Séquence : Les sciences dans la lutte contre le crime.
Qui a tué Mr Gérard ??

L'objectif de cette séquence est la mise en place d'activités pour le thème science et investigation policière. Pour cela l'élève devra au cours des différentes séances réaliser un « cahier de laboratoire ». En effet, au fur et à mesure des activités, les expériences, observations et résultats seront à noter afin de résoudre l'enquête.

PARTIE 1 : Etude du carnet

PARTIE 2 : Balistique

PARTIE 3 : Analyse de poudre blanche

PARTIE 4 : Analyse des indices 7 et 8

PARTIE 5 : Etude du cheveu

On dispose d'un rapport de police lié à une scène de crime.

RAPPORT DE POLICE **AFFAIRE GERARD 22022022**

DE Inspecteur Kowalski

A L'ATTENTION DE Brigade SUSE (Sand Unité Spéciale Etudiante)

CONTEXTE

Monsieur Gérard – enseignant en Mathématiques au Lycée du Mée sur Seine – a été retrouvé mort étendu au sol dans sa salle de classe (206) mardi 22 février 2022. Madame Gobert a découvert le corps inanimé lorsqu'elle a voulu nettoyer la salle. Il était 06h35.

La direction du Lycée a fermé le deuxième étage du bâtiment à partir de cet horaire et jusqu'à l'arrivée de la police qui a pu se livrer à l'analyse des lieux et prendre les témoignages de certaines personnes.
Monsieur Gérard n'avait pas cours ce jour-là avant 14h avec les secondes 4. Il avait cours la veille, lundi 21 février jusqu'à 17h25.

Des caméras de surveillance aux entrées du Lycée permettent de déterminer les heures de rentrée et de sortie du lycée.

ANALYSE DU LIEU DU CRIME

Les marques du corps de Monsieur Gérard ont été déposées au ruban adhésif après que les médecins légistes aient emmenés le corps du défunt.
Le professeur Gérard était étendu entre son bureau et le tableau. Il avait saigné (coagulation partielle) au niveau du cuir chevelu et semblait avoir été tué par balle. Ses mains et son pantalon étaient pleins de poussière de craie. Son cadavre a été envoyé au médecin légiste pour une autopsie approfondie.
Différentes tâches rouges sont dispersées dans la salle. Les analystes de la SUSE doivent effectués des prélèvements et analyses des différentes tâches.
Des projections de sang au mur et sur la partie droite du tableau sont clairement visibles, ainsi qu'une importante flaque au niveau de la tête.

La température de la salle était de 20°C, mesurée à 8h.

Un relevé précis des pièces à convictions sera également mise en œuvre par les techniciens spécialisés de le BUSE.

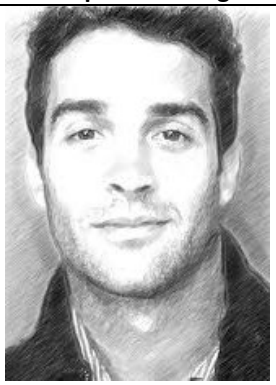
PROFIL DE LA VICTIME

Dans la vie, Monsieur Gérard était plutôt respecté de ses élèves, mais antipathique pour certains collègues : certains ont avoué avoir trouvé son comportement parfois un peu excentrique et mystérieux, en particulier en ce qui concernait sa vie privée.

Après une fouille du lieu, voici les indices à analyser afin d'en savoir plus sur les circonstances du crime.

Indice 1 : un carnet
Indice 2 : Douilles
Indice 3 : Impacts de balles
Indice 4 : Traces de pas
Indice 5 : Poudre blanche
Indice 6 : Médicaments
Indice 7 : Matériau transparent
Indice 8 : Gouttes d'un liquide
Indice 9 : Cheveu

Voici le fichier des identités des personnes intervenant dans l'affaire Gérard.

Mr Gérard	**Mme Gobert**	**Mme Gérard**	**Mr Expresso Georges**
			
Statut : Victime Taille : 175 cm Poids : 75 kg Couleur de cheveux : noire Diamètre cheveux : 88 µm Situation : marié Emploi : enseignant en mathématiques	Statut : a trouvé la victime Taille : 160 cm Poids : 65 kg Couleur de cheveux : blonde Diamètre cheveux : Situation : mariée Emploi : femme de ménage	Statut : femme de la victime Taille : 170 cm Poids : 67 kg Couleur de cheveux : brune Diamètre cheveux : µm Situation : mariée Emploi :	Statut : Avait cours dans la salle d'à coté Taille : 185 cm Poids : 85 kg Couleur de cheveux : noire Diamètre cheveux : µm Situation : célibataire Emploi : enseignant en mathématiques

Mlle Lejeune Virginie	**Mme Piqure Célia**
Statut : a écrit une lettre de menace Taille : 165 cm Poids : 55 kg Couleur de cheveux : brune Diamètre cheveux : µm Situation : célibataire Emploi : lycéenne	Statut : une des premières sur la scène de crime Taille : 175 cm Poids : 75 kg Couleur de cheveux : blonde Diamètre cheveux : µm Situation : célibataire Emploi : infirmière au lycée

PARTIE 1 : Etude du carnet

Un petit cahier a été trouvé sur la scène de crime (sur le bureau). Il est envoyé pour analyse dans votre laboratoire. Il semble totalement vide.

A l'aide des différents documents, on souhaite :

- déterminer l'encre utilisée dans le cahier ;
- préparer une solution pour la révélation ;
- déterminer la meilleure technique de révélation.

