

A1.2 LES ACIDES NUCLEIQUES

Table des matières

Structure de l'ADN et de l'ARN.....	3
Matériel génétique de la vie	3
L'ADN en tant que matériel génétique des organismes vivants.....	3
Composants nucléotidiques.....	3
Composants d'un nucléotide.....	3
Dessiner des diagrammes simples de la structure des nucléotides uniques de l'ADN et de l'ARN.....	4
Liaison des nucléotides	5
Formation de l'épine dorsale sucre-phosphate	5
Structure de l'ARN.....	6
Structure de l'ARN.....	6
Structure de l'ADN.....	7
Structure de l'ADN.....	7
Liaison hydrogène	9
Double hélice	10
Base du code génétique.....	13
Le code génétique.....	13
Code génétique	13
Conservation du Code génétique.....	14
Le code génétique est universel.....	14
Structure et fonction des acides nucléiques	15
ADN et ARN : comparaison	15
Différences entre l'ADN et l'ARN.....	15
Combinaison de base complémentaire	18
Le rôle de l'appariement de bases complémentaires	18
ADN : Molécule de stockage d'information	19
Diversité des séquences de bases de l'ADN.....	19
Structure de l'ADN (Complément NS).....	20
Signification de la directionnalité	20
Directionnalité de l'ARN et de l'ADN.....	20
Structure de l'hélice de l'ADN	20
Liaison entre la purine et la pyrimidine dans la structure de l'hélice de l'ADN	20

Nucléosomes et logiciel de visualisation moléculaire : compétences (Complément NS)	24
Nucléosomes	24
Compétences : Logiciel de visualisation moléculaire	26
Analyse de l'association entre la protéine et l'ADN au sein d'un nucléosome	26
L'expérience Hershey et Chase (Complément NS)	28
L'expérience Hershey et Chase	28
Quelle biomolécule est le matériau héréditaire ?	28
Analyse des résultats de l'expérience Hershey et Chase	28
NOS : Les développements technologiques peuvent ouvrir de nouvelles possibilités d'expériences - La disponibilité des radio-isotopes comme outils de recherche a rendu possible l'expérience Hershey-Chase	29
Données de Chargaff (Complément NS)	31
Données de Chargaff	31
NOS : Aborder le problème de l'induction par la certitude de la falsification - Comment les données de Chargaff ont falsifié l'hypothèse du tétranucléotide de l'ADN	31
Le problème de l'induction	31
Falsification de l'hypothèse du tétranucléotide	31

Structure de l'ADN et de l'ARN

Matériel génétique de la vie

L'ADN en tant que matériel génétique des organismes vivants

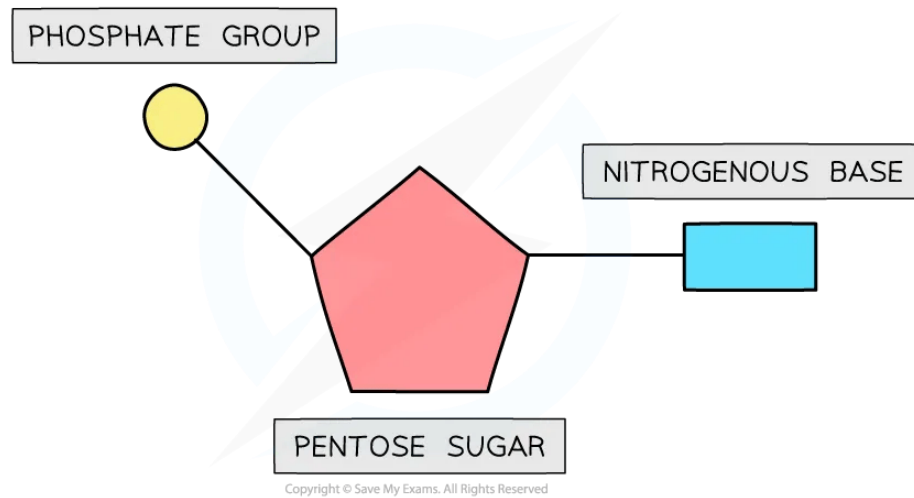
- L'**acide nucléique désoxyribose** (ADN) porte le **code génétique** de tous les organismes vivants
- C'est la raison pour laquelle on dit que le code génétique est **universel**, il s'applique à toutes les formes de vie
- L'**ADN se trouve principalement dans le noyau** où il forme les chromosomes
 - On le trouve également dans **les chloroplastes et les mitochondries** des cellules eucaryotes
- L'**acide ribonucléique** (ARN) est un autre type d'acide nucléique qui est le **principal composant des ribosomes**, qui jouent un rôle important dans la synthèse des protéines
 - Une partie de l'ARN se trouve également dans le **noyau** et le **cytoplasme**
- Certains virus (comme le SRAS-CoV-2) contiennent de l'**ARN** comme matériel génétique au lieu de l'ADN
- Ces virus sont à l'origine de diverses maladies, telles que la COVID-19, le virus Ebola, les oreillons et la grippe
- Les virus ne sont **pas considérés comme des organismes vivants**, car ils sont incapables de se répliquer par eux-mêmes
- Ils **dépendent d'autres cellules vivantes** pour leur réplication et leur survie
- Les virus **n'ont pas non plus de structure cellulaire**, ce qui est une autre raison pour laquelle ils ne sont pas considérés comme vivants

Composants nucléotidiques

Composants d'un nucléotide

- L'ADN et l'ARN sont tous deux **des polymères** constitués de **nombreuses unités répétitives** appelées **nucléotides**
- Chaque nucléotide est formé à partir de :
 - Un **sucre pentose** (un sucre à 5 atomes de carbone)
 - Une **base organique** contenant de l'azote (avec 1 ou 2 anneaux d'atomes)
 - Un **groupe phosphate** (acide et chargé négativement)
- La base et le groupe phosphate sont tous deux **liés de manière covalente** au sucre
- Les **bases azotées** de l'ADN sont :
 - Adénine (A)
 - Guanine (G)
 - Cytosine (C)
 - Thymine (T)
- L'ARN partage les mêmes bases azotées que l'ADN, à l'exception de la thymine, qui est remplacée par l'**uracile (U) dans l'ARN**
- Les bases azotées peuvent être regroupées en bases **puriques** ou **pyrimidines** :
 - **L'adénine et la guanine** sont des bases puriques
 - **La cytosine, la thymine** (dans l'ADN) et l'**uracile** (dans l'ARN) sont des bases pyrimidine

Diagramme de la structure des nucléotides

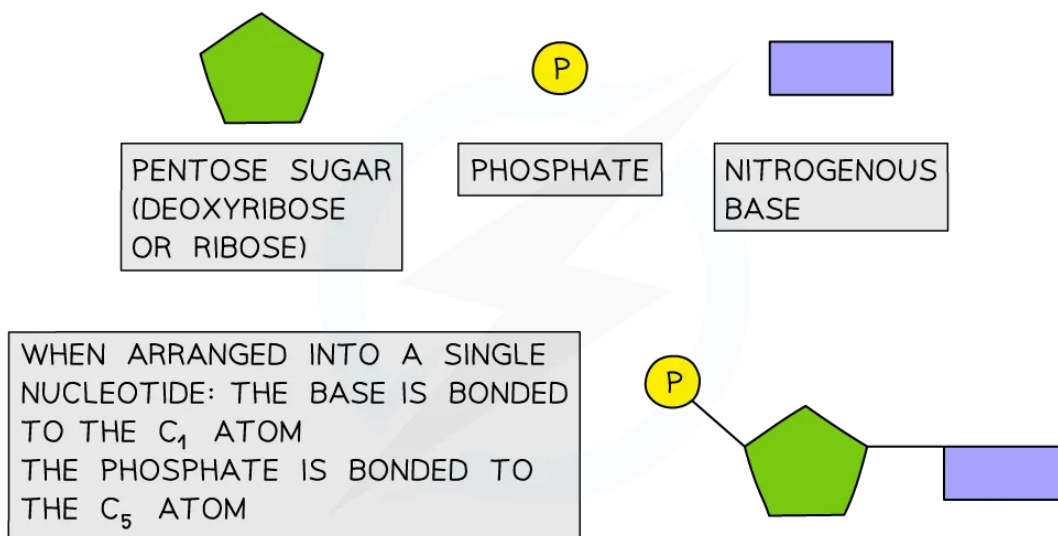


La structure de base d'un nucléotide

Dessiner des diagrammes simples de la structure des nucléotides uniques de l'ADN et de l'ARN

- **Des formes simples** peuvent être utilisées pour dessiner les **principaux éléments constitutifs des nucléotides et la double hélice de l'ADN**
 - Des compétences avancées en dessin ne sont pas requises !
- **Les pentagones** peuvent représenter **des sucres pentoses**
- **Les cercles** peuvent représenter **des phosphates**
 - Souvent représenté par un cercle avec la lettre P à l'intérieur : Ⓟ
- **Les rectangles** peuvent représenter des **bases**
- **Les liaisons covalentes** peuvent être représentées par **des lignes continues**
- **Les liaisons hydrogène** peuvent être représentées par **des lignes pointillées**
 - Ou avec des formes complémentaires qui s'emboîtent (voir schémas)

Composants d'un diagramme nucléotidique



Des formes simples peuvent être utilisées pour représenter des parties de molécules de nucléotides

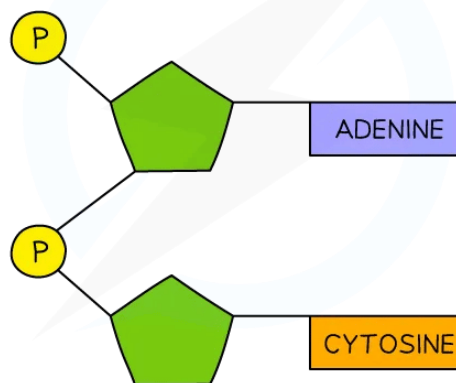
Liaison des nucléotides

Formation de l'épine dorsale sucre-phosphate

- Les nucléotides s'assemblent en chaînes pour former des brins d'ADN ou d'ARN
- Le **groupe phosphate d'un nucléotide** forme une liaison covalente avec le **sucre pentose du suivant**
 - Cela se poursuit pour former un **grand polymère**
 - Ces polymères forment des **acides nucléiques**, également connus sous le nom **de polynucléotides**
- Le groupe phosphate d'un nucléotide est lié au sucre pentose du suivant par **des réactions de condensation**
 - Cela signifie **qu'une molécule d'eau est libérée lors de** la formation de chaque liaison covalente
- Cela forme un « **squelette sucre-phosphate** » avec une base liée à chaque sucre
- Le polymère des nucléotides est connu sous le nom de **brin**
- L'ADN est double brin, l'ARN est généralement simple brin
- Il n'y a que **4 bases distinctes** qui peuvent être assemblées dans **n'importe quelle combinaison/séquence**
 - Parce que le **sucre et le phosphate sont les mêmes** dans chaque nucléotide

Schéma de liaison des nucléotides

TWO NUCLEOTIDES CAN BE SHOWN BONDED TOGETHER IN THE SAME STRAND AS FOLLOWS: THE PHOSPHATE FROM ONE NUCLEOTIDE BONDS TO THE C₃ ATOM OF THE ADJACENT PENTOSE SUGAR



