

Qui sont les disparus du vol 450?



Un minilaboratoire d'investigation scientifique
Niveau : 3^e secondaire – Science et technologie

PERSONNES-RESSOURCES

Contenu éducatif Érick Sauvé Conseiller pédagogique Commission scolaire de Laval	esauve@cslaval.qc.ca 450 662-7000, poste 1518
Technique Geneviève Geneau ou Julie Boudreau Techniciennes de laboratoire Centre d'innovation Génome Québec et Université McGill	ggeneau@genomequebec.com jboudreau@genomequebec.com 514 398-3311, poste 094823
Réservation, livraison et commentaires Michelle Vyboh Conseillère, Éducation et rayonnement scientifique Génome Québec	mvyboh@genomequebec.com 514 398-0668, poste 228

Quoi faire avant de recevoir la trousse?

- Lire les documents
- Installer le logiciel caméra
- Faire les photocopies du cahier de l'élève, préparer les échantillons, etc.

Tous les documents, vidéos, fiches ainsi que le logiciel de la caméra du transilluminateur sont disponibles sur le site de Génome Québec à l'adresse :
<http://www.genomequebec.com/minilaboratoire-vol-450.html>

Tragédie aérienne :

Qui sont les disparus du vol 450? — Guide de l'enseignant et du TTP – version 3 – région Montréal

SCIENCE ET TECHNOLOGIE
APPLICATIONS TECHNOLOGIQUES ET SCIENTIFIQUES
3^e secondaire

Ce document a été conçu pour être imprimé recto verso

Document réalisé par
Commission scolaire de Laval

En partenariat avec
Génome Québec
Centre d'innovation Génome Québec et Université McGill
Commission scolaire de la Seigneurie-des-Mille-Îles

© 2017 – Génome Québec
© Ce document ne peut être reproduit sans l'autorisation de Génome Québec

TABLE DES MATIÈRES

ÉLÉMENTS DU PROGRAMME DE FORMATION CIBLÉS PAR CETTE SAÉ	4
SCÉNARIO PÉDAGOGIQUE	6
APPROCHE ORIENTANTE	9
PRÉPARATION DE LA STATION 1 : ANALYSE DES ÉCHANTILLONS DE COLLIERS	10
PRÉPARATION DE LA STATION 2 : ANALYSE DES ÉCHANTILLONS DE SANG	12
PRÉPARATION DE LA STATION 3 : ANALYSE DES ÉCHANTILLONS D'URINE	14
PRÉPARATION DE LA STATION 4 : PRÉPARER LA PCR (RÉPLICATION DE L'ADN)	18
PRÉPARATION DE LA STATION 5 : MIGRATION DE L'ADN SUR GEL D'AGAROSE	25
PRÉPARATION DE LA STATION 6 : OBSERVATION DE LA MIGRATION	28
ÉVALUATION DE LA SITUATION D'APPRENTISSAGE	29
GUIDE DE CORRECTION	30
SOLUTIONNAIRE	34
CARACTÉRISTIQUES DES VICTIMES	35
ANNEXE 1 : PRÉCISION SUR L'ACTIVITÉ	36
ANNEXE 2 : UTILISATION DE LA CAMÉRA DU TRANSILLUMINATEUR	37
ANNEXE 3 : FICHES DE CONSIGNES POUR LES STATIONS	38
ANNEXE 4 : FICHES DE RÉSULTATS D'ANALYSE	42
RÉSULTATS D'ANALYSE DE SANG	43
RÉSULTATS D'ANALYSE DES COLLIERS	44

ÉLÉMENTS DU PROGRAMME DE FORMATION CIBLÉS PAR CETTE SAÉ

Cette activité permet la mise en œuvre d'une démarche d'investigation scientifique dans le contexte du cours de Science et technologie en 3^e secondaire.

Volet pratique : démarche d'investigation scientifique

- Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.
- Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie.

Critères d'évaluation

- Représentation adéquate de la situation.
- Mise en œuvre adéquate d'un plan d'action.
- Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes.
- Maîtrise des connaissances ciblées (techniques) par la progression des apprentissages.

Concepts ciblés de la progression des apprentissages

Propriétés physiques caractéristiques

- Identifier des substances liquides et solides par leur masse volumique à l'aide d'un document de référence.

Propriétés chimiques caractéristiques (réaction à des indicateurs)

- Identifier une substance à l'aide de ses propriétés chimiques caractéristiques.

Gènes et chromosomes

- Situer les chromosomes dans la cellule.
- Définir un gène comme étant une portion d'un chromosome.
- Décrire la composition (bases azotées, sucre, phosphate) et la structure générale (appariement des bases sur la double hélice) d'une molécule d'ADN.
- Décrire la forme de l'ADN.
- Expliquer le rôle de l'ADN.

Compatibilité des groupes sanguins

- Déterminer la compatibilité ou l'incompatibilité des groupes sanguins entre eux (ex. un individu du groupe A ne peut recevoir que du sang de type O ou A).

Composants de l'urine

- Nommer les principaux composants de l'urine (eau, sels minéraux, urée).

Dilution (si les élèves fabriquent eux même le gel d'agarose)

- Déterminer le volume final ou la concentration finale d'une solution aqueuse après une dilution.

Techniques ciblées de la progression des apprentissages

Techniques d'utilisation sécuritaire du matériel de laboratoire

- Utiliser le matériel de laboratoire de façon sécuritaire.
- Manipuler les produits chimiques de façon sécuritaire.
- Techniques d'utilisation d'instruments de mesure.
- Mesurer la masse d'une substance à l'aide d'une balance.
- Mesurer le volume d'un liquide à l'aide d'un cylindre gradué approprié.
- Mesurer le volume d'un solide insoluble par déplacement d'eau.
- Mesurer la température à l'aide d'un thermomètre gradué.

Techniques de préparation de solutions (si les élèves fabriquent eux même le gel d'agarose)

- Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'un soluté solide.
- Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'une solution aqueuse concentrée.

Techniques de collecte d'échantillons

SCÉNARIO PÉDAGOGIQUE

Les pages qui suivent proposent un scénario pour la version complète (tous les tests) de la situation d'apprentissage. Si, pour une raison ou une autre, l'enseignant décide de ne pas faire un ou plusieurs tests, celui-ci pourrait alors remettre la ou les fiches de résultats d'analyse concernées (voir annexe 4) aux élèves. Ceux-ci auraient donc en main toute l'information nécessaire pour résoudre l'énigme.

