phase G1. Mais elle peut aussi **durer indéfiniment** comme dans les neurones ou les hématies qui ne vont plus se diviser. C'est le moment où la cellule va **réaliser ses fonctions primaires**.

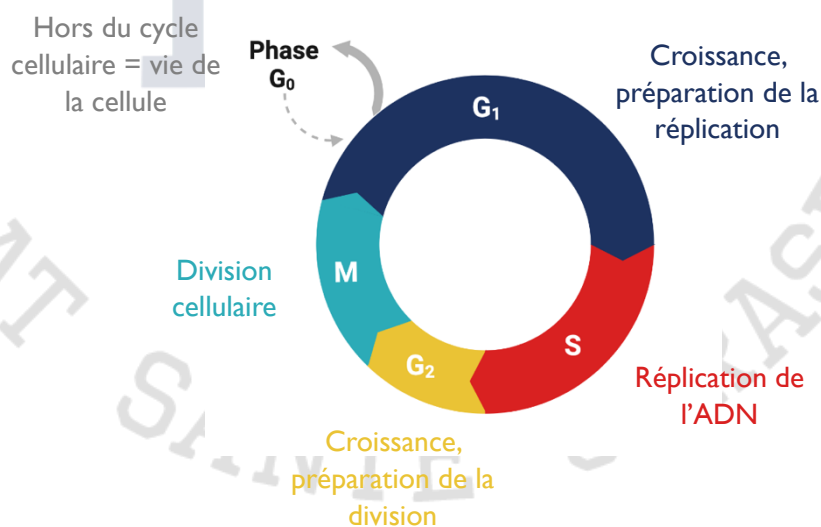


Schéma réalisé sur Biorender.com

2. Quantité d'ADN au cours du cycle cellulaire

La quantité d'ADN au cours du cycle cellulaire varie :

- **Phase G1** : la cellule sort de mitose et vient de se diviser. Sa quantité d'ADN a donc été divisée par 2 lors de la mitose et il ne reste plus que n ADN.
- **Phase S** : la cellule réplique son ADN et double la quantité d'ADN qui passe de n à $2n$.
- **Phase G2** : phase de croissance, la quantité d'ADN n'est pas modifiée.

- **Phase M** : phase de division où la cellule (dont son noyau) se divise en 2 cellules filles. La quantité d'ADN est également divisée par 2, c'est pourquoi on revient à n ADN.

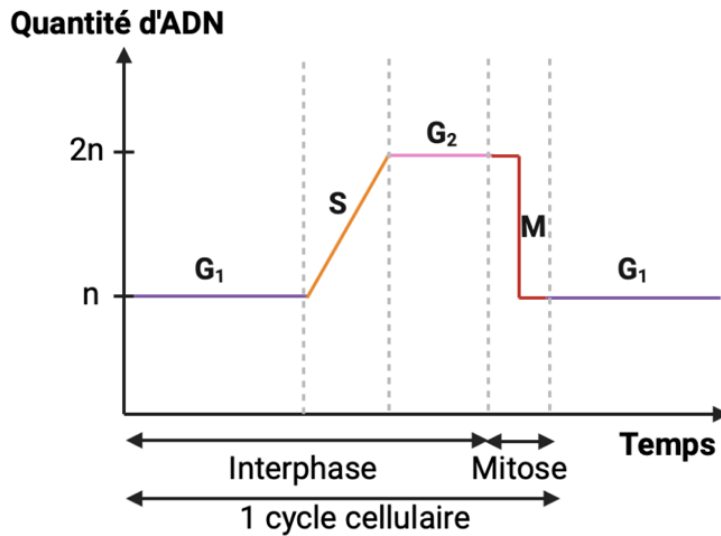


Schéma réalisé sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

☺ Ce schéma est très important ! Essayez de le comprendre et de l'avoir en tête un maximum ☺

3. L'interphase: https://www.youtube.com/watch?v=VXLSTd_dIKg&t=1s

C'est la période qui se situe **entre 2 mitoses**. Elle comprend les phases G1, S et G2.

Phases G1 et G2 : ce sont des phases de croissance où la cellule synthétise tous les composants nécessaires à sa division.

- G1 permet de préparer la cellule à répliquer son ADN
- G2 permet de préparer la cellule à entrer en mitose

Phase S : c'est la phase de réplication de l'ADN. Elle est nécessaire à la mitose comme à la méiose car elle permet de **doubler la quantité d'ADN** dans la cellule afin que cette dernière se divise.

→ On passe d'un ADN **simple brin** (n) à un ADN **double brin** (2n)

4. Les modèles de réplication de l'ADN : <https://www.youtube.com/watch?v=qOvLCs0qNCO>

Plusieurs modèles de réplication ont été explorés mais l'expérience de Meselson et Stahl a permis de démontrer la pertinence de la **réplication semi-conservative**.

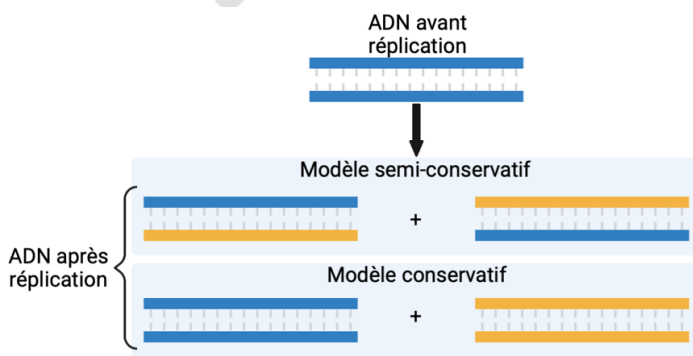


Schéma réalisé sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

Semi-conservative : chaque brin de la molécule d'origine sert de matrice pour la fabrication d'un nouveau brin.

Conservative : la molécule originale à 2 brins est entièrement conservée et une 2^{ème} molécule à 2 brins est intégralement reconstruites.

5. La mitose : https://www.youtube.com/watch?v=bM2UCwVz_dc

a. Définition

Division de la cellule « mère » en deux cellules « filles ».

→ Elle est précédée par la duplication de tous les éléments de la cellule mère.

b. Buts

Elle permet la **croissance** et la **régénération** des tissus cellulaires. Les mitoses sont essentielles à la survie du corps.

Par exemple, nous produisons 3 millions de globules rouges par seconde et ces derniers sont produits à partir de cellules souches sanguines qui se divisent plusieurs fois !

c. Différentes phases

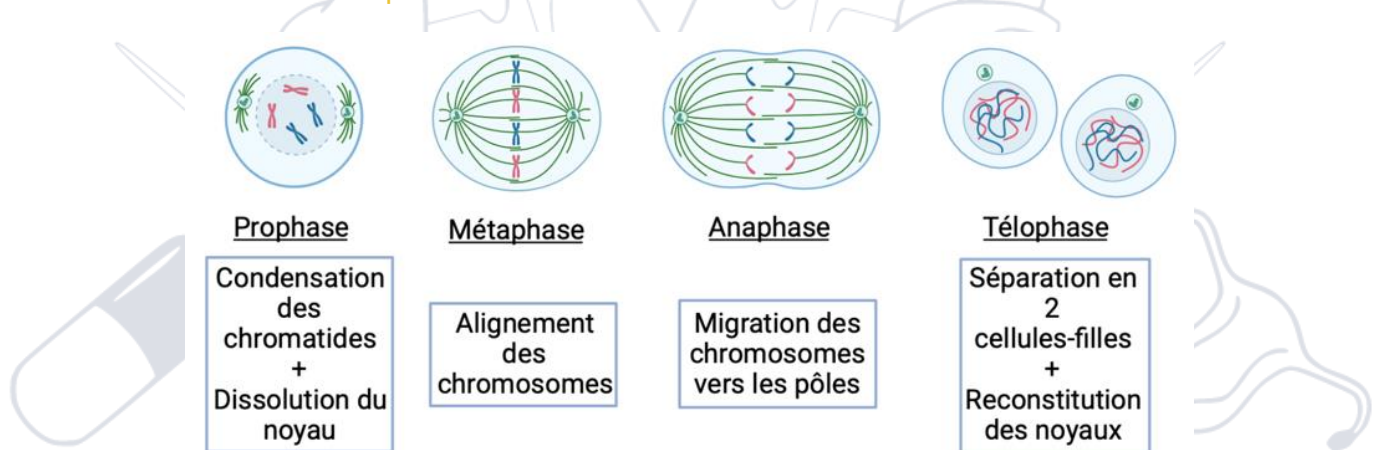


Schéma réalisé sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

1^{er} phase - la prophase :

- Condensation des chromosomes : l'ADN se condense en s'enroulant comme une pelote de laine. Cela induit l'arrêt de la transcription de l'ADN et la formation des chromosomes sous la forme de « X ».
- Dissolution du noyau : l'enveloppe nucléaire se fragmente et induit la dispersion du matériel génétique (des chromosomes) dans tout le volume de la cellule

2^{ème} phase – la métaphase : les chromosomes s'alignent sur la plaque équatoriale de la cellule (zone de la cellule située à mi-chemin entre ses 2 pôles). Le plan équatorial est défini par l'alignement des centromères de chaque chromosome.

3^{ème} phase – l'anaphase : sous l'action d'enzyme, les deux chromatides de chaque chromosome se séparent (le centromère se « casse ») et chacune migre vers un pôle cellulaire opposé. Cette migration est permise par des protéines présentes dans le cytoplasme de la cellule qui forment des filaments. On a donc la séparation du matériel génétique de manière équitable à chaque pôle de la cellule.

4^{ème} phase – la télophase :

- La cellule se scinde en deux (on appelle ça la cytokinèse) de manière à former 2 cellules filles ayant chacune la moitié de la quantité d'ADN de la cellule mère.
- L'ADN se décondense.
- Les noyaux se reforment autour de l'ADN.

Partie 3 : Réplication de l'ADN

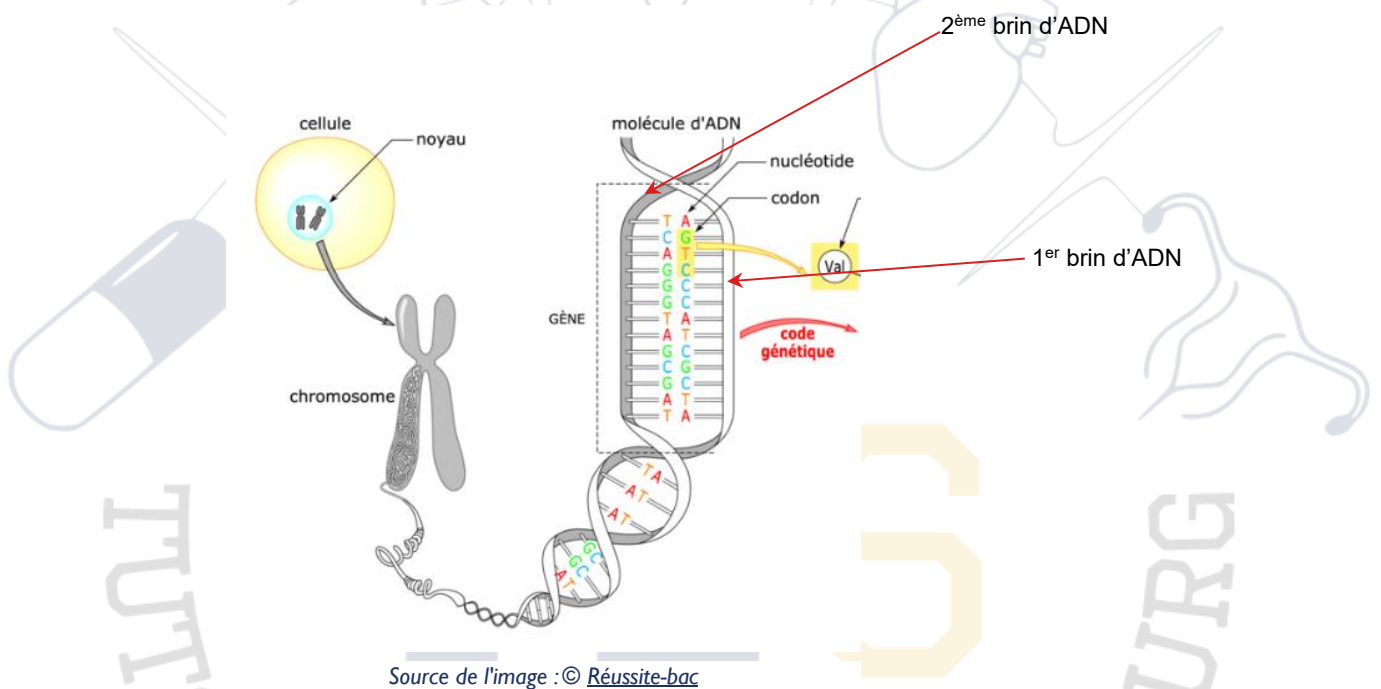
La réplication de l'ADN est une étape essentielle du cycle cellulaire : elle permet la **conservation de la quantité d'ADN** en formant deux molécules d'ADN identiques à partir d'une molécule d'ADN mère, pour permettre leur distribution égale aux deux cellules filles pendant la **mitose**.

I. La réplication : un modèle semi conservatif

1. L'ADN (Rappel)

L'ADN (=Acide Désoxyribonucléique) est le support de l'information génétique. C'est une molécule constituée de deux brins, chacun constitué d'un enchaînement de **nucléotides** formés de **bases**, enroulés en double hélice.

