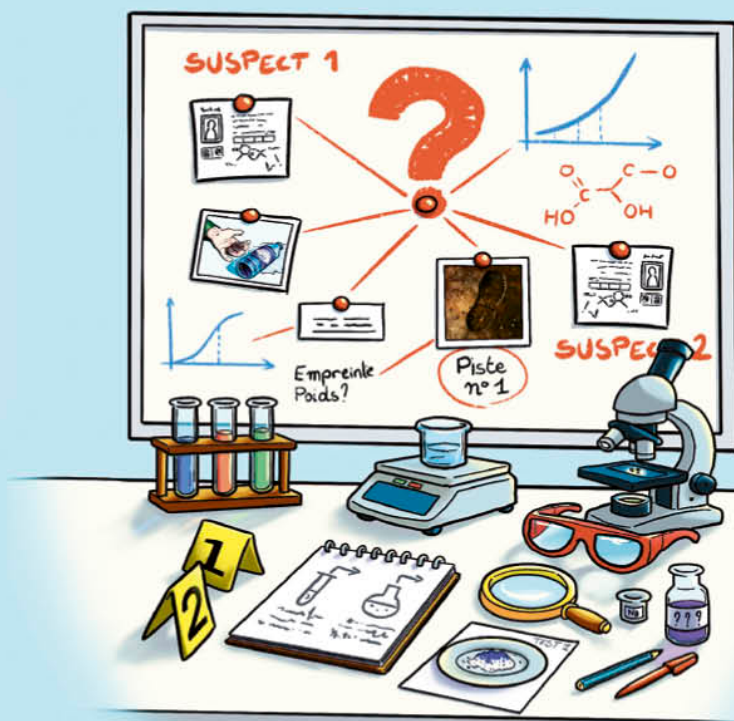


2^{de}

4 ENQUÊTES DE POLICE SCIENTIFIQUE

pour s'entraîner en
PHYSIQUE-CHIMIE



Élodie Souriou

Illustrations d'Olivier Souriou

ellipses

Enquête 1

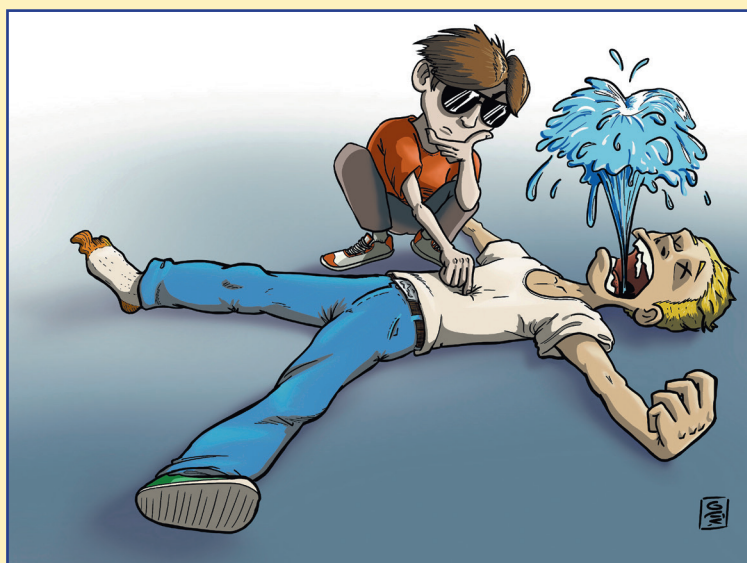
Sous les vagues de l'ivresse

SYNOPSIS

Un homme est retrouvé mort, allongé dans son lit. Il n'a aucune trace visible de coups. Il est habillé et ses vêtements semblent encore humides. D'ailleurs, un liquide incolore est découvert près du corps. Par ailleurs, une poudre blanche est trouvée sur sa table de chevet.

En tant qu'inspecteur, vous êtes appelé sur les lieux pour mener l'enquête. Une autopsie du corps sera réalisée ultérieurement.

Vous allez devoir utiliser vos connaissances en Physique-Chimie pour résoudre ce mystère.



Le liquide retrouvé près du corps

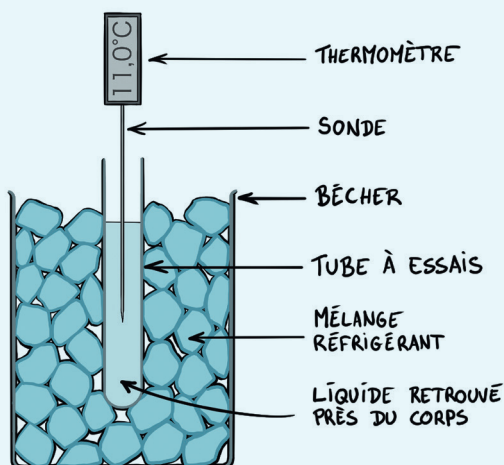
En arrivant sur la scène du crime, vous prélevez un échantillon du liquide incolore retrouvé près du corps et le placez dans un récipient pour l'analyser ultérieurement (les analyses 1, 2 et 3 suivantes permettront de l'identifier).

Analyse n° 1

Courbe de changement d'état

Pour cette première analyse, vous réalisez le protocole suivant :

- Mettre le liquide étudié dans la moitié d'un tube à essais et y plonger la sonde d'un thermomètre.
- Mettre le tube à essais dans un mélange réfrigérant (= mélange utilisé pour refroidir).
- Déclencher le chronomètre.
- Noter la température toutes les minutes pendant 10 minutes.