ACTIVITE 1. Analyse de l'encre utilisée

- **Objectifs** : Analyser des documents (spectres RMN) afin de déterminer le type d'encre utilisée
- **matériel** : documents RMN
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles** :

Travail à réaliser

Afin d'analyser le contenu du cahier, on prélève une feuille que l'on place dans un spectromètre RMN qui est un instrument d'investigation. Cette analyse permettra de savoir s'il y a présence ou non d'une encre invisible sur l'échantillon.
Le spectrophotomètre va nous fournir un spectre RMN de l'encre (RMN = résonance magnétique nucléaire). Des documents sont mis à votre disposition au laboratoire d'analyse. En sachant que chaque molécule a un spectre différent, déterminer la nature de l'encre utilisée dans le cahier.
Noter la réponse dans le cahier de laboratoire en expliquant votre démarche.

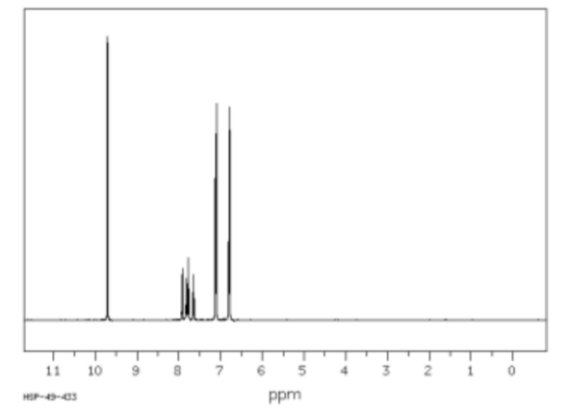
Document 1 : Techniques connues pour écrire à l'encre invisible

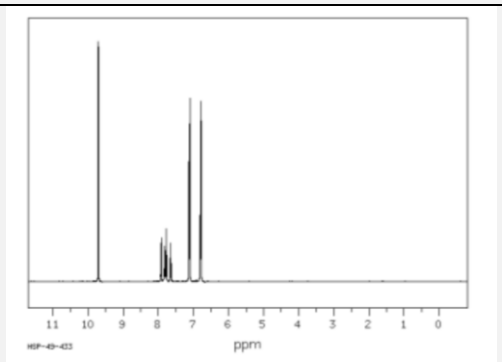
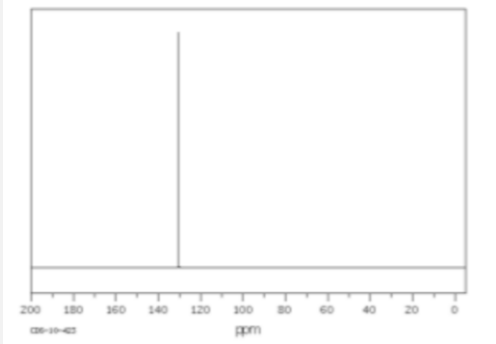
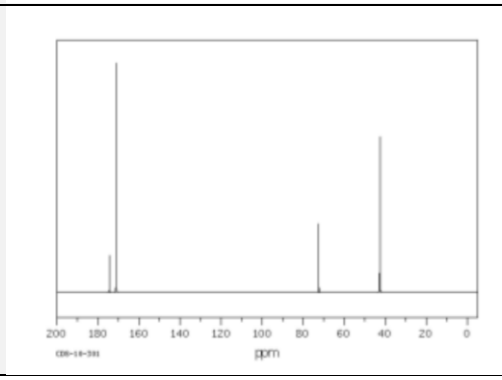
1) Encre utilisée : phénolphtaléine / révélateur : solution d'hydroxyde de sodium

2) Encre utilisée : thiocyanate d'ammonium / révélateur : solution de chlorure de fer III

3) Encre utilisée : acide citrique / révélateur : solution de bleu de bromothymol

Document 2 : Spectre RMN de l'espèce chimique contenue dans l'encre du carnet



Document 3 : Spectres RMN	
Phénolphtaléine	
Thiocyanate d'ammonium	
Acide citrique	

ACTIVITE 2. Préparation du révélateur

- **Objectifs** : Préparer la solution qui révèlera l'encre.
- **Matériel** : Pastilles de soude (pot avec pictogrammes), coupelle, spatule, balance, entonnoir, fiole jaugée de 50 mL, eau distillée
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles** : Attention s'équiper de blouse, gants et lunettes de protection.

Travail à réaliser

Maintenant que vous connaissez l'encre utilisée, vous pouvez maintenant préparer la solution de révélateur d'encre invisible.
A l'aide du document 4, préparer la solution en respectant le protocole et les règles de sécurité.
Vous calculerez la concentration massique de la solution réalisée et vous noterez le résultat dans le cahier de laboratoire.

Document 4 : Préparation de la solution

1. A l'aide d'une spatule et d'une balance, peser 1,0 g d'hydroxyde de sodium.
2. A l'aide d'un entonnoir, placer le solide (soluté) dans une fiole jaugée de 50,0 mL. Rincer l'entonnoir et la coupelle à l'eau distillée pour ne pas perdre de soluté.
3. Ajouter un tiers de la fiole jaugée de l'eau distillée (solvant).
4. Boucher la fiole jaugée et agiter pour dissoudre le soluté.
5. Compléter la fiole jaugée jusqu'au trait de jauge à l'aide de l'eau distillée.
6. Boucher et agiter à nouveau.

ACTIVITE 3. Révélation des messages

- **Objectifs :** Trouver la meilleure technique pour révéler les messages
- **Matériel :** Pages du carnet, boites de pétri, cotons tiges, pulvérisateur, morceaux de chiffon, béchers, pince à épiler.
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles :** Chaque groupe va tester plusieurs techniques (au moins deux) proposées et présenter ses résultats (avantages, inconvénients) aux autres. L'objectif étant de valider la bonne technique et la réaliser proprement sur les pages du carnet.

Travail à réaliser

Vous avez préparé la solution de révélateur.
Vous devez maintenant mettre au point la technique de révélation sur des papiers test mis à votre disposition.
Une fois la technique validée par le professeur, révélez les messages du carnet.

Vous noterez bien dans votre cahier le protocole de chaque technique puis celle finalement retenue.
Pensez aussi à recopier les messages révélés du carnet dans votre cahier de labo.

