

# scienceinfuse

ANTENNE DE FORMATION ET DE PROMOTION DU SECTEUR SCIENCES & TECHNOLOGIES

DOSSIER  
ENSEIGNANT



CHIMIE

## *La chimie des experts*



**UCL**

Scienceinfuse • Antenne de formation et de promotion du secteur sciences & technologies  
rue des Wallons 72 L6.02.01 • 1348 Louvain-la-Neuve

# Introduction

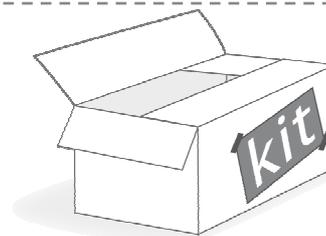
Les objectifs de cet atelier sont de montrer l'importance des sciences dans le domaine policier, de distinguer méthode qualitative et quantitative en sciences, d'effectuer des manipulations et de donner les outils nécessaires à l'enseignant pour qu'il puisse reproduire lui-même cette activité ultérieurement.

L'activité sera menée à partir d'une mise en situation basée sur une enquête. Pour lever l'énigme, les étudiants réalisent des tests spécifiques d'identification de différentes substances, titrent une solution inconnue, extraient leur propre ADN.

Vous trouverez dans document :

- La liste du matériel et des réactifs nécessaires à la réalisation de cet atelier (page 3).
- Une liste de ressources disponibles à Scienceinfuse en lien avec cette activité (vidéos, jeu, liens internet, etc.) (page 4).
- Le livret enseignant (livret élève avec les corrections en vert) (pages 5 à 12).

# Matériel



Cet atelier est reproductible en classe. Un kit « la chimie des experts », disponible à Scienceinfuse (Place Galilée à LLN), reprend l'essentiel des réactifs dont vous avez besoin (réservation au 010/473975 ou à scienceinfuse@uclouvain.be)

Vous trouverez ci-dessous, la liste des réactifs et du matériel nécessaire à la réalisation de l'atelier avec 12 groupes de 2 élèves.

## Matériel

- 24 gobelets
- 50 tubes à essai
- 24 pipettes
- 24 touillettes à café
- 24 portes tubes à essai
- Un bec bunsen
- Allumettes
- Lunettes
- 6 burettes de 25 mL
- 12 pipettes jaugées de 10 mL
- 12 propipettes
- 12 erlenmeyers de 250 mL

## Réactifs

- détergent vaisselle
- eau salée
- éthanol dénaturé froid
- solution déprotéinisante
- solution de NaOH concentré
- solution de sulfate de cuivre (II)
- solution de protéines (blanc d'œuf dilué)
- eau déminéralisée
- solution à analyser
- pulvérisateur contenant une solution de NaCl
- pulvérisateur contenant une solution de KCl
- pulvérisateur contenant une solution de  $\text{KNO}_3$
- pulvérisateur contenant une solution de NaBr
- pulvérisateur contenant la solution du flacon trouvé chez Karl
- solution de NaCl
- solution de NaBr
- solution de  $\text{KNO}_3$
- solution de KI
- solution de KCl
- solution d' $\text{AgNO}_3$
- solution d' $\text{AgNO}_3$  de concentration connue
- chromate de potassium

## Ressources disponibles

Afin d'aborder les thèmes travaillés au cours de cet atelier, les ressources suivantes sont disponibles à Scienceinfuse (Place Galilée à LLN) :

### • Vidéos

- L'information génétique I – sa réalité, son support (10 minutes) : Cette vidéo aborde les points suivants :
  - A travers la généralité de la multiplication cellulaire, la réalité d'une information génétique : de l'œuf indifférencié à l'individu existe un programme.
  - Des images de séparation de blastocystes au stade II : après réimplantation se développent deux individus strictement identiques.
  - Une recherche progressive du siège de l'information : dans le noyau, sur la molécule d'ADN, dans les gènes.
  - Des images uniques de microchirurgie sur le chromosome.
- La méiose, la fécondation – l'information brassé (10 minutes) : Cette vidéo aborde les points suivants :
  - Dans la reproduction sexuée, méiose et fécondation ont un rôle génétique fondamental : le brassage des informations d'origine paternelle et maternelle en une combinaison nouvelle, totalement originale.
  - Des images in vivo de la méiose.
  - La fusion des gamètes.
  - L'explication fondamentale des différences entre les produits d'une multiplication végétative (clonage) et les produits de la reproduction sexuée (variabilité).
- La mitose – transmission conforme de l'information génétique (10 minutes) : Cette vidéo aborde les points suivants :
  - Pour se multiplier, les cellules se divisent... Chaque cellule issue d'une telle division dispose rigoureusement de la même information génétique que la cellule mère... Une démarche très pédagogique pour comprendre les mécanismes profonds de la mitose.
  - De superbes images in vivo de divisions cellulaires, végétales et animales.
  - Des animations de synthèse pour faire le lien entre les concepts et la compréhension des images.