Copyright © Save My Exams. All Rights Reserved

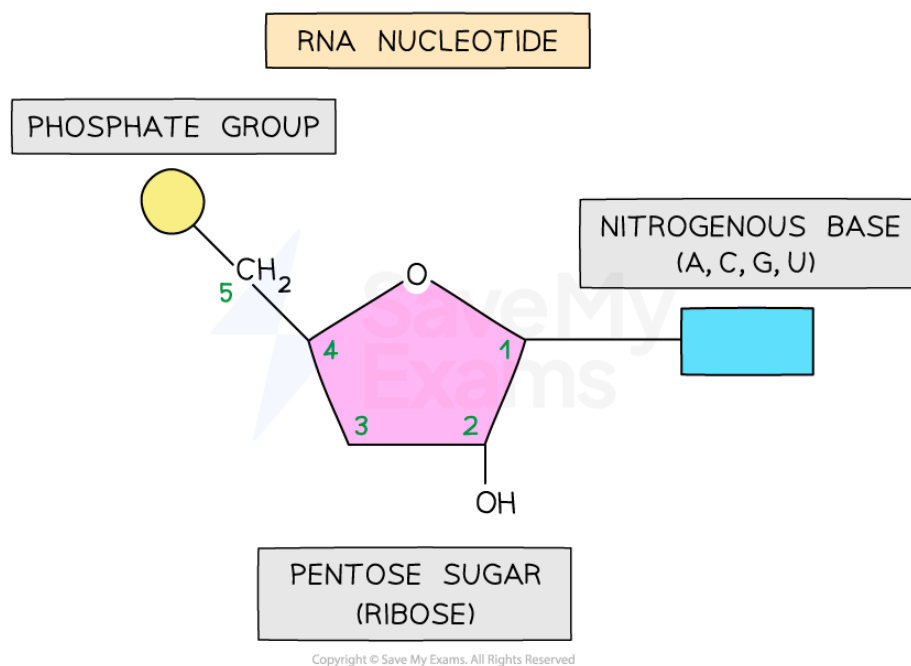
Deux nucléotides liés ensemble de manière covalente à l'intérieur d'un brin

Structure de l'ARN

Structure de l'ARN

- Contrairement à l'ADN, les molécules d'ARN sont **relativement courtes** avec des longueurs comprises entre cent et quelques milliers de nucléotides
- Il forme généralement un **polynucléotide simple brin** avec du **ribose** comme sucre pentose dans chaque nucléotide
- Les nucléotides d'ARN contiennent les **bases azotées** suivantes :
 - Adénine
 - Guanine
 - Cytosine
 - Uracil (au lieu de la thymine dans l'ADN)
- Les atomes de carbone dans les nucléotides sont numérotés **à partir de la droite dans le sens des aiguilles d'une montre**
 - Cela facilite l'**identification des liaisons** dans le squelette sucre-phosphate des polynucléotides
 - Il indique également l'**orientation du polynucléotide**

Diagramme des nucléotides de l'ARN

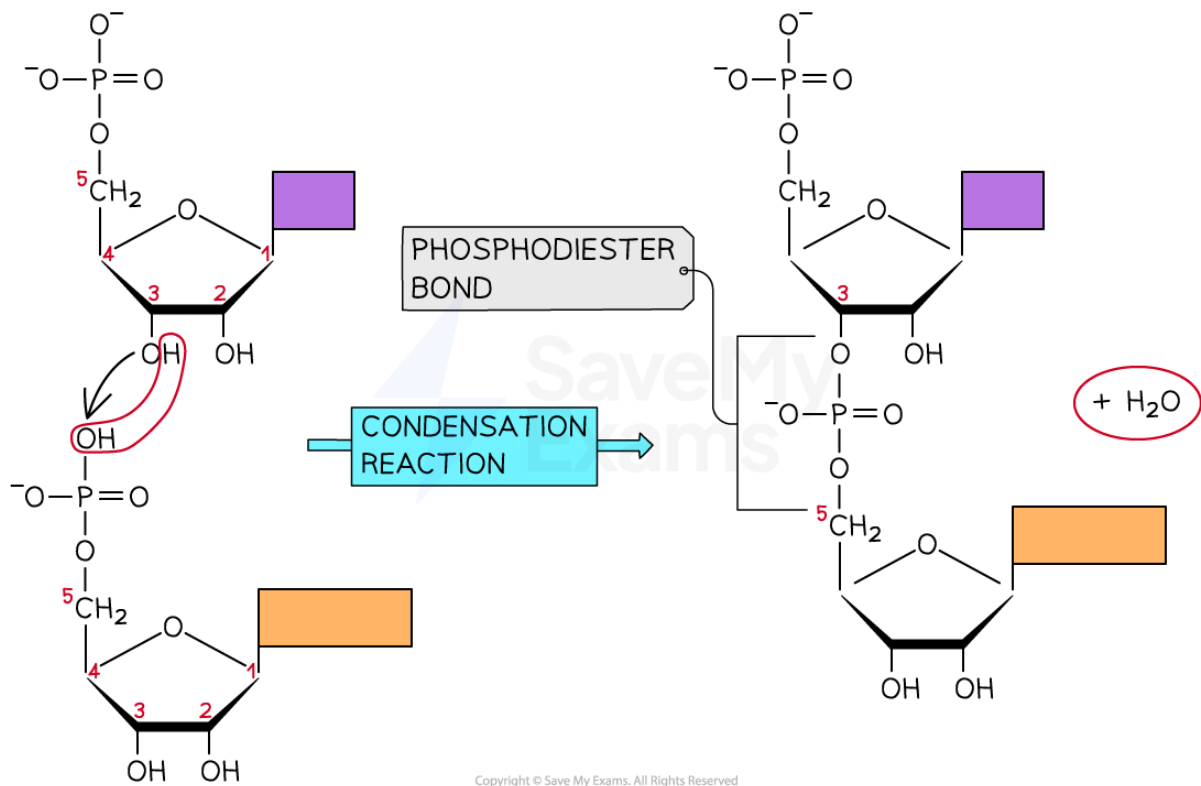


La structure d'un nucléotide d'ARN

- Différents types d'ARN se trouvent dans les cellules des organismes vivants :
 - **l'ARN messager** (ARNm), qui se forme dans le noyau et est transporté vers les ribosomes dans le cytoplasme
 - **ARN de transfert** (ARNt), qui est responsable du transport des acides aminés vers les ribosomes pendant la synthèse des protéines
 - **ARN ribosomique** (ARNr), qui fait partie des ribosomes
- Les nucléotides d'ARN adjacents sont liés entre eux par des **réactions de condensation**, au cours desquelles une molécule d'eau est libérée

- Cela forme une **liaison phosphodiester** entre le sucre pentose d'un nucléotide et le groupe phosphate du nucléotide suivant

La formation d'un diagramme polymère d'ARN



La liaison des nucléotides d'ARN entre eux par des réactions de condensation entraînera la formation de liaisons phosphodiester

Conseil d'examen

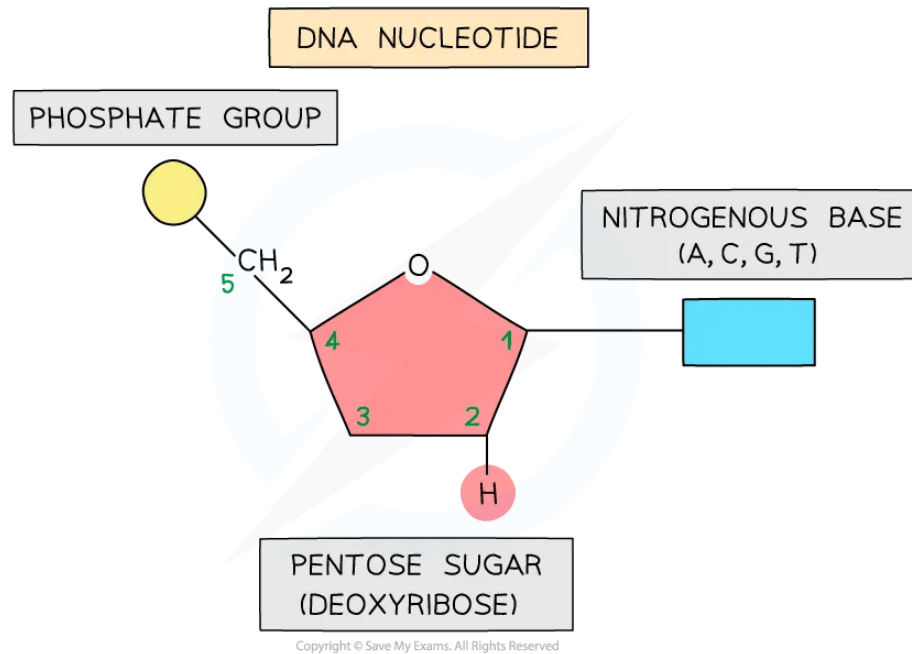
Assurez-vous que vous êtes capable de dessiner et de reconnaître des diagrammes d'un seul nucléotide d'ARN, ainsi que des polymères d'ARN

Structure de l'ADN

Structure de l'ADN

- L'ADN est une **double hélice** composée de deux brins antiparallèles de nucléotides liés par une liaison hydrogène entre des paires de bases complémentaires
- L'ADN de l'acide nucléique est un **polynucléotide** – il est composé de **nombreux nucléotides** liés ensemble dans une **longue chaîne**

