

TP1 - L'ADN, une molécule universelle

L'**ADN** (*Acide DesoxyriboNucléique*) est le support de l'information génétique **présent chez tous les êtres vivants**. Malgré la puissance des microscopes modernes, les images des molécules de la matière vivante ne sont pas assez détaillées. Par contre, on parvient, en combinant les résultats des analyses chimiques, cristallographiques et de résonance magnétique nucléaire (RMN) à fournir suffisamment d'informations à de puissants ordinateurs de centres de calcul pour qu'ils puissent calculer un modèle moléculaire en 3D que l'on peut ensuite manipuler grâce aux fonctions d'un logiciel de visualisation.

Problématique : En quoi la structure de l'ADN démontre-t-elle que c'est une molécule universelle et informative? (On cherche à confirmer ce caractère universel en déterminant si la structure de l'ADN est semblable chez tous les êtres vivants et quel est la nature du message porté par l'ADN.)

Consigne globale: Vous devrez identifier comment est constitué l'ADN et en quoi cette structure est porteuse d'une information qui peut être interprétée par l'ensemble des êtres vivants (molécule universelle).

Capacités	Activités, consignes
Analyser, extraire des informations	<p>ETAPE 1 : Proposez des hypothèses sur la structure de l'ADN - Relevez dans le document 1 les indices permettant de comprendre la structure de la molécule d'ADN et identifiez ainsi des hypothèses sur la structure de la molécule d'ADN (nombre de brins, de nucléotides, mode d'association ...).</p>
Mettre en oeuvre un protocole Utiliser un logiciel de visualisation de molécules en 3D	<p>ETAPE 2 : Mettez en oeuvre le protocole proposé Utilisez le logiciel RASTOP en suivant les consignes pour déterminer la structure de l'ADN. Q1: Indiquer le nombre de chaînes qui constitue la molécule d'ADN et réaliser un schéma simple et coloré de ces chaînes Q2: Indiquer les noms des 4 atomes constitutifs de la molécule d'ADN Q3: indiquer le nombre de nucléotides différents qui constituent la molécule d'ADN et nommez-les Q4: Relever la séquence de la chaîne A affichée à l'écran et reporter la dans le tableau sur la fiche élève (un nucléotide par case) Q5: Relever la séquence de la chaîne B affichée à l'écran et reporter la dans le tableau précédent Q6: Compte le nombre de chaque type de nucléotide présent dans la chaîne A, puis dans la chaîne B et reporte les dans le tableau de votre fiche élève (<i>Exple : combien il y a-t-il d'Adénosine dans la chaîne A ?</i>). Que constates-tu ? Q7: En 1950 Chargaff découvre la « loi de complémentarité des nucléotides ». Cette loi indique que dans une molécule d'ADN les nucléotides qui se font face dans les deux chaînes opposées s'associent deux par deux de manière complémentaire. A l'aide des tableaux des questions 4 et 5 déterminer quels sont les nucléotides qui s'associent ensemble. Q8: Identifier les différents éléments constitutifs du nucléotide A11 en les repérant sur le schéma de votre fiche élève Q9: Indiquer alors les <u>éléments communs</u> à tous les nucléotides ET <u>les éléments qui diffèrent.</u> (document 3)</p>
Communiquer à l'écrit (Réaliser un schéma)	<p>ETAPE 3: Récapitulez vos résultats sous la forme la plus appropriée Représenter par un schéma l'organisation de la molécule d'ADN en imaginant que l'on déroule la molécule, c'est-à-dire que l'on supprime les torsades</p>
Communiquer à l'écrit (Rédiger un texte)	<p>ETAPE 4 : Répondez au problème initial Q10: Comparer avec RASTOP la structure des molécules d'ADN chez différents êtres vivants. Q11: Rédigez un texte récapitulant la structure de l'ADN et présentant les 3 arguments permettant de qualifier l'ADN de molécule universelle (document 2).</p>
Gérer le matériel et son espace de travail	<p>Fermez la session informatique et rangez le matériel utilisé.</p>

Doc.1 : les étapes de la découverte de la molécule d'ADN

1869 : Miescher isole à partir de noyaux de cellules une molécule qu'il nomme la nucléine. Cette molécule s'avérera être la molécule d'ADN.

