# L'homochiralité du vivant

Bac S 2014 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

**1.1** La formule semi-développée de l'alanine justifie-t-elle son appartenance à la famille des acides aminés ?

La formule de l'alanine fait apparaître deux groupes caractéristiques :

- le groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$, associé à la fonction acide carboxylique ;
- le groupe amino $-\mathrm{NH_2}$, associé à la fonction amine.

Ces deux groupes sont portés par le même atome de carbone : c'est un acide $\alpha$-aminé.

Oui : l'alanine possède à la fois un groupe carboxyle et un groupe amino, c'est bien un **acide aminé**.

**MÉTHODE**
Pour justifier une famille, entourer chaque groupe caractéristique sur la formule, le nommer, puis nommer la fonction associée. Le nom « acide aminé » se lit directement : acide (carboxyle) et aminé (amino).

**1.2** Justifier qu'il existe deux stéréoisomères de l'alanine, en donner la représentation de Cram et identifier le type de stéréoisomérie qui les relie.

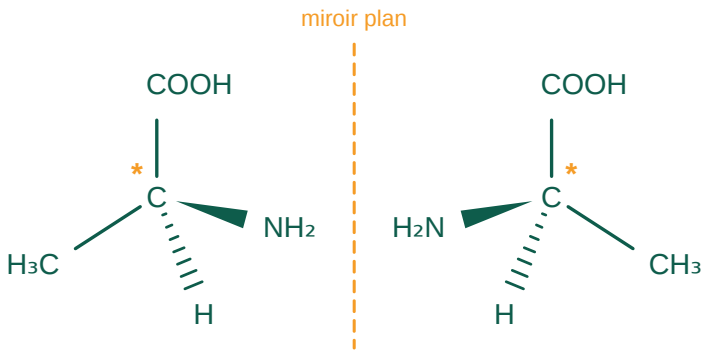
L'atome de carbone central est lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents : $\mathrm{H}$, $\mathrm{CH_3}$, $\mathrm{NH_2}$ et $\mathrm{COOH}$. C'est un atome de carbone asymétrique, noté $\mathrm{C^*}$.

La molécule ne possède qu'un seul carbone asymétrique : elle est chirale, c'est-à-dire non superposable à son image dans un miroir plan. Il existe donc deux stéréoisomères de l'alanine, images l'un de l'autre dans un miroir (figure).

Les deux stéréoisomères de l'alanine sont des **énantiomères**.

**PIÈGE**
Dessiner deux fois la même molécule : une simple rotation ne change pas la configuration. Pour obtenir l'autre énantiomère, tracer l'image dans un miroir ou échanger deux des quatre groupes, sans toucher aux autres.

**COMPRENDRE**
Chiralité, carbone asymétrique, énantiomères et représentation de Cram relevaient du programme de Terminale S. Ces notions ne figurent plus dans le programme actuel de spécialité.




Trait plein : dans le plan. Triangle plein : vers l'avant. Hachures : vers l'arrière.

**1.2** · Les deux énantiomères de l'alanine en représentation de Cram

**1.3** Représenter la formule semi-développée du dipeptide formé par deux molécules d'alanine, donner la catégorie de la réaction et expliquer pourquoi les protéines sont des macromolécules.

Le groupe carboxyle d'une molécule d'alanine réagit avec le groupe amino de l'autre ; il se forme le dipeptide (figure) et une molécule d'eau :

$$2\,C_3H_7NO_2 \longrightarrow C_6H_{12}N_2O_3 + H_2O$$

avec $C_3H_7NO_2$ l'alanine et $C_6H_{12}N_2O_3$ le dipeptide.

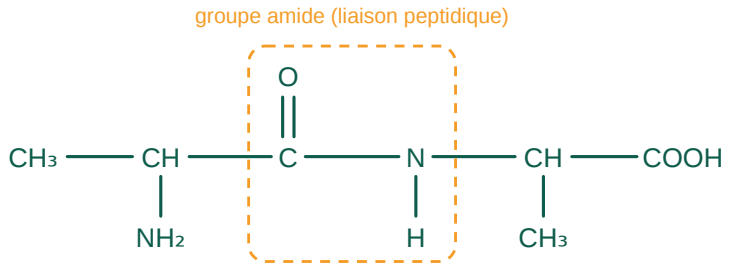
Catégorie : sur le carbone du groupe carboxyle, le groupe $-OH$ est remplacé par le groupe $-NH-CH(CH_3)-COOH$. Un groupe d'atomes en remplace un autre, et l'on passe de deux réactifs à deux produits : c'est une substitution.