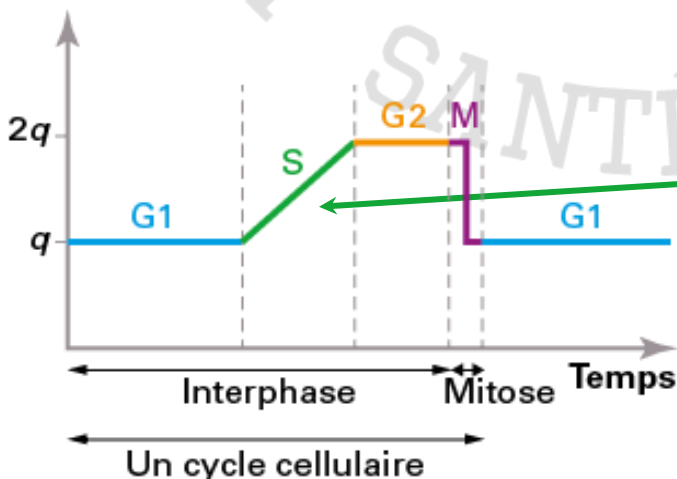
Il existe **4 bases azotées** différentes : **Adénine, Cytosine, Guanine, et Thymine**.



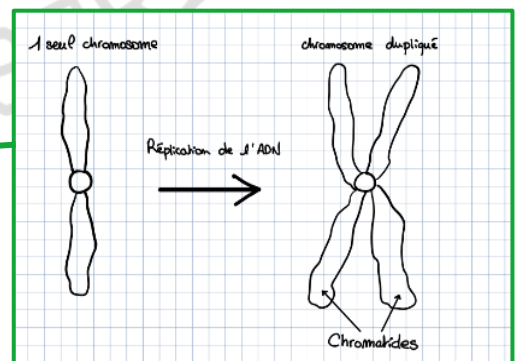
2. Le cycle cellulaire

Le cycle cellulaire est constitué de 2 étapes : la **mitose** et l'**interphase**. L'interphase comprend 3 phases : G1, S, G2. C'est au cours de ce cycle que la quantité d'ADN varie et change de forme.

Quantité d'ADN dans la cellule



Source de l'image : © Annabac

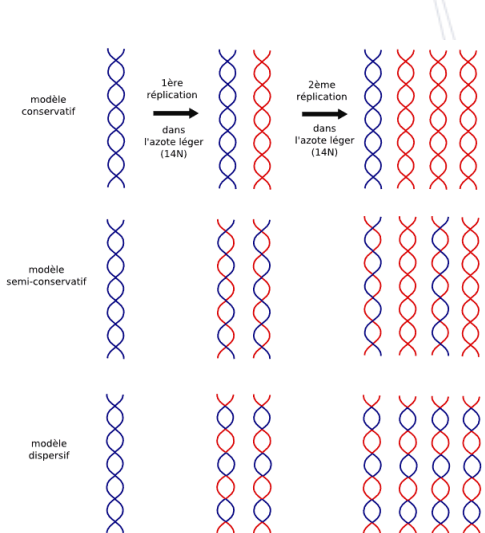


La **réplication** de l'ADN, aussi appelée **duplication**, s'effectue durant cette **phase S**. En effet, c'est durant cette phase que l'on passe d'un chromosome condensé à une chromatide vers un chromosome à 2 chromatides.

NB : N'hésitez pas à revoir la partie 3 sur le cycle cellulaire pour une meilleure compréhension

3. **Expérience de Meselson et Stahl (1948)** : <https://www.youtube.com/watch?v=LTUONxUOK88> et <https://www.youtube.com/watch?v=wBDaLQNwEhU>

L'expérience de Meselson et Stahl cherche à savoir sous quel modèle l'ADN se réplique. Il existe 3 modèles de réplication différents : le **modèle conservatif**, **semi-conservatif** et **dispersif**.



Le modèle conservatif : Modèle à partir duquel une molécule d'ADN bicaténaire "mère" sera à l'origine d'une **nouvelle molécule d'ADN bicaténaire totalement néoformée**.

Le modèle semi-conservatif : Chacun des deux brins de la molécule d'ADN bicaténaire mère sert de matrice pour la formation d'un nouveau brin complémentaire. **Chaque nouvelle molécule "fille" ne conserve donc que la moitié de la molécule "mère"**.

Le modèle dispersif : Aucun brin ne reste intact, **les nouveaux brins sont constitués à la fois d'ADN de la molécule mère et d'ADN néoformé**.

Source de l'image : © SVT-biologie-première

Expérience (appuyez-vous sur le schéma pour mieux comprendre)

Au cours de cette expérience, les scientifiques vont tout d'abord placer des bactéries dans de l'azote lourd ^{15}N pour que leurs ADN puissent se répliquer et ainsi incorporer l'azote, une base majeure de leurs structures (retrouvée dans les bases notamment). Une fois l'azote incorporé, ces molécules d'ADN vont être placées dans de l'azote léger ^{14}N et répliquées une première fois.

A la fin de cette première répllication, nous obtenons des molécules "**d'ADN hybrides**" qui contiennent toutes à la fois de l'azote ^{15}N et ^{14}N .

Ainsi nous pouvons **exclure le modèle conservatif** : pour que ce modèle soit validé, on aurait dû retrouver des molécules d'ADN comportant uniquement de l'azote lourd, et d'autres comportant uniquement de l'azote léger, mais pas d'hybrides comme cela a été le cas

A la suite de cette expérience, les cellules cultivées en milieu ^{14}N vont subir une deuxième répllication. à partir d'une molécule d'ADN hybride (^{14}N et ^{15}N), nous obtenons alors des molécules composées de **50% d'ADN hybride** (^{14}N et ^{15}N) et de **50% d'ADN léger** (^{14}N).

Nous pouvons conclure que l'ADN se réplique sous un modèle semi-conservatif : une molécule **d'ADN mère hybride** forme des molécules composées à part égale d'ADN hybride (issu du brin mère) et **d'ADN léger, néoformé**. Le modèle dispersif impliquerait que toutes les molécules d'ADN soient composées à 100% d'ADN hybride.

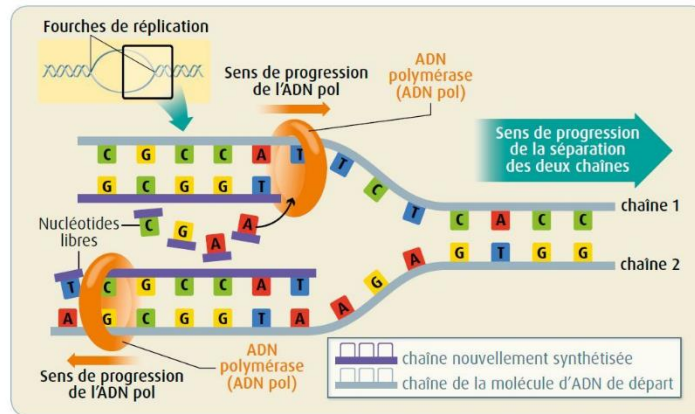
Conclusion : La réplication de l'ADN se fait donc sous un modèle semi conservatif : la molécule d'ADN néoformée contient un **brin ancien** et un **brin nouveau**.

II. Réplication de l'ADN

1. L'ADN polymérase : <https://www.youtube.com/watch?v=oebogqrX5F4>

Vidéo 2 : <https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw&list=PLOZ55MwDaD9WoxSHQvvyOw64pcauGUBJN&index=4>

L'ADN polymérase permettant la formation d'un nouveau brin d'ADN à partir d'un brin matriciel. Cette formation se fait par **complémentarité** nous savons que d'une succession de les uns aux autres par **phosphodiester** au chaîne.



Source de l'image : ©Belin Education/Humensis, 2019 SVT 1^{re} enseignement de spécialité (©Amandine Wanert)

Ces nucléotides ne sont pas disposés au hasard dans l'ADN. En effet, il existe ce que l'on appelle des **paires de bases**.

est une **enzyme** formation d'un (le brin néoformé) à d'ADN dit **matriciel**. fait par **de bases**. En effet, l'ADN est composé **nucléotides** accrochés des **liaisons** sein d'une même sont pas disposés au

Définition : une **paire de base** est l'appariement de deux bases azotées situées sur deux brins complémentaires d'ADN. Cet appariement est réalisé par des liaisons hydrogènes.

Complémentarité de bases :

Brin matriciel	Brin néoformé
A	T
C	G
T	A
G	C

Sur ce schéma, nous pouvons voir une double hélice d'ADN séparée ainsi que 2 ADN polymérases (en orange). Ces ADN polymérases vont positionner en face de chaque nucléotide du brin matriciel son nucléotide complémentaire : ils **forment les brins néoformés** (en violet).

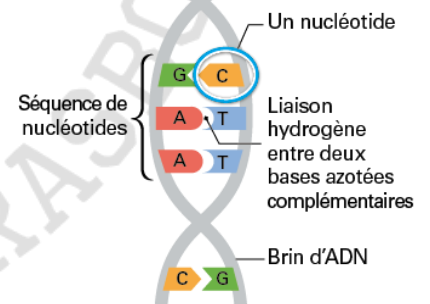


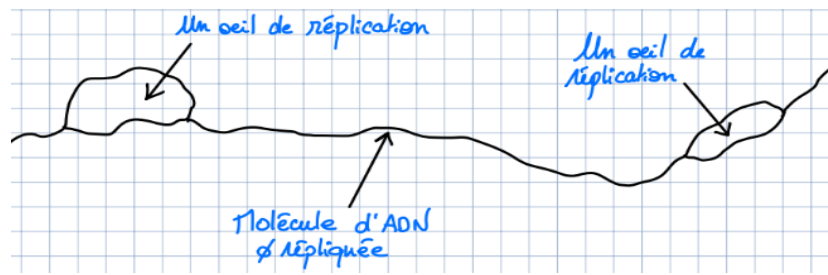
Schéma réalisé sur Biorender.com

NB : Les ADN polymérases sont susceptibles de faire des erreurs lors de la réplication, c'est pourquoi elles possèdent une activité de correction d'erreurs

2. Observation au Microscope électronique (MET)

Cette réplication est visible en MET par la présence de **fourches de réplication** (=œil de réplication). Elles représentent l'ouverture de la double hélice d'ADN indispensable à la réplication. Il existe de multiples fourches de réplication par chromosome, pouvant être ouvertes en même temps, ce qui permet d'augmenter la vitesse de réplication chez l'Homme.

À noter que la réplication de l'intégralité du génome peut durer **plusieurs heures**.



3. La PCR

La PCR (Polymerase Chain Reaction) est une méthode **d'amplification** de l'ADN qui repose sur le phénomène de répllication. En effet, elle utilise :

- des molécules d'ADN
- des amorces (= des fragments d'ADN dont la séquence est connue) nécessaires pour débiter la répllication
- des ADN polymérases responsables de cette amplification.

Cette technique permet ainsi d'obtenir un grand nombre de copies d'une portion d'ADN donnée.

Conclusion :

L'ADN est une molécule dupliquée au cours de la phase S grâce à une enzyme, l'ADN polymérase, permettant ainsi de conserver la quantité d'ADN après une division cellulaire. Cette duplication se fait sous un modèle semi conservatif et repose sur la complémentarité de base des nucléotides.

TUTORAT
T2S
SANTÉ STRASBOURG

Partie 4 : La méiose

1. Définition : <https://www.youtube.com/watch?v=NTWlhj0fjMk>

Double division de la cellule aboutissant à la réduction de moitié du nombre de chromosome et qui se produit au moment de la formation des cellules reproductrices ou gamètes.

- 1^{ère} division méiotique est dite **réductionnelle** : elle permet le passage de **2n** à **n** quantité d'ADN
- 2^{ème} division est dite **équationnelle** : elle conserve une quantité **n** d'ADN, il s'agit juste du passage de chromosomes **double brins** à des chromosomes **simple brins**.

2. Objectifs

La méiose est le processus qui permet la **production de gamètes**. Ces dernières sont des cellules **haploïdes** qui permettent de réaliser la reproduction sexuée.

2 gamètes, un mâle et un femelle, se rencontrent et donnent par fusion un zygote (cellule œuf). C'est à cette occasion que le nombre de chromosome (46 ou 2n) est rétabli.

3. Différentes phases

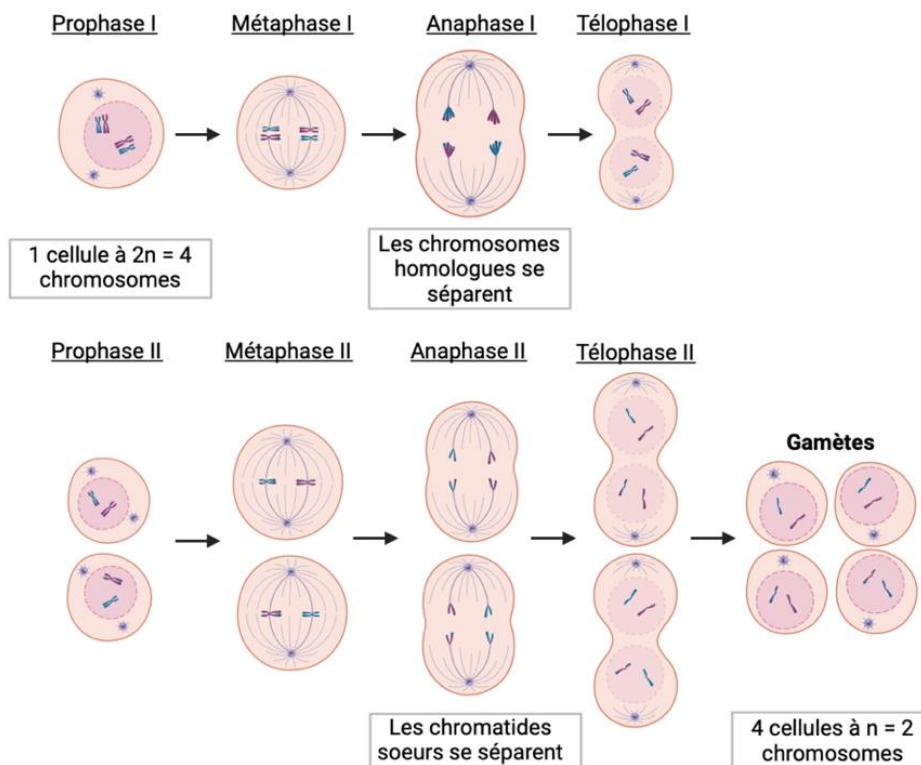


Schéma réalisé sur Biorender.com

La cellule mère de départ possède 4 chromosomes sur ce schéma : c'est un exemple pour simplifier les choses

Ce schéma est à appliquer sur une cellule humaine possédant 46 chromosomes (23 paires) !

a. Division réductionnelle

Elle est composée des mêmes 4 phases qu'une mitose classique à la différence que ce sont les paires de chromosomes homologues qui se séparent lors de l'anaphase et non les chromatides !

