



LA CHIMIE DES EXPERTS



1. Introduction

On a retrouvé Karl Clesse mort dans son appartement. La victime présente tous les symptômes d'une crise cardiaque. A côté de lui se trouvaient une seringue vide, un flacon et deux verres. Son voisin explique que Karl était diabétique.

Le médecin a des doutes quant aux causes du décès. Une enquête s'impose.

L'inspecteur Labavure arrive sur les lieux du crime. Il demande une analyse du contenu du flacon et des traces de salive (afin d'y trouver l'ADN) présentes sur chacun des deux verres.

Nous vous proposons de faire partie de l'équipe de la police scientifique qui va mener l'enquête et de découvrir la cause de la mort de Karl.

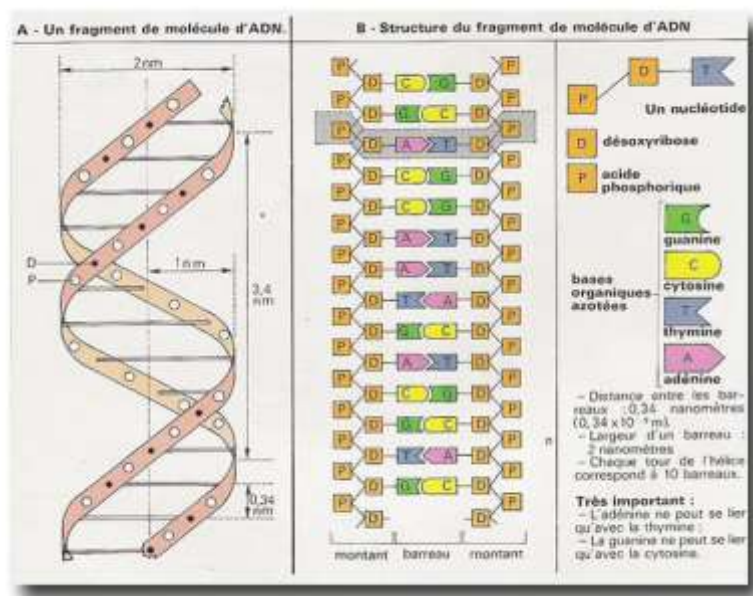
- **Quelle est la structure et la composition de l'ADN ?**

La molécule d'ADN a la forme d'une double hélice, elle ressemble à un escalier en spirale dont les marches sont constituées de bases azotées et les montants de sucre à 5 carbone (le désoxyribose) et de groupe phosphate.

L'ensemble sucre, phosphate et base azotée constitue un nucléotide ; l'ADN est donc un polynucléotide.

On estime que le patrimoine génétique d'un individu est constitué de 3 milliards de paires de bases. La molécule d'ADN mesurant 2 mètres.

C'est la séquence de ces paires de bases qui forme le patrimoine génétique unique pour chaque individu. Certains nucléotides se répètent plusieurs fois de suite, le nombre de répétitions varie d'une personne à l'autre et ce sont ces répétitions qui permettent de tracer un profil génétique de l'individu.





- **Pourquoi cherche-t-on l'ADN sur les lieux du crime ?**

Parce que les « criminels » en ont sûrement laissé derrière eux : quelques cheveux, morceaux de peau... Dès lors, on peut en extraire l'ADN et le comparer à celui des suspects potentiels.

- **Est-ce une méthode infaillible pour identifier les coupables ?**

Côté technique, c'est au point, mais imaginez que l'on trouve des gouttes de sang sur le trottoir où s'est déroulé la scène du crime : à qui sont-elles ? Peut-être à l'enfant tombé la veille... La technique a une limite : elle ne date pas l'ADN avec précision.

- **Comment obtient-on un profil génétique ?**

Afin de pouvoir identifier un humain à l'aide d'un profil génétique, il faut une quantité importante exploitable et non dégradée d'ADN. Il faut donc des cellules desquelles on extrait l'ADN (qui est enfermé dans le noyau). Ensuite dans des laboratoires spécialisés, certaines portions d'ADN récoltées sont dupliquées afin d'en obtenir de nombreuses copies utilisables et analysables dans le but de comparer les différents ADN entre eux.