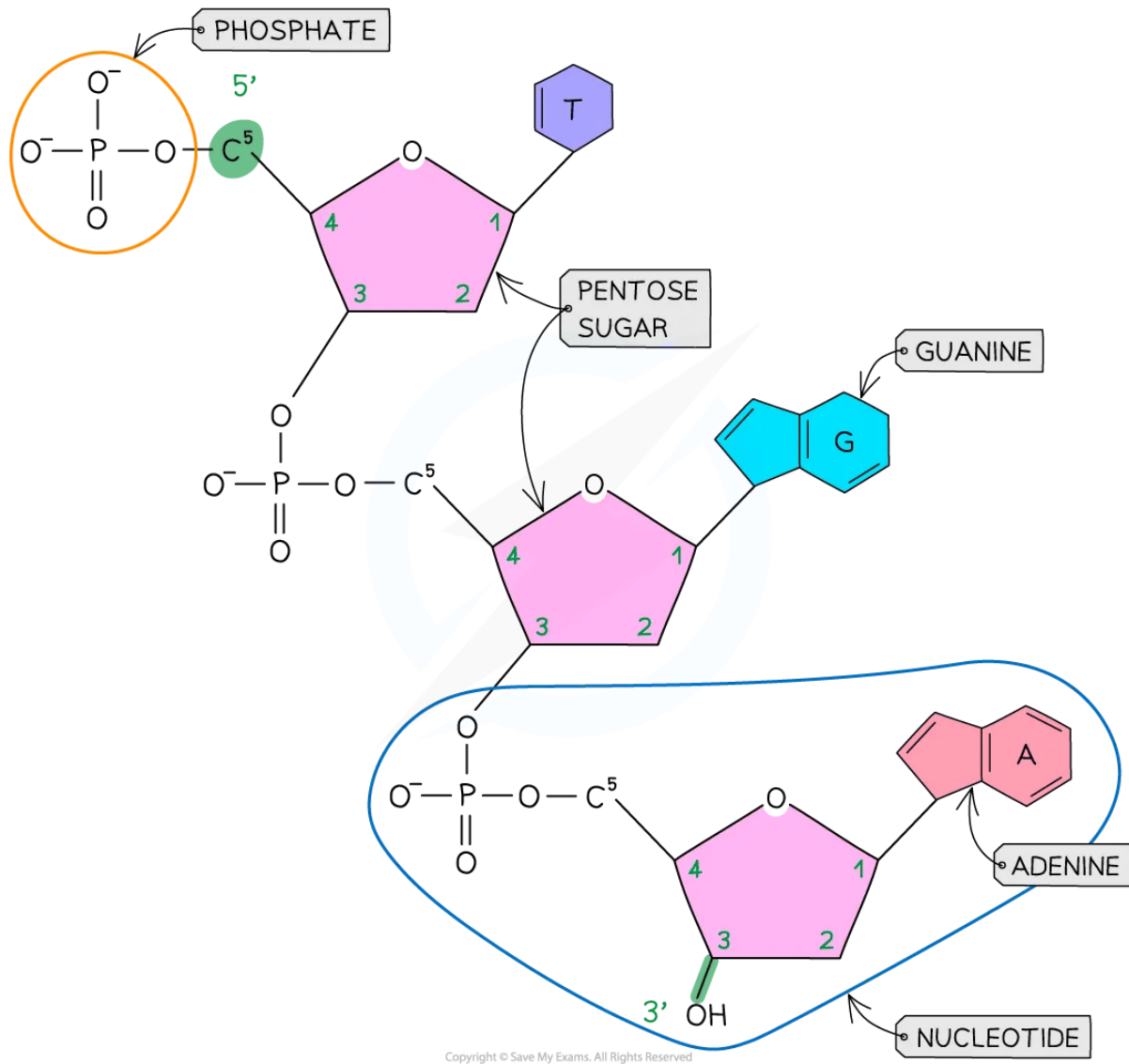
Diagramme nucléotidique de l'ADN



Un nucléotide d'ADN

- Les molécules d'ADN sont constituées de **deux brins polynucléotidiques** côte à côte, fonctionnant dans des directions opposées - les brins sont dits **antiparallèles**
- Chaque brin de polynucléotide d'ADN est constitué **d'une alternance de sucres désoxyribose et de groupes phosphate liés ensemble** pour former le **squelette sucre-phosphate**
- On dit que chaque brin de polynucléotide **d'ADN a une extrémité 3' et une extrémité 5'** (ces nombres se rapportent à l'atome de carbone sur le sucre pentose qui pourrait être lié à un autre nucléotide)
- Parce que les brins courent dans des directions opposées (ils sont **antiparallèles**), l'un est connu sous le nom de **brin de 5' à 3'** et l'autre est connu sous le nom de **brin de 3' à 5'**
- Les bases azotées de chaque nucléotide se projettent du squelette **vers l'intérieur** de la molécule d'ADN double brin

Schéma d'un seul brin polynucléotidique d'ADN

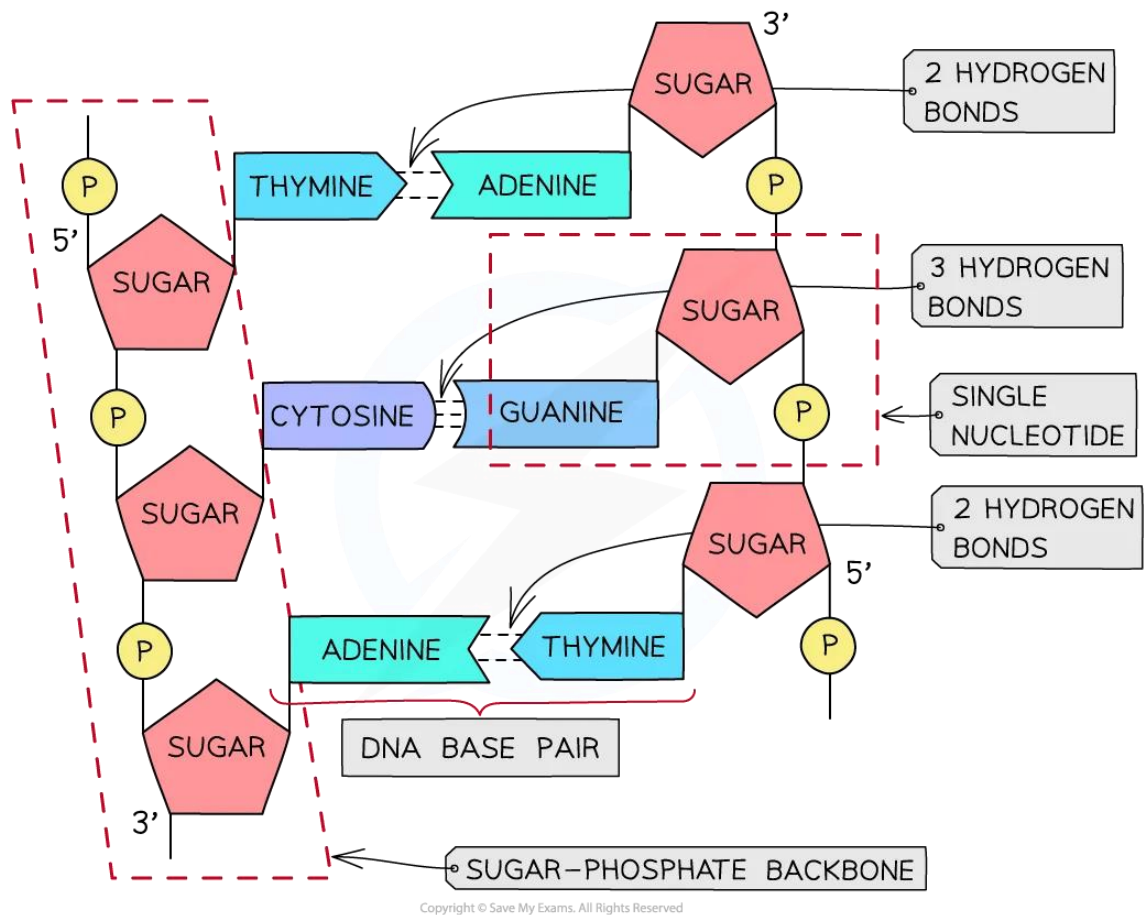


Un seul brin polynucléotidique d'ADN montrant 3 nucléotides dans une séquence

Liaison hydrogène

- Les deux brins polynucléotidiques d'ADN antiparallèles qui composent la molécule d'ADN sont **maintenus ensemble par des liaisons hydrogène** entre les bases azotées
- Ces liaisons hydrogène se produisent toujours entre les **mêmes paires de bases** :
 - La purine **adénine** (A) s'apparie toujours avec la pyrimidine **thymine** (T) – deux liaisons hydrogène se forment entre ces bases
 - La **guanine** purique (G) s'apparie toujours à la **cytosine** pyrimidine (C) – trois liaisons hydrogène se forment entre ces bases
 - C'est ce qu'on appelle **l'appariement de bases complémentaires**
 - Ces paires sont connues sous le nom de **paires de bases d'ADN**

Molécule d'ADN avec schéma de liaison hydrogène

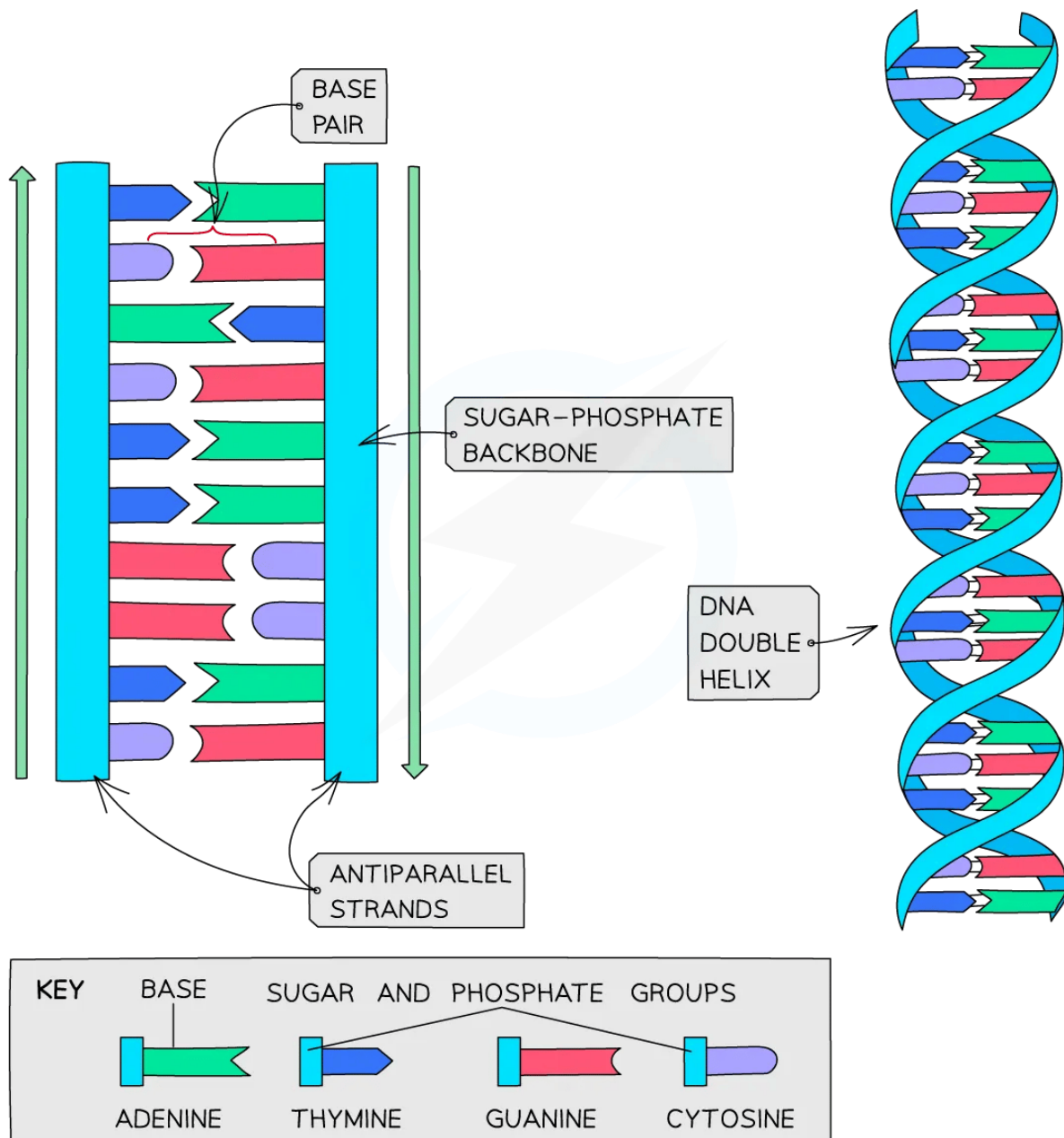


Une section d'ADN – deux brins polynucléotidiques d'ADN antiparallèles maintenus ensemble par des liaisons hydrogène

Double hélice

- L'ADN n'est pas bidimensionnel comme le montre le schéma ci-dessus
- L'ADN est décrit comme une **double hélice**
- Il s'agit de la **forme tridimensionnelle** que forment les molécules d'ADN

Diagramme de formation de la double hélice de l'ADN

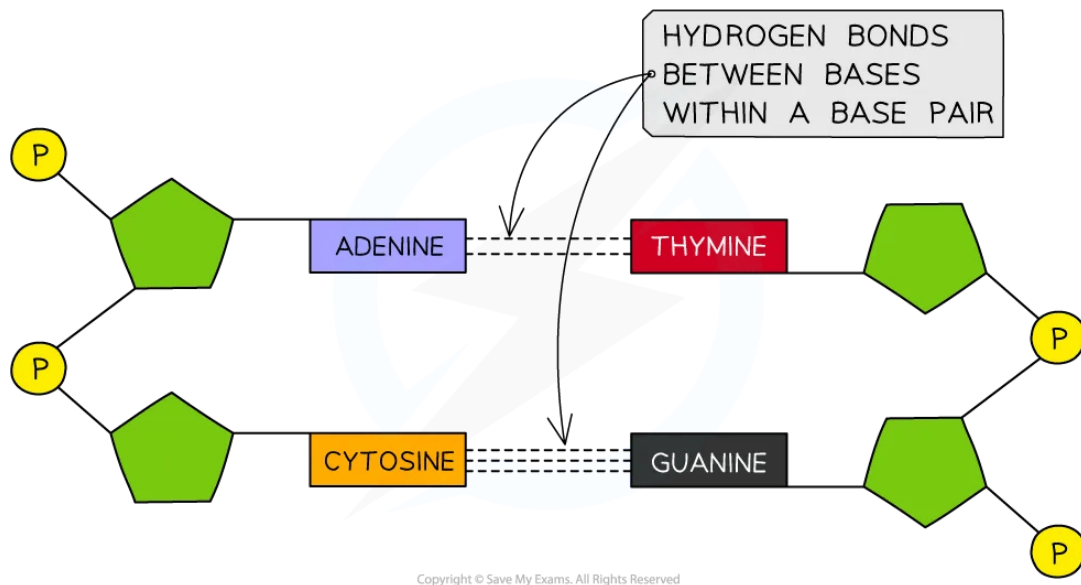


Les molécules d'ADN forment une structure tridimensionnelle connue sous le nom de double hélice d'ADN

Conseil d'examen

Assurez-vous que vous pouvez nommer les différents composants d'une molécule d'ADN (squelette sucre-phosphate, nucléotide, paires de bases complémentaires, liaisons hydrogène) et assurez-vous que vous êtes en mesure de les localiser sur un schéma. N'oubliez pas que les liaisons covalentes relient les nucléotides dans le squelette sucre-phosphate et que les liaisons hydrogène relient les bases des deux brins complémentaires. N'oubliez pas que les bases sont complémentaires, donc le nombre de A = T et C = G. On pourrait vous demander de déterminer combien de bases sont présentes dans une molécule d'ADN si on vous donne le nombre d'une seule des bases.