Document 5 : Matériel à disposition pour la révélation

- pages du carnet - boites de pétri - cotons tiges	- pulvérisateur - morceaux de chiffon	- béchers - pince à épiler

Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

Activité 1 et 2 Encre retenue : la phénolphtaléine, révélateur soude **Activité 3** On peut écrire avec un stylo plume propre trempé dans la phénolphtaléine. On peut révéler par exemple avec un chiffon imbibé de soude (pince à épiler, chiffon à tremper dans le bécher de soude).	Photos, schémas…

Autres techniques : coton tige imbibé, pulvérisateur ou tremper la feuille dans un bac de révélation. Deux messages à écrire sur papier A5 : « On veut ce que je sais !! » « Elle a toujours été la préférée ! »	

Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées	Où dans cette partie ?
APP	**Rechercher et extraire** des informations.	Activité n°1
ANA	**Choisir** la technique la plus adaptée à la révélation.	Activité n°3
	Proposer un protocole de révélation.	Activité n°3
REA	**Réaliser** la dissolution le protocole étant fourni.	Activité n°2
	Mettre en œuvre un protocole de révélation.	Activité n°3
VAL	**Comparer** les différentes techniques de révélation.	Activité n°3
COM	**Rédiger** des réponses claires dans le cahier de laboratoire.	Activité n°1, 2 et 3.

Liens avec le programme de physique chimie de seconde

Thème	Notions et contenus	Où dans cette partie ?
Constitution et transformations de la matière - Les solutions aqueuses, un exemple de mélange.	Solvant, soluté. Concentration en masse, concentration maximale d'un soluté.	Activité n°2

PARTIE 2 : Analyse de la scène de crime

Des impacts de balles ainsi que des traces de pas ont été retrouvés sur la scène de crime.
Dans cette partie on souhaite identifier la nature de l'arme du crime ainsi que la taille du tueur et sa pointure.

ACTIVITE 1. Analyse de la balle retrouvée

- **Objectifs :** Trouver le calibre de la balle.
- **Matériel :** documents
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles :**

Travail à réaliser

La balle a été photographié (voir document 1).
Une première mesure de la distance de pénétration de la balle dans le mur en **brique** donne **e = 13,7 cm.**

Déterminer à l'aide des différents documents quelle est l'arme du crime.
Noter votre réponse argumentée dans le cahier de laboratoire.

NB : L'autopsie du corps a montré que les balles retrouvées dans le corps de la victime dans le mur sont issues de la même arme de poing.

Document 1 : Photo de la balle

Document 2 : Photo de la balle

Pour les matériaux à base de ciment, de sable ou d'argile, la distance de pénétration est donnée par la **formule de Petry** :

$$e = 100 \times m \times \frac{k}{a^2} \times \log\left[1 + \frac{1}{2} \times \left(\frac{V}{100}\right)^2\right]$$

avec :
e : la distance de pénétration en cm,
m : la masse de la basse en g,

a : taille de la balle en mm,
v : la vitesse de la balle en m/s
k : la coefficient dépendant du matériau (voir document 3).
"log" est une fonction mathématique appelée "logarithme décimal" de la calculatrice.

Document 3 : Coefficient des différents matériaux

matériau	mur de béton	mur de pierre	mur de brique	terre sablonneuse	terre normale	terre argileuse
k	0,64	0,94	1,63	2,94	3,96	5,87

Document 4 : Informations sur différents types d'armes

Arme/Munition	Vitesse de la balle
357 Magnum-9mm	442 m/s (masse balle : 8,13 g)
Luger P08 Parabellum 9mm	350 m/s (masse balle : 8,00 g)
38 spécial 9mm	275 m/s (masse balle : 10,27 g)