2. Extraction de l'ADN de la salive

a. Matériel et réactifs

Matériel

- Un gobelet
- Un tube à essai
- Un porte tubes à essai
- Une pipette pasteur

Réactifs

- Détergent vaisselle
- Eau salée
- Ethanol dénaturé
- Solution déprotéinisante

b. Mode opératoire

- Trempez votre pipette pasteur dans le gobelet contenant l'eau salée et frottez avec celle-ci l'intérieur de vos joues.
- Gargarisez votre bouche avec l'eau salée contenue dans votre gobelet, crachez le tout dans le gobelet et conservez-le. Vous avez décroché des cellules de l'épithélium buccal, elles se trouvent maintenant dans la solution salée.
- Mettez deux gouttes de détergent vaisselle dans le gobelet contenant vos cellules buccales.
- Ajoutez 5 gouttes de solution déprotéinisante et laissez agir 3 minutes.
- Transvasez, à l'aide de votre pipette, 2 à 3 cm³ de votre solution dans un tube à essai propre.
- Ajoutez délicatement 2 à 3 cm³ d'éthanol en le faisant couler goutte à goutte contre la paroi du tube à essai. Attention, les deux liquides présents ne doivent pas se mélanger.
- Prenez le tube et observez la précipitation des filaments blancs, entrecroisés. *Ce sont vos filaments d'ADN.*

c. Questionnement

- Où trouve-t-on principalement de l'ADN dans une cellule humaine ?
- Quelle est la longueur estimée de l'ADN d'une de vos cellules ?
- Quel est le diamètre estimé d'une molécule d'ADN ?
- Quel est le rôle du détergent dans l'expérience ?
- L'ADN est-il soluble dans l'eau ?
- L'ADN est-il soluble dans l'alcool ?

3. Analyse qualitative du flacon

a. Manipulation 1 : présence d'insuline ?

Le flacon retrouvé à côté de Karl contient-il de l'insuline ?

i. Matériel et réactifs

Matériel

- Trois tubes à essai
- Un porte-tube à essai

Réactifs

- Solution d'hydroxyde de sodium 30%
- Solution de sulfate de cuivre (II) 0,1 mol/L
- Solution de protéines (lait)
- Eau déminéralisée
- Solution à analyser (flacon trouvé)

ii. Mode opératoire

Nous allons réaliser le test Biuret sur trois solutions : l'eau déminéralisée, la solution de protéines et la solution à analyser.

- Versez environ 2 cm³ d'eau déminéralisée dans un tube à essai.
- Ajoutez 10 gouttes de NaOH concentré.
- Ajoutez 10 gouttes de CuSO₄ et agitez le tube à essai.
- Observez la coloration du mélange.
- Recommencez les trois premières étapes en remplaçant l'eau déminéralisée par la solution de protéines et puis par la solution à analyser (flacon trouvé).

iii. Résultats

| | Observations |
|-----------------------|--------------|
| Eau déminéralisée | |
| Solution de protéines | |
| Flacon trouvé | |

iv. Conclusion

- *Le flacon trouvé chez Karl contient-il de l'insuline ? Justifiez votre réponse.*

b. Manipulation 2 : présence d'un cation ?

Karl présente les symptômes d'une crise cardiaque qui pourrait être provoquée par une injection de substance inconnue. Afin de la découvrir, nous allons effectuer des tests d'identification des ions.

i. Matériel et réactifs

Matériel

- Un bec bunsen
- Allumettes

Réactifs

- Pulvérisateurs contenant des solutions de NaCl, KCl, BaCl₂, NaBr, LiCl, KNO₃, flacon

ii. Mode opératoire

Pulvérisez dans la flamme chacune des solutions se trouvant sur la paillasse et notez la coloration prise par la flamme dans le tableau ci-dessous. **Attention, les solutions contiennent de l'alcool inflammable, soyez prudents et portez des lunettes.**

iii. Résultats

| Solutions | Observations (coloration de la flamme) |
|----------------------------|--|
| NaCl | |
| KCl | |
| BaCl ₂ | |
| NaBr | |
| LiCl | |
| KNO ₃ | |
| Solution trouvée chez Karl | |

iv. Conclusion

- *Quel cation est mis en évidence par les tests effectués ? Expliquez*

c. Manipulation 3 : présence d'un anion ?