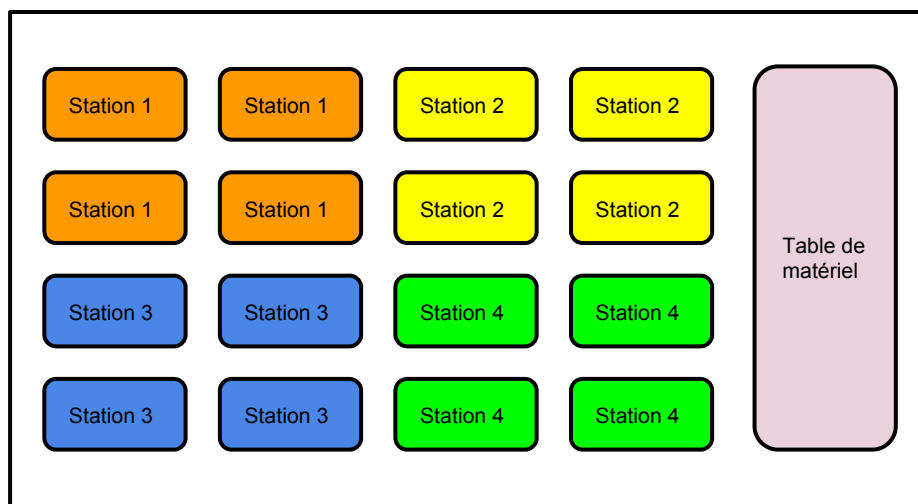
PÉRIODE 1 (EN CLASSE)

- Une copie du cahier de l'élève est remise à chacun des élèves.
- Les élèves se regroupent en dyade.
- Les élèves prennent connaissance de la mise en situation (page 2 à 7 du cahier de l'élève).
- En dyade, les élèves discutent de la mise en situation et répondent individuellement aux questions de la page 8.
- En dyade, les élèves développent leur démarche expérimentale.
- En dyade, les élèves se familiarisent avec le matériel et s'exercent à utiliser les micropipettes avec de l'eau distillée colorée (colorant alimentaire).
- Un gel d'agarose de pratique doit être disponible afin de permettre aux équipes de s'exercer à déposer des échantillons (utiliser la pipette de 10 μ l à cet effet.).
- Présentation du diaporama.

PÉRIODES 2 ET 3 (AU LABORATOIRE)

Au laboratoire, 4 stations sont disponibles en 4 exemplaires chacune. L'enseignant décide s'il assigne les dyades à 1 station ou s'il laisse les élèves choisir. Pour faire l'ensemble de la tâche, les élèves doivent faire les 4 stations.

Aménagement du laboratoire



Les échantillons à analyser sont distribués à chacune des stations, mais le matériel de laboratoire nécessaire à l'analyse se retrouve sur une table commune. L'élève ira chercher sur la table commune le matériel dont il a besoin en fonction de sa démarche expérimentale.

Le tableau suivant précise la distribution des échantillons à chacune des stations.

Station 1	Station 2
Cette station comporte les échantillons des colliers retrouvés sur certains corps : • Échantillon C1 (corps 1) • Échantillon C2 (corps 2) • Échantillon C3 (corps 3)	Cette station comporte les échantillons des prélèvements sanguins pris sur certains corps : • Échantillon S1 (corps 1) • Échantillon S2 (corps 2) • Échantillon S3 (corps 3)
Station 3	Station 4
Cette station comporte les échantillons des prélèvements d'urine pris sur les corps : • Échantillon U1 (corps 1) • Échantillon U2 (corps 2) • Échantillon U3 (corps 3) • Échantillon U4 (corps 4) • Échantillon U5 (corps 5)	Cette station comporte les échantillons d'ADN : • Échantillon ADN1 (corps 1) • Échantillon ADN2 (corps 2) • Échantillon ADN3 (corps 3) • Échantillon ADN4 (personne D) Cette station comporte également tout le matériel pour faire la PCR

Les élèves disposent de 2 périodes pour faire l'ensemble des 4 stations. Il est recommandé de jumeler les stations paires dans la même période et les stations impaires dans la seconde (ou vice-versa).

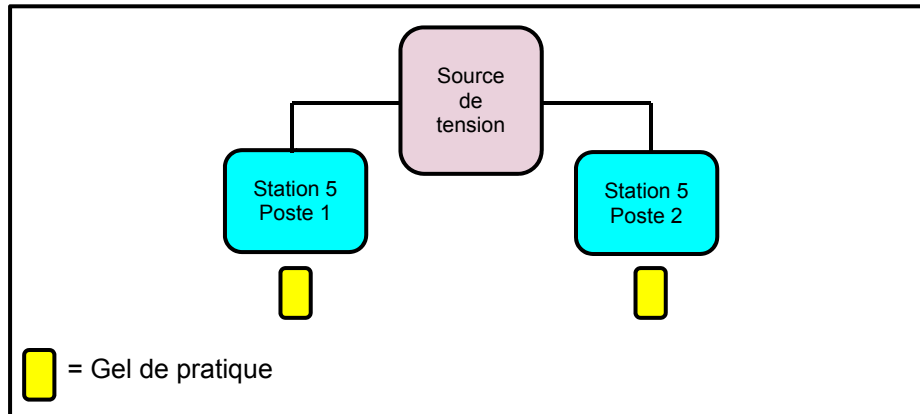
Il est également recommandé que toutes les équipes puissent s'exercer, au moins une fois ou plus, à charger un gel, c'est-à-dire déposer de l'eau distillée colorée dans les puits du gel de pratique. Utiliser la pipette de 10 µl à cet effet. Le gel de pratique doit donc être disponible en station aux périodes 1, 2 et 3.

Après chacune des périodes, le technicien en travaux pratiques (TTP) active le thermocycleur et laisse l'appareil faire son travail de réplication de l'ADN. Lorsque le cycle est terminé, le TTP retire les tubes du thermocycleur et les place au réfrigérateur (ou au congélateur si possible) jusqu'à la période 4.

PÉRIODE 4 (LABORATOIRE)

Cette période est consacrée à la migration de l'ADN sur le gel d'agarose. Pour ce faire, les élèves disposent de 2 postes de travail. Chacun des postes comporte 1 cuve à électrophorèse. Chacune des cuves peut recevoir les échantillons de 12 dyades.

Aménagement du laboratoire



Lorsque toutes les équipes déposent leurs échantillons d'ADN dans le gel d'électrophorèse, ceux-ci sont alors branchés sur la source de tension pour 30 minutes.

Les gels sont ensuite retirés par le TTP et placés au réfrigérateur jusqu'à la période 5.