1940 : On découvre que, quelle que soit l'origine de la molécule d'ADN, son hydrolyse permet d'en isoler ses composants. La molécule d'ADN est toujours formée de 4 types de composants appelés nucléotides, à structure analogue et qui se répètent. Les nucléotides sont formés de :

-une base azotée : l'Adénine (A) ou la Guanine (G) ou la Cytosine (C) ou la Thymine (T).

-un acide : l'acide phosphorique

-un sucre : le désoxyribose

Il existe une liaison chimique forte (covalente) entre le sucre et l'acide phosphorique. Le sucre est relié à la base azotée.

1949 : Chargaff montre que certains nucléotides existent en quantités égales au sein d'une molécule d'ADN, et ceci dans toutes les espèces étudiées.

Franklin et Wilkins, grâce à l'étude de l'ADN par diffraction aux rayons X, établissent que l'ADN est une molécule cylindrique de 2 nanomètres (nm) de diamètre.

1953 : Watson et Crick (Prix Nobel en 1962 avec Wilkins) réalisent un modèle de la molécule : elle est formée de 2 brins organisés en une double hélice.

Le 18 octobre 1962, le prix Nobel de médecine est attribué à Watson et Crick pour la découverte de la structure de l'ADN. Cette découverte, pourtant, on la doit avant tout à une pionnière de la biologie moléculaire: Rosalind Franklin!



Watson et Crick devant leur maquette de la double hélice d'ADN (1953)

Document 2: La molécule d'ADN est universelle

Dans les années qui ont suivi, la portée de cette découverte s'est amplifiée. En premier lieu, les chercheurs ont constaté que l'ADN est présent chez tous les êtres vivants et retrouvé sous la même forme, depuis les bactéries jusqu'à l'Homme: l'ADN est donc une **molécule universelle** (par sa présence et sa structure).

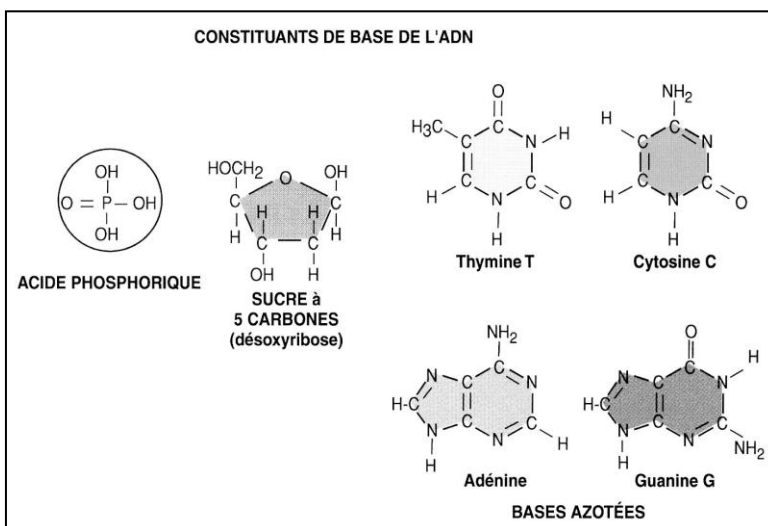
De plus, les chercheurs ont montré que l'ADN contient l'information génétique sous la forme de **l'enchaînement des nucléotides** : on parle de **séquence d'ADN**. La suite de nucléotides (ATG GTT CTC AGC ...) forme un **message** qui correspond aux **gènes** et aux **allèles**.

Enfin, on a pu montrer que l'ADN a également une **fonction universelle**. En effet, l'information génétique que porte un morceau d'ADN est comprise par toutes les cellules de la même manière. C'est ce qui permet de transférer de l'ADN entre des êtres vivants très différents : c'est la **transgénèse** qui permet de produire des OGM (Organismes Génétiquement Modifiés).