i. Matériel et réactifs

Matériel

- Six tubes à essai
- Un porte tubes à essai

Réactifs

- Solutions 0,1 mol/L de NaCl, NaBr, KNO₃, KI, KCl et AgNO₃

ii. Mode opératoire

- Versez 1 cm³ de la solution d'AgNO₃ dans chacun des six tubes à essai.
- Ajoutez :
 - 1 cm³ de NaCl dans le 1^{er} tube à essai,
 - 1 cm³ de NaBr dans le 2^{ème} tube à essai,
 - 1 cm³ de KNO₃ dans le 3^{ème} tube à essai,
 - 1 cm³ de KI dans le 4^{ème} tube à essai,
 - 1 cm³ de KCl dans le 5^{ème} tube à essai,
 - 1 cm³ de la solution trouvée chez Karl dans le 6^{ème} tube à essai.
- Observez, dans chacun des tubes à essai, la présence ou l'absence d'un précipité ainsi que la coloration de celui-ci.

iii. Résultats

| Solutions | Observations |
|---------------------------------------|--------------|
| NaCl et AgNO ₃ | |
| NaBr et AgNO ₃ | |
| KNO ₃ et AgNO ₃ | |
| KI et AgNO ₃ | |
| KCl et AgNO ₃ | |
| Solution trouvée chez Karl | |

iv. Conclusion

- *Quel anion est mis en évidence par les tests effectués ? Expliquez.*
- *En conclusion, que contient le flacon trouvé chez Karl ?*



v. Pour aller plus loin

- A l'aide du tableau ci-dessous, identifiez, pour chacun des tubes à essai contenant un précipité, la formule du précipité formé et écrivez l'équation ionique pondérée de la réaction de précipitation.

Tableau 1 – Tableau qualitatif de solubilité (s = composé soluble ; i = composé insoluble)

| Anions | Cations | | | | | | | | |
|-------------|---------|--------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|
| | Li^+ | Na^+ | K^+ | Mg^{2+} | Ca^{2+} | Ba^{2+} | Cu^{2+} | Ag^+ | Pb^{2+} |
| NO_3^- | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Cl^- | s | s | s | s | s | s | s | s | i |
| Br^- | s | s | s | s | s | s | s | s | i |
| I^- | s | s | s | s | s | s | s | s | i |
| SO_4^{2-} | s | s | s | i | i | i | s | s | i |
| CO_3^{2-} | s | s | s | i | i | i | i | i | i |
| OH^- | s | s | s | i | i | s | i | i | i |



4. Analyse quantitative du flacon

a. Principe

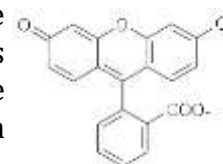
Le titrage permet de déterminer la concentration d'une solution (dans notre cas solution de KCl). Pour cela, nous allons faire réagir des ions chlorure avec du nitrate d'argent en présence de fluorescéine. La concentration de la solution de nitrate d'argent est connue (solution titrante).

b. Réaction de titrage

Si on ajoute du AgNO_3 à une solution de KCl, il se forme un précipité blanc de AgCl :



Afin de visualiser la fin de la réaction, on utilise un indicateur : la fluorescéine. Lorsque tous les ions Cl^- ont précipités sous forme d' AgCl , la première goutte de AgNO_3 en excès apporte des ions Ag^+ qui peuvent à leur tour fixer certains ions négatifs, comme ceux de la fluorescéine. Or les ions absorbés ont une autre couleur que les ions libres (ici le virage est détecté par l'apparition de la couleur rose).



Formule de la fluorescéine

c. Titrage de solutions

i. Matériel et réactifs

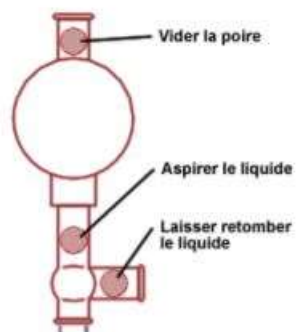
Matériel

- Une burette de 25 mL
- Une pipette jaugée de 10 mL
- Une propipette
- Un erlenmeyer de 250 mL
- Une pissette d'eau déminéralisée
- Un berlin de 50 mL