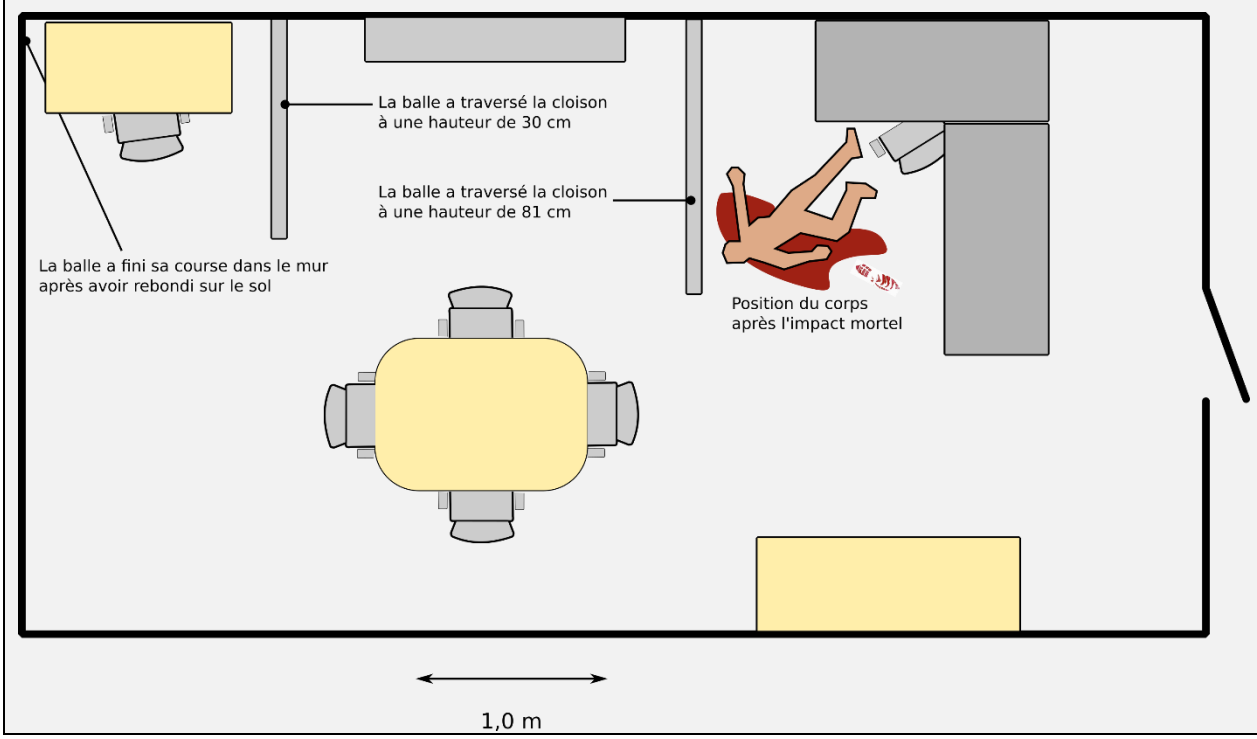
ACTIVITE 2. Balistique

- **Objectifs :** Trouver la taille du tireur
- **Matériel :** ficelle, scotch, ciseaux, deux potences, décamètres, mètre rouleau.
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles :** Reconstitution de la scène de crime dans la salle de classe.

Travail à réaliser

1. On souhaite reproduire la scène de crime dans la classe. A l'aide du document 1 et de vos connaissances, faire la liste des informations nécessaires à cette reconstitution.
2. En s'inspirant du document 1, réaliser un plan de la scène reconstituée en plaçant toutes les informations nécessaires.
3. Il y a des informations importantes qui manquent. A l'aide de vos connaissances, en déduire quel théorème mathématique on pourrait appliquer pour trouver ces inconnues. En déduire alors la hauteur à laquelle la balle a été tirée.
4. A l'aide de cette valeur, quel(s) suspect(s) peut-on éliminer ?

Document 1 : Vue du dessus de la scène de crime



ACTIVITE 3. Analyse des traces de pas

- **Objectifs :** Trouver la pointure des traces de chaussures retrouvées.
- **Matériel :** documents
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles :**

Travail à réaliser
Des traces de chaussures sont retrouvées dans le sang de la victime.
A l'aide des documents, déterminer quelle est la pointure des chaussures correspondant aux empreintes retrouvées.
Noter votre réponse argumentée dans le cahier de laboratoire.

Document 1 : Taille de pied et pointure

En France, la pointure correspond à 3/2 de la longueur du pied, exprimée en centimètres. Ainsi, à une valeur de 30 cm de longueur de pied correspond une pointure de 45.
Réciproquement à une pointure de 42 correspond une longueur de pied de 28 cm.

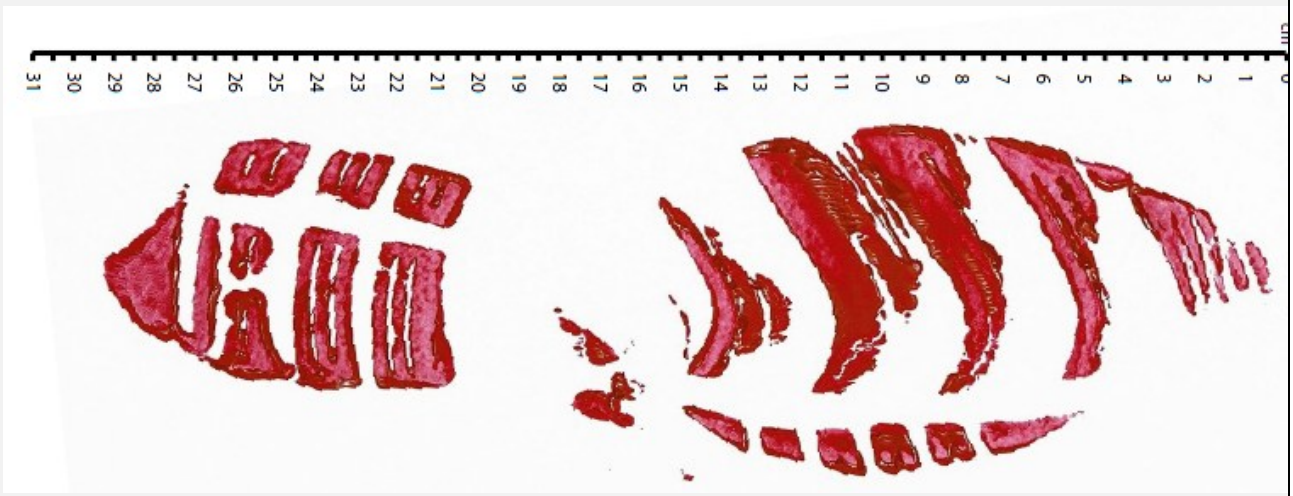
Pointure	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Taille du pied (cm)	13,3	14,0	14,7	15,3	16,0	16,7	17,3	18,0	18,7	19,3

Pointure	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Taille du pied (cm)	20,0	20,7	21,3	22,0	22,7	23,3	24,0	24,7	25,3	26,0

Pointure	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Taille du pied (cm)	26,7	27,3	28,0	28,7	29,3	30,0	30,7	31,3	32,0	32,7

Pointure	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Taille du pied (cm)	33,3	34,0	34,7	35,3	36,0	36,6	37,3	38,0	38,6	39,3

Document 2 : Empreintes



Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

Activité 1 L'exploitation de la photo de la balle peut se faire avec le logiciel ImageJ pour déterminer la taille de la balle. L'exploitation de le relation de Petry permet de trouver l'arme du crime : Luger P08 Parabellum 9mm **Activité 2** Réponse pointure : **Activité 3** Réponse taille :	Photos, schémas…

Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées	Où dans cette partie ?
APP	**Extraire** des informations de documents.	Activité n°1, 2 et 3
	Chercher les informations nécessaires à la reconstitution d'une scène de crime.	Activité n°2
ANA	**A l'aide des documents trouver** les pointures des empreintes.	Activité n°3
REA	**Reconstitue**r une scène de crime.	Activité n°2
	Réaliser un schéma de la reconstitution.	Activité n°2
VAL	**Utiliser** un théorème mathématique pour trouver la taille du tueur.	Activité n°2
COM	**Rédiger** des réponses claires dans le cahier de laboratoire.	Activité n°1, 2 et 3

PARTIE 3 : Analyse de poudre blanche

- **Objectifs :** Déterminer le contenu de la poudre blanche à l'aide d'une CCM
- **Matériel : -** cuve à CCM avec couvercle - 1 plaque CCM - 4 micro-pipettes - Un support en mousse pour 4 micro-tubes avec les 4 échantillons préparés à l'avance - 1 bécher - éprouvette graduée de 10mL - chiffon, feutre, pissette eau distillée, 2 solvants : acétate de butyle et l'éluant tout prêt+ lampe UV Boite micro-pipettes en +, plaques CCM en
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles :**

Travail à réaliser

Sur la scène de crime ont été retrouvées plusieurs boites de médicaments ainsi que des traces de poudre.
Réaliser les expériences nécessaires pour déterminer la nature de la poudre retrouvée.
Vous proposerez un protocole dans le cahier de laboratoire à l'aide des documents fournis.
Réaliser un schéma légendé de l'expérience réalisée.
Une fois l'expérience terminée, reproduire le chromatogramme obtenu (ligne de dépôt, front du solvant, taches ….).
Conclure sur l'expérience réalisée.

Document 1 : Photo de la balle

Doliprane ®	Aspirine du Rhône ®	Claradol ®

Document 2 : Informations sur les médicaments

Le médicament est composé de deux sortes de substances : d'une ou plusieurs substances actives (aussi désigné principe actif — c'est souvent la substance active qui est désignée dans le langage courant par médicament) et d'un ou plusieurs excipients.
La ou les substances actives sont constituées d'une quantité de produit active (dose) ayant un effet pharmacologique démontré et un intérêt thérapeutique également démontré cliniquement. (…)
Les excipients sont des substances auxiliaires inertes servant à la formulation de la forme galénique ou destinée à créer une absorption par le corps.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Médicament

Document 3 : Extraits des notices des médicaments retrouvés.

Aspirine du Rhône 500

Principe actif : acide acétylsalicylique

Excipient commun : Amidon de maïs

Autres excipients (spécifiques à certaines formes) : Acétaldéhyde, Acide acétique, Acide ascorbique, Acide citrique anhydre, Acide silicique, Amidon prégélatinisé, Arôme, Aspartam, Butyrate d'éthyle, Calcium stéarate, Carmellose sodique, Cellulose poudre, Citral, Dl-alpha-tocophérol, Éthanol, Fructose, Glucose, Gomme arabique, Jaune orangé S laque, Magnésium carbonate, Maltodextrine, Mandarine arôme, Mandarine essence, Mannitol, Orange arôme, Orange essence, Sodium carbonate anhydre, Triacétine

Mode d'emploi et posologie : Ce médicament doit être pris de préférence au cours du repas.

Les comprimés doivent être avalés tels quels avec un verre d'eau ; le comprimé à croquer doit être croqué, puis avalé, de préférence avec de l'eau.

Les prises doivent être espacées d'au moins 4 heures.

:

Doliprane 500mg

Principe actif : paracétamol

Excipient : povidone K30, talc, carboxyméthylamidon, amidon prégélatinisé, stéarate de magnésium.

Mode d'administration : Ce médicament peut être pris indifféremment pendant ou entre les repas, en respectant un intervalle de 4 à 6 heures entre 2 prises. En cas d'insuffisance rénale, l'intervalle entre 2 prises doit être d'au moins 8 heures.

Claradol 500mg

Principes actifs : paracétamol et caféine

Excipient : Amidon prégélatinisé, Cellulose, Cellulose microcristalline, Magnésium stéarate, Povidone

Mode d'administration : Ce médicament peut être pris indifféremment pendant ou entre les repas, en respectant un intervalle de 4 à 6 heures entre 2 prises. En cas d'insuffisance rénale, l'intervalle entre 2 prises doit être de 8 heures minimum.

https://www.vidal.fr/

Document 4 : La chromatographie sur couche mince

https://webphysique.fr/chromatographie/

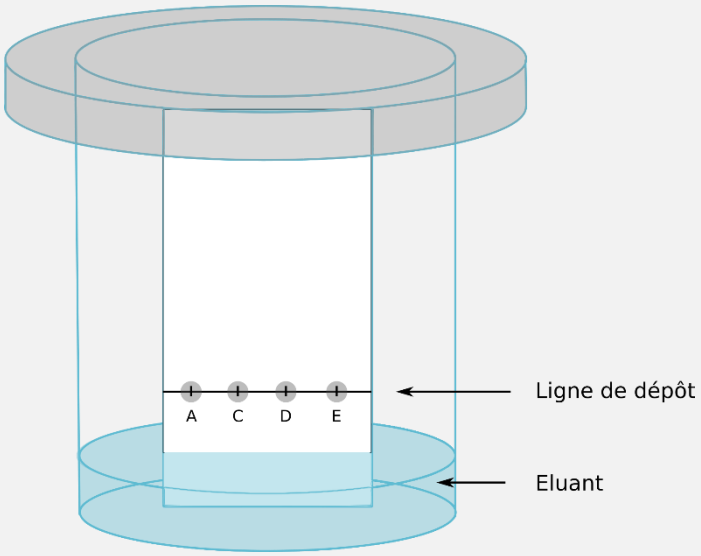
La Chromatographie est une technique d'analyse qui permet de déterminer la composition d'un mélange par comparaison à des espèces chimiques de référence. Elle permet de confirmer ou d'infirmer la présence d'une ou plusieurs espèces chimiques dans une substance.