Macromolécules : une protéine résulte de l'enchaînement d'un très grand nombre d'acides $\alpha$-aminés reliés par des liaisons peptidiques. La molécule obtenue est donc très longue et de masse molaire très élevée.

Dipeptide $CH_3-CH(NH_2)-CO-NH-CH(CH_3)-COOH$ ; réaction de **substitution** ; protéine = très longue chaîne d'acides aminés.

**PIÈGE**
Oublier la molécule d'eau et conclure à une addition. Compter les espèces : addition, deux réactifs donnent un produit ; élimination, un réactif donne deux produits ; substitution, deux réactifs donnent deux produits.

**COMPRENDRE**
Le dipeptide garde un groupe amino à une extrémité et un groupe carboxyle à l'autre : il peut réagir à nouveau, ce qui permet d'allonger la chaîne jusqu'à la protéine.




**1.3** · Formule semi-développée du dipeptide formé par deux molécules d'alanine

**2.1** D'après les documents, donner une définition de l'homochiralité.

D'après le document 1, les réactions de synthèse naturelles ne forment qu'un seul des deux énantiomères d'une molécule chirale.

L'**homochiralité du vivant** est le fait que les molécules chirales des êtres vivants n'existent que sous une seule de leurs deux formes énantiomères : forme « gauche » pour les acides aminés, forme « droite » pour les sucres.

**COMPRENDRE**
Au laboratoire, une synthèse menée sans précaution particulière fournit en général les deux énantiomères en quantités égales (mélange racémique). C'est ce qui rend l'exclusivité observée dans le vivant si remarquable.

**2.2** Attribuer à chaque document un titre en relation avec son idée essentielle.

- Document 1 : L'homochiralité, une asymétrie de la nature jusqu'à l'échelle des molécules.
- Document 2 : Deux théories sur l'origine de l'homochiralité, biotique et abiotique.
- Document 3 : Une expérience de laboratoire qui appuie l'origine extraterrestre de l'homochiralité.

Document 1 : le constat ; document 2 : les hypothèses ; document 3 : la vérification expérimentale.

**MÉTHODE**
Un bon titre est une phrase nominale courte qui dit l'idée du document, pas son thème général. Repérer le rôle de chaque document (constat, hypothèse, expérience) prépare déjà le plan de la synthèse.

**2.3** Rédiger en une quinzaine de lignes une synthèse : qu'est-ce qui permet aux scientifiques de privilégier une origine extraterrestre à l'homochiralité du vivant ?

Dans le vivant, les molécules chirales n'existent que sous une seule forme énantiomère : les acides aminés sont « gauches », les sucres « droits » (document 1). Or deux énantiomères ont les mêmes propriétés chimiques usuelles et une synthèse ordinaire les fournit en quantités égales : cette sélection demande une explication.

Deux théories s'opposent (document 2). Selon la théorie biotique, la vie serait née d'un mélange d'énantiomères et l'homochiralité serait apparue au cours de son développement. Selon la théorie abiotique, le déséquilibre existait avant la vie et vient de l'espace.

Plusieurs observations favorisent la seconde. D'abord, des acides aminés trouvés dans la météorite de Murchison présentent un excès d'énantiomère « gauche » : le déséquilibre existe hors de la Terre et hors de tout être vivant. Ensuite, un mécanisme physique l'explique : une lumière polarisée n'interagit pas de la même façon avec les deux énantiomères et dégrade davantage l'un d'eux. Un tel rayonnement a été détecté en 1997 dans la nébuleuse d'Orion. Enfin, l'expérience confirme ce scénario (document 3) : des « glaces » interstellaires reconstituées au laboratoire, puis irradiées par un rayonnement ultraviolet polarisé, donnent de l'alanine avec un excès d'énantiomère « gauche » supérieur à 1,3 %, comparable à celui des météorites primitives.

Cet excès reste toutefois très faible devant l'exclusivité observée dans le vivant : il reste à expliquer comment il a été amplifié.

L'origine extraterrestre est privilégiée car elle réunit une **observation** (météorites), un **mécanisme** (lumière polarisée, présente dans l'espace) et une **expérience** qui reproduit l'excès mesuré.

**PIÈGE**
Recopier les documents l'un après l'autre sans les relier. Les points vont à l'argumentation : chaque information doit servir la réponse, avec des connecteurs logiques et la valeur chiffrée 1,3 % citée.

**MÉTHODE**
Plan d'une synthèse : poser le problème, présenter les hypothèses, puis enchaîner les arguments en citant chaque document et en ajoutant une connaissance personnelle (ici le mélange racémique). Terminer par une réponse nette à la problématique.