Vous pouvez **consulter la section vidéos** sur le site <http://www.genomequebec.com/minilaboratoire-vol-450.html> afin de visualiser les manipulations associées à cette station.

PÉRIODE 5 (CLASSE OU LABORATOIRE)

Les élèves doivent prendre une photographie de leurs résultats. Pour ce faire, à tour de rôle, les dyades se présentent à l'unique station 6 où se trouvent le transilluminateur, un ordinateur et une imprimante.

Aménagement du laboratoire



Les élèves déposent le gel sur la plaque du transilluminateur et prennent une photographie de leurs résultats à l'aide de la webcam et de l'ordinateur. Ils impriment la photographie de leurs résultats et retournent à leur place afin de compléter le cahier de l'élève.

Vous pouvez **consulter la section vidéos** sur le site <http://www.genomequebec.com/minilaboratoire-vol-450.html> afin de visualiser les manipulations associées à cette station.

APPROCHE ORIENTANTE

Contenus ciblés en orientation scolaire et professionnelle

Axes	Contenu	Résultat attendu de l'élève
Connaissance de soi	Profil personnel : ébauche	Produire l'amorce d'un portrait de soi en termes d'intérêt, de valeurs, de caractéristiques personnelles et d'aptitudes.

Interventions à intégrer en lien avec les contenus en orientation scolaire et professionnelle (COSP)

Étapes de réalisation	Interventions	
Préparation	Mise en contexte	Avant de faire les stations 1 à 4 : Annoncer que l'activité permettra aux élèves de découvrir le domaine de la génomique ainsi que certains métiers reliés. Plus particulièrement, les élèves expérimenteront certaines tâches reliées au technicien en analyses biomédicales. Les élèves peuvent consulter les fiches des métiers à la station 1.
Préparation (Activation des connaissances antérieures)	Connaissance de soi	Avant de faire les stations 1 à 4 : Annoncer que l'activité permettra d'apprendre différents concepts en science, et également d'en apprendre sur eux-mêmes. Après la station 4 : Demander aux élèves quelles sont, selon eux, les caractéristiques personnelles d'un technicien en analyses biomédicales (voir le cahier de l'élève).
Réalisation (Questionner sur les apprentissages en cours)	Connaissance de soi	Après la station 6 : Demander aux élèves de prendre connaissance des caractéristiques personnelles (intérêts, valeurs, aptitudes) du technicien en analyses biomédicales. Par la suite, les élèves devront surligner les éléments qui leur ressemblent le plus parmi ceux-ci. (voir le cahier de l'élève).
Intégration (Retour réflexif)	Connaissance de soi	Pour conclure l'activité du Vol 450 : Demander aux élèves d'identifier des qualités, des intérêts et des aptitudes qu'ils se sont découverts dans cette activité. Questions de nature réflexive (métacognition) : Qu'est-ce que tu as appris sur toi? Qu'est-ce qui a été le plus difficile? As-tu préféré travailler seul ou en équipe ? Explique. Quelle tâche as-tu préféré? Pourquoi? (voir le cahier de l'élève)

PRÉPARATION DE LA STATION 1 : ANALYSE DES ÉCHANTILLONS DE COLLIERS

La trousse de l'activité comprend les échantillons de colliers. *L'école doit fournir le matériel d'analyse.*

Liste du matériel

PAR ÉQUIPE

- ❑ Une balance précise au centième de gramme ⁽¹⁾
- ❑ Un cylindre de 100 ml ⁽¹⁾
- ❑ Un cylindre gradué de 50 ml ⁽¹⁾
- ❑ Un cylindre gradué de 25 ml ⁽¹⁾
- ❑ Une pipette de transfert ⁽¹⁾
- ❑ Une pince à bouts ronds ⁽¹⁾
- ❑ Un échantillon de collier C1
- ❑ Un échantillon de collier C2
- ❑ Un échantillon de collier C3
- ❑ Un flacon laveur d'eau distillée ⁽¹⁾

1) Fournis par l'école

Protocole expérimental de l'élève (corrigé des élèves)

1. Équilibrer la balance.
2. Déterminer la masse de l'échantillon C1 (a, b, c ou d).
3. Noter la valeur dans le tableau de résultats.
4. Déterminer le volume de l'échantillon de collier C1 avec la technique de déplacement d'eau.
5. Procéder à la division de la masse par le volume.
6. Répéter les étapes 1 à 5 avec les échantillons C2 et C3.

N. B. Il est recommandé de ne pas toucher le collier avec les doigts.

Tableau 1 : Masse volumique des colliers

Collier	Masse (g)	Volume (cm ³)	Masse volumique (g/cm ³)
C1 - a	11,41	4,65	2,45
C1 - b	11,59	4,75	2,44
C1 - c	11,09	4,50	2,46
C1 - d	11,35	4,60	2,47
C2 - a	9,17	4,00	2,29
C2 - b	9,15	3,75	2,44
C2 - c	9,32	3,75	2,48
C2 - d	9,18	4,00	2,29
C3 - a	27,44	2,7	10,16
C3 - b	26,98	2,65	10,18
C3 - c	28,17	2,75	10,24
C3 - d	27,92	2,7	10,34

Tableau 3 : Identification de la nature des colliers

Échantillons de colliers	Nom du métal
C1	Aluminium
C2	Aluminium
C3	Acier inoxydable

Si vous ne désirez pas faire vivre les manipulations de la station 1 aux élèves, il est possible de les remplacer par la fiche Résultats d'analyse des colliers disponible en annexe.

PRÉPARATION DE LA STATION 2 : ANALYSE DES ÉCHANTILLONS DE SANG

La trousse de l'activité comprend l'essentiel du matériel pour cette station. Le matériel inclut les bouteilles préidentifiées. Les solutions à mettre dans les bouteilles sont de la responsabilité de l'école.