Document 5 : Préparation des échantillons (à faire par l'élève ou le professeur)

Vous disposez de 4 micro-tubes afin de préparer les échantillons à analyser.
Dans un mortier, écraser ¼ de chacun des comprimés. Dissoudre dans 2 mL d'acétate de butyle ou d'éthanol.
Faire de même avec la poudre inconnue.

Identifier les tubes : A (aspirine), D (doliprane), Cl (claradol) et E (échantillon).

Document 5 : Protocole de la CCM



http://blog.espe-bretagne.fr/prodm2phys/dissolution-dilution/

1. Prendre 5 mL d'éluant (mélange de solvants) et les verser dans la cuve puis replacer le couvercle afin d'éviter qu'il ne s'évapore.
2. Sur la plaque CCM, tracer au crayon de papier, un trait horizontal à 1 cm du bas de la plaque (ligne de dépôts)
3. Placer 4 marques, en les légendant : A pour Aspirine®, D pour Doliprane®, C pour Claradol® et E pour l'échantillon retrouvé. Attention : ne pas appuyer trop fort avec le crayon et ne pas mettre les doigts sur la plaque (la tenir sur les côtés).
4. Déposer à l'aide d'une micropipette une petite goutte de chaque échantillon. Attention : bien tenir la micro-pipette verticale et s'assurer qu'il y a bien une petite tâche qui va apparaître.
5. Placer la plaque bien droite dans la cuve, remettre le couvercle.
6. Laisse faire l'élution jusqu'à ce que le front de l'éluant soit à environ 2 cm du bord supérieur de la plaque.
7. Sortir la plaque avec une pince. Repérer le front de l'éluant au crayon de papier.
8. Laisser sécher la plaque.
9. Les solutions étant incolores, il faut révéler les tâches avec une lampe UV.

Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

Résultats : la poudre est …..	Photos, schémas…

Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées	Où dans cette partie ?
APP	**Extraire** les informations de documents.	Activité n°…

ANA	A l'aide des documents trouver les éléments à placer sur le papier à chromatographie.	Activité n°…
REA	Réaliser une CCM en suivant le protocole donné.	Activité n°…
	Faire un schéma de l'expérience dans le cahier de laboratoire.	Activité n°…
VAL	A l'aide des documents et de l'expérience trouver le nom de la poudre trouvée.	Activité n°…
COM	Rédiger des réponses claires aux questions.	Activité n°…

Liens avec le programme de physique chimie de seconde

Thème	Notions et contenus	Où dans cette partie ?
Constitution et transformations de la matière - Corps purs et mélanges au quotidien.	Distinguer un mélange d'un corps pur à partir de données expérimentales. Réaliser une chromatographie sur couche mince	Activité n°

PARTIE 4 : Analyse des indices 7 et 8

ACTIVITE 1. Analyse du morceau de matériau trouvé

- **Objectifs :** Déterminer l'indice de réfraction du matériau pour l'identifier.
- **Matériel :** laser, dioptre, rapporteur
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles :** un protocole expérimental est demandé aux élèves pour identifier la nature d'un matériau en utilisant les propriétés de la réfraction. Les capacités exigibles en Mesure et incertitudes peuvent être avantageusement mobilisées. En effet, les indices de réfraction des 3 matériaux possibles étant proches, il est nécessaire d'estimer la dispersion du processus de mesure pour s'assurer qu'elle n'est pas trop grande devant les écarts entre les indices.

Travail à réaliser

Des morceaux d'un solide transparent ont été retrouvés sur la scène de crime. On souhaite déterminer la nature du matériau utilisé. Pour cela, on propose de déterminer l'indice de ce matériau.

1. A l'aide des documents et du matériel fournis, proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la valeur de l'indice de réfraction du matériau.
2. Mettre en œuvre le protocole expérimental validé par le professeur.
3. Réaliser les mesures les plus soignées possible. A l'aide d'un tableur, recopier les valeurs mesurées et en déduire l'indice de réfraction du matériau.
4. Le résultat obtenu permet-il de conclure sur la nature du matériau utilisé ? Proposer une réponse argumentée.

Document 1 : Indices de réfraction

Verre optique	n = 1,3
Plexiglas	n = 1,5
Phare de voiture	n = 1,4

Document 2 : Le polymère PMMA

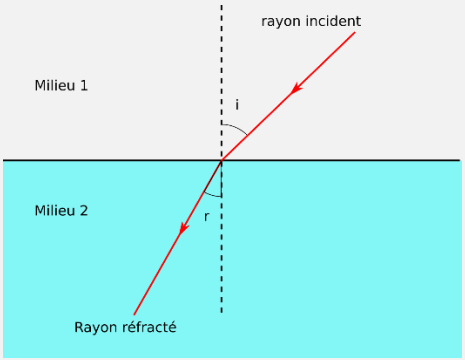
Polyméthylméthacrylate (PMMA dans sa forme abrégée) ou également appelé plexiglas, du nom du fabricant, est une des matières plastiques les plus consommés. Le plexiglas est parfaitement transparent, beaucoup plus que le verre (92% de transmission lumineuse pour 89% pour un verre clair).Il a une bonne résistance aux chocs, aux intempéries, à l'humidité et une bonne résistance aux agents chimiques. Il est incassable et peut être extrudé ou obtenu par moulage. A épaisseur égale, il est au moins de 2 fois plus léger que le verre, pour une résistance mécanique est 7 à 10 fois supérieure.
Le plexiglas est alors défini un bon matériau pour la couverture, même si il est le plus largement utilisé dans l'industrie du meuble depuis si il est utilisé à l'extérieur au fil du temps il peut se durcir et se fissurer. De plus, on ne doit pas oublier la facilité avec laquelle il peut être rayé ou rampé, pour cette raison il nécessite donc une bonne manutention et nettoyage.