### • Jeu et kit

- Jouer avec les chromosomes : Ce jeu permet de vérifier de façon ludique si les notions tels que le nombre  $n$  de chromosomes et les caractéristiques des phases de la mitose sont acquises. Jeu empruntable à la bibliothèque.

### • Ressources disponibles sur le net :

- Si vous cherchez des idées de séquences de cours, vidéos, animations, expériences concernant le thème de la nutrition, vous pouvez consulter le site e-mediastance (<http://www.uclouvain.be/77718.html>).
- Suivez les actualités scientifiques ainsi que nos événements sur facebook: <http://www.facebook.com/scienceinfuse.ucl>"

# 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 d'insuline et deux verres. Son voisin explique que Karl était diabétique et menait une vie dissolue.

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 les causes de la mort de Karl.

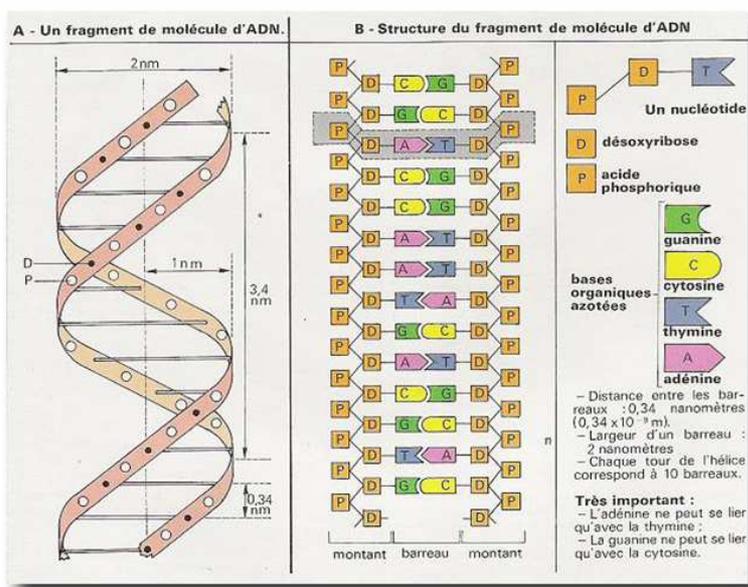
## • Quelle est la structure et la composition de l'ADN ?

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 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.

# Extraction de l'ADN de la salive

## 1. Matériel et réactifs

### Matériel

- Un gobelet
- Un tube à essai
- Une pipette pour l'eau et vos cellules buccales
- Une brosse à dent (ou une touillette à café)

### Réactifs

- Détergent vaisselle
- Eau salée
- Éthanol dénaturé froid
- Solution déprotéinisante
- Vos cellules buccales

## 2. Mode opératoire

- Trempez votre brosse à dent (ou touillette à café) 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 et 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 d'une pipette, 2 à 3 cm<sup>3</sup> de votre solution dans un tube à essai propre.
- Ajoutez délicatement 2 à 3 cm<sup>3</sup> d'éthanol froid en le faisant couler goutte à goutte contre la paroi du tube à essai. Attention, les deux liquides présents ne doivent pas se mélanger. (Remarque : les petites bulles de gaz qui se forment sont dues à la libération des gaz dans l'alcool qui se réchauffe).
- Identifiez votre tube à essai en notant votre prénom et placez-le sur la glace pilée. Laissez reposer 2 minutes.
- Prenez le tube et observez par transparence sur un fond foncé, la précipitation des filaments blancs, entrecroisés. *Ce sont vos filaments d'ADN.*

## 3. Questionnement

- Où trouve-t-on principalement de l'ADN dans une cellule humaine ? **Dans le noyau**
- Quelle est la longueur estimée de l'ADN d'une de vos cellules ? **2 mètres**
- Quel est le diamètre estimé d'une molécule d'ADN ? **2 nm**
- Quel est le rôle du détergent dans l'expérience ? **Détruire la membrane plasmique de la cellule**
- L'ADN est-il soluble dans l'eau ? **Oui**
- L'ADN est-il soluble dans l'alcool ? **Non**

# Analyse qualitative du flacon

## MANIPULATION 1 : LE FLACON CONTIENT-IL DE L'INSULINE ?

Le flacon retrouvé à côté de Karl contient-il de l'insuline ? L'insuline étant une protéine, nous allons répondre à cette question grâce au test de Biuret qui permet de mettre en évidence les protéines.