Dessin d'appariement de bases dans une molécule d'ADN



Lors du dessin de l'appariement de bases, le brin opposé doit être antiparallèle au premier. La présence de liaisons hydrogène est indiquée, mais le nombre/la longueur des liaisons n'est pas nécessaire

Conseil d'examen

Des formes simples dessinées à la main suffiront lors d'un examen. Conseil d'expert - un **grand** dessin est toujours plus facile à lire (et à attribuer) pour un examinateur qu'un petit ! Lisez attentivement la question ; Les examinateurs veulent souvent qu'un **nucléotide entier** soit identifié dans votre schéma et qu'il s'assure que votre schéma comprend **les 4 bases complémentaires**. Vous n'avez pas besoin de vous rappeler le nombre de liaisons hydrogène entre les bases. N'oubliez pas non plus de dessiner des brins d'ADN **antiparallèles** (l'un à l'envers contre l'autre) mais vous n'avez pas besoin de pouvoir dessiner une forme d'hélice !

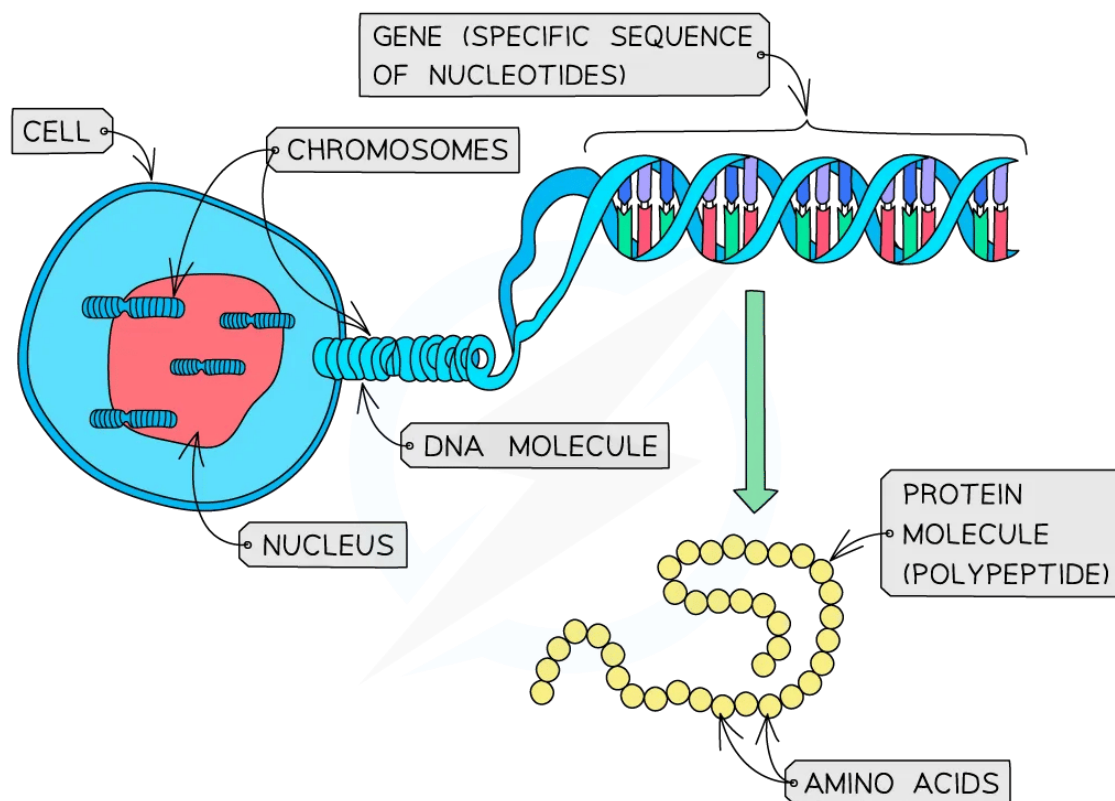
Base du code génétique

Le code génétique

Code génétique

- Les molécules d'ADN portent le code génétique sous la forme **d'une séquence de bases azotées** dans les nucléotides
 - Ces bases sont l'adénine, la guanine, la cytosine et la thymine
- L'un des brins d'une molécule d'ADN **portera la séquence de base** qui sera lue par les enzymes
 - Ce brin est connu sous le nom de **brin codant**
- La **séquence de bases** qui forment **les** gènes sur le brin codant déterminera **l'ordre des acides aminés** dans les protéines synthétisées
- Le code se lit comme un **triplet de bases**, appelé **codon**, chaque séquence de trois bases codant pour **un acide aminé**
 - N'oubliez pas qu'il existe 20 acides aminés différents pour lesquels on pourrait coder
- La séquence d'acides aminés **déterminera la forme et la fonction de la protéine** synthétisée à partir du code

Du gène au diagramme protéique



Copyright © Save My Exams. All Rights Reserved

La séquence des bases de l'ADN dans les gènes code pour la production d'une molécule protéique spécifique

Conservation du Code génétique

Le code génétique est universel

- Le code génétique est **universel**, ce qui signifie que presque tous les organismes utilisent le **même code** (il y a quelques exceptions rares et mineures)
- Les **mêmes codes triplets codent pour les mêmes acides aminés dans tous les êtres vivants** (ce qui signifie que l'information génétique est transférable entre les espèces)
 - La nature universelle du code génétique est la raison pour laquelle le **génie génétique** est possible
- Cela fournit la preuve d'un **ancêtre commun universel** à partir duquel tous les organismes vivants sur Terre ont évolué
- Au fil du temps, **les mutations** ont entraîné **des changements dans certaines des séquences de base** des organismes
 - Ces séquences de base forment le **génom**e d'un organisme
 - Certaines séquences de base font partie de régions qui codent pour des protéines, appelées **séquences codantes**, tandis que d'autres sont situées dans des régions qui ne codent pas pour des protéines (**séquences non codantes**)
- Bon nombre de ces séquences codantes et non codantes sont restées inchangées dans tous les organismes et sont connues sous le nom **de séquences conservées**
- Des séquences hautement conservées se trouvent généralement dans les gènes qui codent pour les **protéines impliquées dans la transcription et la traduction**, ainsi que dans les **protéines histones** qui aident à emballer étroitement l'ADN dans le noyau
- La similitude de ces séquences indique que les organismes vivants partagent une **ascendance universelle**

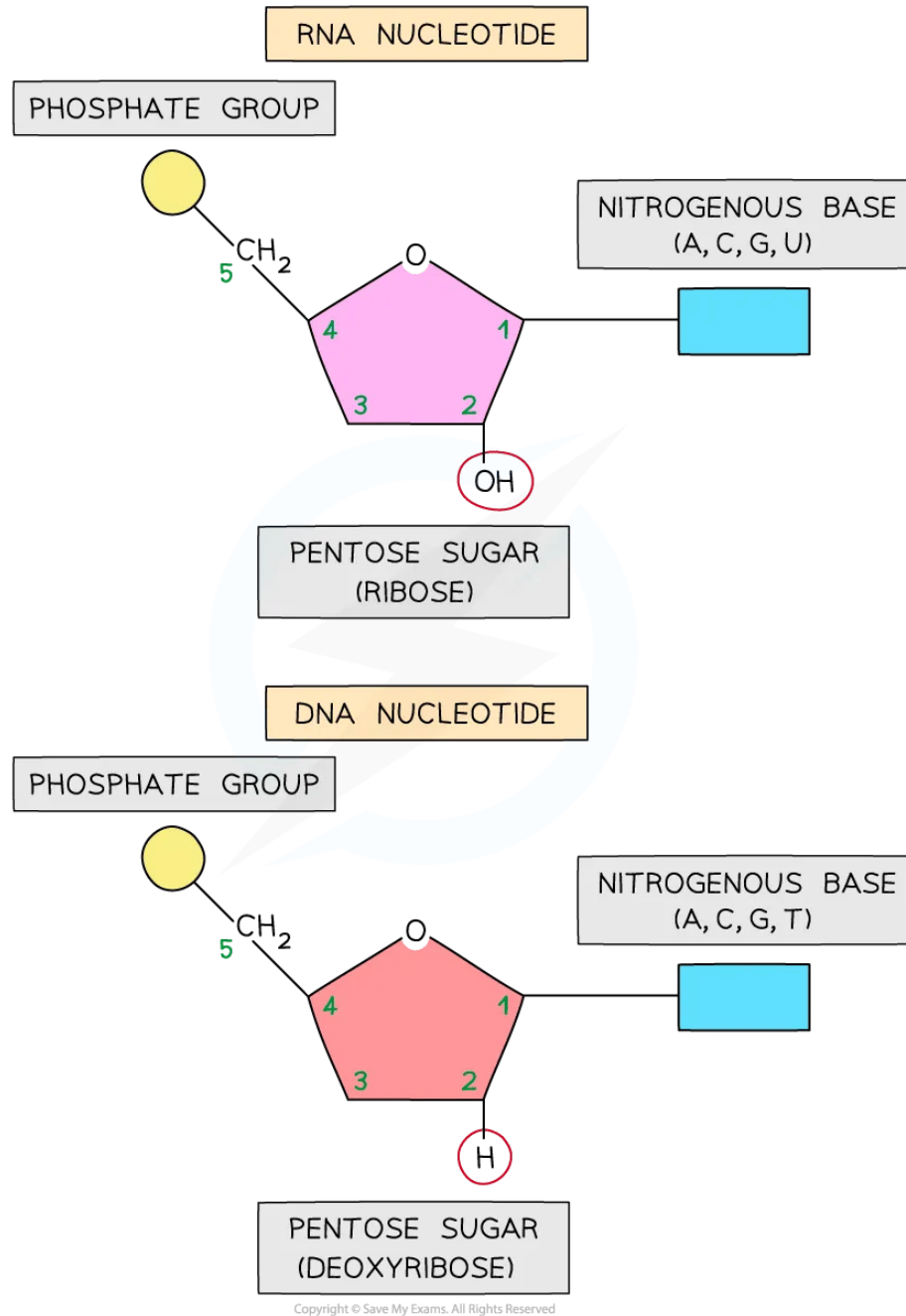
Structure et fonction des acides nucléiques