Lors de la métaphase I, les chromosomes homologues s'alignent sur la plaque équatoriale de la cellule et, du fait de leur proximité spatiale, peuvent échanger des fragments d'ADN et participer au brassage intrachromosomique qu'on appelle crossing-over.

b. Division équationnelle

Elle est identique à une mitose (cf II.c.4)

4. Quantité d'ADN au cours de la méiose

⚠ La quantité d'ADN dans une cellule en méiose varie différemment par rapport à une cellule en mitose.

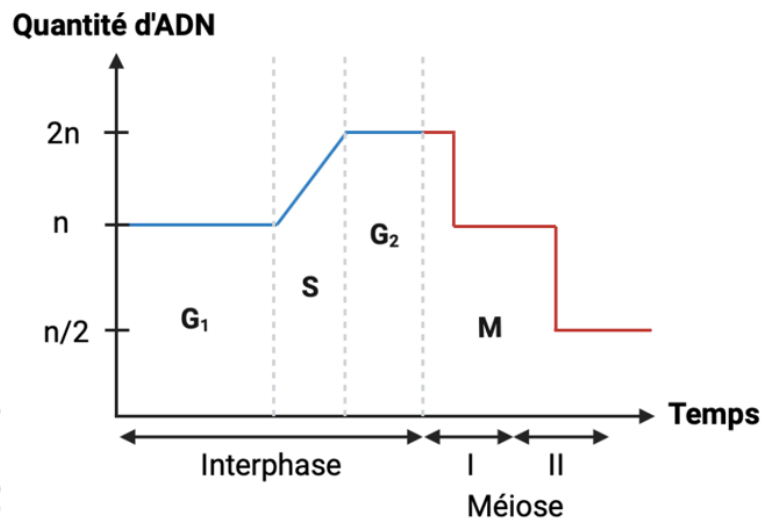


Schéma réalisé sur Biorender.com

À la fin de la méiose, on obtient bien des cellules filles haploïdes possédant chacune des chromosomes à une chromatide.

(Par comparaison : à la fin de la mitose, on obtient des cellules filles diploïdes identiques à la cellule-mère possédant chacune des chromosomes à une chromatide.)

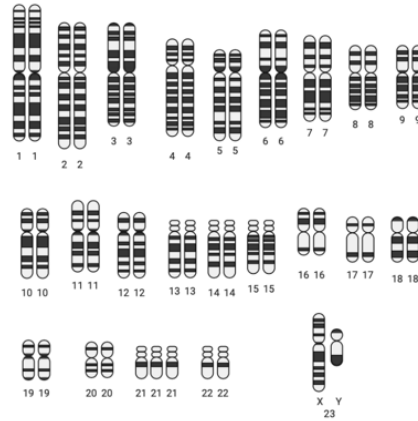


Exercices

1. Anomalies de la méiose

Sur le caryotype ci-dessous, on observe la présence de 3 chromosomes 21. Cette anomalie appelée trisomie 21 est l'une des anomalies chromosomiques les plus fréquentes.

Consigne : dessiner les étapes de la méiose qui pourraient conduire à ce caryotype particulier.



Caryotype réalisé sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

2. QCM sur la mitose

Quelle(s) est(sont) la(les) réponse(s) vraie(s) ?

Concernant la mitose :

- A. Elle se produit uniquement dans les cellules eucaryotes.
- B. Toutes les caractéristiques du caryotype de la cellule-mère sont conservées à l'identique.
- C. A son issue, les cellules-filles contiennent chacune 23 chromosomes doubles, elles sont donc diploïdes.
- D. Afin de réaliser la mitose, la cellule effectue une réplication conservative de son ADN.

3. Réplication

- 1) Donner le brin complémentaire de cette molécule d'ADN :
CCGTAACCTTAGAT
- 2) Parmi les propositions suivantes, laquelle est exacte ?
 - A. La réplication de l'ADN se déroule durant mitose.
 - B. La duplication de l'ADN se fait sous un modèle semi-conservatif.
 - C. Chaque molécule d'ADN est répliquée par une seule ADN polymérase.
 - D. Le brin matriciel et le brin néoformé sont identiques.
- 3) Qu'est-ce qu'une fourche de réplication ?

Correction des exercices

1. Anomalies de la méiose (schéma fait sur biorender)

💡 L'anomalie se produit lors de l'**Anaphase I** ou **II** de la méiose. L'un des chromosomes homologues ou l'une des chromatides sœurs ne se sépare pas ce qui mène à la formation :

- De gamète à $n = 3$ chromosomes qui donnera une **trisomie** si elle participe à la fécondation
- De gamète à $n = 1$ chromosome qui donnera une **monosomie** si elle participe à la fécondation

2. QCM sur la mitose

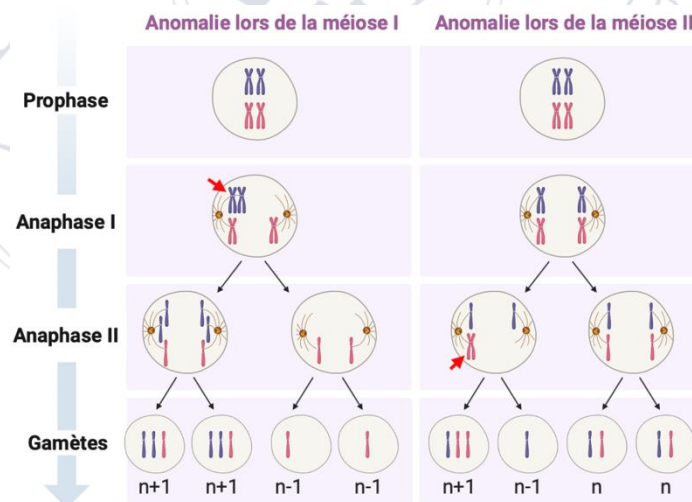


Schéma réalisé sur Biorender.com

Quelle(s) est(sont) la(les) réponse(s) vraie(s) ?

Concernant la mitose :

- A. **VRAI** : Les cellules eucaryotes se caractérisent par la présence d'un noyau distinct, contrairement aux procaryotes qui n'ont pas de noyau délimité. Comme la mitose consiste en une réplication puis une division des constituants du noyau, elle ne peut se produire que dans les cellules eucaryotes !
- B. **VRAI** : Lors de la mitose, une chromatide de chaque chromosome est donnée à chaque cellule-fille. Elles sont donc génétiquement identiques à la cellule-mère, elles conservent alors toutes ses caractéristiques.
- C. **FAUX** : Les cellules-filles contiennent chacune 46 chromosomes simples. En effet, elles sont diploïdes, ce qui correspond à $2n = 2 \times 23 = 46$ chromosomes (ou 23 paires de chromosomes simples).
- D. **FAUX** : Il s'agit d'une réplication semi-conservative de l'ADN. C'est-à-dire que chaque brin de la molécule d'origine sert de matrice pour la fabrication d'un nouveau brin.

3. Partie 4

1) Donner le brin complémentaire à cette molécule d'ADN

CCGTAAC TTTAGAT (brin matriciel)

GGCATTGAAATCTA (brin néoformé)

Cf tableau sur la complémentarité des bases

1) Parmi les propositions suivantes, laquelle est exacte ?

- A. **FAUX**. La réplication se déroule durant la **phase S de l'interphase**.
- B. **VRAI**.

- C. **FAUX.** Chez l'Homme, un brin d'ADN est répliqué par **plusieurs** ADN polymérase en même temps.
- D. **FAUX.** Le brin matriciel et le brin néoformé sont **complémentaires**.
- 2) Une fourche de réplication (ou œil de réplication) correspond à l'ouverture des 2 brins d'ADN au cours de la réplication : elle permet la réplication de l'ADN.

Sources :

- <https://www.kartable.fr>
- <https://manuelnumeriquemax.belin.education/svt-premiere/topics/start>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Exp%C3%A9rience_de_Meselson_et_Stahl



ACCIDENTS GENETIQUES DE LA MÉIOSE

Cours

Vidéo de cours : <https://www.youtube.com/watch?v=DnSQtlcAIOM>

La méiose permet la formation des gamètes qui sont des cellules germinales permettant le processus de reproduction. Une anomalie de méiose peut conduire à des conséquences plus ou moins graves au niveau des gamètes et par extensions au niveau des embryons et des individus qui en découlent.

Nous allons parler des différentes anomalies que l'on peut rencontrer lors d'une méiose.

I. Les non-disjonctions chromosomiques / chromatidiennes

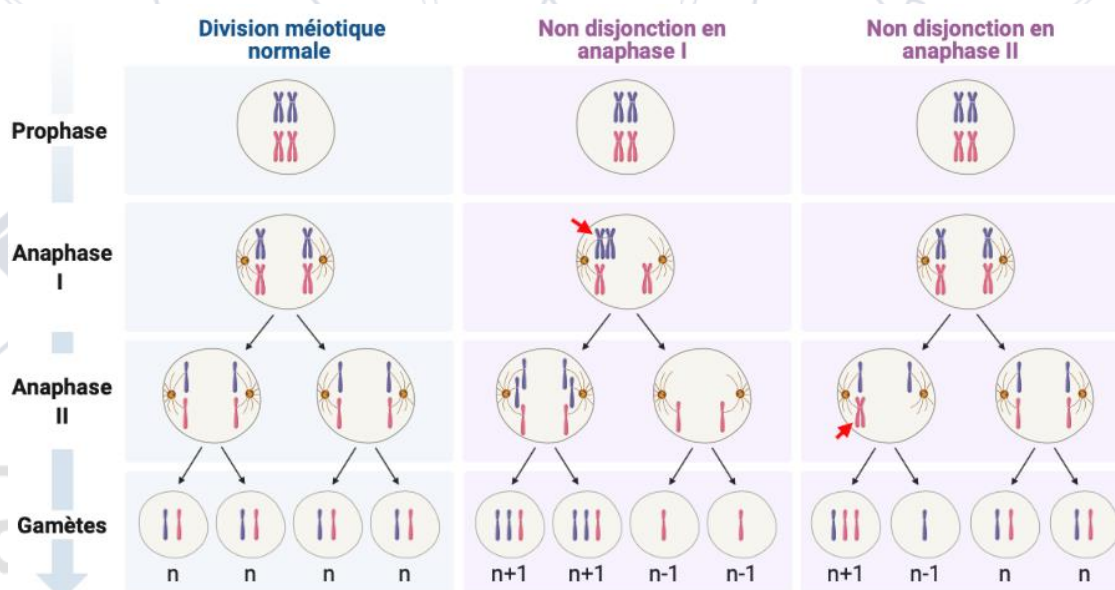


Schéma réalisé sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

1. Division méiotique normale (cf 1^{ère} colonne)

Pour rappel, la division méiotique normale fait passer 1 cellule mère **diploïde** (chromosomes à 2 chromatides) à 4 cellules filles **haploïdes** (chromosomes à 1 chromatide).

Rappel sur l'anaphase :

- **L'anaphase I** correspond à la séparation des paires de chromosomes homologues en 2 lots de chromosomes aux pôles de la cellule
→ **Disjonction chromosomique**
- **L'anaphase II** correspond à la séparation des chromatides de chaque chromosome en 2 lots aux pôles de la cellule
→ **Disjonction chromosomique**

2. Non-disjonction lors de l'anaphase I (cf 2^{ème} colonne)

En cas de non-disjonction lors de l'anaphase I, une paire de chromosome homologue ne se sépare pas. Il y aura donc la paire de chromosomes homologues à un pôle et aucun de ces chromosomes homologues à l'autre. Attention, cela concerne une seule paire de chromosome.

Conséquences :

- 2 cellules filles avec un chromosome en trop (*trisomie*)
- 2 cellules filles avec un chromosome en moins (*monosomie*).

3. Non disjonction lors de l'anaphase II (cf 3^{ème} colonne)

En cas de non-disjonction lors de l'anaphase II, ce sont les chromatides d'un chromosome qui ne se séparent pas. Il y aura donc le chromosome à 2 chromatides à un pôle et aucun chromosome à l'autre. Attention, cela concerne un chromosome. De plus, la première division de méiose a déjà eu lieu ce qui implique que cette anomalie concernera uniquement 2 des cellules filles finales !

Conséquences :

- 2 cellules filles normales
- 1 cellule fille avec un chromosome en trop (*trisomie*)
- 1 cellule fille avec un chromosome en moins (*monosomie*).

4. Conséquences des non-disjonctions

a. La trisomie

C'est une **aneuploïdie** ce qui veut dire que la cellule possède un nombre de chromosomes différent de l'état normal et ce nombre n'est pas un multiple de $2n$ (n étant le nombre de paires de chromosomes).