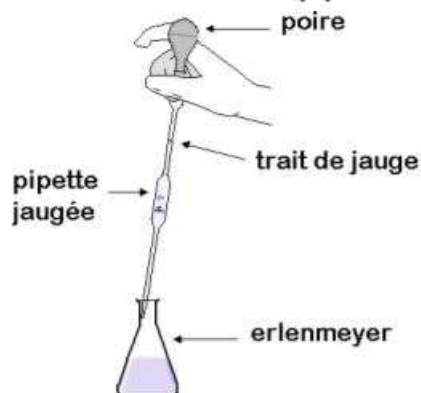
Réactifs

- Solution d' AgNO_3 de concentration connue (0,07 mol/L)
- Solution à analyser (flacon trouvé)
- Fluorescéine

Utilisation de la poire



Prélèvement à la pipette



Montage pour le titrage

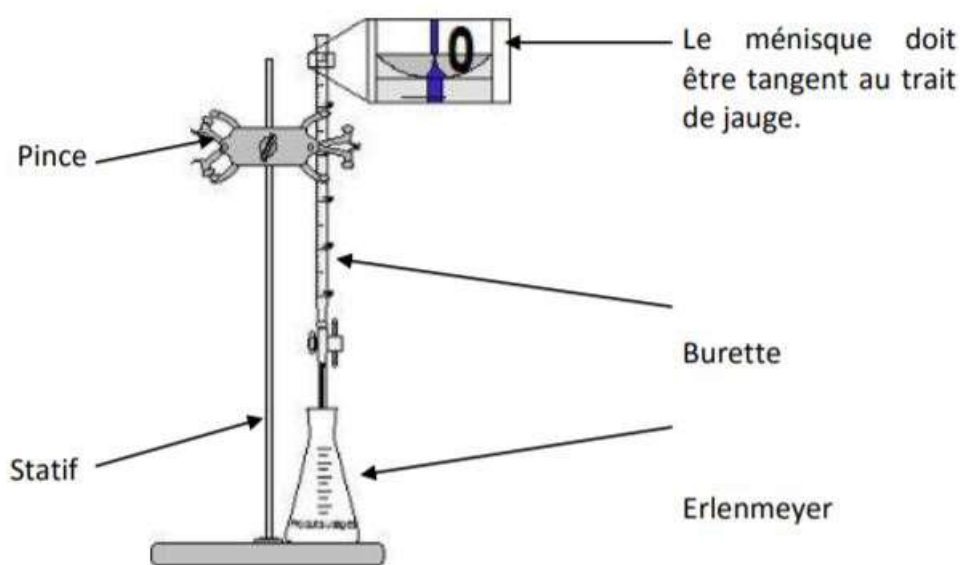


Figure 1 – Utilisation de la propipette, de la pipette et de la burette¹

ii. Mode opératoire

- Prélevez à la pipette 10 mL de solution à analyser ; pour rappel cette solution contient du KCl.
- Introduisez-les dans un erlenmeyer.
- Ajoutez 10 gouttes de fluorescéine.

¹ UCLouvain – Ecole de chimie. Midweek de la chimie – la chimie des experts. 2019. page 11



- Remplissez la burette avec la solution d'AgNO₃. Veillez à bien mettre le niveau de la burette à zéro (vous pouvez mettre l'excès de solution dans le berlin de 50 mL).
- Titrez à la burette par la solution d'AgNO₃, jusqu'à virage à la coloration rose.
- Notez le volume d'AgNO₃ utilisé.
- Recommencez le titrage.

iii. Résultats et exploitation des résultats

- *Concentration de la solution d'AgNO₃ :*
- *Volume d'AgNO₃ ajouté lors du titrage de la solution trouvée chez Karl :*
 - *Volume 1 :*
 - *Volume 2 :*
 - *Volume 3 :*
- *Calculez la concentration en KCl (en mol/L et en g/L) de la solution trouvée chez la victime.*

5. Conclusion de l'enquête

En effectuant des recherches sur Wikipédia, vous trouvez l'information suivante : « La dose létale 50 (c'est-à-dire la dose de substance causant la mort de 50 % d'une population animale donnée) de chlorure de potassium est à peu près de 2 500 mg/kg par voie orale et de 100 mg/kg en voie intraveineuse. Il est utilisé lors des exécutions de condamnés à mort aux États-Unis, par injection létale : l'administration en intraveineuse d'une solution excessive de KCl provoque un arrêt cardiaque. »

- *A l'aide de cette information et du résultat de votre titrage, tirez une conclusion sur la cause de la mort de Karl. Expliquez votre raisonnement.*