ADN et ARN : comparaison

Différences entre l'ADN et l'ARN

- **Contrairement à l'ADN**, les nucléotides d'ARN **ne contiennent jamais** la base azotée **thymine** (T) – à la place, ils contiennent la base azotée **uracile** (U)
- **Contrairement à l'ADN**, les nucléotides d'ARN contiennent le sucre **pentose ribose** (au lieu du désoxyribose)

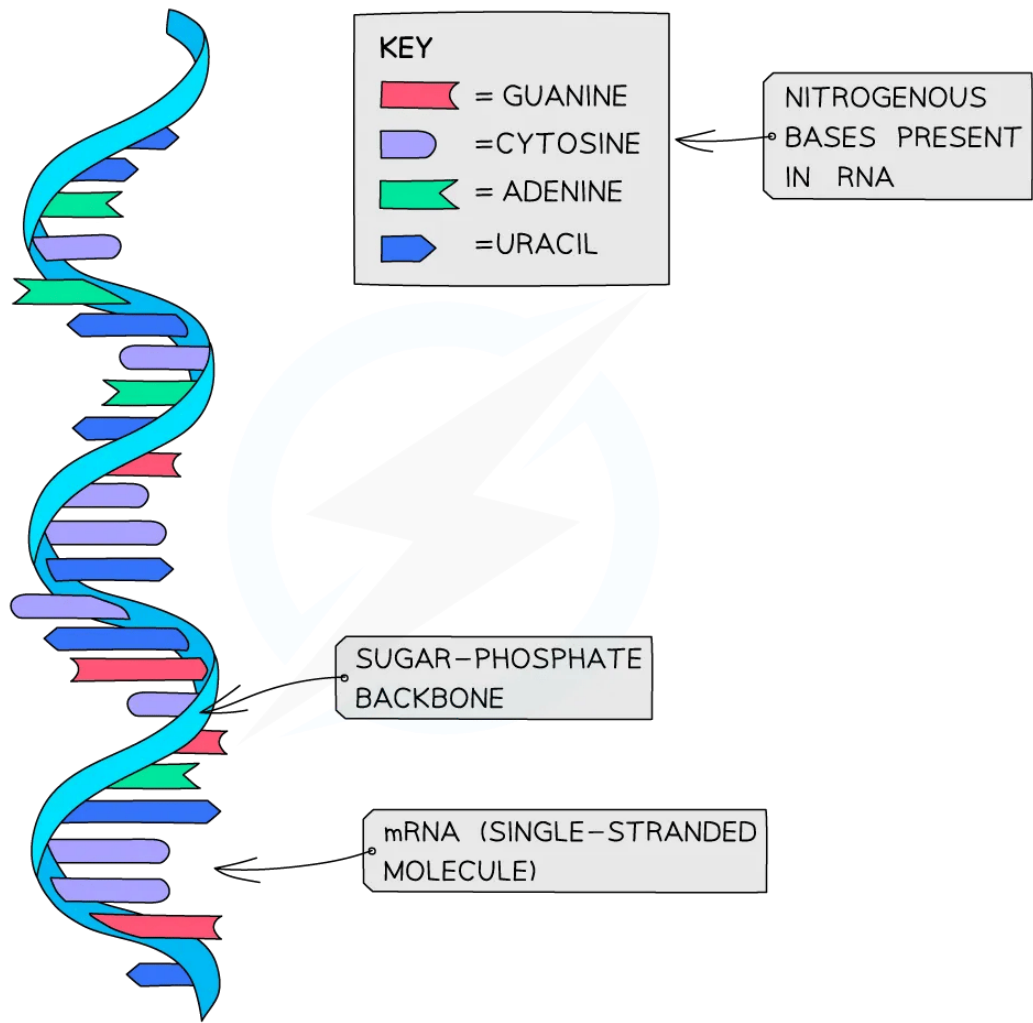
Diagramme de comparaison des nucléotides de l'ADN et de l'ARN



Un nucléotide d'ARN comparé à un nucléotide d'ADN

- **Contrairement à l'ADN**, les molécules d'ARN ne sont constituées que **d'un seul brin polynucléotidique** (elles sont **monocaténaïres**.)
- **Contrairement à l'ADN**, Les chaînes polynucléotidiques de l'ARN sont relativement **courtes par rapport à l'ADN**

Structure de l'ARN



L'ARNm comme exemple de la structure d'une molécule d'ARN

Tableau récapitulatif de la structure des nucléotides

Propriétés	ADN	ARN
Sucre pentose	Le désoxyribose	Ribose
Bases	Adénine (A) Cytosine (C) Guanine (G) Thymine (T)	Adénine (A) Cytosine (C) Guanine (G) Uracil (U)
Nombre de brins	Double brin (double hélice)	Simple brin

Conseil d'examen

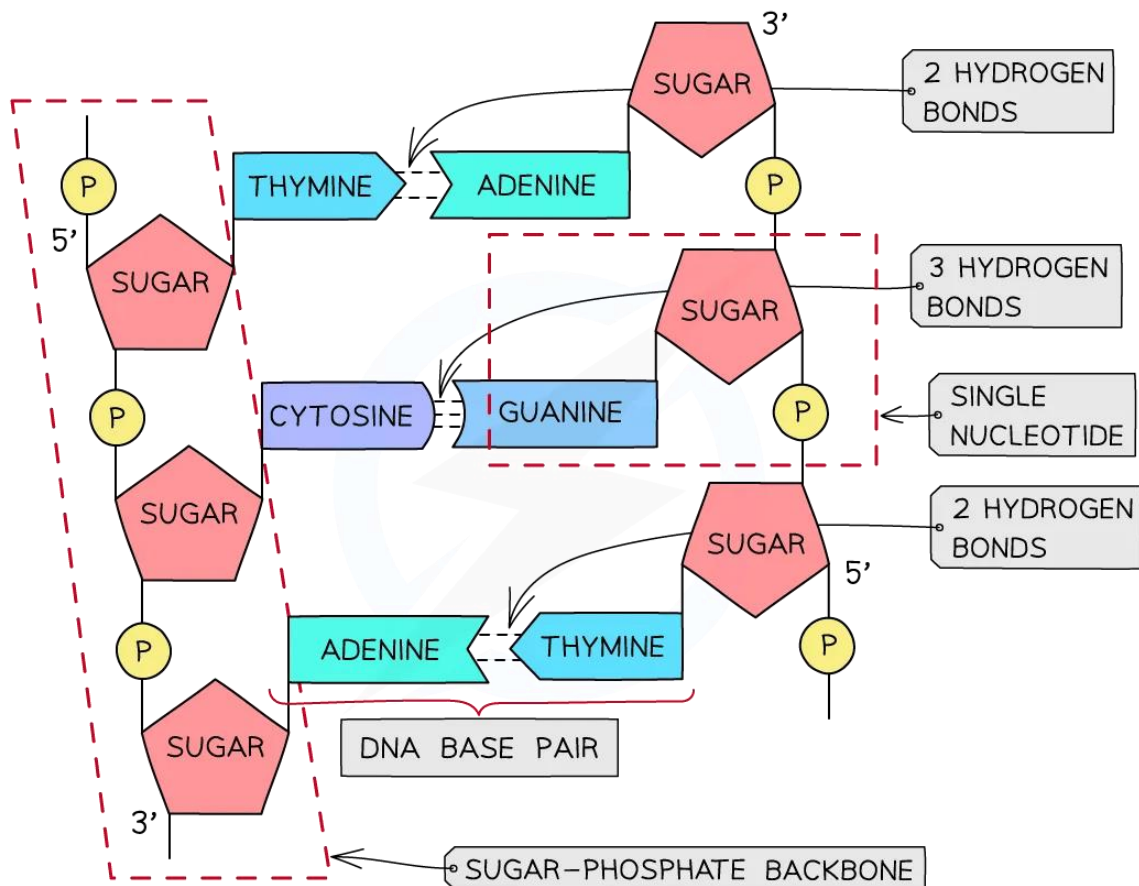
Vous devez connaître la différence entre les molécules d'ADN et d'ARN (composition de base, nombre de brins, sucre pentose présent). Vous devez également être capable d'esquisser la différence entre le ribose et le désoxyribose.

Combinaison de base complémentaire

Le rôle de l'appariement de bases complémentaires

- L'appariement de bases complémentaires signifie que les bases de l'ADN sur différents brins s'apparieront toujours d'une manière très spécifique :
 - **L'adénine (A)** s'associera à **la thymine (T)**
 - **La cytosine (C)** s'associera à **la guanine (G)**
- En effet, les liaisons hydrogène qui maintiennent les deux brins d'ADN ensemble **ne peuvent se former qu'entre ces paires de bases** :
 - **Deux liaisons hydrogène** se forment entre A et T
 - **Trois liaisons hydrogène** se forment entre C et G
- L'appariement de bases complémentaires signifie que la **séquence de bases d'un brin d'ADN** détermine la séquence **de l'autre brin**
 - On dit qu'un brin sert de modèle à l'autre
- Cela permet à l'ADN d'être copié **très précisément lors de la réplication de l'ADN**, ce qui garantit que le code génétique est copié avec précision et exprimé dans les cellules nouvellement formées

Paires de bases complémentaires et diagramme de liaison hydrogène



Une section d'ADN montrant une liaison nucléotidique et une liaison de paire de bases complémentaires

ADN : Molécule de stockage d'information

Diversité des séquences de bases de l'ADN

- Bien que le code génétique **ne contienne que quatre bases** (A, T, C, G), elles peuvent se combiner pour former une **gamme très diverse de séquences de bases d'ADN dans des molécules d'ADN de différentes longueurs**
- Cela signifie que l'ADN a une **capacité presque illimitée de stockage de l'information génétique** dans les organismes vivants
- L'une des façons de mesurer cette capacité de stockage est le **nombre de gènes** contenus dans l'ADN d'un organisme
- Même les formes de vie les plus simplistes peuvent contenir plusieurs milliers de gènes dans leur ADN

Tableau Comparaison du nombre de gènes entre différents organismes

Organisme	Humain	Chien	Puce d'eau	Bactérie (<i>E. coli</i>)	Plante de riz
Nombre approximatif de gènes	20 000	19 000	31 000	4 300	41 500

- La capacité de stockage de l'ADN peut également être mesurée dans le **nombre de paires de bases** contenues dans le **génome** d'un organisme
- **L'ADN dans le noyau d'une cellule humaine** contient environ 3,2 gigabases
 - C'est environ 10^9 Paires de bases d'ADN
- Ces paires de bases sont contenues dans de **l'ADN d'une longueur d'environ 2 mètres, qui s'insère** dans le noyau de chaque cellule humaine
 - Étant donné qu'un noyau est de taille microscopique, c'est une indication de l'incroyable qualité de cette quantité d'information génétique
- Cela donne à l'ADN une **énorme capacité** de stockage de « données » génétiques **avec une grande économie**

Structure de l'ADN (Complément NS)