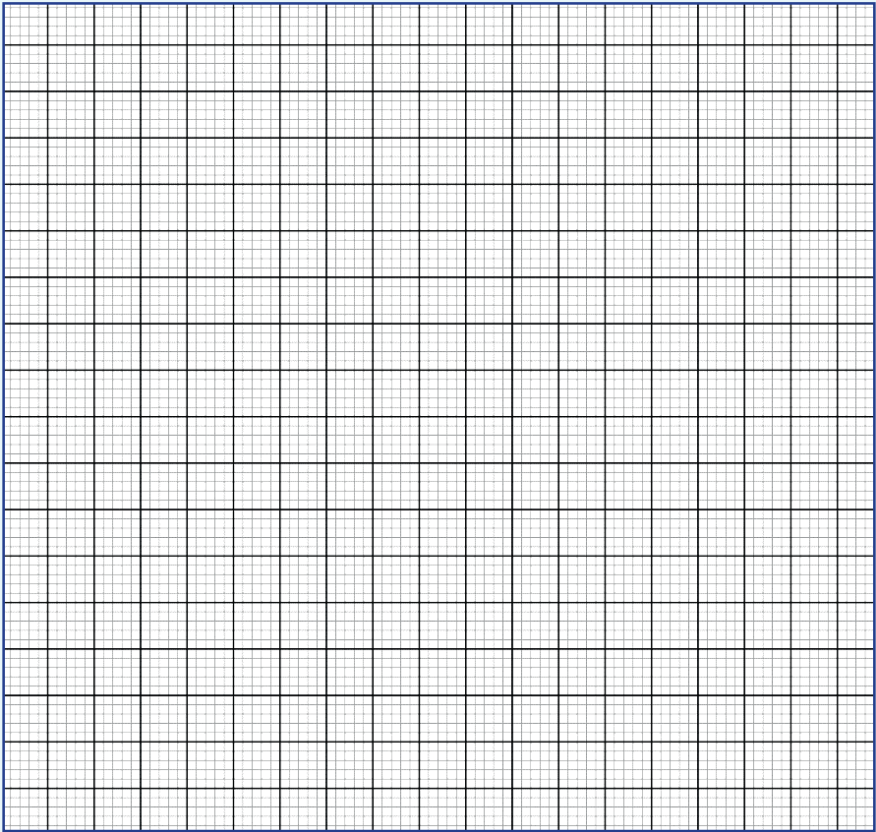
Dans le tableau ci-dessous, vous trouvez les mesures obtenues, ainsi que les observations sur les états présents (L : liquide, S : Solide et G : gazeux) :

Temps (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Température liquide 1 (°C)	17	11	5	0	-5	-5,5	-6	-6,5	-7	-12	-18
État physique	L	L	L	L	L+S	L+S	L+S	L+S	L+S	S	S

Question 1

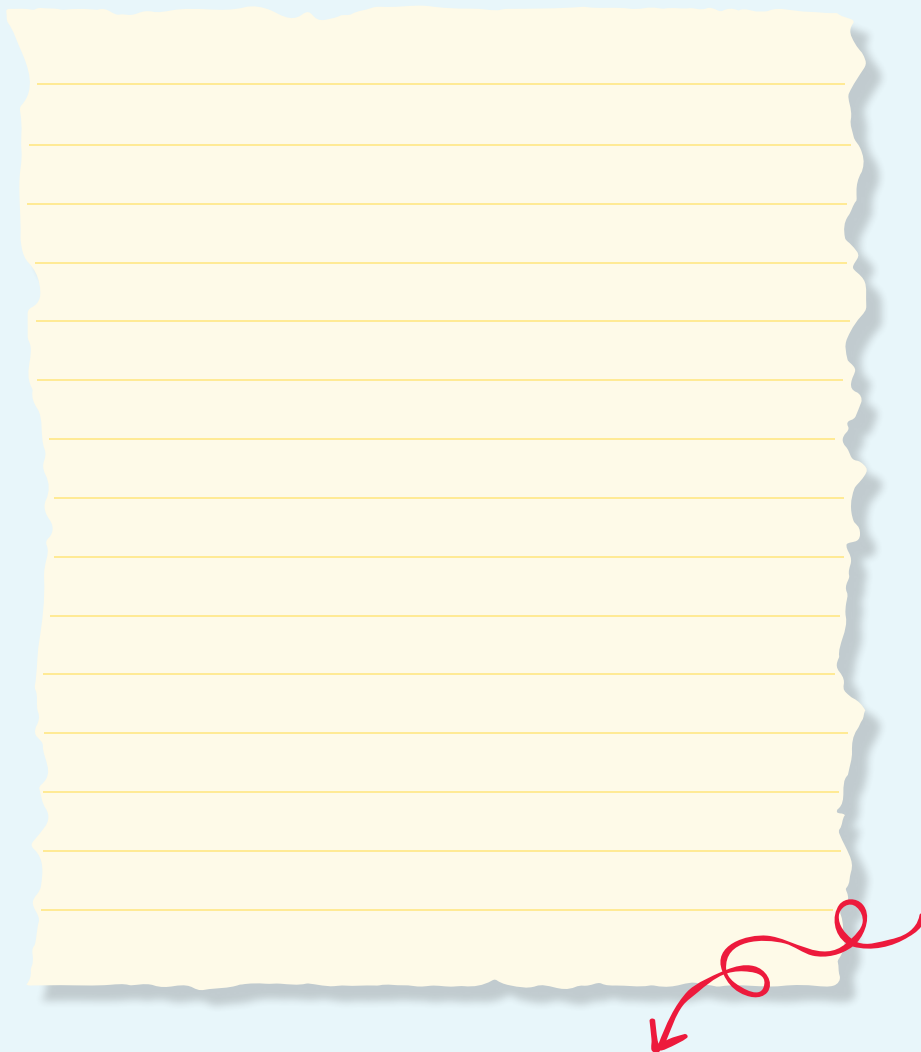
Tracez le graphique représentant l'évolution de la température en fonction du temps sur le papier quadrillé ci-après.

→ fiche méthode 1 : Tracé d'un graphique.



Question 2

Après analyse de la courbe obtenue, identifiez si le liquide retrouvé à côté du cadavre est un corps pur ou un mélange.



→ Leçon 1 (parties I et II)

Analyse n° 2

Tests caractéristiques

Maintenant que vous avez identifié si ce liquide incolore était un corps pur ou un mélange, vous allez déterminer sa composition.