Elle se caractérise par la présence en **3 exemplaires d'un chromosome** (au lieu de 2 exemplaires). Le caryotype est de type $2n+1$.

b. La monosomie

C'est également une **aneuploïdie**.

Elle se caractérise par la présence en **un seul exemplaire d'un chromosome** (au lieu de 2 exemplaires). Le caryotype est du type $2n-1$.

c. Information complémentaire

Les **polyploïdies** sont des anomalies se caractérisant par un nombre de chromosomes supérieur ou égal à $3n$ ($4n, 5n...$). Il y a toujours en nombre pair total de chromosomes (n étant le nombre de paires de chromosomes).

Exemple : si on a $2n$ cela veut dire que chaque cellule possèdera 2 chromosomes pour chaque paire, donc 46 chromosomes en tout car $2 \times 23 = 46$, c'est la **diploïdie** !

Il faut comprendre que les aneuploïdies concernent uniquement une paire de chromosome alors que les polyploïdies concernent l'ensemble du caryotype.

Attention : les *polyploïdies* ne sont pas des anomalies auxquelles on arrive à la suite d'une non-disjonction lors de la méiose !

II. Crossing-over inégal

1. Définition et déroulement normal

Le crossing-over correspond à l'échange mutuel de fragments de **chromatides** non-sœurs entre 2 **chromosomes** d'une même paire. Celui-ci contribue au brassage génétique et donc à l'échange d'allèles entre les chromosomes.

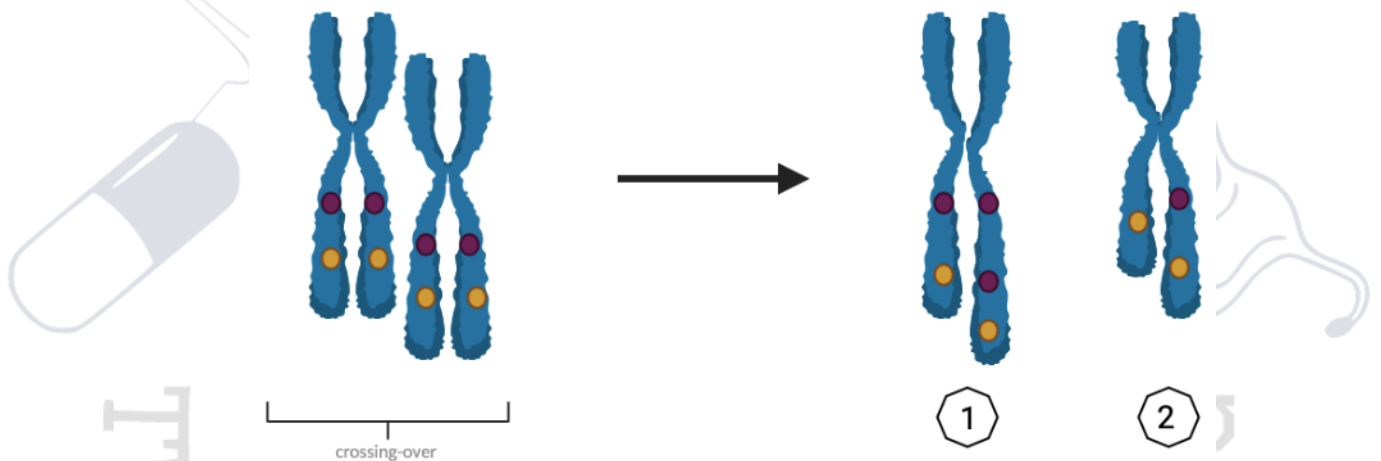
Voici un schéma montrant un crossing-over normal :

Schéma réalisé sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

Le crossing-over a lieu à la **fin de la prophase I** (voire au début de la métaphase I) de la méiose car c'est le moment où les paires de chromosomes homologues sont physiquement très proches. Il va donc pouvoir y avoir des accolements entre les chromosomes homologues et des échanges de fragments.

2. Anomalie de crossing-over

Lorsque le crossing-over s'effectue de manière anormale, l'échange de fragments sera tronqué et la résultante sera inégale :

Schéma réalisé sur [Biorender.com](https://www.biorender.com)

Sur le schéma ci-dessus, on remarque que l'échange des fragments est effectué à deux endroits différents sur les chromosomes concernés. Il en résultera un déséquilibre entre les 2 chromosomes.

Conséquence : perte et/ou au gain de matériel génétique

- Pour le chromosome indiqué en « 1 » on remarque la duplication de l'allèle violet sur la chromatide droite.
- Pour le chromosome indiqué en « 2 » on remarque la perte de matériel génétique sur la chromatide gauche.

Exercices

a. QCM sur les anomalies de la méiose

À propos des anomalies de la méiose, quelles sont les propositions inexactes ?

- A. La trisomie et la monosomie font partie des polyploïdies
- B. Lors de l'anaphase II, on peut retrouver une non-disjonction chromatidienne
- C. Les non-disjonctions chromosomiques peuvent donner des individus trisomiques
- D. Lors de l'anaphase II, on peut retrouver une non-disjonction chromosomique

b. Exercice

Grâce au caryotype humain ci-dessous,

- A. Détermine quelle est l'anomalie retrouvée dans ce caryotype.
- B. Après avoir déterminé l'anomalie décris les deux mécanismes possibles qui peuvent conduire à cette anomalie.

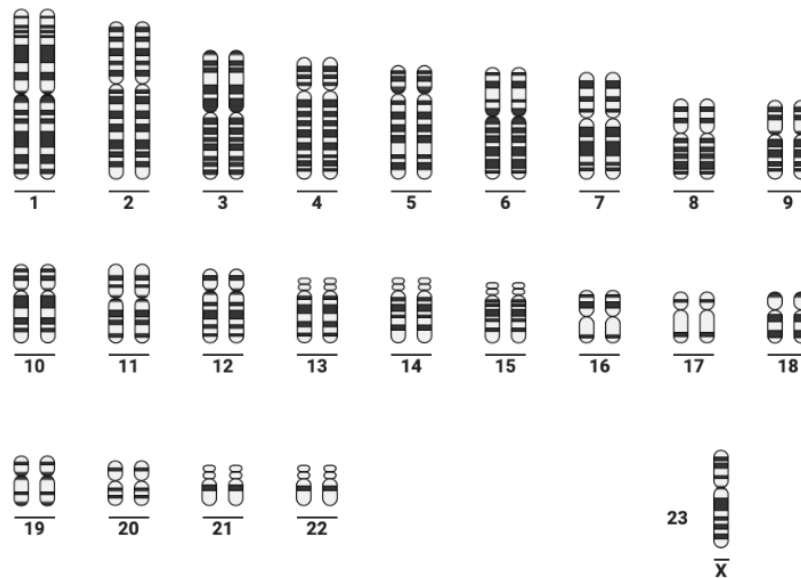


Schéma réalisé sur Biorender.com

Correction des exercices

QCM1. A propos des anomalies de la méiose, quelles sont les propositions inexactes ?

- A. **FAUX.** La trisomie et la monosomie font partie des **aneuploïdies**
- B. **VRAI.** En effet les chromosomes s'étant déjà disjoints en anaphase I. Ce sont les chromatides qui seront séparés en anaphase II.
- C. **VRAI.** Une non-disjonction chromosomique peut donner des individus monosomiques ET trisomiques mais ne donne aucun individu à caryotype normal.
- D. **FAUX.** Comme il est expliqué à la proposition B, en anaphase II se sont les chromatides qui se séparent et non les chromosomes qui eux se séparent en anaphase I.

Réponse attendue : A + D

Exercice :

- A. En regardant attentivement le caryotype, on remarque qu'il y a un chromosome manquant pour la paire 23, donc la paire gonosomique (XX chez les femmes, XY chez les hommes) . Un chromosome manquant veut dire que l'on est face à une **monosomie**.
- B. Maintenant qu'on a identifié la monosomie, on peut déterminer les 2 moyens, vu plus haut dans la fiche pour arriver à une monosomie.
 - 1) La première possibilité est une non-disjonction chromosomique, donc en anaphase I. En effet cette non-disjonction entrainera 50% de trisomies et 50% de monosomies.
 - 2) La deuxième possibilité est une non-disjonction chromatidienne, donc en anaphase II. Si S'il y a une mauvaise séparation des chromatides les individus seront soit pour 50% normaux, soit pour 25% trisomiques ou 25% monosomiques.

Voici le schéma récapitulatif 😊

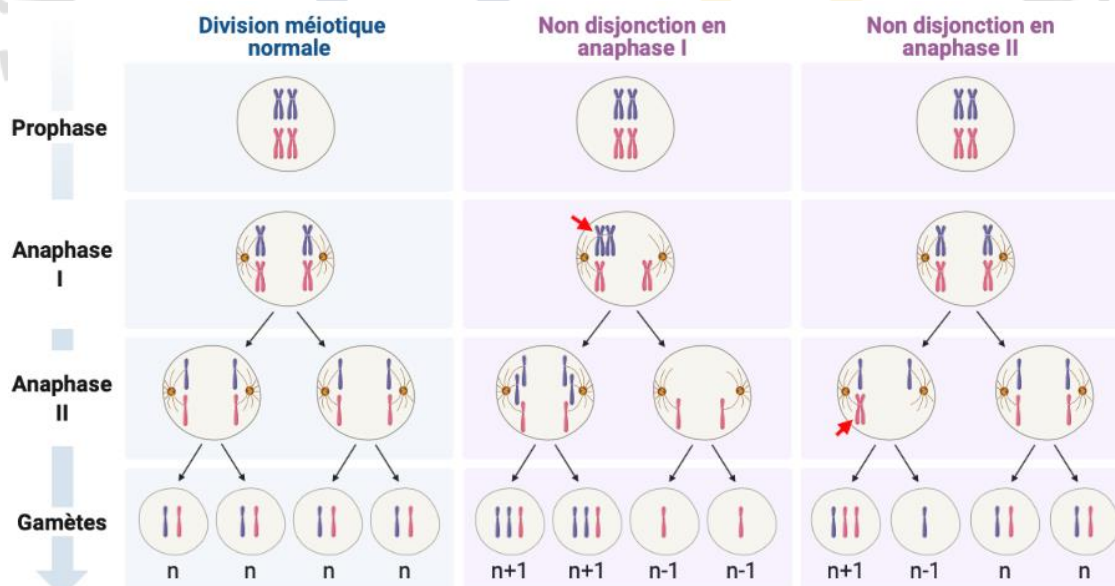


Schéma réalisé sur Biorender.com

ENZYMES ET PROTÉINES

I. Rôle des protéines :

Les protéines sont présentes en grande quantité dans notre corps, elles assurent des rôles essentiels dans le fonctionnement des cellules et du corps.

Les enzymes qui sont des protéines participent aux réactions cellulaires et permettent ainsi le **métabolisme**. D'autres protéines jouent un rôle **structurel** participant à la formation de membranes par exemple. Certaines protéines vont avoir le rôle de **transporteur** : l'hémoglobine est une protéine présente dans les globules rouges, elle permet le transport du dioxygène dans le corps. On peut aussi citer les hormones qui vont transmettre des messages au sein du corps.

II. Relation entre gène et protéines :

I. Transcription

Dans le corps humain, l'ADN est stocké dans le noyau de la cellule et ne le quitte jamais. Or la synthèse des protéines a lieu dans le cytoplasme. Il existe un intermédiaire, l'**ARN**, qui permet à l'information génétique d'être transmise du noyau au cytoplasme. L'ARN est synthétisé au cours de la **transcription**. Tout comme l'ADN, l'ARN est composé d'une succession de nucléotides. Les nucléotides de l'ARN diffèrent de ceux de l'ADN : l'ARN est composé de ribose à la place du désoxyribose de l'ADN, et le nucléotide U remplace le T de l'ADN.

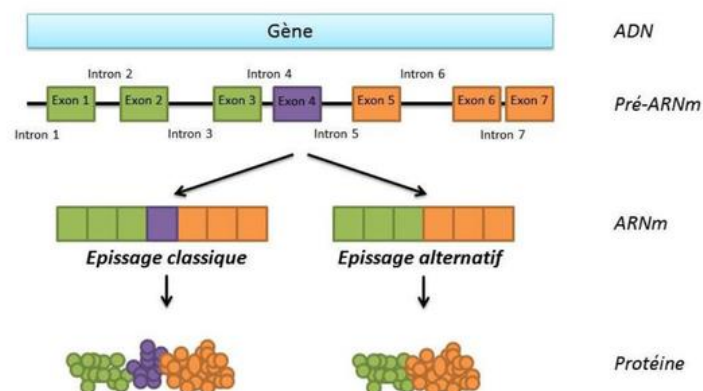
L'action d'une enzyme, l'**ARN-polymérase**, permet de passer de l'ADN à l'ARN. L'ARN-polymérase va se placer sur un des 2 brins d'ADN et incorpore des nucléotides par complémentarité :

- Le G se place devant le C,
- Le C en face du G
- Le A se place devant le T
- Le U se place devant le A

Le brin d'ARN est complémentaire au brin d'**ADN transcrit** ayant servi de matrice et il est identique au brin d'ADN non-transcrit (seul les T ont été remplacé par le nucléotide U).

2. L'épissage

L'ARN récemment traduit va subir une maturation. Il passera ainsi d'un ARN pré-messager à un ARN messager. L'ARN pré-messager est aussi long que le gène. Dans sa séquence, il y a des parties qui ne serviront pas à la synthèse des protéines, ce sont les **introns**. Les séquences utilisées pour la synthèse des protéines étant les **exons**. Ce mécanisme est appelé l'**épissage**.