Document 3: L'hydrolyse de la molécule d'ADN consiste à couper cette molécule. Cette hydrolyse totale libère **trois constituants chimiques** : l'acide phosphorique, un sucre à 5 atomes de carbone (le désoxyribose), et des bases azotées organisées en un ou deux cycles. Les bases azotées sont au nombre de quatre.

L'hydrolyse partielle de l'ADN (en présence d'enzymes, les ADNases) libère deux types de molécules : (base+ désoxyribose) et (base + désoxyribose + phosphate) et jamais (base + phosphate).

L'ensemble : base + désoxyribose + phosphate forme un nucléotide.



FICHE TECHNIQUE d'utilisation du logiciel RASTOP pour étudier la molécule d'ADN

Attention !!! Quand vous fermez le fichier correspondant à une molécule, n'enregistrez pas les modifications. !!!

Mettre en évidence l'allure générale de la molécule d'ADN

➤ Lancer le logiciel "RasTop"

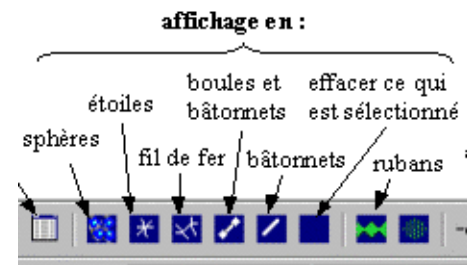
➤ On va ensuite ouvrir un fichier pour charger le modèle de la molécule d'ADN humain:

- ✦ cliquez sur "fichier" → "ouvrir"
- ✦ Au niveau de la barre où il y a écrit "regarder dans", cliquer sur la flèche à droite et sélectionner successivement "Public → SVT_Ficheux → seconde → TP ADN → "adn-hum1"
- ✦ Puis cliquez sur "ouvrir". Par défaut la molécule s'affiche en *Fil de fer*, seules les liaisons covalentes entre les atomes sont représentées

➤ Agrandir la fenêtre où il y a le fragment d'ADN

➤ Vous pouvez alors tester quelques fonctionnalités du logiciel:

- ✦ En cliquant gauche sur la molécule en gardant le doigt appuyé = faire tourner la molécule
- ✦ En cliquant sur carrés bleus foncés dans la barre des tâches en haut = modification du mode de représentation
- ✦ En sélectionnant "Trans./Zoom" sur la barre d'état en bas = déplacement de la molécule et zoom



➤ On va maintenant changer la représentation de la molécule d'ADN:

- ✦ Cliquer sur carré tout bleu "cacher tout" pour éviter la superposition des représentations. Puis sur "rubans" (dans la ligne de commande) → "type" → "squelette carboné"
- ✦ Colorez les différentes chaînes qui constituent la molécule en cliquant successivement sur "Atomes" → "Colorer par" → "Chaînes"

Répondre à Q1

Découvrir les atomes constitutifs de l'ADN

- Cliquer sur le mode de représentation "boules et bâtonnets" puis sur "Rubans" → "effacer"
- Cliquer sur "Atomes" → "colorer par" → "CPK"
- Zoomer sur la molécule

Chaque boule représente un atome formant la molécule d'ADN. Chaque type d'atome est représenté par une couleur. Tout en bas de la fenêtre du logiciel ce trouve une case intitulée « Atom », lorsque tu cliques sur un atome une indication apparaît dans cette case. La première lettre correspond au nom de l'atome (exemple : « O1P217 » correspond à un atome d'Oxygène).

Molécule 1D7G Chain: A Res C 11 Atom O2P 188 x 2.496 y -0.308 z 9.252 univers

Code couleur :

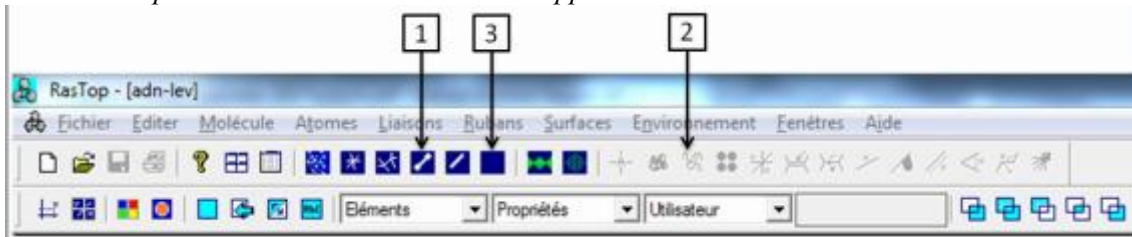
Nom de l'atome	Carbone	Azote	Oxygène	Phosphore
Couleur de l'atome	Gris	Bleu	Rouge	Orange