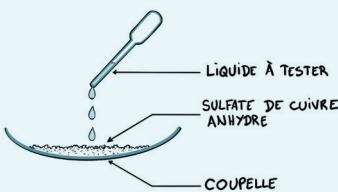
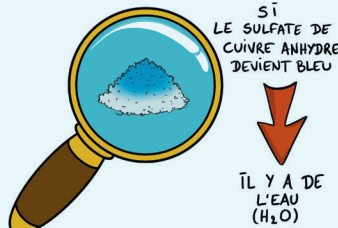
Pour cela, vous allez réaliser des tests caractéristiques, c'est-à-dire des tests chimiques permettant de mettre en évidence la présence d'une espèce chimique (ou non !).

Voici quelques tests caractéristiques qui sont régulièrement faits en séances de TP au collège et au lycée.



DOCUMENT 1

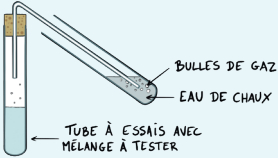
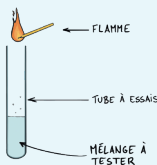
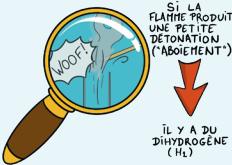
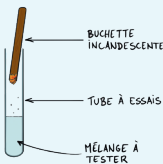
→ Identification de l'eau

Espèce chimique à identifier	Schéma du test à effectuer	Test positif
Eau H_2O		



DOCUMENT 2

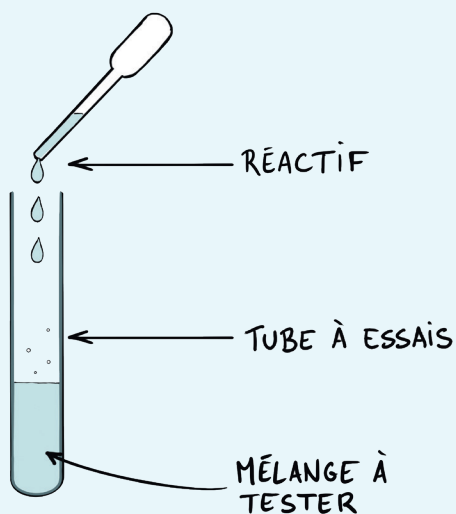
→ Identification de gaz

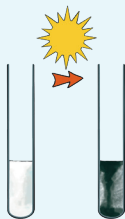
Espèce chimique à identifier	Schéma du test à effectuer	Test positif
Dioxyde de carbone CO_2		
Dihydrogène H_2		
Dioxygène O_2		



DOCUMENT 3

→ Identification d'ions



Ion à tester	Couleur initiale de la solution	Réactif utilisé pour le test	Résultat positif du test = précipité
Cuivre II Cu^{2+}	Bleue	Hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$)	
Fer II Fe^{2+}	Vert pâle		
Fer III Fe^{3+}	Jaune pâle		
Zinc Zn^{2+}	Incolore		
Magnésium Mg^{2+}	Incolore		
Chlorure Cl^-	Incolore	Nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)	
Sulfate SO_4^{2-}	Incolore	Chlorure de baryum ($\text{Ba}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$)	

Ion à tester	Couleur initiale de la solution	Réactif utilisé pour le test	Résultat positif du test = précipité
Calcium Ca^{2+}	Incolore	Oxalate d'ammonium ($2 \text{NH}_4^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)	

Nous allons en profiter pour revoir la méthodologie d'un compte-rendu scientifique, dont les différents points sont indiqués en caractères gras.

La correction de ce compte-rendu scientifique est détaillée au fur et à mesure, en italique, à l'exception de la conclusion (dont la réponse sera écrite en fin d'enquête, page 31) En effet, vous ne pouvez pas effectuer ces expériences (vous n'êtes pas en salle de TP au lycée !), elles seront donc précisées ici et vous devrez uniquement les interpréter.

1 Vous reformulez l'objectif et résumez la démarche que vous allez entreprendre pour y répondre. Une hypothèse pourra être écrite.

« Je souhaite déterminer la composition du liquide incolore retrouvé près du corps de la victime. Pour cela, je vais effectuer des tests caractéristiques. Je suppose qu'il s'agit d'eau contenant des ions. »

2 Vous précisez le protocole de l'expérience que vous mettez en œuvre, sous forme de phrases et/ou de schémas.

*« **Expérience 1** : Dans une coupelle, on dépose à l'aide d'une spatule une petite pincée de poudre blanche de sulfate de cuivre anhydre. À l'aide d'une pipette, on y ajoute une goutte de liquide inconnu.*

***Expérience 2** : Dans un tube à essais contenant le liquide inconnu, on ajoute quelques gouttes de réactif (successivement nitrate d'argent, hydroxyde de sodium, chlorure de baryum). »*

3 Vous observez vos expériences et notez vos résultats.

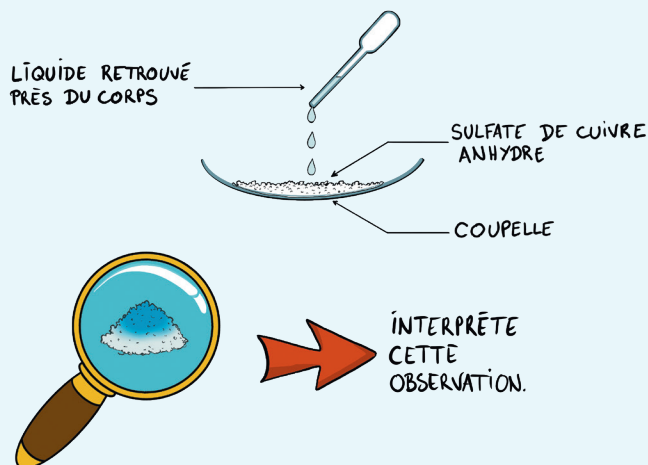
« Ici, le protocole mis en œuvre donne les résultats suivants :