Liste du matériel

PAR ÉQUIPE

- ❑ Plaque à godets transparente (idéalement à 12 godets)
- ❑ 9 cure-dents ⁽¹⁾
- ❑ 3 échantillons de sang; S1, S2 et S3 ⁽²⁾
- ❑ 1 bouteille de sérum anti-A ⁽²⁾
- ❑ 1 bouteille de sérum anti-B ⁽²⁾
- ❑ 1 bouteille de facteur Rh ⁽²⁾
- ❑ 1 bouteille de réactif pour le test de grossesse ⁽²⁾

1) Fournis par l'école

2) Les bouteilles préidentifiées sont fournies dans la trousse, mais l'école doit fournir la solution

Préparation des échantillons*

Échantillons ou réactifs	Produits (Concentration)	Désignation
S1	Amidon (0,05 %) + NaCl (0,5 %)	Sang AB
S2	Amidon (0,05 %)	Sang B
S3	Amidon (0,05 %) + AgNO ₃ (0,01N)	Sang AB
Sérum anti-A	CoCl ₂ (0,2M)	
Sérum anti-B	Lugol (5/100)	
Facteur Rh	Colorant vert (1 goutte) + H ₂ O distillée (1000ml)	
Test grossesse	AgNO ₃ (0.01N)	

Notes :

- Amidon : Déposer doucement 0,1 g d'amidon soluble dans 100 ml d'eau distillée en agitant la solution afin d'éviter la formation de grumeaux. Chauffer légèrement jusqu'à dissolution de l'amidon. Refroidir avant usage. Conserver au réfrigérateur 2 semaines.
- Lugol : Cette solution doit être fraîche. Présenter les solutions dans des bouteilles compte-gouttes identifiées.

*** Voici notre proposition de recette de sang testée et fonctionnelle. Vous pouvez utiliser vos propres recettes pourvu que les résultats obtenus concordent avec les propriétés des victimes.**

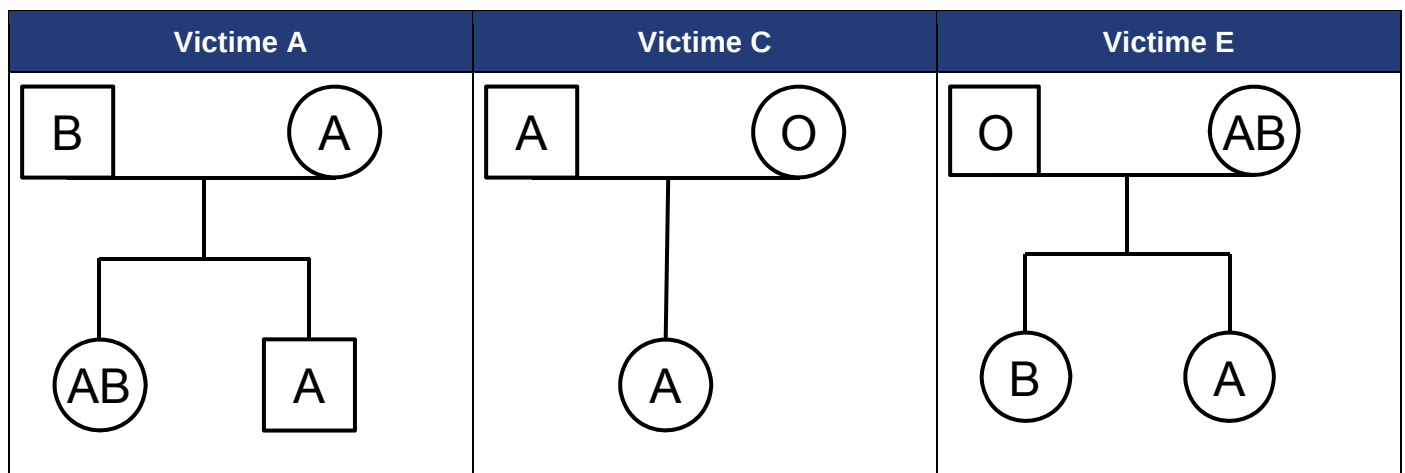
Protocole expérimental de l'élève (corrigé des élèves)

1. Déposer 3 gouttes de l'échantillon S1 dans 4 godets d'une plaque à godets.
2. Ajouter 3 gouttes de sérum anti-A dans le premier godet de la plaque à godets.
3. Ajouter 3 gouttes de sérum anti-B dans le deuxième godet de la plaque à godets.
4. Ajouter 3 gouttes du facteur Rh dans le troisième godet de la plaque à godets.
5. Ajouter 3 gouttes du réactif de grossesse dans le quatrième godet de la plaque à godets.
6. Répéter les étapes 1 à 5 avec les échantillons S2 et S3.
7. Mélanger doucement avec un cure-dents propre.
8. Noter la présence (+) ou l'absence (-) d'agglutination (précipité) pour chaque réaction dans le tableau des résultats.

Tableau 3 : Résultats des tests sanguins

Échantillons			
	S1	S2	S3
Anti-A	+	-	+
Anti-B	+	+	+
Facteur Rh	-	-	-
Grossesse	+	-	-

Familles des victimes



Si vous ne désirez pas faire vivre les manipulations de la station 2 aux élèves, il est possible de les remplacer par la fiche Résultats d'analyse des colliers disponible en annexe.

PRÉPARATION DE LA STATION 3 : ANALYSE DES ÉCHANTILLONS D'URINE

La trousse de l'activité comprend l'essentiel du matériel pour cette station. Le matériel inclut les bouteilles préidentifiées. *Les solutions à mettre dans les bouteilles sont de la responsabilité de l'école.*

Liste du matériel

PAR ÉQUIPE

- ☐ Plaque à godets transparente (idéalement à 12 godets)
- ☐ 6 pipettes de transfert jetables
- ☐ 1 pince à éprouvettes ⁽¹⁾
- ☐ 6 éprouvettes 13 mm X 100 mm
- ☐ 1 support à éprouvettes
- ☐ 6 cure-dents ⁽¹⁾
- ☐ Papier tournesol bleu ⁽¹⁾
- ☐ Papier tournesol rouge ⁽¹⁾
- ☐ 1 pince à produits chimiques ⁽¹⁾
- ☐ Eau distillée ⁽¹⁾
- ☐ 5 échantillons d'urine (2 ml) ⁽²⁾
- ☐ Savon à verrerie ⁽¹⁾
- ☐ Brosse à éprouvettes ⁽¹⁾

PAR CLASSE

- ☐ 4 béchers d'eau chaude identifiés de 1 à 4 ⁽¹⁾
- ☐ 4 plaques chauffantes ⁽¹⁾
- ☐ Solution de liqueur de Fehling A ⁽²⁾
- ☐ Solution de liqueur de Fehling B ^{(2) (3)}
- ☐ Solution de NaOH 1,0M (test de protéines) ⁽²⁾
- ☐ Solution de CuSO₄ 1,0M (test de protéines) ⁽²⁾
- ☐ Bac de récupération pour le test du glucose ⁽¹⁾
- ☐ Bac de récupération pour le test de protéines ⁽¹⁾

1) Fournis par l'école

2) Les bouteilles préidentifiées sont fournies dans la trousse, mais l'école doit fournir la solution