### 1. Matériel et réactifs

#### Matériel

- Trois tubes à essai
- Un porte tube à essai
- Une pipette pour l'eau déminéralisée

#### Réactifs

- Solution d'hydroxyde de sodium concentrée
- Solution de sulfate de cuivre (II)
- Solution de protéines (lait)
- Eau déminéralisée
- Solution à analyser

### 2. 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  $2 \text{ cm}^3$  (=2 cm de hauteur) d'eau déminéralisée dans un tube à essai.
- Ajoutez 5 gouttes de NaOH concentré.
- Ajoutez délicatement sur le bord du tube 5 gouttes de  $\text{CuSO}_4$  et agitez le tube à essai.
- Recommencez les trois premières étapes pour la solution de protéines et pour le flacon trouvé (à la place de l'eau déminéralisée).

### 3. Résultats et discussions

Solutions	Observations
Eau déminéralisée	La solution a une couleur bleue
Solution de protéines	La solution a une couleur mauve
Flacon trouvé	La solution a une couleur bleue

Les tests effectués confirment-ils la présence d'insuline dans le flacon trouvé ? Expliquez.

Non, à l'inverse, ils confirment l'absence d'insuline. En effet, la coloration prise par la solution du flacon trouvé (bleue) est similaire à celle d'une solution ne contenant pas d'insuline.

## MANIPULATION 2 : IDENTIFICATION DU CATION — TEST À LA FLAMME

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.

## 1. Matériel et réactifs

### Matériel

- Un bec bunsen
- Allumettes
- Lunettes

### Réactifs

- Pulvérisateurs contenant différentes solutions dont la solution trouvée chez Karl

## 2. 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.**

## 2. Résultats

Solutions	Observations (coloration de la flamme)
Solutions dont le cation est du sodium	Orange
Solutions dont le cation est du potassium	Mauve
Solutions dont le cation est du lithium	Rose
Solutions dont le cation est du baryum	Jaune
Solution trouvée chez Karl	Mauve

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

Le potassium car la solution trouvée chez Karl prend la même coloration que celles contenant du potassium lorsqu'on la projette dans la flamme.

## MANIPULATION 3 : IDENTIFICATION DE L'ANION — REACTION DE PRECIPITATION

## 1. Matériel et réactifs

### Matériel

- Six tubes à essai
- Un porte tube à essai

### Réactifs

- Solutions de NaCl, NaBr, KNO<sub>3</sub>, KI, KCl et AgNO<sub>3</sub>
- Solution trouvée chez Karl

## 2. Mode opératoire

- Versez 1 cm<sup>3</sup> (=1 cm de hauteur) de la solution d'AgNO<sub>3</sub> dans chacun des six tubes à essai.
- Ajoutez 1 cm<sup>3</sup> de NaCl dans le 1<sup>er</sup> tube à essai, 1 cm<sup>3</sup> de NaBr dans le 2<sup>ème</sup>, 1 cm<sup>3</sup> de KNO<sub>3</sub> dans le 3<sup>ème</sup>, 1 cm<sup>3</sup> de KI dans le 4<sup>ème</sup>, 1 cm<sup>3</sup> de KCl dans le 5<sup>ème</sup> et 1 cm<sup>3</sup> de la solution trouvée chez Karl dans le 6<sup>ème</sup>.

## 3. Résultats

Solutions	Observations (coloration de la flamme)
NaCl et AgNO <sub>3</sub>	Formation d'un précipité blanc
NaBr et AgNO <sub>3</sub>	Formation d'un précipité blanc cassé, jaunâtre
KNO <sub>3</sub> et AgNO <sub>3</sub>	Pas de précipité formé
KI et AgNO <sub>3</sub>	Formation d'un précipité jaune
KCl et AgNO <sub>3</sub>	Formation d'un précipité blanc
Solution trouvée chez Karl	Formation d'un précipité blanc

Quel anion est mis en évidence par les tests effectués ? Expliquez.

Le chlorure car le précipité formé a la même couleur que ceux obtenus lors du mélange de la solution de nitrate d'argent avec des solutions possédant l'ion chlorure.