***Expérience 1** : Le sulfate de cuivre anhydre devient bleu.*

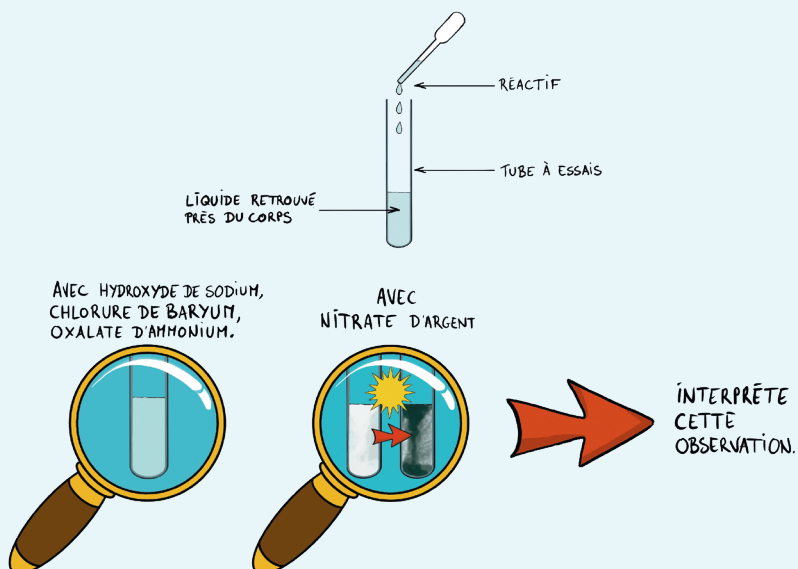
***Expérience 2** : Il y a apparition d'un précipité blanc (qui noircit à la lumière) dans le tube à essais en présence de nitrate d'argent (mais pas de précipité avec les autres réactifs). »*

Remarque : Les parties 2. et 3. peuvent être assemblées sous forme de schémas.

Expérience 1



Expérience 2

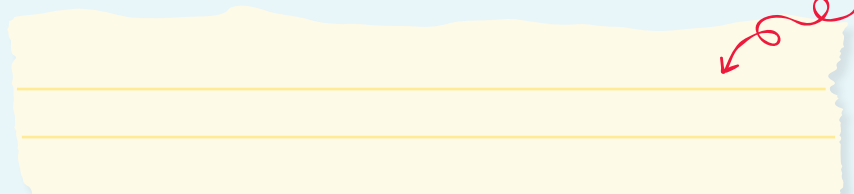


Question 3

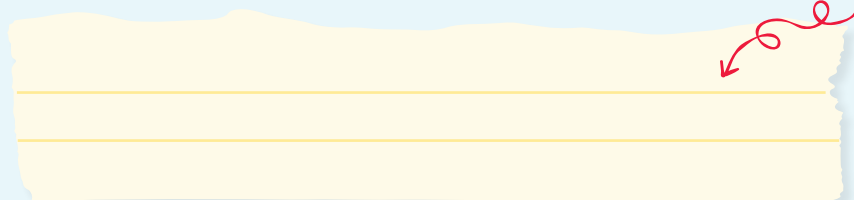
(Compléter les points 4. et 5.)

4 Vous interprétez vos résultats.

Le sulfate de cuivre anhydre qui devient bleu en présence du liquide incolore permet de conclure que le liquide incolore contient...

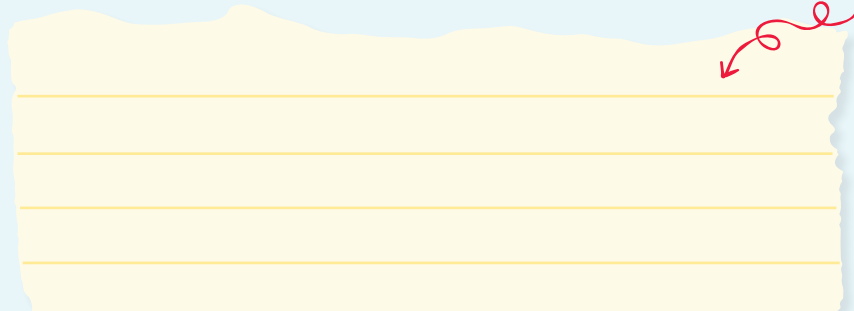


Le précipité blanc, qui noircit à la lumière, obtenu en présence de nitrate d'argent permet de conclure que le liquide incolore contient...



5 Vous concluez sur vos observations, en répondant à l'objectif. Vous pouvez ici poser un regard critique sur vos résultats (par exemple s'ils ne sont pas ceux auxquels vous vous attendiez).

D'après mes observations, je conclus que mon liquide inconnu semble être/contenir ...