3) Les solutions de liqueur de Fehling peuvent être remplacées par les bâtonnets réactifs pour analyse d'urine Diastix

Préparation de l'urine artificielle

- Recette de base (tampon phosphate de sodium 0,1M à pH 7,0)*

Produits	Quantité
Na_2HPO_4	8,19 g
NaH_2PO_4	5,08 g
Colorant alimentaire jaune concentré (Prolabec C-8543-500)	Ajuster selon la coloration désirée
Eau distillée	Compléter à 1 l

Notes :

- Dans l'eau à température pièce, ajouter un à un les ingrédients en prenant soin de bien mélanger pour les dissoudre entre chaque addition.
- Le Na_2HPO_4 peut être remplacé par le K_2HPO_4 : 10,71 g.
- Le NaH_2PO_4 peut être remplacé par le KH_2PO_4 : 5,23 g.
- On peut remplacer les phosphates de sodium ou de potassium par une capsule de pHyrion 7,0 qu'on dissout dans 1000 ml d'eau distillée.

Préparation des échantillons d'urine à analyser par les élèves*

U1 et U2	100 ml d'urine préparée + 10 ml d'albumine 1 % + 0,5 g de dextrose
U3 et U4	100 ml d'urine préparée
U5	100 ml d'urine préparée + 10 gouttes de HCl 2,5M

Notes :

- Albumine 1 % : 1 g d'albumine dans 100 ml d'eau distillée. Bien mélanger. Se conserve au réfrigérateur 2 jours.
- Conserver les échantillons d'urine au réfrigérateur.

*** Voici notre proposition de recette d'urine testée et fonctionnelle. Vous pouvez utiliser vos propres recettes pourvu que les résultats obtenus concordent avec les propriétés des victimes.**

Protocole expérimental de l'élève (corrigé des élèves)

Les manipulations suivantes représentent un exemple de réponse attendue.

Préparation des échantillons

1. Identifier les échantillons U1, U2, U3, U4, U5 et l'eau distillée sur la plaque à godets.
2. Ajouter 10 gouttes de l'échantillon à analyser U1 dans 2 différents godets d'une même rangée (plaque à godets).
3. Répéter l'étape 2 avec les échantillons U2, U3, U4, U5 et l'eau distillée.
4. Ajouter 20 gouttes de l'échantillon à analyser U1 dans une éprouvette.
5. Répéter l'étape 4 avec les échantillons U2, U3, U4, U5 et l'eau distillée.

Premier test : la vérification du pH

6. Tremper un bout de papier tournesol bleu différent dans chacun des échantillons.
7. Noter vos résultats dans le tableau des résultats.
8. Dans le même godet, répéter les étapes 6 et 7 avec le papier tournesol rouge

Deuxième test : Détection des protéines

9. Ajouter 4 gouttes de solution NaOH 1,0M et 2 gouttes de solution de CuSO_4 1,0M dans les échantillons à analyser.
10. Mélanger doucement à l'aide d'un cure-dents.
11. Noter les observations dans le tableau des résultats.

Troisième test : Détection des glucides à l'aide du Fehling A et B (sur la plaque chauffante)

12. Ajouter 2 gouttes de liqueur de Fehling A et 2 gouttes de liqueur de Fehling B dans chaque éprouvette.
13. Agiter doucement.
14. Déposer les éprouvettes dans un b cher contenant de l'eau maintenue à 80  C et les laisser 1 à 2 minutes.
15. Lorsque le temps de chauffage est  cou  , retirer les éprouvettes à l'aide de la pince et les déposer dans le support à éprouvettes.
16. Noter les observations dans le tableau des résultats.

Résultats des tests sur l'urine

Indicateur	Substance identifiée par l'indicateur	Réaction en absence de la substance	Réaction en présence de la substance
Papier tournesol bleu et rouge	Solution acide		Bleu devient rouge Rouge reste rouge
Papier tournesol bleu et rouge	Solution basique		Bleu reste bleu Rouge devient bleu
Papier tournesol bleu et rouge	Solution neutre		Bleu reste bleu Rouge reste rouge
Indicateur universel	Degré de pH	Voir la charte du fabricant	Fabricant
Indicateur de présence de glucides	Glucides simples (ex. : glucose) ou glucides doubles (ex. : lactose)	Reste bleu	Devient orangé et forme un précipité, lorsque chauffé
Indicateur de présence de protéines	Protéines	Reste bleu clair	Devient violet

Si vous ne désirez pas faire vivre les manipulations de la station 1 aux élèves, il est possible de les remplacer par la fiche Résultats d'analyse des colliers disponible en annexe.

PRÉPARATION DE LA STATION 4 : PRÉPARER LA PCR (RÉPLICATION DE L'ADN)

L'essentiel du matériel pour cette station est fourni dans la trousse de l'activité.

Liste du matériel

PAR ÉQUIPE

- ☐ 1 bande de tubes à essai (6 tubes) pour PCR
- ☐ 1 bande de bouchons de tubes à essai (6 bouchons) pour PCR
- ☐ 7 embouts 20-200 µl
- ☐ 5 tubes rouges de victimes (5 µl de chaque victime A, B, C, D, E, surplus inclus + 1 tube pour ADN de la victime D retrouvé sur la brosse à dents)
- ☐ 1 tube jaune mix PCR (6 x 20 µl)
- ☐ 1 support à tubes Eppendorf 1,5 ml et support à bandes de tubes à essai
- ☐ 1 pipette 5 µl
- ☐ 1 pipette 20 µl
- ☐ 1 poubelle pour les embouts (déchets tranchants non contaminés) ⁽¹⁾
- ☐ 1 bac de glace ⁽¹⁾

PARTAGÉ

- ☐ 1 centrifugeuse de table (partagée pour l'ensemble des stations 4)
- ☐ 1 thermocycleur (partagé pour l'ensemble des stations 4)

(1) Fournis par l'école

Solutions pour la PCR (préparées par Génome Québec)

Les solutions suivantes sont présentées à titre indicatif seulement. Les solutions sont préparées par Génome Québec et sont livrées dans la trousse, prêtes à utiliser.