Signification de la directionnalité

Directionnalité de l'ARN et de l'ADN

- Lorsque les nucléotides sont liés entre eux pour former des acides nucléiques, tels que l'ARN et l'ADN, les **groupes phosphate** forment un pont entre le **carbone 3 d'une molécule de sucre** et le **carbone 5 de la suivante**
- Cela signifie que chaque brin de polynucléotide a une **extrémité 3'** où le groupe OH est situé sur le carbone-3 de la molécule de sucre et une **extrémité 5'** contenant le groupe phosphate sur le carbone-5
- Dans une molécule d'ADN, un brin s'étend de **5' à 3'** tandis que l'autre brin s'étend de **3' à 5'**
 - C'est pourquoi on dit que les deux courants sont **antiparallèles**
- La **directionnalité des brins de polynucléotides** joue un rôle important dans les processus de :
 - Réplication de l'ADN
 - Transcription
 - Traduction
- Lors de la **transcription**, le code génétique sur l'un des brins d'ADN (le **brin codant**) est transcrit en un **brin d'ARNm**
 - Le brin codant est toujours lu dans la direction **3' à 5'** par des enzymes qui vont synthétiser le brin d'ARNm dans la direction **5' à 3'**
- L'ARNm se déplacera dans le cytoplasme de la cellule, où **les ribosomes traduiront** le code transcrit dans la direction **5' à 3'**
 - La séquence de base du code génétique déterminera l'**ordre spécifique des acides aminés** dans la chaîne polypeptidique créée lors de la **traduction**
- La **directionnalité de l'ARN et de l'ADN** est donc d'une importance cruciale pour garantir que le code génétique est copié, transcrit et traduit correctement

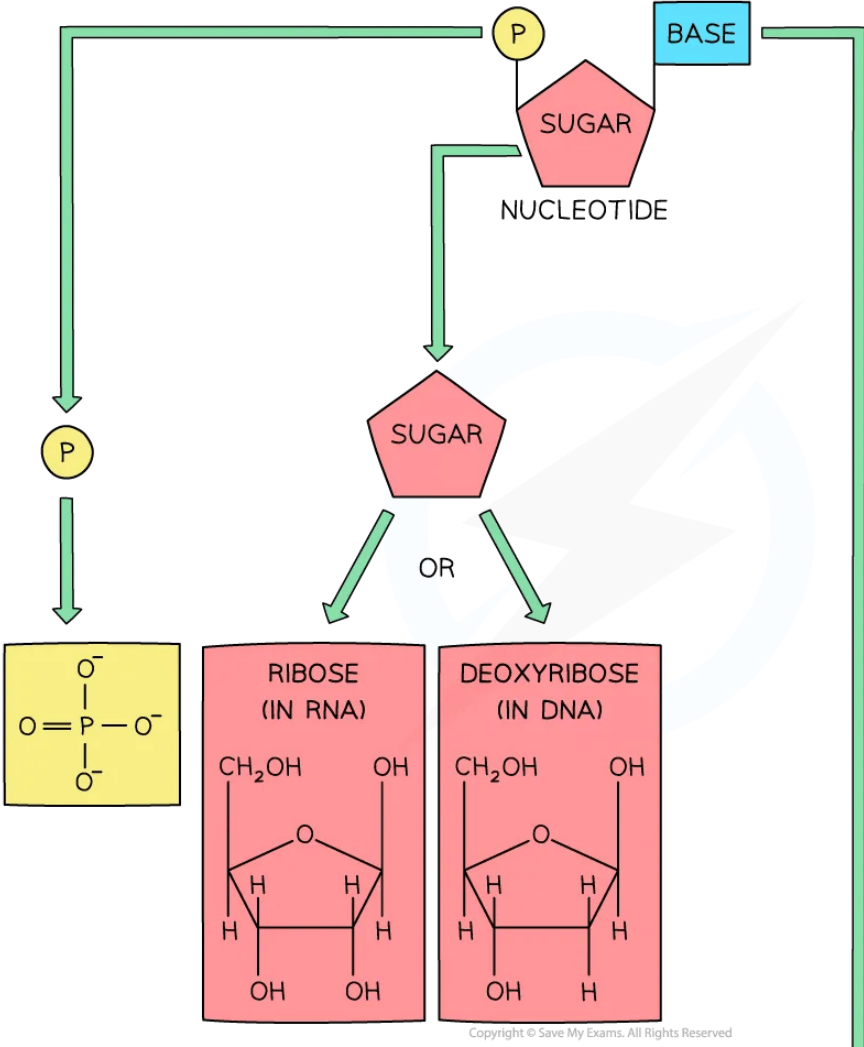
Structure de l'hélice de l'ADN

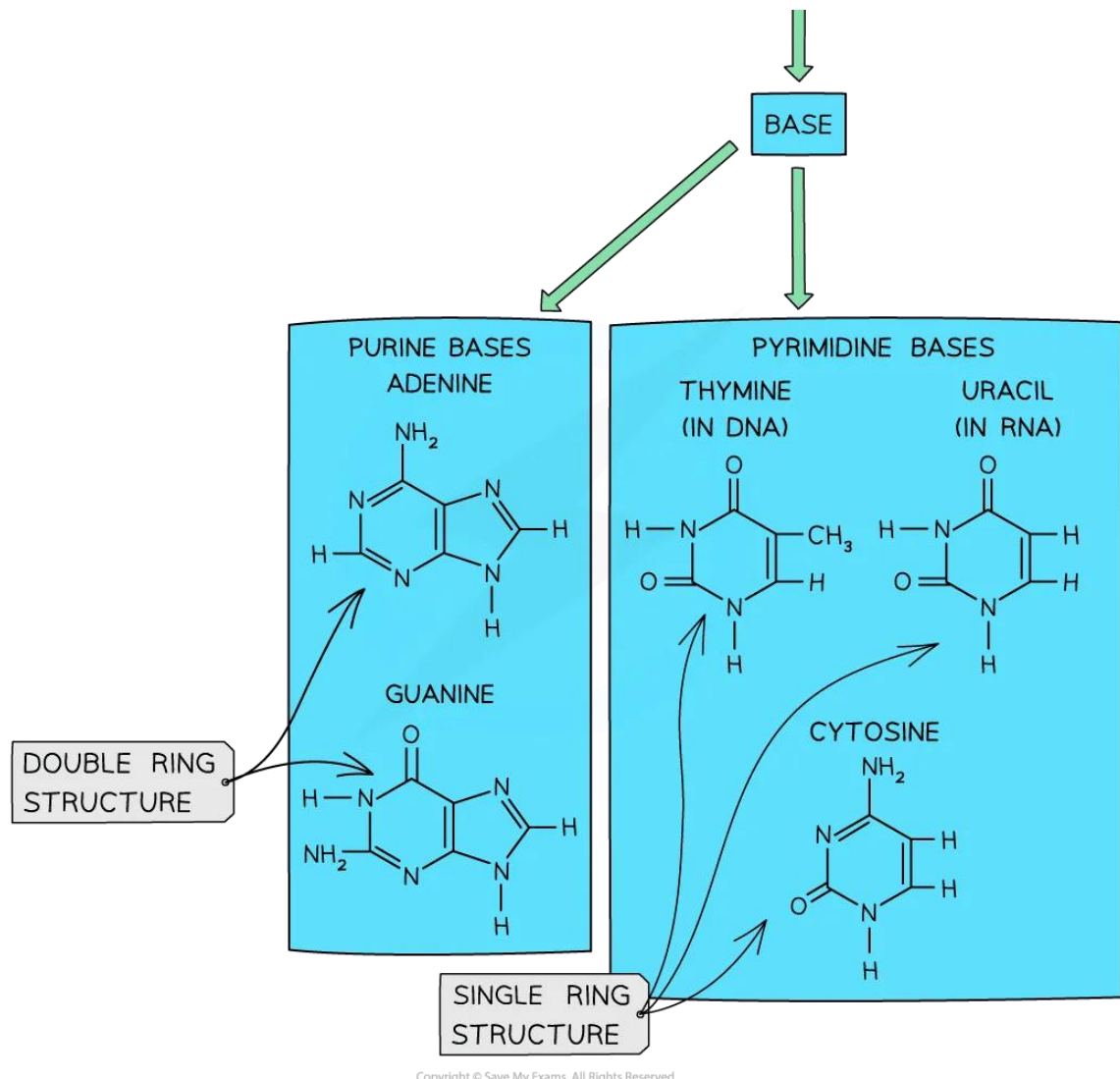
Liaison entre la purine et la pyrimidine dans la structure de l'hélice de l'ADN

- Francis **Crick** et James **Watson** étaient deux scientifiques de Cambridge qui ont travaillé ensemble pour établir la structure en **double hélice** de l'ADN en 1953
- Grâce à des essais et des erreurs, ils ont réussi à construire un modèle de la structure en double hélice de l'ADN où les différentes paires de bases s'emboîtent correctement
- Les paires de bases **A à T** et **C à G** sont de **longueur égale**, ce qui signifie que l'hélice d'ADN aura la **même structure 3D** quelle que soit la séquence de base
 - L'adénine (A) et la guanine (G) sont des bases **puriques** tandis que la thymine (T) et la cytosine (C) sont **des bases pyrimidine**

- Les purines sont plus grandes que les pyrimidines en raison de leur structure à deux anneaux de carbone
- La stabilité de la double hélice est encore augmentée par les **liaisons hydrogène** qui se forment entre ces **paires de bases complémentaires**

Diagramme des purines et pyrimidines





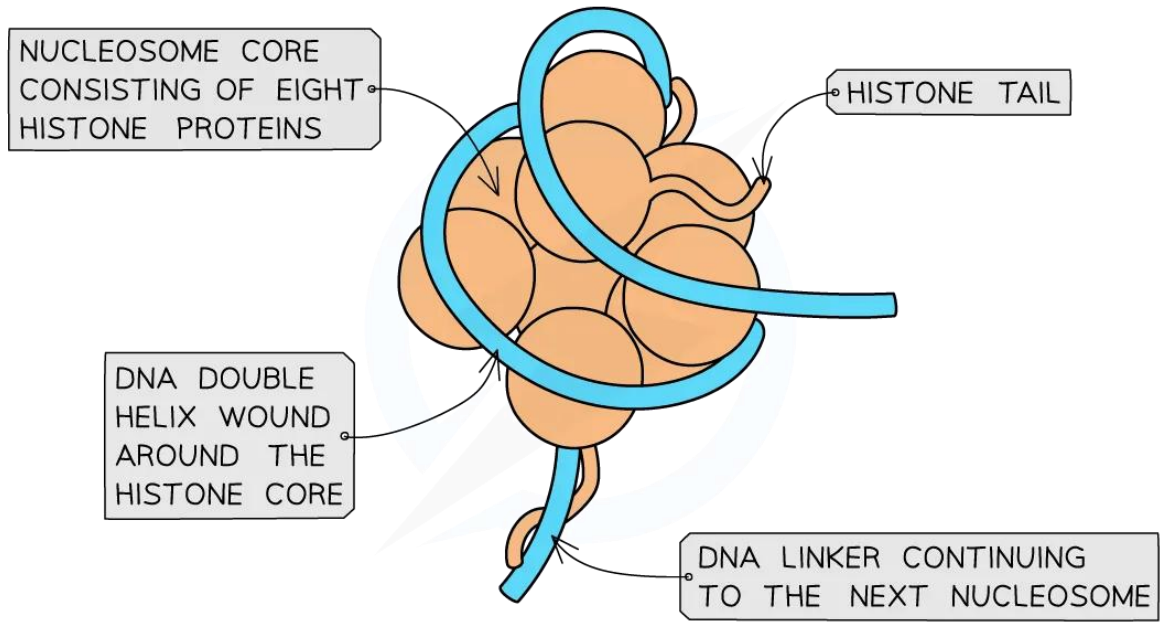
Les différentes tailles de bases de purine et de pyrimidine signifient qu'elles ne peuvent s'apparier que d'une manière très spécifique. Notez que vous n'avez pas besoin de connaître les formules structurales des purines et des pyrimidines

Nucléosomes et logiciel de visualisation moléculaire : compétences (Complément NS)