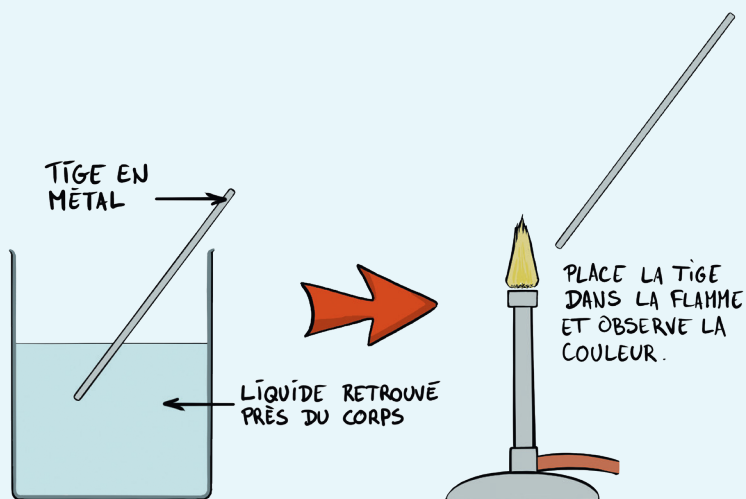


 Leçon 2

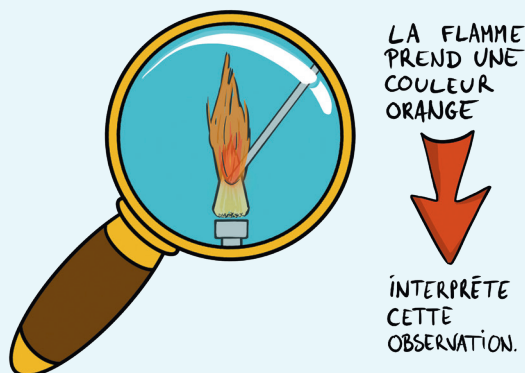
Analyse n° 3

Test à la flamme

Après la courbe de changement d'état et les tests caractéristiques, une dernière analyse peut être mise en œuvre (en classe, plutôt par le professeur cette fois !). Il s'agit du test à la flamme. C'est une technique d'analyse permettant de détecter la présence de certains éléments chimiques (lithium, cuivre, sodium, calcium, etc.) en fonction du changement de couleur de la flamme.



Une tige de métal est plongée durant quelques secondes dans le liquide inconnu retrouvé près du corps, puis elle est mise dans la flamme d'un chalumeau. Cette flamme change alors de couleur : elle devient orange.



Lors de ce test à la flamme, en plus de l'observation directe de la couleur de la flamme, on peut également utiliser un outil appelé **spectromètre**, qui va permettre de tracer le profil spectral de la lumière de la flamme, c'est-à-dire l'intensité lumineuse émise en fonction de la longueur d'onde λ . Sur ce graphique, un pic correspond à une raie intense du spectre d'émission correspondant. Seules les raies d'intensité lumineuse suffisamment forte apparaissent.

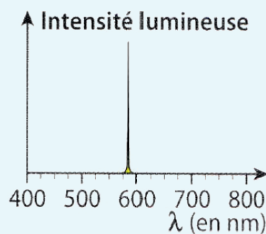


→ Leçon 3



DOCUMENT 4

→ Profil spectral de la flamme en utilisant le liquide retrouvé près du corps



DOCUMENT 5

→ Longueurs d'onde de quelques raies spectrales

Élément chimique	Calcium Ca	Cuivre Cu	Lithium Li	Magnésium	Sodium Na
λ (en nm)	422 ; 458 ; 526 ; 616	510 ; 514 ; 521 ; 528	460 ; 497 ; 610 ; 670	470 ; 517	588 ; 590



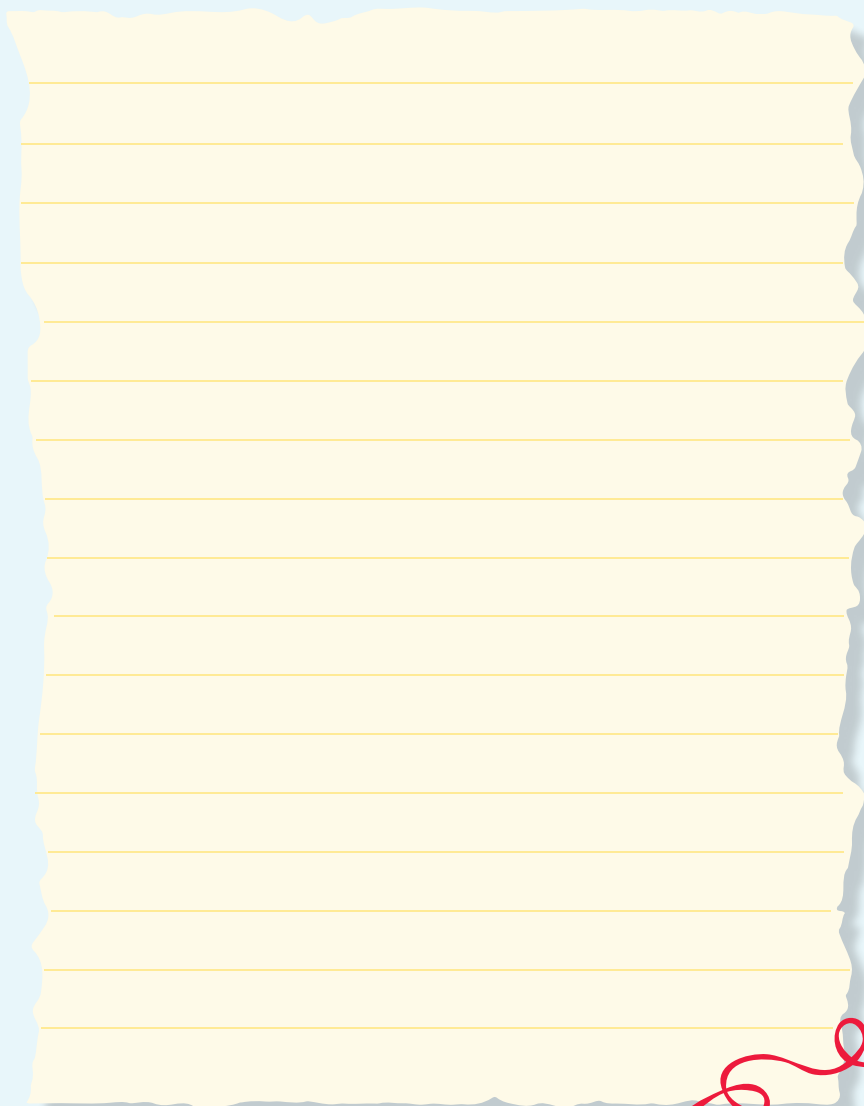
DOCUMENT 6

→ Longueurs d'onde et couleurs

Couleur	Violet	Indigo	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
λ (en nm)	400-420	420-470	470-490	490-570	570-580	580-640	640-800