Solution du mix PCR	
	Volume (µl)
Eau	13,4
Tampon 5X	5
dNTP	0,5
TAQ (enzyme)	0,1
ADN (ceph 20 ng/µl)	1
Volume total	20 µl/réaction

N. B. Toujours conserver les tubes de mix PCR ou de réactions PCR dans un bac à glace lors des manipulations

Solution des victimes	
	Volume (µl)
Eau	4
Amorces F/R 20 µM	1
Volume total	5 µl/réaction

Victime	Taille du fragment d'ADN
ADN - corps 1	779 pb
ADN - corps 2	400 pb
ADN - corps 3	300 pb
ADN - corps 4	214 pb
ADN - corps 5	475 pb
ADN - brosse à dents	779 pb

Solution à mettre dans le thermocycleur	20 µl de mix PCR + 5 µl de victime
--	---

Programme de PCR (préparé par Génome Québec)

*N.B. La programmation du thermocycleur est à titre indicatif seulement. **Le thermocycleur est livré préprogrammé.***

Température (°C)	Temps	Répétition
96	1 min	1 X
96	10 s	33 X
58	5 s	
72	1 s	
72	30 s	1 X
4	Arrêt	

Durée : environ 1 heure

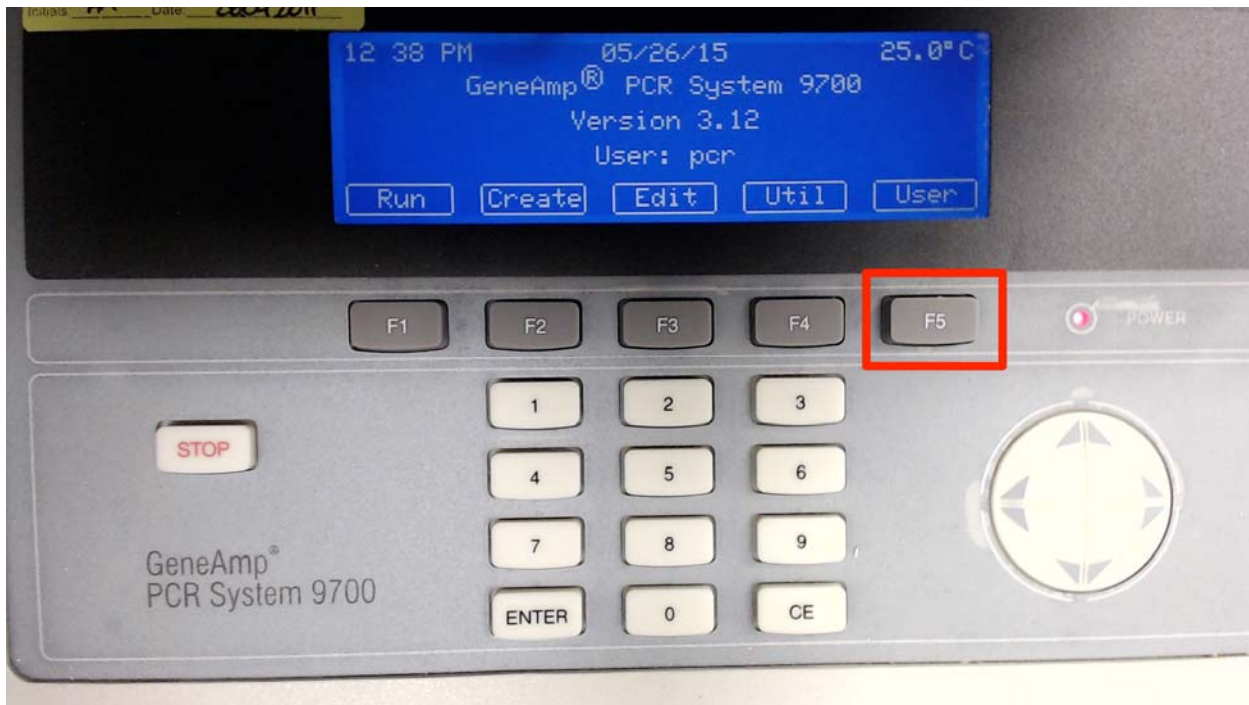
Utilisation du thermocycleur

Placer les échantillons d'ADN dans le thermocycleur et prendre note de la position des échantillons de chacune des équipes.

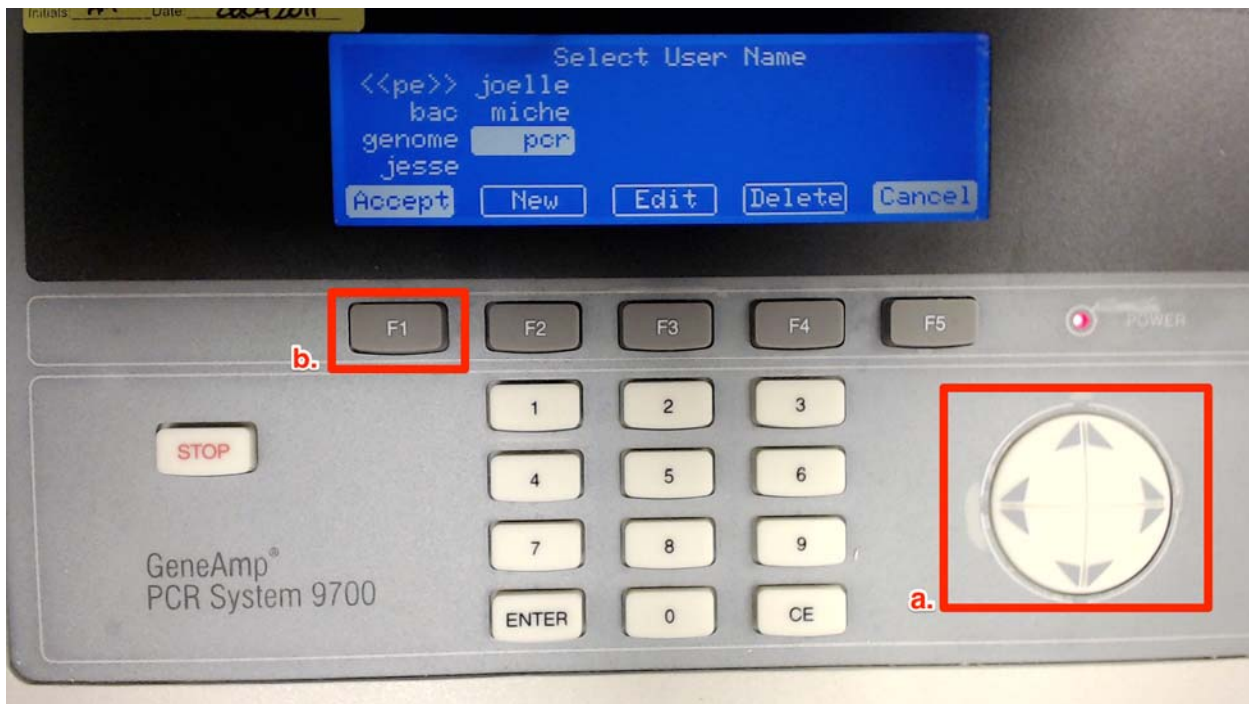


1. Fermer le capot du thermocycleur en le glissant vers l'avant.
2. Mettre le thermocycleur en marche (le bouton se trouve sur l'avant de l'appareil).