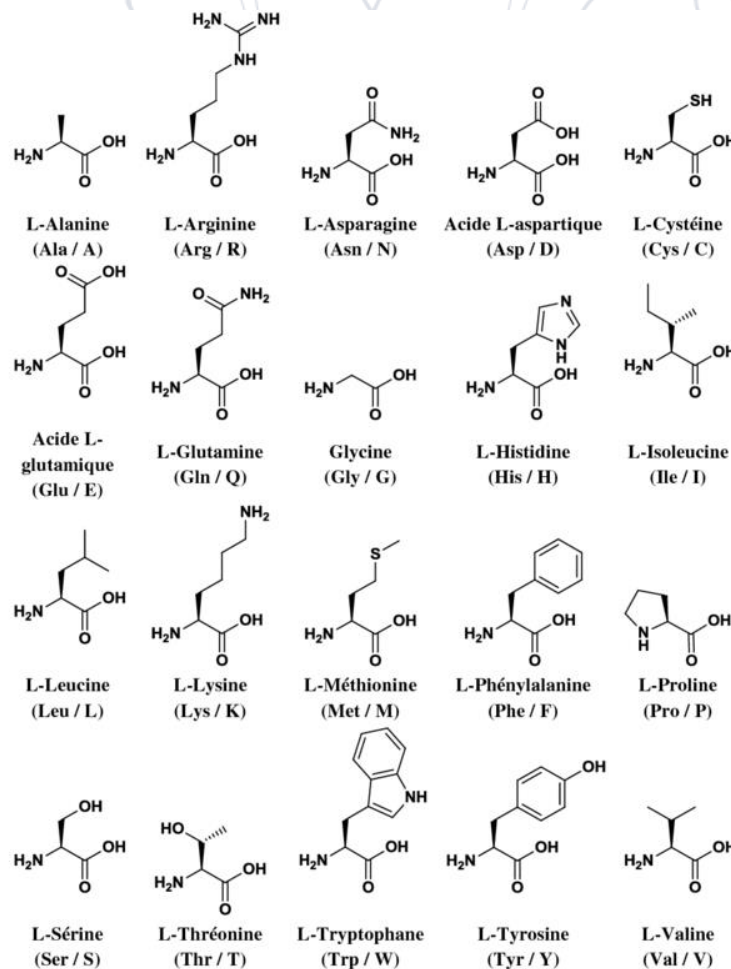
Source : openlab.unistra.fr

Certains exons peuvent ne pas être conservés dans l'ARN messager. Par conséquent, un même ARN pré-messager peut mener à différents ARNm et à différentes protéines. Ce processus est appelé **épissage alternatif**.

3. La traduction

a. Les acides aminés :

Les protéines sont des macromolécules. Elles sont constituées d'un enchaînement d'acides aminés. 20 acides aminés entrent dans la composition des protéines du corps humain. Chaque acide aminé possède des propriétés chimiques spécifiques (hydrophobe, hydrophile, acide, basique...). Au sein d'une protéine, ces propriétés chimiques vont interagir entre elles. Ces interactions vont conférer une forme caractéristique à la protéine, lui permettant d'assurer ses fonctions.



Structures des 20 acides aminés naturels (codes à trois et une lettre)

Source : researchgate.net

💡 Petite astuce pour retenir les **acides aminés** : tu peux utiliser l'application « AminoCraft » (© Université de Grenoble Alpes) qui te permettra de les apprendre en t'amusant !

b. Le code génétique

Comme évoqué précédemment, l'ARN est une succession de nucléotide A, U, C, G. Depuis les années 1960 on sait que l'association de trois nucléotides permettent de coder pour un type d'acide aminés. Cette découverte a permis de mettre à jour le **code génétique**.

Le code génétique

		Deuxième nucléotide								
		U		C		A		G		
Premier nucléotide	U	UUU	phényl-alanine	UCU	sérine	UAU	tyrosine	UGU	cystéine	Troisième nucléotide
		UUC		UCC		UAC		UGC		
		UUA	leucine	UCA		UAA	STOP	UGA	STOP	
		UUG		UCG		UAG		UGG		
	C	CUU	leucine	CCU	proline	CAU	histidine	CGU	arginine	
		CUC		CCC		CAC		CGC		
		CUA		CCA		CAA	glutamine	CGA		
		CUG		CCG		CAG		CGG		
	A	AUU	isoleucine	ACU	thréonine	AAU	asparagine	AGU	sérine	
		AUC		ACC		AAC		AGC		
		AUA		ACA		AAA	lysine	AGA		
		AUG	méthionine	ACG		AAG		AGG	arginine	
G	GUU	valine	GCU	alanine	GAU	acide aspartique	GGU	glycine		
	GUC		GCC		GAC		GGC			
	GUA		GCA		GAA	acide glutamique	GGA			
	GUG		GCG		GAG		GGG			

Source : svtOlycée

On nomme **codon** l'association de 3 nucléotides. Il existe 64 codons différents. A chaque association de trois nucléotides correspond un acide aminé. A l'exception de 3 codons qui ne sont reliés à aucun acide aminé, il s'agit des codons STOP : UAA UAG UGA.

c. La traduction

La synthèse des protéines se fait au niveau des **ribosomes**. Les ribosomes sont constitués de 2 sous-unités :

- Une petite qui reconnaît et fixe l'ARN messenger
- Une grande sous unités qui assemble les acides aminés

La traduction commence dès que le ribosome reconnaît le codon initiateur AUG. Le ribosome va se déplacer 3 nucléotides par 3 nucléotides le long de l'ARN messenger. C'est la phase **d'élongation**. La traduction se poursuit jusqu'à ce que le ribosome reconnaisse un codon stop, mettant fin à la synthèse de la protéine.

III. La régulation des gènes

Bien que les cellules aient toutes le même ADN dans leur noyau, elles n'ont pas toutes les mêmes fonctions et n'expriment pas toutes les mêmes protéines. Les gènes sont régulés par des facteurs de transcription. Ces facteurs se fixent sur des séquences d'ADN régulatrice, non codante pour inhiber ou activer l'expression d'un gène. Des facteurs internes et/ou environnementaux influencent la régulation des gènes.

La régulation des gènes mène au **phénotype**. Le phénotype correspond à l'ensemble des caractéristiques d'un être vivant. Le phénotype résulte de l'expression du patrimoine génétique de l'individu également appelé **génotype**.

IV. Caractéristiques des enzymes

Certaines réactions nécessitent parfois des conditions particulières pour se produire rapidement. Ces conditions peuvent être applicable in vitro mais elles sont impossibles à mettre en place dans l'organisme. Les **catalyses enzymatiques** permettent d'accélérer les réactions dans le corps humain.

Les catalyseurs ont 2 propriétés fondamentales : celle d'accélérer la vitesse de réaction, et celle de ne pas figurer sur le bilan de la réaction. L'enzyme est retrouvée intacte à la fin de la réaction.

La molécule qui se fixe sur l'enzyme pour être transformée est appelée **substrat**.

De manière générale, une enzyme catalyse toujours la même réaction pour le même substrat. On dit qu'elles ont une **double spécificité**. Il existe une multitude d'enzymes différentes qui interviennent dans diverses réactions pour assurer le métabolisme.

1. Mode d'action des enzymes

Le substrat va se fixer sur l'enzyme à un endroit précis appelé **site actif**. Entre les diverses enzymes, la configuration du site actif change. C'est l'agencement des acides aminés dans l'espace qui est l'origine de ces variations. Cette configuration du site actif est à l'origine de la spécificité du substrat. On y observe un modèle clé-serrure, où la clé (substrat) est complémentaire à la serrure (enzyme).

La fixation du substrat sur le site actif permet la création du **complexe enzyme-substrat**, qui une fois la réaction finie va se dissocier.

L'activité enzymatique s'évalue en déterminant la vitesse initiale de la réaction catalysée, elle exprime la quantité de substrat transformé par unité de temps. Au début de la réaction, les substrats sont en grande quantité, la probabilité de rencontre entre l'enzyme et le substrat est forte. Plus on avance dans la réaction, moins il reste de substrat, ainsi la vitesse va progressivement diminuer.

2. Spécialisation des cellules

Il existe différents types de cellules. Chaque cellule possède une fonction spécifique ex : cellules musculaires pour la contraction du muscle. Les cellules spécialisées, n'expriment pas les mêmes gènes, elles ne possèdent pas toutes le même bagage enzymatique. Il est possible d'établir un profil enzymatique, ce profil est témoin de la fonction de la cellule.



SCIENCES DE LA VIE

REMISE À NIVEAU

TERMINALE

TUTORAT SANTÉ STRASBOURG



LE BRASSAGE GENETIQUE DE L'ADN

Cours

I. La reproduction sexuée

1. Définition

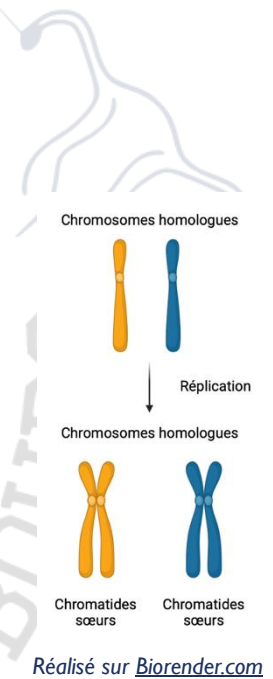
La reproduction sexuée est le processus biologique qui permet de créer un embryon diploïde à partir des gamètes haploïdes. Elle permet de **conserver le caryotype de l'espèce**.

La méiose a lieu dans les gonades (ovaires et testicules) des futurs parents. Elle aboutit à la formation d'un ovule chez la mère et d'un spermatozoïde chez le père. Ces deux cellules, appelées gamètes, sont haploïdes ($n = 23$).

Lors de la fécondation, les deux gamètes entrent en contact pour former l'embryon, une cellule diploïde ($2n = 46$).

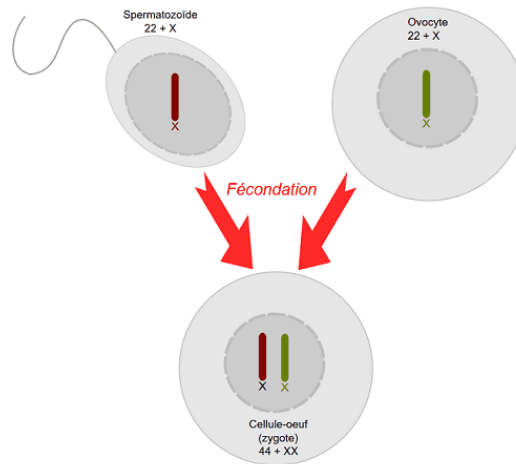
2. Vocabulaire

- **Autosome** – chromosome non sexuel ($n^{\circ}1$ à $n^{\circ}22$)
- **Gonosome** – chromosome sexuel (X ou Y)
- **Caryotype** – arrangement de l'ensemble des chromosomes d'une cellule. Chez l'Homme, il est composé de 23 paires de chromosomes (22 paires d'autosomes et 1 paire de gonosomes), soit 46 chromosomes
- **Chromosomes homologues** – paire de chromosome de même numéro. Chez un individu, l'un vient de la mère, l'autre vient du père. Ils peuvent être différents par leurs allèles.
- **Allèle** – version différente d'un même gène. Le gène va donc s'exprimer différemment. Par exemple, on peut avoir l'allèle « yeux bleus » sur nos deux chromosomes homologues, ou bien un allèle « yeux bleus » et un « yeux marrons ».
- **Cellule diploïde** – cellule qui comporte deux paires de chromosomes homologues ($2n$)
- **Cellule haploïde** – cellule qui ne comporte plus qu'un seul jeu de chromosomes. Il n'y a donc pas de paire de chromosomes homologues.
- **Chromatide** – molécule d'ADN qui compose le chromosome. Selon le moment du cycle cellulaire, le chromosome comporte soit 2 chromatides (début de la mitose ou de la méiose), soit 1 chromatide (fin de la mitose ou de la méiose).
- **Chromatine** – support de l'information génétique, elle correspond à l'ADN et aux protéines qui y sont associées.



3. Mécanismes

La fécondation est l'union d'une cellule reproductrice mâle (spermatozoïde) avec une cellule reproductrice femelle (ovule). Cela aboutit à la formation d'une cellule œuf qui sera la première cellule de l'embryon.



Source de l'image : © devenirgrand.com

Sur ce schéma : la cellule œuf donnera un embryon femelle car les chromosomes sexuels sont XX. Si le chromosome du père avait été Y et celui de la mère X, on aurait obtenu un zygote XY et donc un embryon mâle.

C'est donc le **spermatozoïde** qui va déterminer le sexe du futur embryon. Le spermatozoïde apporte son lot de chromosomes ($n = 23$) et l'ovule son lot de chromosomes ($n = 23$). Avec l'union de ces deux lots nous obtenons un caryotype normal : $2n = 46$.