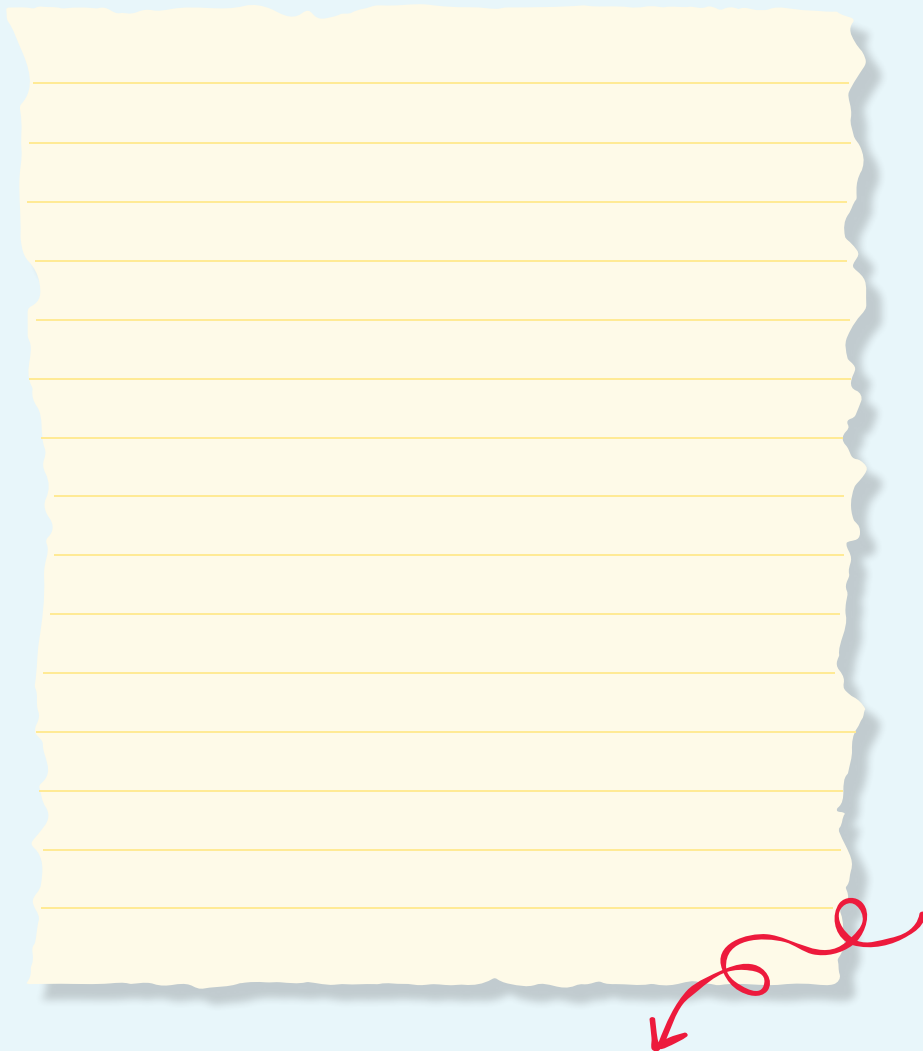
Question 4

Utilisez les informations données (couleur de la flamme et profil spectral de la lumière émise par cette flamme) pour déterminer l'élément chimique contenu dans le liquide incolore.



Question 5

Bilan indice n° 1 : D'après vos interprétations des analyses 1, 2 et 3, identifiez le liquide incolore retrouvé près du corps.

A large yellow notepad with horizontal lines, designed for taking notes. It has a torn edge on the right side. A red arrow points from the bottom right corner of the notepad towards the bottom right of the page.

Le liquide retrouvé dans les poumons

Lors de l'autopsie, le légiste prélève un échantillon du liquide contenu dans les poumons de la victime.

Vous allez déterminer la nature de ce liquide grâce au phénomène de réfraction et à l'utilisation de la loi de Snell-Descartes.



→ Leçon 4

Vous trouverez ci-dessous un tableau indiquant l'indice de réfraction de différents liquides incolores :



DOCUMENT 7

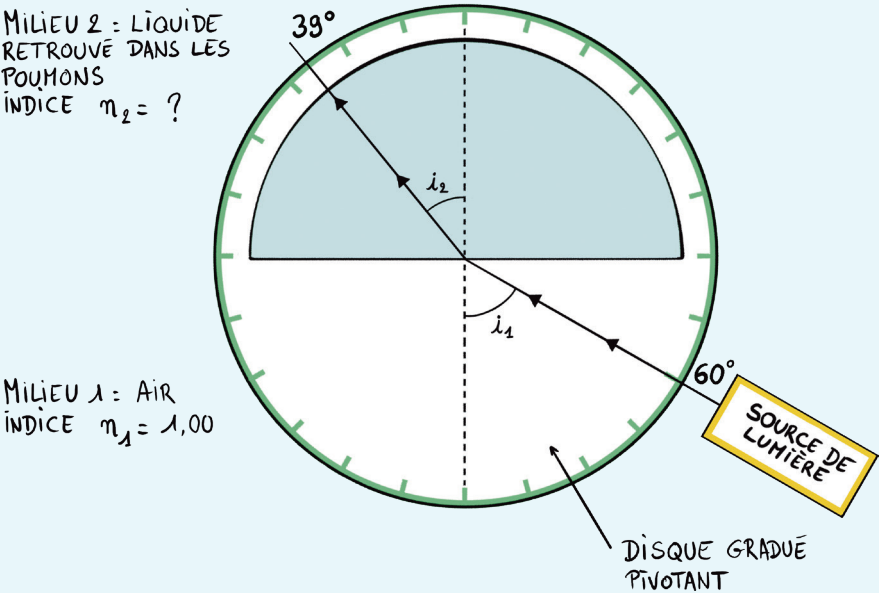
→ Indices de réfraction de quelques liquides incolores

Espèce chimique	Eau	Eau salée	Cyclohexane	Glycérine	Benzène	Huile de silicone
Indice de réfraction	1,33	1,38	1,44	1,47	1,50	1,52

Remarque : Certains facteurs influencent la valeur de l'indice de réfraction :

- la **température** : une eau pure à 20 °C a un indice de réfraction de 1,333 tandis qu'une eau pure à 100 °C a un indice de réfraction de 1,318 ;
- la **pression** : une augmentation de pression augmente l'indice de réfraction ;
- la **concentration** : plus une solution est concentrée en soluté, plus son indice de réfraction est grand.