Nucléosomes

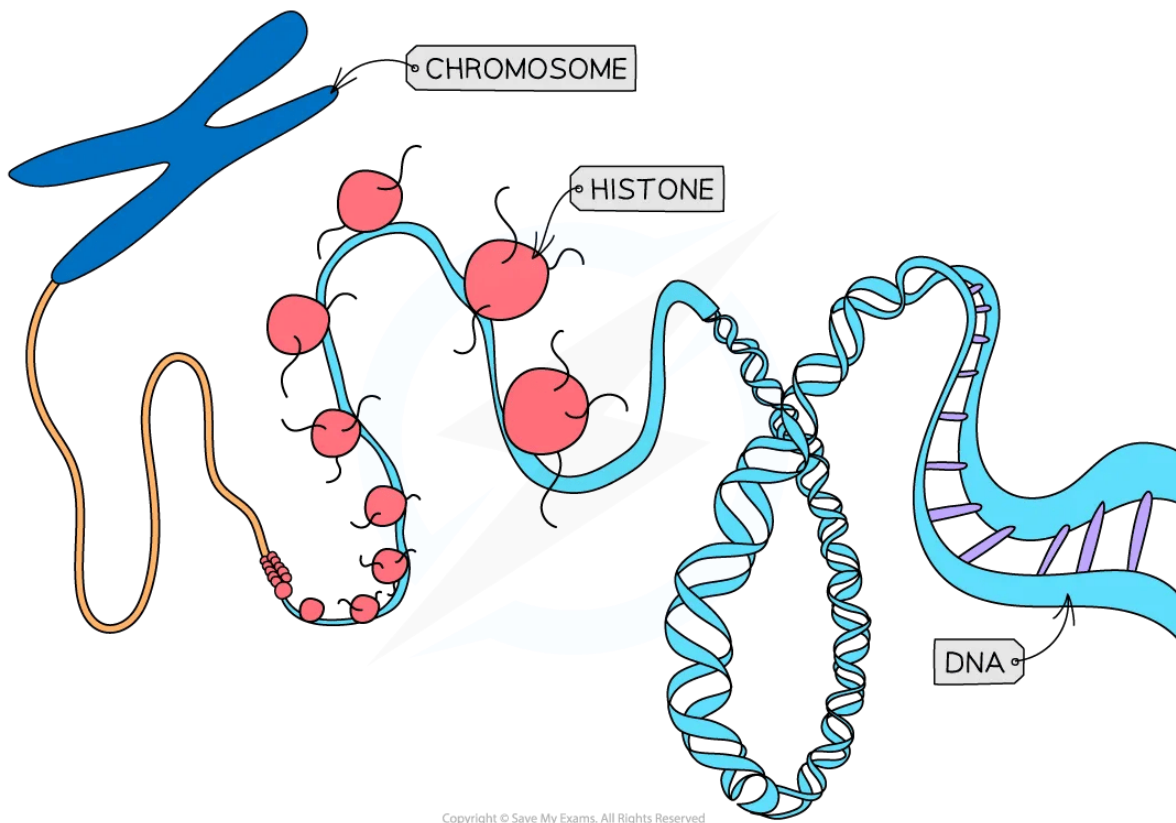
- Contrairement à la plupart de l'ADN procaryote qui est dit « nu », l'**ADN nucléaire eucaryote** est associé à des protéines appelées **histones** (pour former la **chromatine**)
- Les histones emballent l'ADN dans des structures appelées **nucléosomes**
 - Le nucléosome est constitué d'un brin d'ADN enroulé autour d'un noyau de **huit protéines d'histones** (octamère) pour former une structure en forme de perle
 - L'ADN prend **deux tours** autour du noyau d'histones et est maintenu en place par une protéine d'histones supplémentaire qui est attachée à l'ADN de liaison
 - La molécule d'ADN continue d'être enroulée autour d'une série de nucléosomes pour former ce qui ressemble à un « **collier de perles** »
- Les nucléosomes aident à **superenrouler l'ADN**, ce qui donne une structure compacte qui économise de l'espace à l'intérieur du noyau
 - Les nucléosomes aident également à **protéger l'ADN et facilitent le mouvement des chromosomes pendant la** division cellulaire
 - Une analogie pour le superenroulement consiste à **tordre un élastique** à plusieurs reprises jusqu'à ce qu'il forme des bobines supplémentaires
- Les nucléosomes peuvent être **marqués avec des protéines** pour favoriser ou supprimer la transcription

Diagramme de la structure des nucléosomes



Structure d'un nucléosome

Diagramme des histones



***L'ADN est enroulé autour d'une série de nucléosomes.
Les nucléosomes s'enroulent étroitement les uns autour des autres pour former la structure chromosomique.***

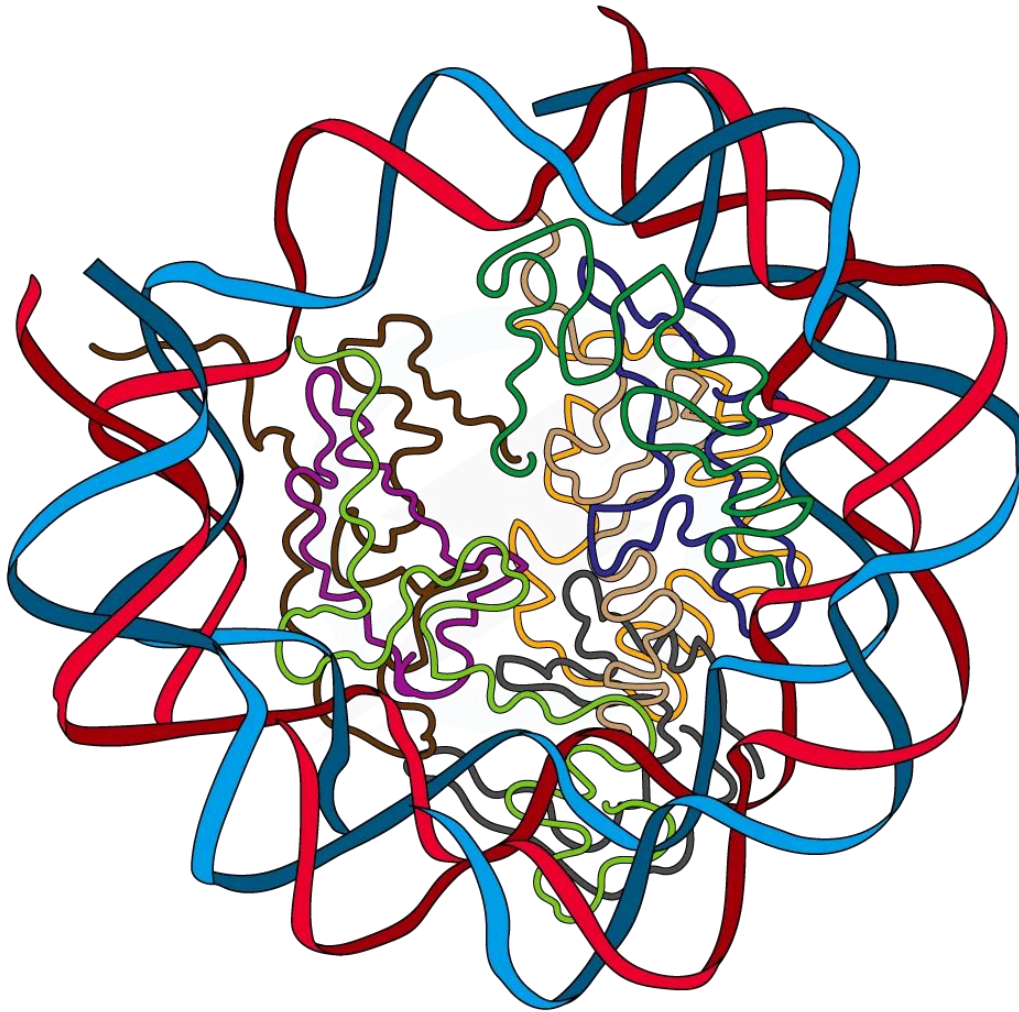
Compétences : Logiciel de visualisation moléculaire

- **Les logiciels de visualisation moléculaire** peuvent être utilisés pour aider à comprendre les structures moléculaires
 - Les macromolécules telles que les **protéines, l'ADN, l'ARN** et les **glucides complexes** peuvent être **visualisées sous forme de structures 3D**
- Cela permet aux chercheurs d'analyser les macromolécules et/ou d'étudier les interactions entre elles
 - Les informations de **séquence primaire** peuvent être liées à la structure et à la fonction
 - Cela permet de relier la **façon dont la structure** peut être liée au comportement **chimique** ou **biologique**
- Les macromolécules peuvent être représentées de différentes manières, y compris des **modèles d'atomes en boule et en bâton** ou des représentations **simplifiées en ruban** qui montrent le squelette protéique
- La plupart des logiciels de visualisation moléculaire sont **disponibles gratuitement sur Internet** ou peuvent être consultés par le biais de nombreux dépôts bioinformatiques tels que la Protein Data Bank (PDB)

Analyse de l'association entre la protéine et l'ADN au sein d'un nucléosome

- Visitez le site de la **Banque de données sur les protéines (PDB)** et recherchez : **Structure 6T79 du nucléosome humain** (ne mettez pas le terme de recherche entre guillemets)
- Sélectionnez la « **vue 3D** » pour visualiser la structure de la protéine en **Mol***
 - La structure 3D du nucléosome peut être observée
 - La **double hélice de l'ADN** est clairement visible autour des **protéines d'histones**
 - **Faites pivoter** ou **zomez** sur l'image pour visualiser les différents composants
 - On peut voir que l'ADN fait **deux boucles autour du noyau de l'octamère d'histone**
- Regardez attentivement - les queues de chaque protéine d'histones peuvent être vues projetées à partir du noyau du nucléosome
 - Ceux-ci peuvent être **modifiés chimiquement** pour aider à **réguler l'expression des gènes**
- Essayez **de modifier différents paramètres** dans le visualiseur ou sélectionnez un autre visualiseur, tel que JSmol

Diagramme des nucléosomes humains



Copyright © Save My Exams. All Rights Reserved

Structure d'un nucléosome humain montrant l'association entre l'ADN (en 2 boucles autour du bord) et les histones (région centrale)

L'expérience Hershey et Chase (Complément NS)