Répondre à Q2

Mettre en évidence le nombre de nucléotides

On va changer la coloration de l'ADN pour colorer les nucléotides uniquement.

- Pour cela **cliquer** sur "**Atomes**" → "**colorer par**" → "**forme (shapely)**"
- Cliquez sur l'icône 2 (voir ci-dessous), puis sur une des deux chaînes de la molécule et enfin sur le "icône 3".
Tu obtiens une chaîne d'ADN simple brin (appelée **hélice** ou **chaîne A**). Celle-ci est formée de différentes unités qui se répètent. Une unité de répétition de la molécule d'ADN s'appelle un **NUCLÉOTIDE**



NB : On appelle séquence l'enchaînement des nucléotides dans une chaîne, ou hélice, d'ADN.

A chaque couleur différente correspond un nucléotide.

Code couleur :

Nucléotides à	Adénine	Cytosine	Guanine	Thymine
Colorés en	Bleu	Orange	Rouge	Vert

Répondre à Q3 et Q4

- Cliquez sur l'icône 1 « boules et bâtonnets » (icône 1), puis sur l'icône 2 et cliquez ensuite sur l'autre chaîne d'ADN.
Tu obtiens la seconde hélice de l'ADN (**hélice** ou **chaîne B**).

Répondre à Q5, Q6, Q7

Mettre en évidence la structure d'un nucléotide

On va ensuite restreindre cet ADN pour n'observer **QU'UN SEUL NUCLEOTIDE**:

☎ Appelez le professeur

Répondre à Q8, Q9

Mettre en évidence l'universalité de la molécule d'ADN

- Ouvrir les molécules d'ADN suivantes:
 - adn-lev.pdb (ADN de levure)
 - adn-ec.pdb (ADN de bactérie)
 - rat.pdb (ADN de rat)

Pour que les molécules apparaissent dans la même fenêtre: cliquer sur "fichier" → "ajouter" → et choisir le fichier souhaité. La deuxième molécule vient s'ajouter à la 1ère. Elle se superpose à la première si celle-ci n'a pas été déplacée. Si on souhaite que les deux molécules ne se superposent pas, il faut en déplacer une.

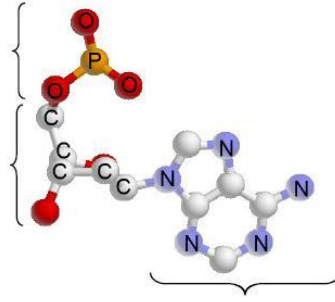
Astuce!! : - Si le bouton **Univers** (dans le tableau de commande du bas de page) est **enfoncé**, l'ensemble des molécules présentes dans la fenêtre active se manipulent ensemble. S'il est **relevé**, chaque molécule se manipule séparément. Par défaut c'est la dernière molécule chargée qui est sélectionnée.

Le mieux pour comparer est de changer la coloration de l'ADN pour colorer les nucléotides uniquement. Pour cela **cliquer** sur "**Atomes**" → "**colorer par**" → "**forme (shapely)**" (à faire pour chacune des molécules d'ADN ouverte)

Répondre à Q10, Q11

Q8:



TITRE:



Q9:
.....
.....
.....
.....

ETAPE 3: Récapitulez vos résultats sous la forme la plus appropriée
SYMBOLISATION DES DIFFERENTS ELEMENTS:

Base azotée Adénine   Base azotée Guanine

Base azotée Thymine   Base azotée Cytosine

Liaison covalente  Liaison hydrogène

Sucre (désoxyribose)   groupement phosphate

ETAPE 4 : Répondez au problème initial