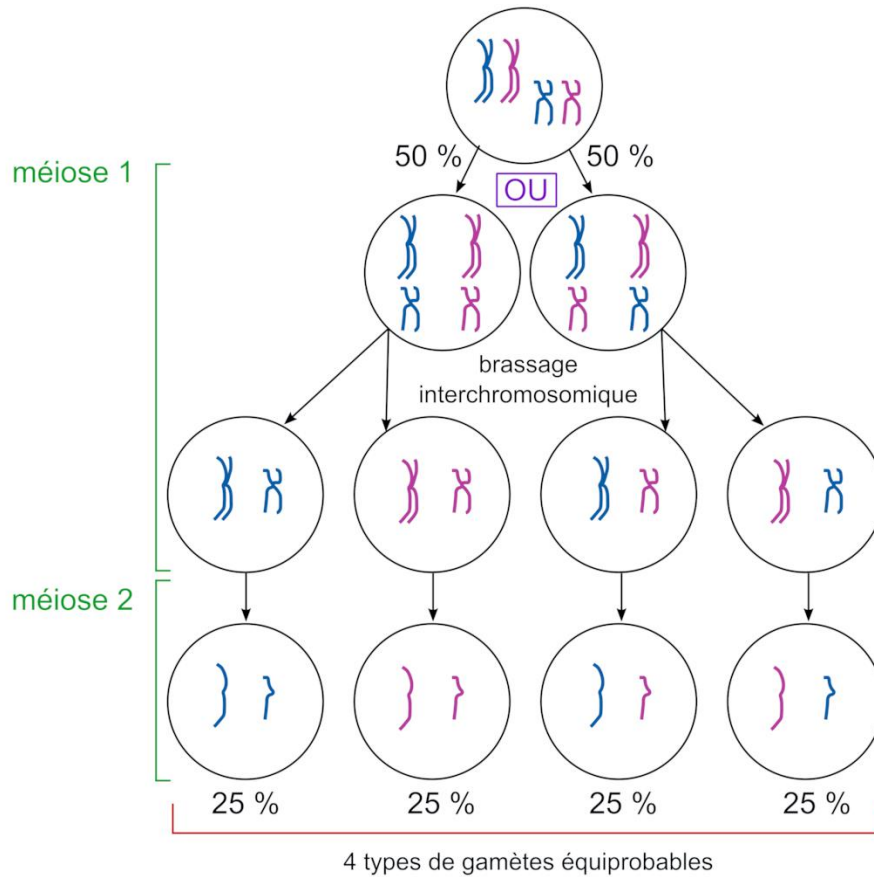
II. Le brassage inter chromosomique : <https://www.youtube.com/watch?v=oE76Z68PEog>

Le brassage interchromosomique consiste en un brassage d'allèles **entre chromosomes non homologues**, plus précisément en la migration aléatoire des chromosomes homologues qui va former ces nouvelles combinaisons d'allèles.

Comment ça marche ?

Lors de l'anaphase I, les paires de chromosomes homologues vont se distribuer aléatoirement vers des pôles opposés. À la fin de la première division de méiose, on aura dans les deux nouvelles cellules haploïdes des chromosomes avec des allèles différents. Ces cellules ne donneront donc pas la même expression génétique.

Exemple : Pour deux gènes indépendants ou libres A et B (sur deux chromosomes différents), existant sous deux allèles Aa pour le premier et Bb pour le deuxième, l'allèle A peut migrer avec l'allèle B ou avec l'allèle b selon la même probabilité. Un individu hétérozygote de génotype A//a B//b peut donc former avec la même probabilité quatre types de gamètes différents : AB, ab, Ab, aB.



Source de l'image : © [assistance-scolaire-spécialisées](https://www.assistance-scolaire-specialisees.fr/)

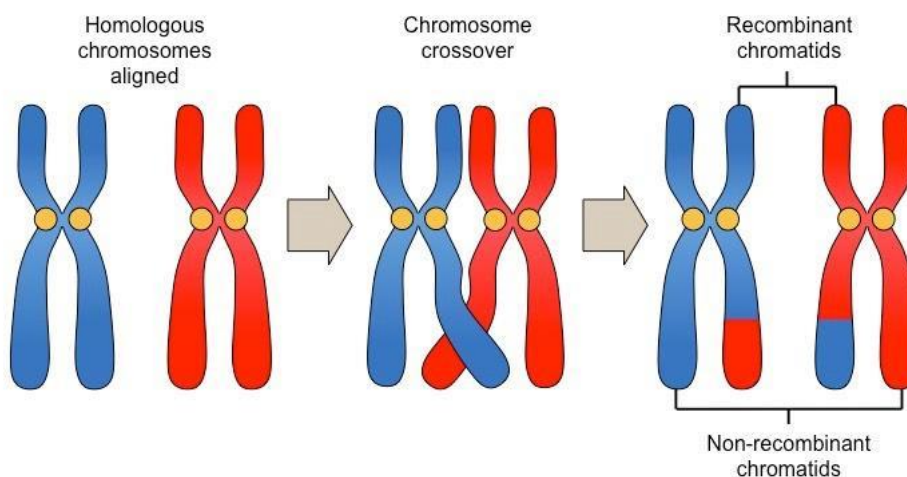
Ce brassage permet une diversité importante au sein des individus d'une même espèce.

III. Le brassage intra chromosomique et crossing-over

Vidéo : <https://fr.khanacademy.org/science/biology/cellular-molecular-biology/meiosis/v/phases-of-meiosis-i>

I. Principe général

Au cours de la première division de méiose, des échanges entre chromosomes homologues aboutissent à de nouvelles combinaisons d'allèles. C'est ce qu'on appelle le **crossing-over**.



Source de l'image : © [Prof-express](https://www.prof-express.com/)

2. Mécanisme

Lors de la prophase de première division méiotique, les chromosomes homologues s'apparient et leurs chromatides s'enchevêtrent au niveau des chiasmats (points de contact entre les chromosomes). Il y a alors l'échange entre deux portions de chromatides entre deux chromosomes homologues. Les deux chromatides d'un même chromosome ne sont donc plus identiques. Les gamètes recombinés portent donc des combinaisons alléliques différentes.

Les brassages inter et intra chromosomiques se succèdent et leurs effets se multiplient. Mais ces deux brassages ne marchent que si l'individu est hétérozygote. S'il est homozygote pour deux mêmes allèles, l'échange de ces allèles n'a aucun effet puisque ce sont les mêmes.

Exercices

1. QCM

1. Quelles sont la/les réponse(s) vraie(s) ?

- A. La fécondation permet la conservation du caryotype grâce à la fusion de deux cellules diploïdes.
- B. Le brassage interchromosomique a lieu lors du crossing over.
- C. Le spermatozoïde détermine le sexe du futur embryon.
- D. Le brassage intrachromosomique est permis grâce à un échange d'une portion de chromatide entre deux chromosomes homologues.

2. Prenons une cellule diploïde qui comporte deux paires de chromosomes avec des gènes C et E existant sous la forme de deux allèles C/c et E/e. En ne prenant en compte que le brassage interchromosomique, quelle est la probabilité d'avoir une cellule comportant l'allèle C ?

- A. 25%
- B. 75%
- C. 50%
- D. 10%

2. Questions

1. A l'aide de vos connaissances et des informations de cette fiche, expliquez comment la reproduction assure le maintien du nombre de chromosomes au cours du cycle de développement.
2. « Un gène peut avoir plusieurs allèles, mais chaque individu diploïde ne peut pas avoir plus de deux allèles de même gène. »

Vrai ou Faux ? Justifiez votre réponse.

Correction des exercices

I. QCM

1. Réponse attendue : C + D

- A. **FAUX**. La fécondation permet la conservation du caryotype grâce à la fusion de deux cellules haploïdes : l'ovule de la mère et le spermatozoïde du père.
- B. **FAUX**. Le brassage intrachromosomique a lieu lors du crossing over. Le brassage interchromosomique se fait lors de la migration aléatoire en anaphase des chromosomes homologues de part et d'autre de la cellule.
- C. **VRAI**. Le chromosome sexuel du spermatozoïde sera soit X, soit Y. Alors que celui de l'ovule sera tout le temps X.
- D. **VRAI**.

2. Réponse attendue : C

- A. **FAUX**.
- B. **FAUX**.
- C. **VRAI**. Il y a 4 combinaisons possibles à l'issue du brassage interchromosomique : C/E, C/e, c/E, c/e. Il y aura donc deux cellules sur les quatre à avoir l'allèle C, soit 50%.
- D. **FAUX**.

2. Questions

- 1. La fécondation est l'union d'une cellule reproductrice mâle (spermatozoïde) avec une cellule reproductrice femelle (ovule). Cela aboutit à la formation d'une cellule œuf qui sera la première cellule de l'embryon. Le spermatozoïde apporte son lot de chromosomes ($n=23$) et l'ovule son lot de chromosomes ($n=23$). Avec l'union de ces deux lots nous obtenons un caryotype normal : $2N=46$. A la fin de la fécondation on a donc un caryotype normal de l'espèce humaine : il sera diploïde avec 46 chromosomes (23 paires).
- 2. **VRAI**. Un individu diploïde possède par définition deux chromosomes homologues (triploïde correspondrait à 3 chromosomes homologues etc ...). Il aura donc deux allèles, différents ou identiques. Cependant, quand on observe le même gène chez plusieurs individus, il peut exister bien plus que 2 allèles différents ! C'est grâce à ça que nous sommes tous différents

MÉTABOLISME

Ce cours n'a pas pu être traité cette année dans la remise à niveau. Il sera traité ultérieurement.

Voici quelques ressources de cours pour comprendre cette notion :

Glycolyse : <https://www.youtube.com/watch?v=G4mCjwmR-oQ>

Cycle de Krebs : https://www.youtube.com/watch?v=Bm_CFD4TaZY

Phosphorylation oxydative : <https://www.youtube.com/watch?v=3PHy62XyIVU>

Vidéo globale sur la respiration cellulaire : <https://www.youtube.com/watch?v=G5reh7b08SU>



CELLULES MUSCULAIRES

I. Les trois types de cellules musculaires

Dans le corps humain, nous retrouvons trois types de cellules musculaires qui ont chacune des propriétés différentes. En effet, il existe les cellules musculaires **lisses**, les cellules musculaires **striées squelettiques** et les cellules musculaires **striées cardiaques**.

On appelle **faisceau musculaire** le regroupement de plusieurs cellules musculaires. Ces dernières peuvent se contracter en se raccourcissant et en s'épaississant, grâce à l'action de stimulus nerveux.

I. Le muscle strié squelettique

La cellule musculaire striée squelettique est également appelée **rhabdomyocyte**. C'est une cellule multinucléée, ce qui veut dire qu'elle possède plusieurs noyaux.

Le muscle strié squelettique est attaché aux os grâce aux tendons et ils permettent d'exercer un contrôle **volontaire** de la motricité.

On dit que les muscles striés squelettiques sont **antagonistes** car quand l'un est relâché, un autre est contracté. Par exemple, lorsque l'on fait une flexion de l'avant-bras sur le bras (on plie le coude), on contracte les muscles fléchisseurs comme le biceps brachial, tandis que le muscle fléchisseur (triceps) se relâche.

On distingue deux types de muscles, les muscles **extenseurs** (lorsqu'ils se contractent, ils éloignent les deux éléments d'un membre) et les muscles **fléchisseurs** (lorsqu'ils se contractent, ils rapprochent les deux éléments d'un membre).

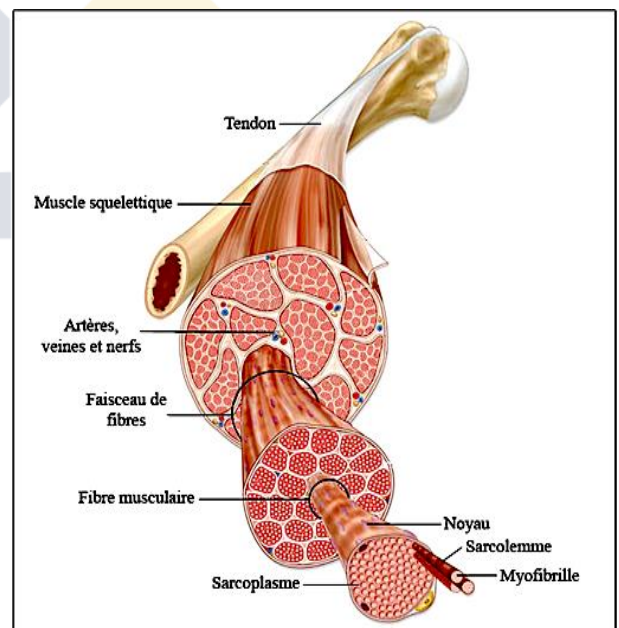
Les os sont reliés les uns aux autres grâce aux ligaments.

Une cellule musculaire striée est composée d'un **cytosquelette** qui est un réseau de filaments protéiques dans le cytoplasme. Ce cytosquelette est composé de myofilaments (filaments musculaires), à savoir les **filaments épais de myosine** et les **filaments fins d'actine**. Cela forme une **myofibrille**.

Ces myofilaments sont disposés en **sarcomères** répétitifs qui correspondent à l'unité contractile du muscle.

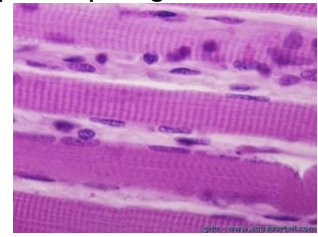
Autour des myofibrilles, nous retrouvons une membrane sarcoplasmique ou **sarcolemme**.

L'association de plusieurs myofibrilles forment une **fibre musculaire**, l'ensemble de ces fibres se disposent en faisceaux musculaires qui forment le muscle.



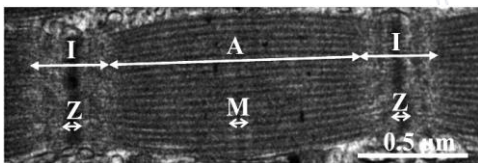
Source de l'image : © sites.google.com

Au microscope optique, on peut repérer les cellules musculaires striées squelettiques grâce à leurs **striations transversales** à l'axe de cellule.