L'expérience Hershey et Chase

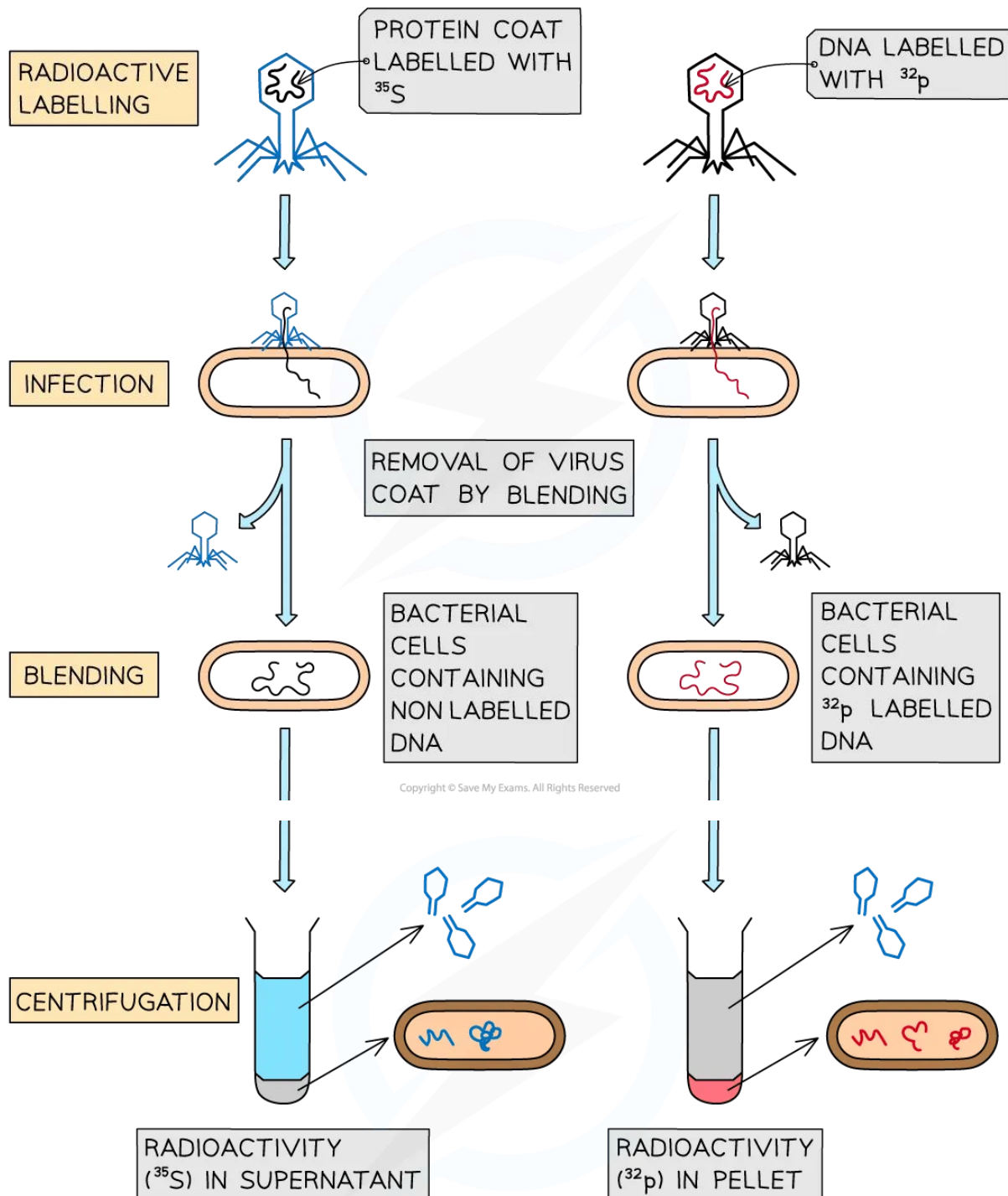
Quelle biomolécule est le matériau héréditaire ?

- L'ADN a été identifié en 1869, mais de nombreux scientifiques ont supposé que la protéine était le matériel héréditaire
 - En raison du fait qu'il y a **20 acides aminés et seulement 4 bases nucléotidiques**
- Dans les années 1950, Alfred **Hershey** et Martha **Chase** ont montré que **l'ADN**, et non les protéines, **est un facteur d'hérédité responsable du transport de l'information** génétique d'une génération à l'autre
- **Des virus** qui infectent les bactéries ont été utilisés dans leur expérience car ils ne sont constitués que d'ADN encapsulé par une enveloppe protéique
- Cela permettrait de déterminer facilement la biomolécule de l'hérédité (c'est-à-dire celle qui a provoqué l'utilisation de cellules bactériennes pour produire une descendance virale)

Analyse des résultats de l'expérience Hershey et Chase

- Hershey et Chase ont tiré parti des **différences chimiques** entre l'ADN et les protéines
 - **L'ADN** contient du **phosphore** mais **pas de soufre**
 - **Les acides aminés** (qui composent les protéines) contiennent du **soufre** mais **pas de phosphore**
- **Bactéries** cultivées dans des milieux séparés contenant soit **soufre radioactif (³⁵S)** ou le **phosphore radioactif (³²P)** avez été infecté par des virus
- Les virus de descendance contenaient soit : des Protéines marquées au ³⁵S ou de l'ADN marqué au ³²P
- Les bactéries non marquées ont ensuite été infectées séparément par l'un ou l'autre type de virus
 - On s'attendrait à ce que les bactéries contiennent le matériel héréditaire après l'infection
- Un mélangeur a été utilisé pour éliminer les virus attachés aux cellules bactériennes et la centrifugation a été utilisée pour isoler les bactéries
 - Les virus sont petits et restent donc dans le surnageant dans le tube de centrifugation
 - Les bactéries sont plus grosses, donc forment un culot
- Seules les bactéries infectées par des **Virus marqués au ³²P (ADN)** se sont révélés radioactifs ;
- Cela suggère que **l'ADN** (et non les protéines) a été transféré aux bactéries et **qu'il s'agit du matériel héréditaire (génétique)**

Diagramme d'expérience de Hershey et Chase



L'expérience de Hershey et Chase a fourni la preuve sans équivoque que l'ADN est le matériel héréditaire

NOS : Les développements technologiques peuvent ouvrir de nouvelles possibilités d'expériences - La disponibilité des radio-isotopes comme outils de recherche a rendu possible l'expérience Hershey-Chase

- **Les radio-isotopes** ont été mis à la disposition des scientifiques comme outils de recherche à la fin de la Seconde Guerre mondiale

- Cela a permis aux scientifiques **de divers domaines de recherche**, tels que la biochimie et la virologie, de faire des expériences qui **n'étaient pas possibles auparavant**
- Les isotopes sont particulièrement utiles pour étudier **les changements chimiques** qui se produisent au cours des voies métaboliques ou des cycles de vie des organismes
- Sans la disponibilité des radio-isotopes, Hershey et Chase n'auraient pas été en mesure de marquer les différentes parties d'un virus afin de déterminer que **l'ADN est le matériel héréditaire dans les organismes**

Données de Chargaff (Complément NS)

Données de Chargaff

NOS : Aborder le problème de l'induction par la certitude de la falsification - Comment les données de Chargaff ont falsifié l'hypothèse du tétranucléotide de l'ADN

- **Erwin Chargaff** a analysé la **composition de l'ADN de différents organismes** au cours des années 1930 et 1940 et a fait les découvertes suivantes :
 - Le nombre de **bases puriques** était **égal** au nombre de **bases pyrimidines**
 - Le nombre de **bases adénine** était **égal** au nombre de **bases thymine** tandis que le nombre de **bases guanine** était **égal** au nombre de **bases cytosine**
- Cela signifie qu'une **base purique ne peut s'apparier qu'à une base de pyrimidine** entre le squelette sucre-phosphate, car ils ont des tailles différentes
- Cela constitue la base de l'**appariement de bases complémentaires** dans l'ADN

Le problème de l'induction

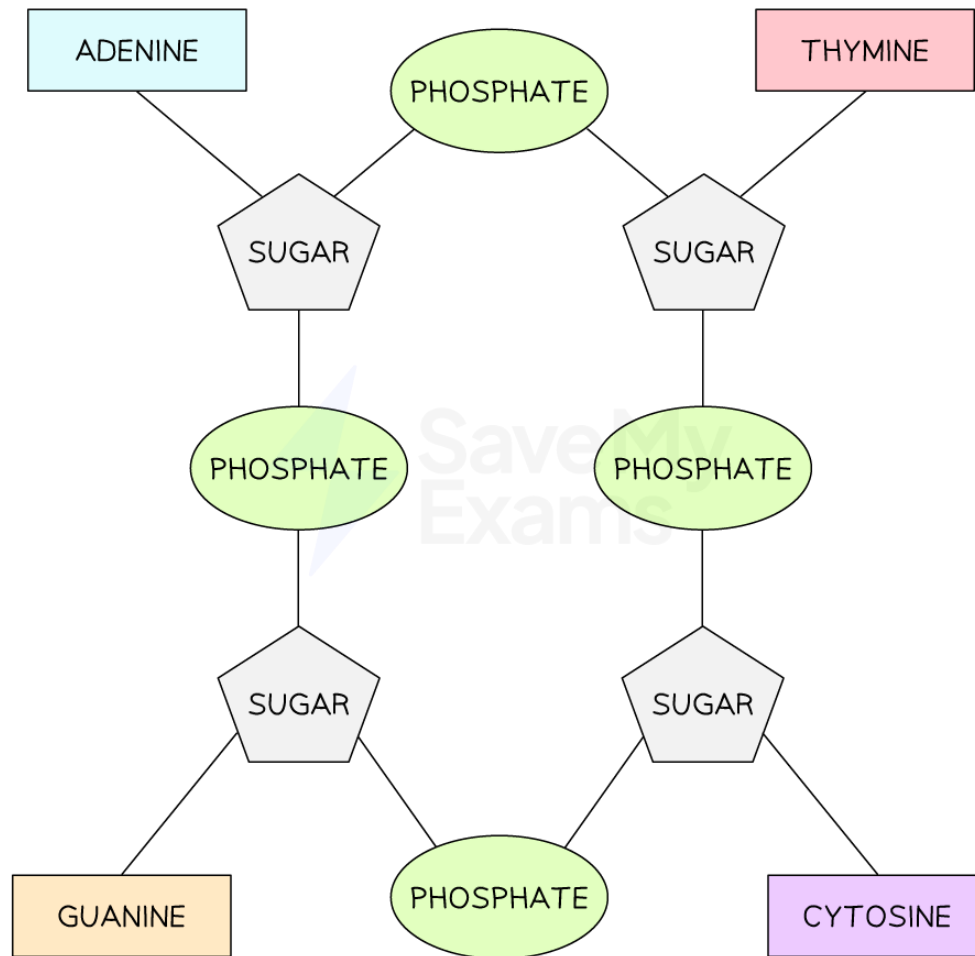
- La **méthode scientifique inductive** commence par un scientifique qui fait des observations et collecte des données brutes
- Après l'analyse des données, une **hypothèse est formulée** qui est ensuite testée au moyen d'une enquête conçue de manière appropriée
- Cela peut conduire à tirer des **conclusions générales** sur la base d'**observations spécifiques**
- L'utilisation des données recueillies dans le passé pour créer **des prédictions** générales sur ce qui se passera à l'avenir suppose que le futur sera le même que lorsque vous avez collecté vos données
- Il est donc **impossible de prouver qu'une hypothèse** générée par le raisonnement inductif est **absolument vraie**, car nous ne pouvons pas être sûrs que les observations générales que nous avons faites dans le passé seront vraies à l'avenir
- C'est ce qu'on appelle le **problème de l'induction** et c'est la principale raison pour laquelle la plupart des théories scientifiques sont considérées comme provisoires
- Même si plusieurs investigations soutiennent une hypothèse, celle-ci peut toujours **s'avérer incorrecte (falsifiée) à l'avenir** au fur et à mesure que de nouvelles découvertes sont faites
- Pour cette raison, le philosophe Karl Popper a suggéré que les nouvelles connaissances scientifiques ne sont pas acquises par des étapes inductives, mais plutôt par la **falsification d'hypothèses existantes**

Falsification de l'hypothèse du tétranucléotide

- Le biochimiste **Phoebus Levene** a découvert les **sucres pentoses** de l'ADN et de l'ARN au début des années 1900
- Il a suggéré que la structure de l'acide nucléique était une **unité tétramère répétitive** qu'il a appelée un nucléotide

- C'est ce qu'on a appelé l'**hypothèse du tétranucléotide**

Schéma de structure des tétranucléotides



Copyright © Save My Exams. All Rights Reserved

La structure tétranucléotidique de l'acide nucléique qui a été suggérée par Levene

- À l'époque de ses recherches, **les techniques d'analyse** disponibles présentaient des limites qui rendaient difficile la détermination des quantités relatives de nucléotides présentes dans les acides nucléiques
- L'hypothèse du tétranucléotide a été **falsifiée par les données de Chargaff** à la fin des années 1940, qui ont montré la spécificité des acides nucléiques pour l'organisme
- Lorsque la **structure de l'ADN** a été déterminée dans les années 1950, cela a prouvé que l'unité tétramère répétitive suggérée par Levene **ne convenait pas** pour transporter l'information génétique d'une génération à l'autre