Voici l'expérience mise en œuvre pour trouver l'indice de réfraction du milieu :



Lors de cette expérience, voici les résultats obtenus :

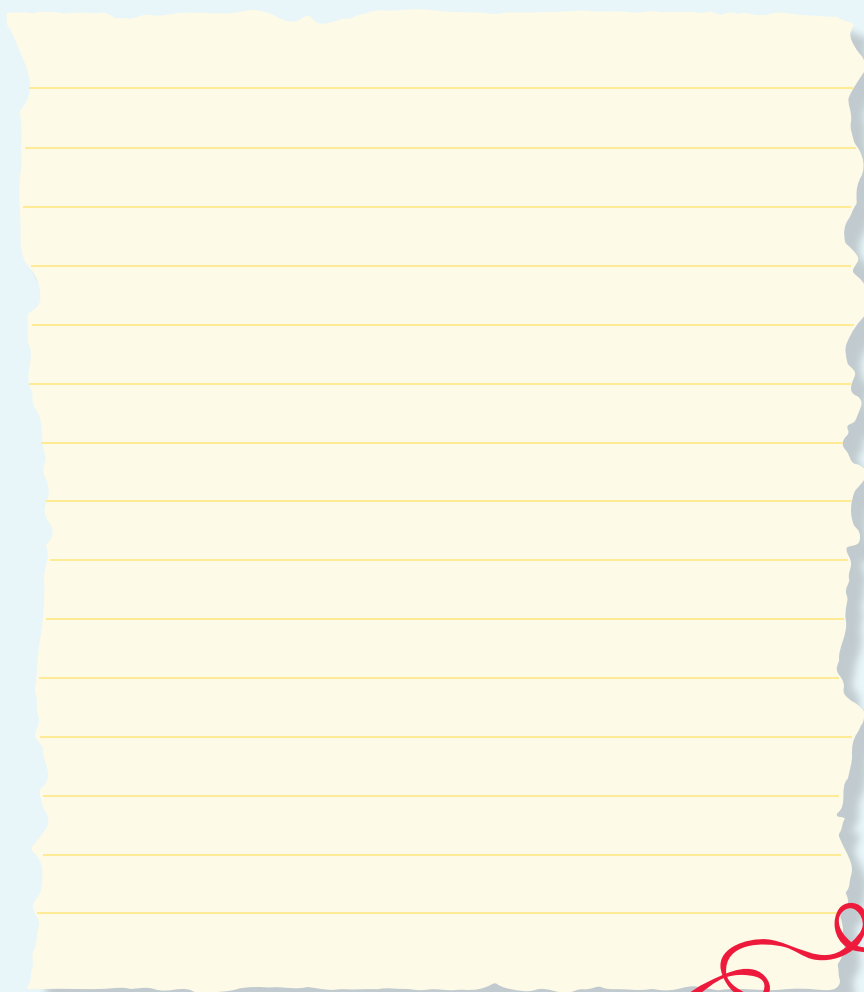
Mesures	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$i_1 (^\circ)$	0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
$i_2 (^\circ)$	0	7,20	14,3	21,2	27,8	33,7	38,9	42,9	45,5

Question 6

Identifiez le liquide retrouvé dans les poumons de la victime.

Attention, pour pouvoir faire les calculs, il faut régler votre calculatrice en degrés et non pas en radians !

Aide : utiliser deux ou trois valeurs du tableau et faire une moyenne pour retrouver n_2 .



Remarque 1 : Une autre méthode nécessitant un graphique pourra être utilisée en classe.

Remarque 2 : Pour plus de précision, bien utiliser la totalité des chiffres donnés par la calculatrice lors du calcul de la moyenne (le bon nombre de chiffres significatifs ne doit apparaître que sur la copie, les calculs intermédiaires peuvent utiliser la totalité des chiffres).

 Fiche méthode 2 : Écriture scientifique et chiffres significatifs

Le liquide retrouvé dans l'estomac

Le médecin légiste prélève également un échantillon d'un liquide incolore retrouvé dans l'estomac de la victime.

Pour identifier ce liquide, nous allons mesurer sa masse volumique.



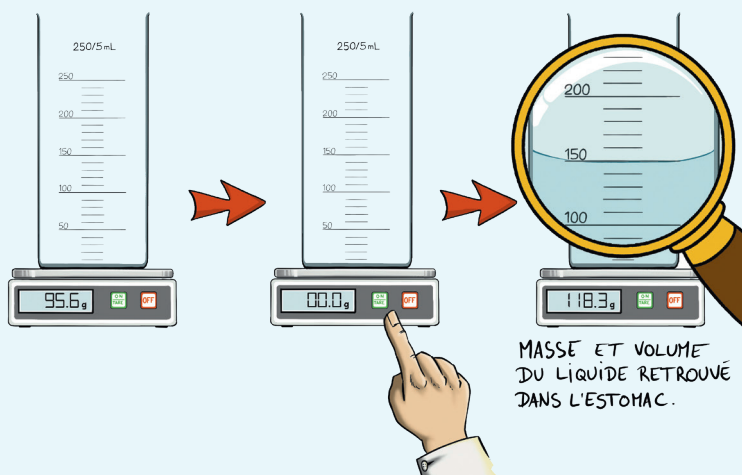
→ Leçon 1 (partie III)

Pour déterminer la masse volumique d'une espèce chimique liquide, on va donc mesurer son volume et sa masse (évidemment la masse associée au volume mesuré).

Nous utilisons une éprouvette graduée, dont la précision est plus importante qu'un bécher, ce qui permettra de réduire les incertitudes. Pour augmenter encore la précision, on aurait aussi pu utiliser la fiole jaugée.