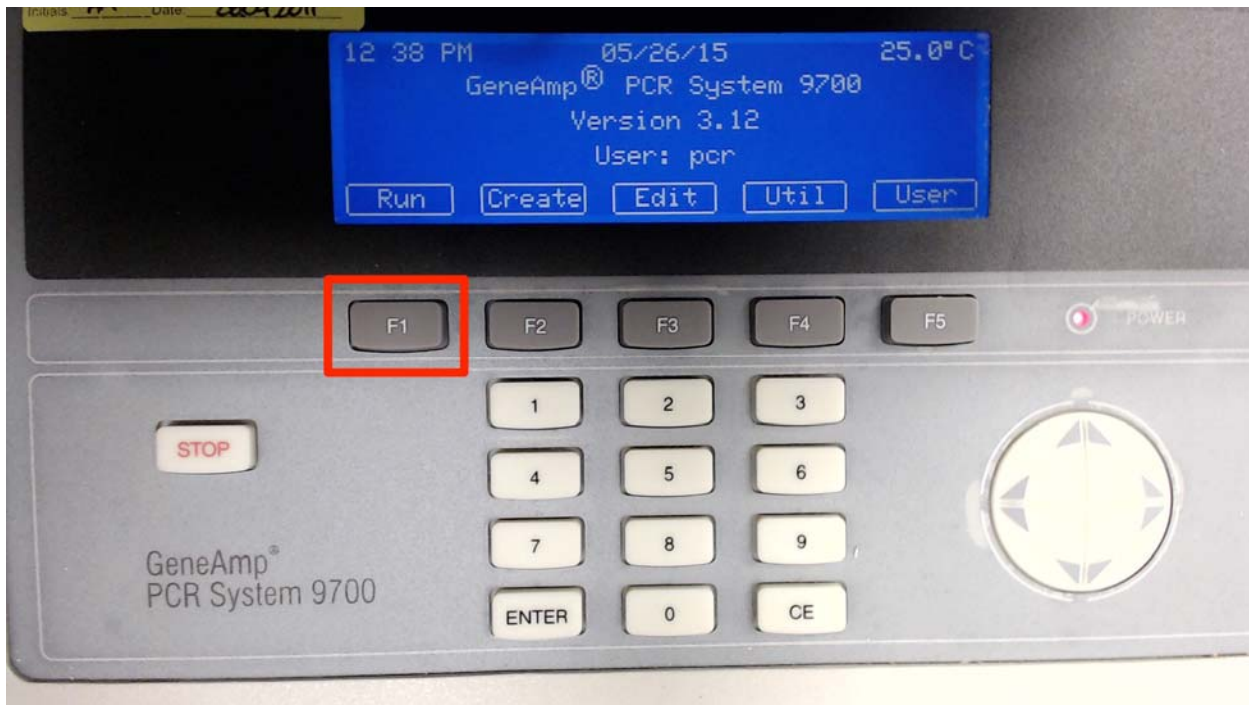
3. Appuyer sur la touche F5 pour accéder au menu « User ».



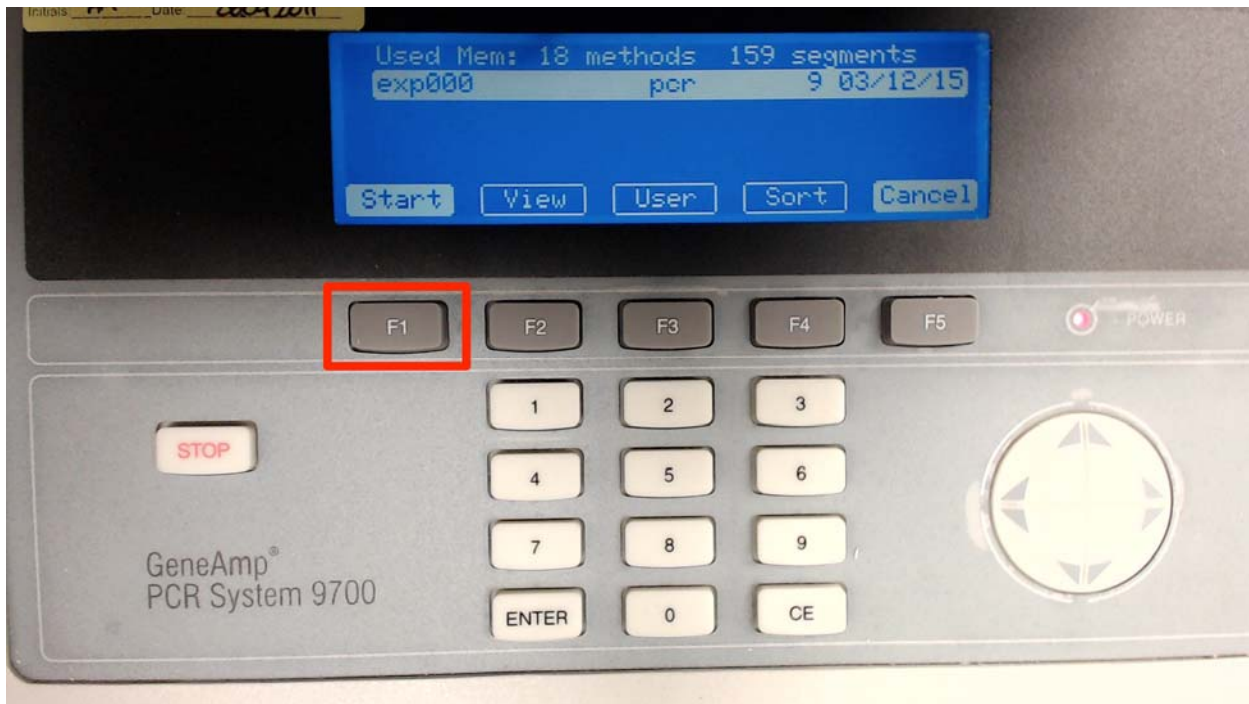
5. Avec la roulette de navigation (a.), choisir l'utilisateur « PCR » et appuyer sur F1 (b.).