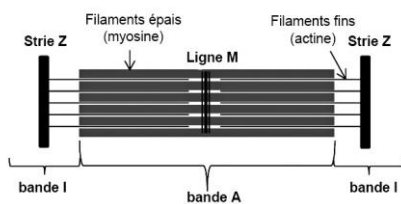
Source de l'image : © [aquaportail](#)

Le sarcomère est constitué de plusieurs parties :



Sur ce schéma, on peut voir que chaque sarcomère est limité par les **striés Z**. Les striés Z sont contenus dans une **bande I** (I = isotrope, claire) en périphérie, et au centre, entre les bandes I, on retrouve les **bandes A** (A = anisotrope, sombre).

Au centre des bandes A, on retrouve la **bande H** qui est elle-même centrée par la **ligne M**.



Les bandes I ne comportent que les filaments fins d'actine tandis que les bandes H ne contiennent que des filaments épais de myosine.

Source de l'image : © [researchgate](#)

2. Les cellules musculaires lisses

Ces cellules forment les muscles lisses qui se retrouvent au niveau des organes creux et des vaisseaux sanguins, et ils permettent d'exercer un contrôle **involontaire**.

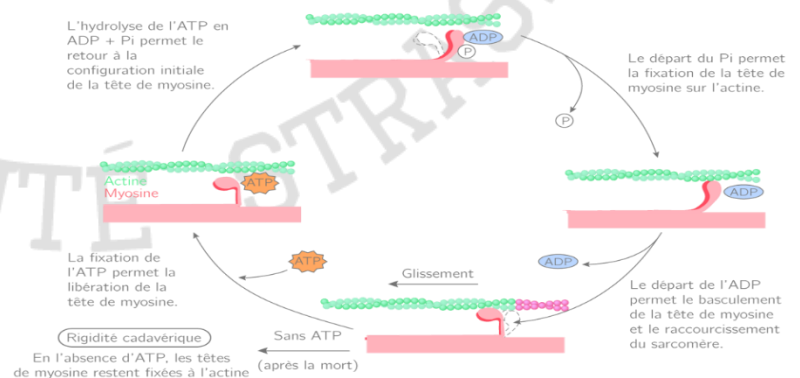
3. Les cellules musculaires striées cardiaques

Ces cellules se retrouvent au niveau du cœur, (plus précisément au niveau du **myocarde**) et constituent donc le muscle cardiaque, qui permet une contraction **involontaire**.

II. Comment se réalise la contraction musculaire ?

La contraction musculaire se réalise en 4 étapes, grâce à l'intervention de l'ATP (adénosine triphosphate, correspond à l'énergie de la cellule) et du Ca^{2+} (le calcium). Ces 4 étapes continuent de se réaliser tant qu'il y a du calcium.

Sur ce schéma, on retrouve en rose la myosine et en vert l'actine. Le principe de la contraction musculaire est de faire glisser les filaments d'actine par l'actine des têtes de myosine (petit excroissance rose). Le glissement de l'actine va permettre de raccourcir la cellule, et à plus grande échelle, le muscle.



Source de l'image : © [kartable](#)

- 1ère étape : la **fixation**

La tête de myosine activée se fixe sur le filament d'actine.

- 2ème étape : phase **motrice**

La tête de myosine change de conformation et pivote de **45 degrés**, ce qui entraîne le glissement du filament d'actine vers le centre du sarcomère. Pendant ce temps, l'ADP qui était fixé à la tête de myosine est éjecté.

- **3ème étape : la séparation**

Après que l'ADP ait été libéré, l'ATP vient se fixer sur la tête de myosine, ce qui provoque **la séparation de la tête de myosine du filament d'actine** ; le filament d'actine glisse ainsi vers l'extrémité du sarcomère.

- **4ère étape : l'activation**

L'ATP va être hydrolysé en **ADP** (adénosine diphosphate) selon la réaction suivante :

ATP + H₂O → ADP + Pi. Cette réaction se fait grâce à la tête de myosine qui a une **activité ATPasique** (elle est donc capable d'hydrolyser cet ATP). La tête de myosine va alors pivoter à **90 degrés** pour adopter une position pliée.

ATTENTION : la fixation de l'ATP à la tête de myosine est indispensable au relâchement du muscle, car cette molécule permet le passage de la tête de myosine d'un angle de 45 à 90 degrés.

Cela permet d'expliquer le phénomène de **rigidité cadavérique** car, lorsqu'un individu décède, l'ATP disparaît et donc les muscles ne peuvent ni se relâcher, ni se contracter et restent dans leur position.



Vidéos récapitulatives :

La cellule musculaire : <https://www.youtube.com/watch?v=GkMwjILMz9k>

Contraction musculaire : <https://www.youtube.com/watch?v=IKairCXBOYM>

TUTORAT
T2S
SANTÉ STRASBOURG

CONTROLE DES FLUX DE GLUCOSE

I. Le parcours du glucose dans l'organisme

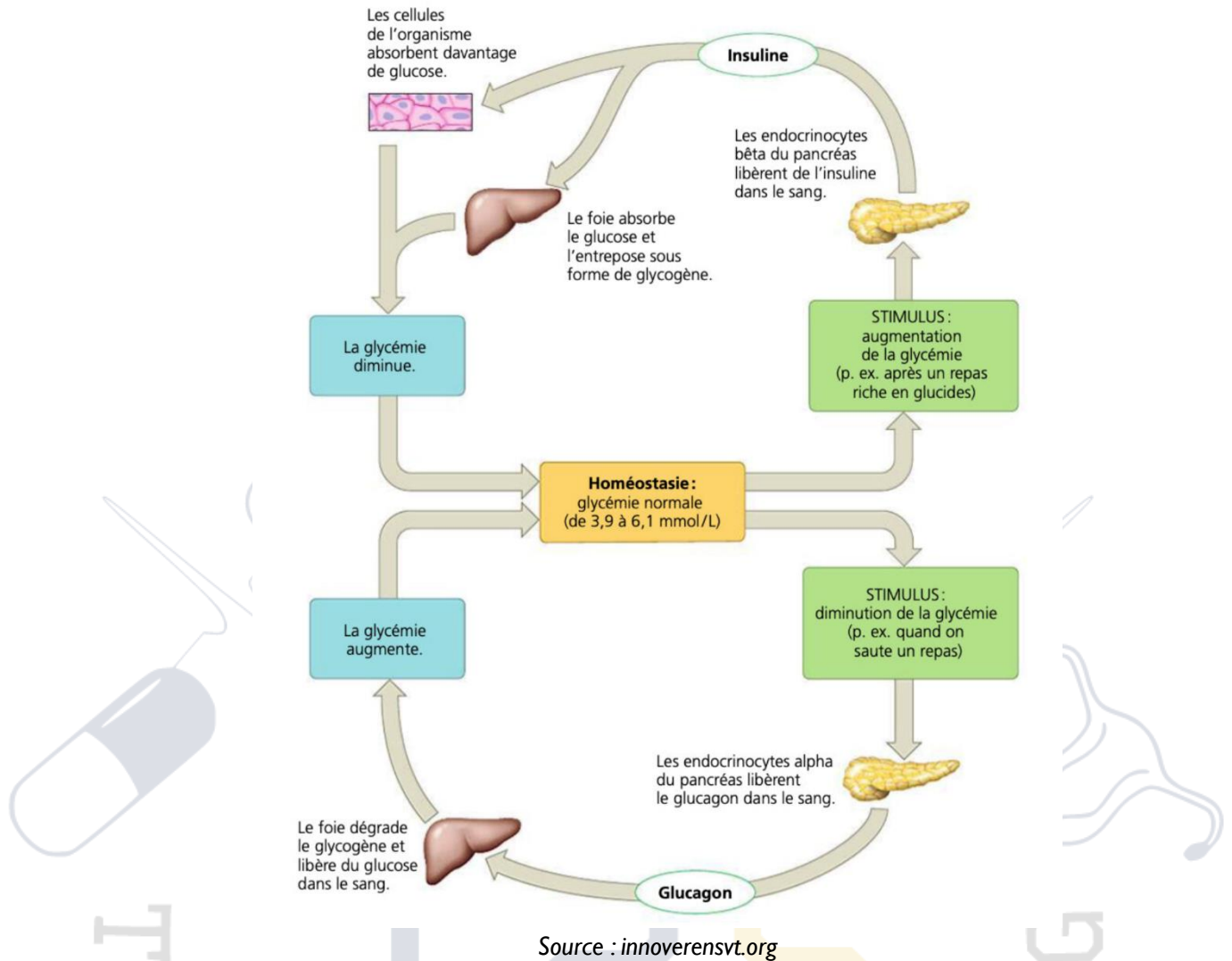
Le glucose est nécessaire au fonctionnement de nombreux organes, c'est le nutriment principal du cerveau et les muscles en ont besoin pour produire de l'énergie.

Le glucose, provenant de l'alimentation, passe dans le sang au niveau de l'intestin. Il va être stocké sous forme de **glycogène** dans les cellules hépatiques (cellules du foie) et musculaires. Ces cellules sont capables de transformer le glycogène en glucose, entre deux prises alimentaires ou lors d'un effort musculaire. Elles régulent de cette manière le taux de glucose.

II. La glycémie

La glycémie est la concentration de glucose dans le sang. Grâce à un système de régulation hormonales, ce taux est maintenu autour de 1 g/L. Deux hormones sécrétées par le **pancréas endocrine** sont impliquées :

- L'**insuline** est une hormone hypoglycémiante. Elle est produite par les cellules bêta des ilots de Langerhans et est sécrétée après une prise alimentaire. Elle se fixe sur des récepteurs spécifiques présent sur la membrane des cellules musculaires et hépatiques. Cette fixation permet l'entrée du glucose dans la cellule, ce dernier sera stocké sous forme de glycogène.
- Le **glucagon**, hormone hyperglycémiante, est produit par les cellules alpha des ilots de Langerhans. Elle provoque la glycogénolyse et la sortie du glucose dans le sang.



III. Diabète

Parfois la glycémie n'est plus correctement régulée, cette dysfonction peut mener au diabète.

Il y a 2 types de diabètes :

- Le diabète de **type 1, insulino-dépendant**, est une maladie auto-immune. On y observe une destruction des cellules bêta des îlots de Langerhans par le système immunitaire.
- Le diabète de **type 2, non insulino-dépendant**, où la sensibilité à l'insuline des cellules hépatiques et musculaires est diminuée. Cette insulino-résistance est d'abord compensée par une augmentation de la production de l'insuline. Cependant avec le temps les cellules bêta des îlots de Langerhans vont s'épuiser et vont cesser de fonctionner.

SYSTEME NERVEUX ET RÉFLEXE MYOTATIQUE

I. Système Nerveux Central et Système Nerveux Périphérique

Le système nerveux est divisé en deux parties fonctionnelles, le **système nerveux central SNC** et le **système nerveux périphérique SNP**.

I. Le système nerveux central (SNC)

Le SNC se compose du **cerveau** et du **tronc cérébral**, qui sont localisés au niveau de la boîte intracrânienne, et de la **moelle spinale (ou moelle épinière)**, située au niveau de la colonne vertébrale. Tous ces éléments sont situés dans des zones solides osseuses (crâne et colonne) car ce sont des structures fragiles et sensibles.

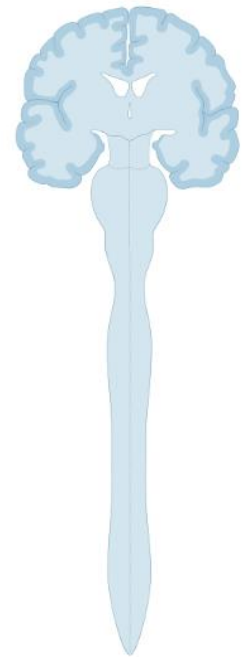
Il envoie et code des informations grâce aux **neurones** qui vont transmettre le signal électrique dans tout le corps.

a. Les neurones

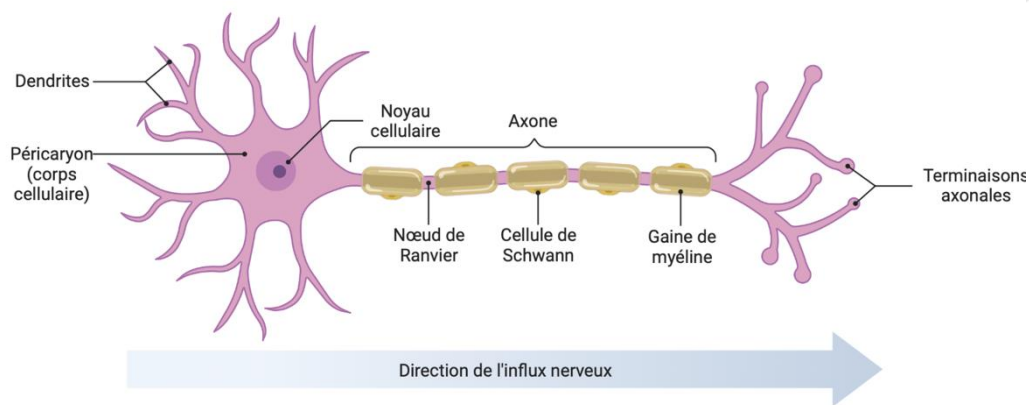
Un **neurone** est une cellule nerveuse, qui constitue l'unité fonctionnelle du système nerveux. Les neurones assurent la transmission de l'influx nerveux. Il existe différents types de neurones, classés selon leur morphologie, leur localisation, leur nombre de prolongements.

Un neurone est composé de **3 parties** : un **corps cellulaire** appelé péricaryon, ainsi que de 2 types de prolongements, l'**axone** (unique) et les **dendrites** (multiples).