Document 3 : La réfraction

Lorsqu'un rayon lumineux incident se propageant dans un milieu d'indice n_1 rencontre un milieu d'indice n_2, il subit un brusque changement de direction : on dit qu'il est réfracté, les rayons réfracté et incident étant dans le même plan. L'angle d'incidence *i* est défini comme étant l'angle formé par la perpendiculaire à la surface (appelée normale) et le rayon incident. L'angle de réfraction *r* est défini comme étant l'angle formé par la perpendiculaire à la surface et le rayon réfracté.

La relation entre les angles d'incidence et de réfraction est donnée par la relation de **Snell Descartes :**

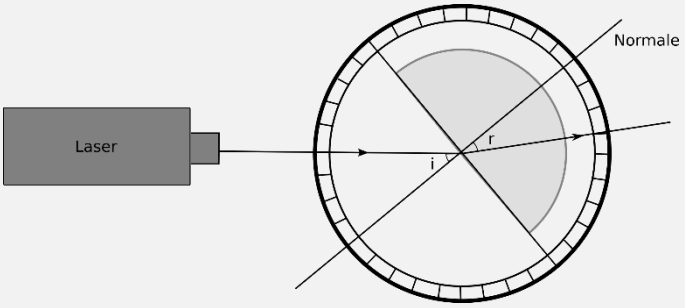
$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$



Document 4 : protocole expérimental

Placer correctement le demi-cylindre transparent et le laser pour que le rayon de lumière arrive au centre du rapporteur.

Faire coïncider le trait de graduation « 0 » du rapporteur avec la normale à la surface de séparation (dioptre) comme sur la figure ci-contre. Choisir un angle d'incidence donné *i* et noter la valeur de l'angle de réfraction correspondant r



ACTIVITE 2. Analyse des gouttes de liquides trouvées

- **Objectifs :** Déterminer l'indice de réfraction de l'échantillon de liquide.
- **Matériel :** solutions et de l'échantillon de liquide inconnu et un réfractomètre
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles :** il faut mesurer l'indice de réfraction de l'échantillon de liquide inconnu et le comparer à l'indice de liquides connus.

Travail à réaliser

Vous disposez de plusieurs solutions et de l'échantillon de liquide inconnu.

Solutions	Concentrations ($g \cdot L^{-1}$)
eau	
eau salée	10
eau salée	30
eau sucrée	10
eau sucrée	30
éthanol	

1. Mesurer à l'aide du réfractomètre (voir notice d'utilisation) l'indice de réfraction des différentes solutions et les comparer à celle de l'inconnue.
2. Conclure quant à l'origine de l'échantillon.

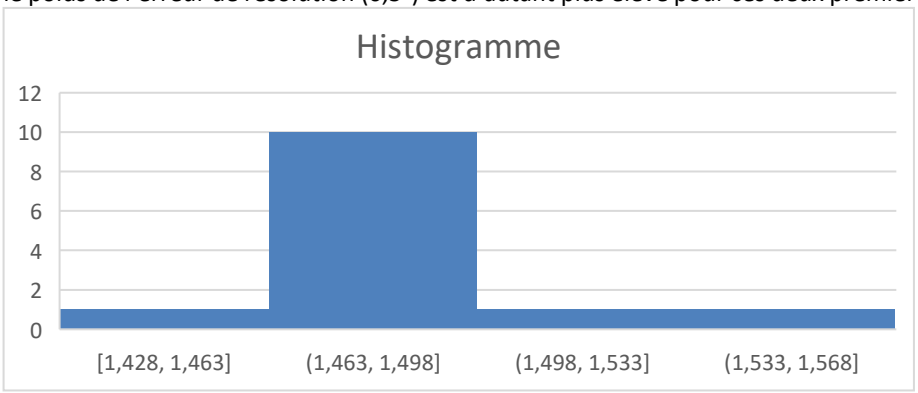
Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

Activité 1

Une mesure de l'indice de réfraction conduisant à une valeur d'indice de réfraction ne permet pas de conclure. En effet, il ne suffit pas de comparer l'écart avec les indices des matériaux proposés. Il faut estimer la dispersion de la mesure.
Une série de mesures est réalisé par les élèves afin d'estimer la dispersion liée au processus de mesure.

i_1	i_2	$\sin i_1$	$\sin i_2$	n_2
5	3,5	0,08715574	0,06104854	1,428
10	6,5	0,17364818	0,11320321	1,534
15	10	0,25881905	0,17364818	1,49
20	13,5	0,34202014	0,23344536	1,465
25	16,5	0,42261826	0,28401534	1,488
30	19,5	0,5	0,33380686	1,498
35	22,5	0,57357644	0,38268343	1,499
40	25,5	0,64278761	0,4305111	1,493
45	28,5	0,70710678	0,47715876	1,482
50	31	0,76604444	0,51503807	1,487
55	33,5	0,81915204	0,55193699	1,484
60	35,5	0,8660254	0,58070296	1,491
65	37,4	0,90630779	0,60737584	1,492

Un histogramme permet d'observer la répartition des mesures. Les deux premières mesures sont situées de part et d'autre de l'histogramme. Les premières valeurs mesurées étant faibles, le poids de l'erreur de résolution (0,5°) est d'autant plus élevé pour ces deux premières valeurs.



D'après l'histogramme la valeur la plus représentative de l'indice est proche de 1,5, ce qui correspond au plexiglas.
L'indicateur de dispersion de la série de n mesures est l'écart type s_{exp}. Il vaut 0,023.
Comme l'écart type est 5 fois plus faible que l'écart d'indice avec le phare de voiture (0,1), on peut conclure que le matériau identifié est bien le plexiglas.