**En conclusion, que contient le flacon trouvé chez Karl ?**

Du chlorure de potassium.

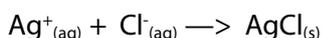
# Analyse quantitative du flacon

## 1. Principe

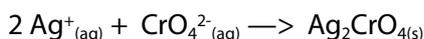
Le titrage permet de déterminer la concentration d'une solution (dans notre cas solution de KCl). Pour cela, nous allons faire réagir des ions chlorure avec du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La concentration de la solution de nitrate d'argent est connue (solution titrante).

## 2. Réaction de titrage

Si on ajoute du  $\text{AgNO}_3$  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 qui, dans ce cas-ci est le  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Lorsqu'il ne reste plus de  $\text{Cl}^-$ , car la totalité des ions ont précipités sous forme d'AgCl, la première goutte d' $\text{AgNO}_3$  en excès apporte des ions  $\text{Ag}^+$  qui réagissent avec les ions chromate  $\text{CrO}_4^{2-}$  pour former du chromate d'argent  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , corps insoluble et rouge orangé.



## 3. Matériel

La burette est déjà installée et remplie de la solution d' $\text{AgNO}_3$ .

### Matériel

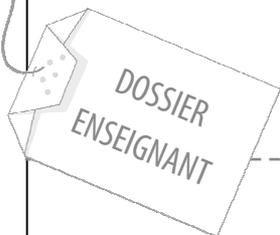
- Une burette de 25 mL
- Une pipette jaugée de 10 mL
- Une propipette
- Un erlenmeyer de 250 mL
- Une pissette d'eau déminéralisée

### Réactifs

- Solution d' $\text{AgNO}_3$  de concentration connue
- Solution à analyser
- Chromate de potassium

## 4. Mode opératoire

- Indiquez la concentration de la solution d' $\text{AgNO}_3$ .
- Prélevez, avec précision,  $10 \text{ cm}^3$  de la solution à analyser avec une pipette jaugée et sa propipette (voir Annexe 2). Introduisez ce volume dans un erlenmeyer.
- Ajoutez 3 à 4 gouttes de chromate de potassium.
- Versez doucement à l'aide de la burette le nitrate d'argent : un précipité blanc se forme qui apparaît jaune à cause du chromate de potassium.
- L'équivalence (précipitation de la totalité des ions chlorure) est atteinte quand la coloration rouge orange persiste (attention précision à la goutte près).
- Lisez le volume  $V_2$  à l'équivalence.



## 5. Résultats

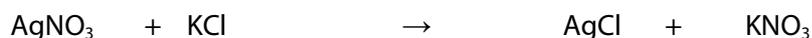
La solution trouvée chez Karl (KCl) a une concentration avoisinant 0,7 mol/L. La solution de nitrate d'argent a une concentration avoisinant 0,75 mol/L (demandée la concentration exacte à Nadine Speliers).

Les calculs ci-dessous sont effectués en considérant ces valeurs.

- Concentration de la solution d'AgNO<sub>3</sub> : 0,75 mol/L
- Volume d'AgNO<sub>3</sub> ajouté lors du titrage de la solution trouvée chez Karl :
  - ⇒ Volume 1 : .....
  - ⇒ Volume 2 : .....
  - ⇒ Volume 3 : .....
  - ⇒ Volume moyen : 9,3 cm<sup>3</sup>

## 6. Exploitation des résultats

Calculez la concentration en KCl dans la solution trouvée chez Karl.



$$n(\text{AgNO}_3) = (0,75 \text{ mol/L}) \cdot (0,0093 \text{ L}) = 6,975 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{KCl}) = 6,975 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$C(\text{KCl}) = 0,697 \text{ mol/L}$$

## Annexe 1 : émission de lumière par les sels chauffés

Lorsqu'on chauffe un élément métallique d'un sel dans la flamme ou lorsqu'on applique une source électrique haute tension à un gaz, les atomes absorbent de l'énergie. Un atome possède dès lors plus d'énergie que dans l'état fondamental, il est dit « excité ». Grâce à l'énergie absorbée, un électron peut passer à un niveau d'énergie supérieure. Autrement dit, l'électron est propulsé vers une couche plus éloignée du noyau.

Mais l'atome excité est instable et revient rapidement à son état fondamental. L'électron retombe sur une couche proche du noyau. Lors de la chute de l'électron d'un niveau excité à un niveau inférieur, l'énergie absorbée est restituée sous forme d'énergie lumineuse.