Les **dendrites** conduisent l'influx nerveux de la périphérie vers le péricaryon, c'est-à-dire de manière **centripète**. L'**axone** conduit l'influx du péricaryon vers les terminaisons axonales donc de manière **centrifuge** (mnémotechnique : fuge=fugue, ça fuit la cellule). Ensuite les terminaisons axonales feront une synapse (point de contact) avec une dendrite d'un autre neurone et le schéma se répète.



Réalisé sur Biorender.com



Réalisé sur Biorender.com

Donc si on récapitule, le circuit de l'influx nerveux à travers les neurones :



L'axone est entouré d'une **gaine de myéline** qui est **isolante** et **discontinue** permettant ainsi d'accélérer la diffusion de l'influx et qu'il ne se disperse pas. Entre des segments de gaine de myéline, on dit que l'axone est "nu", car il est dépourvu de gaine de myéline, à ces endroits se trouvent les **nœuds de Ranvier**, qui sont

les lieux de formation de l'influx nerveux, la conduction est donc dite **saltatoire**, car le signal se propage de nœuds en nœuds vu que la gaine de myéline est isolante.

b. Les cellules gliales

Les autres cellules composant le SNC sont les **cellules gliales** qui ont pour but de protéger et soutenir les neurones.

2. Le système nerveux périphérique (SNP)

Le système nerveux périphérique est l'autre partie du système nerveux.

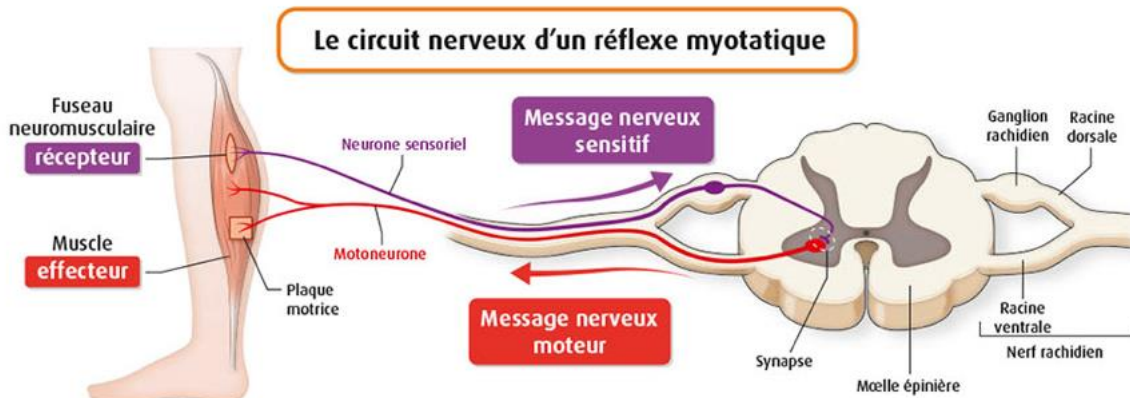
À l'inverse du SNC, il ne sera pas protégé par les os du crâne ou de la colonne. Au niveau du cerveau, le SNP sera représenté par les **nerfs crâniens**, qui partent du cerveau pour aller à la moelle, et au niveau de la moelle spinale le SNP sera représenté par les **nerfs spinaux**, qui partent de la moelle pour aller en périphérie. Il va véhiculer des informations entre les organes et le SNC.

Attention à ne pas confondre SNC/SNP au niveau de la moelle épinière. Les neurones communicants avec le cerveau et ne sortant pas latéralement de la moelle spinale sont des cellules du SNC. En revanche les neurones possédants des synapses avec les neurones intra spinaux et sortant pour aller innerver les organes font partie des nerfs spinaux du SNP.

Ainsi, le SNP et SNC sont complémentaires, ils ne peuvent pas fonctionner l'un sans l'autre 😊

II. Le réflexe myotatique : <https://www.youtube.com/watch?v=4lq02EzzV4U>

Le réflexe myotatique peut se définir comme une contraction **INVOLONTAIRE** de courte durée du muscle en réponse à un stimulus. Ces réflexes sont indispensables au maintien de notre posture et notre équilibre car ils entraînent une contraction automatique de nos muscles.



Source de l'image : © Belin Education/Humanis 2022

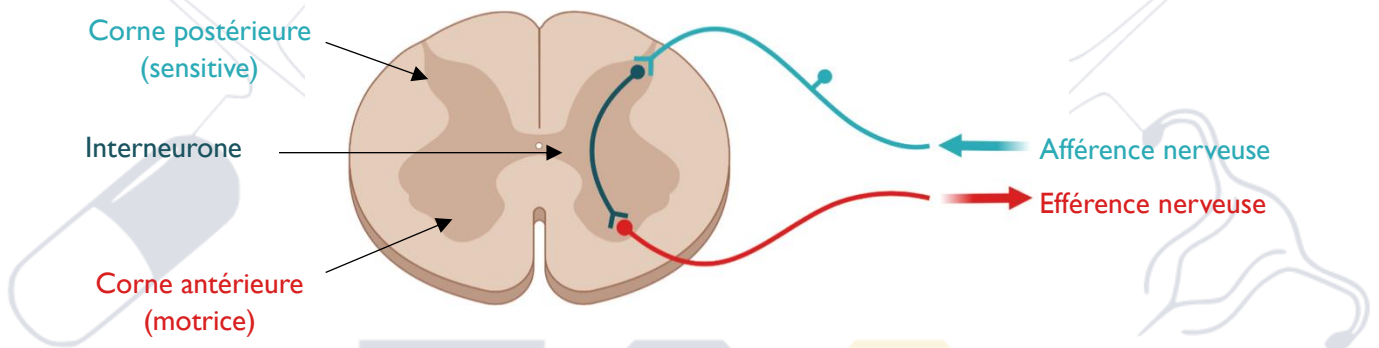
Mécanisme :

- 1) Un stimulus extérieur (exemple : coup de marteau) est appliqué sur le muscle, provoquant une extension de celui-ci (si on appuie sur un muscle, il s'étend sous la pression qu'on lui inflige, c'est une action purement mécanique)
- 2) Le récepteur musculaire sensoriel appelé fuseau neuromusculaire enregistre cette extension du muscle (information sensitive).
- 3) Le message nerveux sensitif qui en est issu chemine via un neurone sensoriel jusqu'au ganglion rachidien. Le ganglion rachidien est aussi appelé ganglion spinal et se situe dans la racine dorsale du nerf rachidien (voir schéma ci-dessus). Après être passé dans le ganglion rachidien le message nerveux continu et est transmis à un motoneurone via une synapse située dans la substance grise (centrale, en papillon) de la moelle spinale. Ce dernier se poursuit jusque dans la substance grise de la moelle épinière.

- 4) Là bas a lieu la synapse neuro-neuronale avec un motoneurone. Le message nerveux est alors moteur et chemine dans le motoneurone via la branche ventrale du nerf rachidien/spinal.
- 5) Le motoneurone se termine sur le même muscle que celui de départ, au niveau de la plaque motrice, formant avec ce dernier une synapse neuro-musculaire. L'information transportée indique au muscle qu'il doit se contracter pour compenser l'extension ressentie.
- 6) Le muscle se contracte : le réflexe myotatique est terminé.

III. La transmission de l'information : <https://www.youtube.com/watch?v=UVaTJjuxMHo>

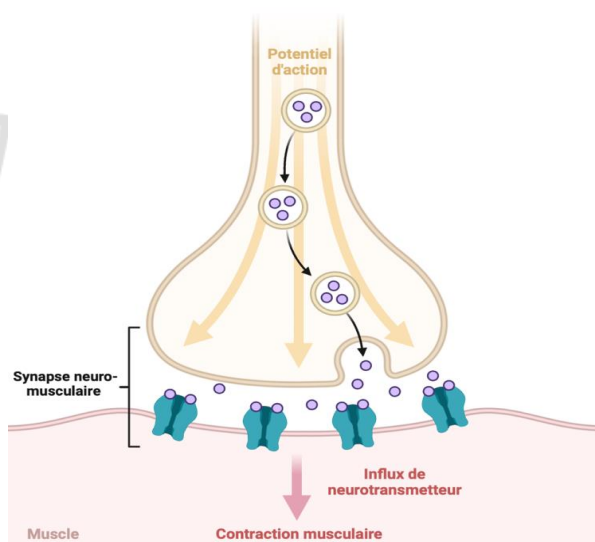
Lorsqu'un stimulus externe arrive au muscle, celui-ci va se propager sous forme d'influx nerveux à travers les neurones pour remonter jusqu'à la moelle spinale. Le signal arrive au niveau de la corne postérieure/dorsale qui reçoit l'information (sensitive), est transmis grâce à des synapses vers la corne antérieure/ventrale (motrice) qui renvoie l'information vers la périphérie sans remonter jusqu'au cerveau. Une fois ce signal arrivé au muscle, il provoquera la contraction non contrôlée (= involontaire) de ce dernier. Ce mécanisme est nommé « Arc réflexe » car il se produit de manière **INVOLONTAIRE**.



IV. Contraction du muscle

Une cellule musculaire est composée d'une membrane présentant des sortes de replis vers l'intérieur de la cellule (invaginations) qui se nomment tubules T (=tubule transverse) dans le cas de la cellule musculaire, ainsi qu'un **réticulum sarcoplasmique**, qui est le nom donné au réticulum endoplasmique spécialisé de la cellule musculaire et qui constitue réserve considérable de calcium (Ca^{2+}).

La synapse au niveau du muscle se nomme la synapse neuromusculaire car elle fait le lien entre un neurone et le muscle. Ainsi, une fois que le signal électrique arrive à cette synapse, il va provoquer une libération de neurotransmetteurs du neurone vers la cellule musculaire. Ces derniers vont traverser la fente synaptique pour se lier à des récepteurs sur la membrane musculaire et provoquer une dépolarisation membranaire. La dépolarisation se propage sur toute la membrane et plus précisément au niveau des tubules T, qui contiennent une petite réserve de calcium.



Réalisé sur Biorender.com

La dépolarisation énoncée ci-dessus permet l'ouverture des canaux calciques (passage pour le calcium qui doit traverser la membrane pour arriver à l'intérieur de la cellule) qui sont sensibles au signal électrique. Ça permet au calcium situé dans les tubules T de rentrer dans la cellule. Ce dernier vient à son tour activer les récepteurs très sensibles au calcium qui sont situés sur le réticulum sarcoplasmique. Cela provoque leur ouverture et la libération d'une **TRÈS grande quantité** de calcium. (*Rappel : réticulum sarcoplasmique = source de grande quantité de calcium*)

On retrouve donc à ce moment une énorme quantité de calcium dans la cellule, on va appeler ce moment : le pic calcique. Ce calcium va venir se lier aux myofibrilles (élément contractile de la cellule musculaire) et ainsi provoquer une **CONTRACTION**.

Exercices

Concernant le système nerveux, quelle(s) est(sont) la(les) proposition(s) exacte(s) ?

- A. Les éléments du SNC et le SNP sont des structures fragiles qui sont contenus dans des structures osseuses résistantes.
- B. Le SNC et le SNP sont 2 structures qui agissent de manière indépendante.
- C. Un neurone est constitué de 3 parties distinctes : un corps cellulaire, un axone, et des dendrites.
- D. Les nœuds de Ranvier se trouvent sur la gaine de myéline.

Concernant le réflexe myotatique, quelle(s) est(sont) la(les) proposition(s) exacte(s) ?

- A. Le réflexe myotatique est une contraction volontaire qui permet de garder notre posture lorsqu'on sent qu'on n'est pas en équilibre.
- B. L'ordre des événements d'un arc réflexe est : Stimulus > Corne postérieure > Cerveau > Corne Antérieure > Contraction muscle.
- C. Une afférence, dans le cas du réflexe myotatique est défini comme une information qui part de la moelle et allant vers la périphérie.
- D. Une efférence, dans le cas du réflexe myotatique est défini comme une information qui part de la moelle et allant vers la périphérie.

cachez cette partie ↓

Correction des exercices

Les réponses attendues au QCM sur le système nerveux sont :

- A. **FAUX**. Ce sont bien tous les 2 des structures fragiles mais à la différence du SNC, le SNP n'est pas contenu dans des structures osseuses protectrices, il est donc davantage exposé à des lésions mécaniques et aux toxines.
- B. **FAUX**. Le SNC et le SNP sont complémentaires ! Ils n'ont aucun effet l'un sans l'autre.
- C. **VRAI**.
- D. **FAUX**. Les nœuds de Ranvier se trouvent ENTRE les segments de myéline, donc dans des endroits dépourvus de gaine de myéline (là où l'axone est nu).

Les réponses attendues au QCM sur le réflexe myotatique sont :

- A. **FAUX**. Le réflexe myotatique est une contraction INVOLONTAIRE qui permet cependant bien de garder notre posture.
- B. **FAUX**. L'ordre des événements est : Stimulus > Corne postérieure > Corne antérieure > Contraction. Le cerveau n'intervient pas dans l'arc réflexe.
- C. **FAUX**. La définition correspond à une efférence. Une afférence, dans le cas du réflexe myotatique est une information allant de la périphérie vers le centre (moelle ici). Elle est mise en œuvre par les neurones sensitifs/sensoriels.
- D. **VRAI**.

Nous avons besoin de ton avis

Trop compliqué ou au contraire trop facile ? Un chapitre t'a semblé peu compréhensible ? Tu penses avoir remarqué des erreurs ? N'hésite pas à nous faire un retour sur ce que tu as pensé du contenu de ce cahier.

Tes remarques nous permettrons d'adapter et de perfectionner cette remise à niveau au fur et à mesure des années.

Nous te remercions pour ton retour et nous espérons que ce cahier t'aura été utile.

L'équipe du Tutorat