→ Fiche méthode 3 : Incertitudes

L'expérience est la suivante (ne pas oublier de tarer l'éprouvette graduée mise sur la balance), les résultats étant directement indiqués sur les dessins :



Voici la masse volumique de divers liquides incolores :



DOCUMENT 8

→ Masse volumique de divers liquides incolores

Espèce chimique	Eau pure	Eau salée	Éthanol (alcool)	Benzène	Éther	Chloroforme	Glycérine
Masse volumique (en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1,00	1,09	0,789	0,899	0,713	1,489	1,260

Question 7

Réalisez le calcul nécessaire pour identifier le liquide contenu dans l'estomac.

La poudre blanche retrouvée près du corps

Pour terminer, vous allez analyser la poudre blanche retrouvée à proximité du corps. Pour cela, vous allez réaliser une chromatographie sur couche mince (aussi appelée CCM), dont le principe va être rappelé juste après. Les taches obtenues étant incolores, une révélation par ultraviolets avec une lampe UV sera nécessaire.

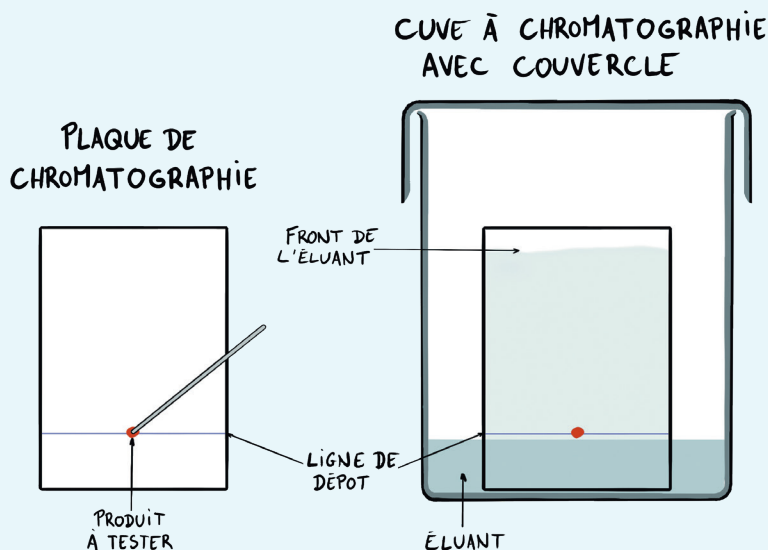


→ Leçon 1 (partie IV)



DOCUMENT 9

→ Protocole d'une CCM

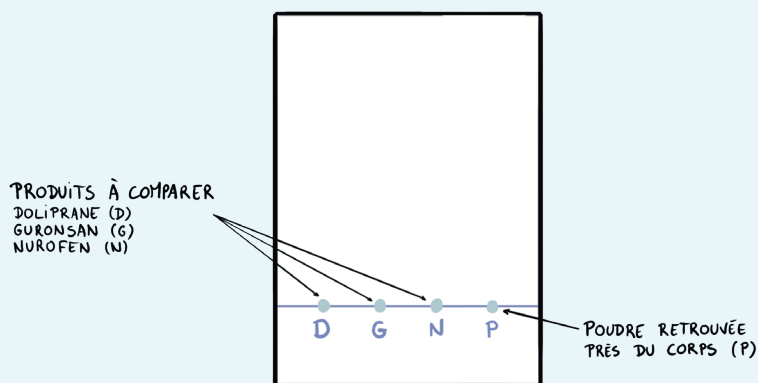


- 1 À environ 1 cm du bas de la plaque, tracer délicatement une ligne au crayon à papier.
- 2 Écrire (toujours au crayon à papier) sur cette ligne les positions des dépôts que vous allez effectuer (en mettant par exemple une croix et la première lettre de l'espèce testée).
- 3 Effectuer les dépôts souhaités à l'aide de capillaires ou de cure-dents. Si les composés à analyser sont sous forme solide, les dissoudre au préalable dans un minimum de solvant.
- 4 Introduire l'éluant jusqu'à une hauteur d'environ 0,5 cm dans la cuve à chromatographie, puis la fermer.
- 5 Placer verticalement la plaque dans la cuve et la refermer rapidement. Au départ, l'éluant ne doit pas toucher la ligne de dépôt.
- 6 SANS BOUGER LA CUVE, attendre que l'éluant soit arrivé à environ 1 cm du bord supérieur.
- 7 Retirer la plaque et tracer rapidement au crayon à papier un trait indiquant la hauteur atteinte par l'éluant.

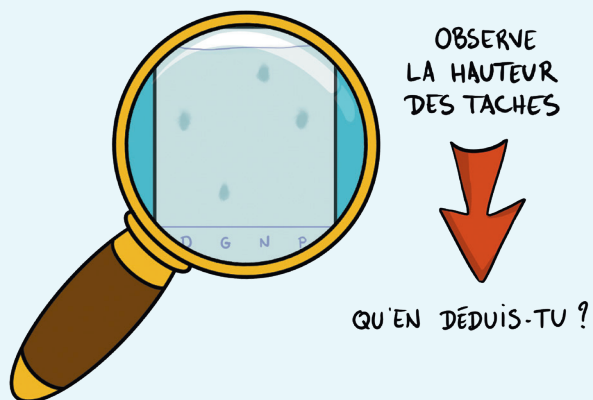
La poudre retrouvée près du corps de la victime est blanche et fine. Il pourrait s'agir de Doliprane®, de Guronsan®, ou encore de Nurofen®.

Voici le chromatogramme, avant et après élution (et après révélation aux UV) :

Avant élution :



Après élution :



Question 8

Analysez le chromatogramme et concluez sur la nature de cette poudre blanche.

A large, blank, yellow notepad with horizontal lines, intended for the student's answer. A red arrow points from the bottom right corner of the notepad towards the bottom of the page.