Activité 2

Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées	Où dans cette partie ?
APP	Prendre en main le réfractomètre, sa notice étant fournie.	Activité n°2
ANA	Proposer le protocole de la mesure d'un indice de réfraction exploitant le phénomène de réfraction.	Activité n°1
	Établir la relation entre la concentration et l'indice à l'aide de la modélisation d'une série de mesure.	Activité n°1 et 2
	Proposer le protocole permettant de mesurer la concentration d'une solution à l'aide d'une méthode réfractométrique.	Activité n°2
	Mesurer un angle d'incidence, un angle de réfraction.	Activité n°1 et 2
	Calculer l'indice de réfraction en exploitant la loi de Snell-Descartes.	Activité n° 1 et 2
	Effectuer des mesures d'indice de réfraction à l'aide d'un réfractomètre.	Activité n°1 et 2
VAL	Utiliser un tableur pour faire une représentation graphique.	Activité n°1 et 2
	Utiliser un tableur pour modéliser une série de mesures.	Activité n°1 et 2
	Exploiter une série de mesures pour comparer qualitativement un résultat à une valeur de référence.	Activité 1
COM	S'exprimer clairement avec un vocabulaire scientifique rigoureux.	Activité n°1 et 2

Liens avec le programme de physique chimie de seconde

Thème	Notions et contenus	Où dans cette partie ?
Ondes et signaux **Vision et image**	Lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction. Indice optique d'un milieu matériel.	Activité n°1 et 2
Mesure et incertitudes	Variabilité d'une grandeur physique Ecriture du résultat, valeur de référence	Activité 1

PARTIE 5 : Etude du cheveu

- **Objectifs** : Analyser le cheveu
- **Matériel** : laser, support, diapositive avec cheveu, fentes calibrées, mètre ruban, écran.
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles** : déterminer le diamètre d'un cheveu en utilisant le principe physique de la diffraction et en exploitant un étalonnage. En fonction du matériel disponible, les valeurs de diamètre des cheveux des différents suspects du document de présentation, sont à adapter.

Travail à réaliser

Plusieurs cheveux ont été retrouvés sur la scène de crime :

Cheveu n°1 : noir	Cheveu n°2 : brun	Cheveu n°3 : blond	Cheveu n°4 : noir

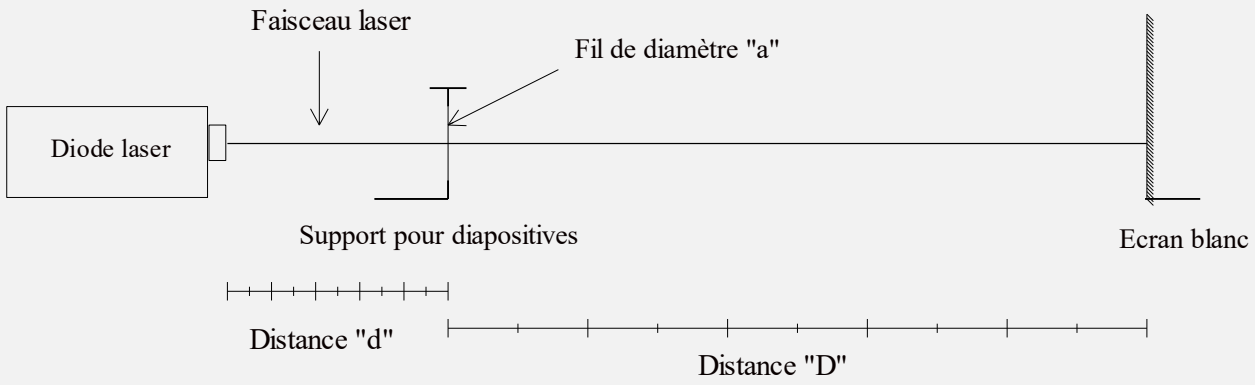
Les enquêteurs cherchent à mesurer l'épaisseur des cheveux afin de comparer ceux-ci aux épaisseurs des cheveux des principaux suspects.

1. Réaliser le montage du document 1. Placer un des fils calibrés sur le support de diapositives.
2. Sur le cahier de laboratoire, représenter la figure de diffraction obtenue. Mesurer la largeur de la tâche centrale.
3. Réaliser la même expérience et mesurer la largeur L de la tâche centrale. Compléter la 3è ligne du tableau suivant.
4. Calculer le produit L × a et compléter la 4è ligne du tableau. Que pouvez-vous dire des valeurs obtenues. En déduire un protocole pour déterminer le diamètre d'un cheveu.
5. Réaliser le protocole et exprimer le résultat de la mesure de diamètre du cheveu.
6. Pouvez-vous identifier le suspect à partir de la mesure du diamètre du cheveu ?

Fil calibré	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Diamètre **a** du fil calibré (mm)	**0,40**	**0,28**	**0,12**	**0,10**	**0,050**	**0,040**
Largeur **L** de la tâche centrale (mm)						
L × a (mm²)						

Document 1 : La diffraction

La méthode par diffraction est utilisée :



Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

Activité expérimentale de diffraction	Il est plus aisé pour les élèves de comparer le produit L × a pour chaque mesure de tâche centrale. L'objectif est de déterminer la valeur du diamètre inconnu avec la valeur moyenne de L × a obtenue. Photos, schémas…

Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées
ANA	Proposer les étapes du protocole de la mesure d'une distance mettant en œuvre un phénomène de diffraction.
	Faire le lien entre la taille d'un obstacle, la longueur d'onde et l'importance du phénomène de diffraction.
REA	Mettre en œuvre le protocole d'une expérience permettant la mesure d'une distance par diffraction.
	Manipuler un laser dans les conditions de sécurité.
	Réaliser une figure de diffraction exploitable.
	Mesurer la largeur d'une tache de diffraction avec la meilleure précision possible (mesure à la règle sur un écran ou acquisition et traitement d'une image numérique).
	Utiliser un tableur pour faire une représentation graphique et modéliser une série de mesures.
	Utiliser une droite d'étalonnage pour déterminer une grandeur inconnue.
VAL	Identifier des sources d'erreur.
	Valider une relation à l'aide du coefficient de corrélation entre courbe modèle et points expérimentaux.
COM	Rendre compte des résultats d'une expérience.
	Décrire clairement une démarche expérimentale.