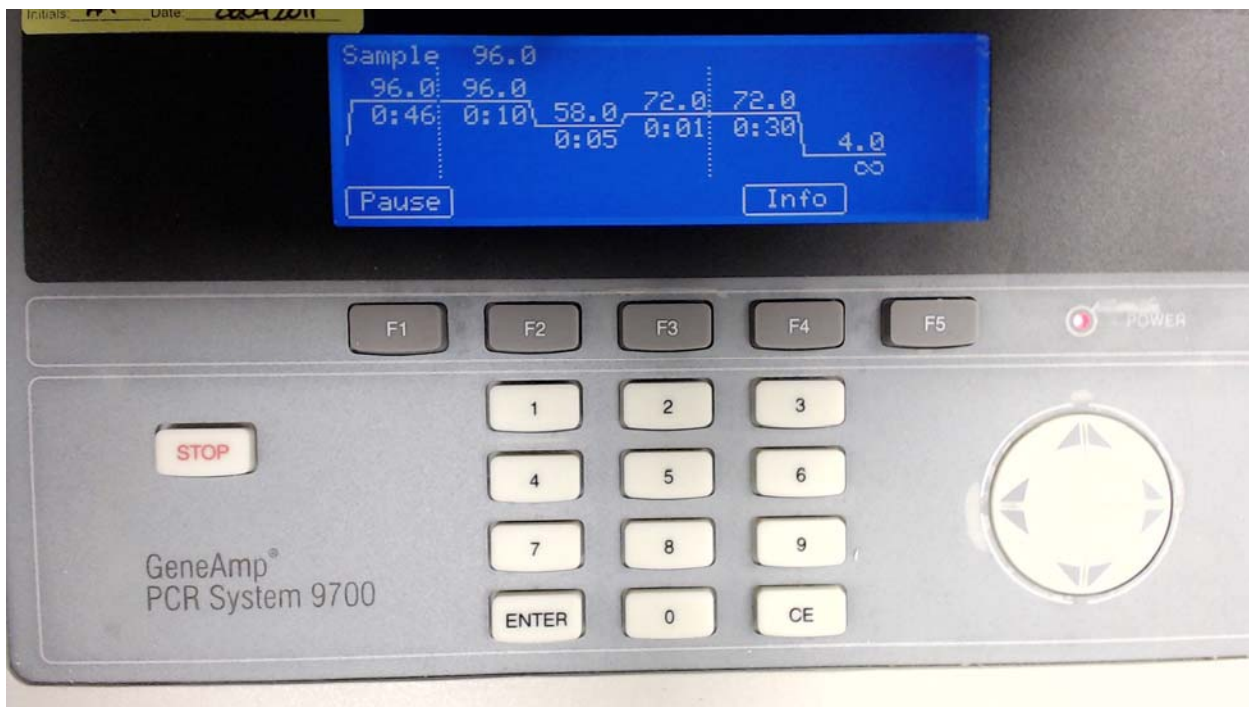
6. De retour à l'écran d'accueil, appuyer sur F1 pour accéder au menu « Run ».



7. Un seul programme est alors disponible. Il s'agit du programme « exp000 pcr 9 03/12/15 ». Appuyer sur F1 pour démarrer le programme.



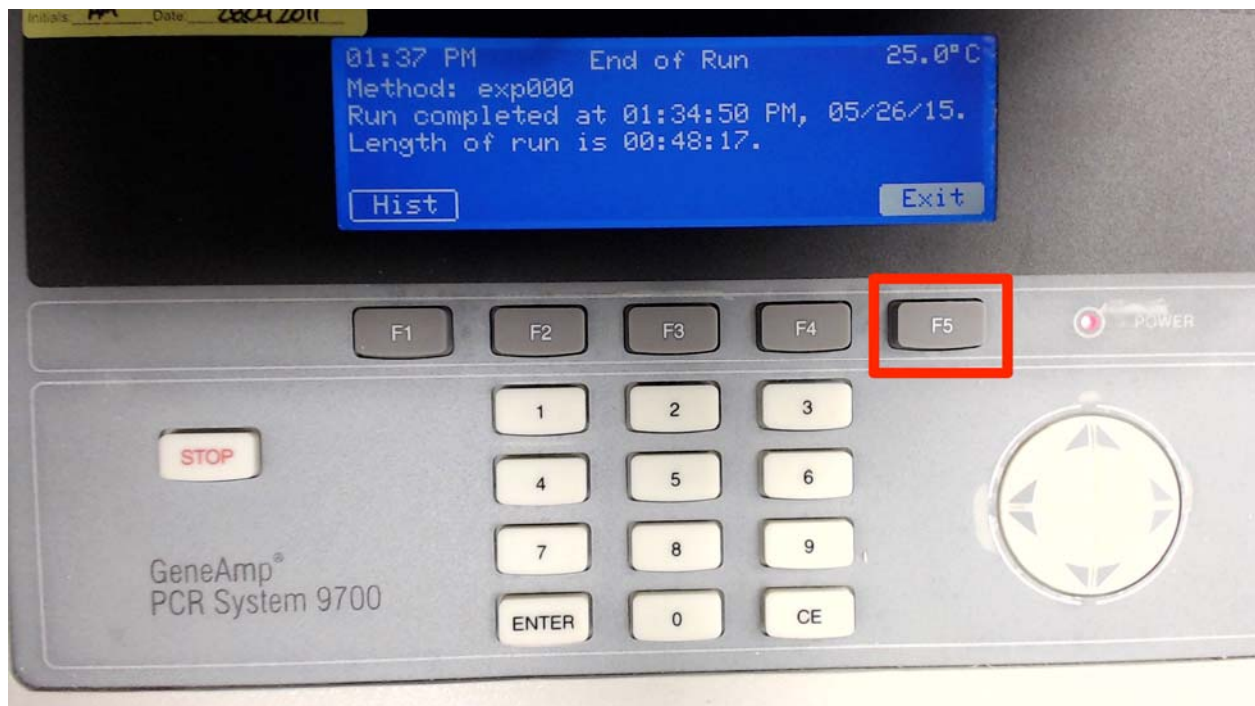
8. Le thermocycleur entreprend alors un premier cycle de reproduction. Il faut maintenant attendre la fin du programme complet, soit 33 cycles (environ 1 h).



9. Après l'exécution du programme, le thermocycleur maintiendra une température de 4 °C jusqu'à ce que les échantillons soient retirés et que la machine soit arrêtée. Pour ce faire, appuyer 2 fois sur le bouton « STOP ».



10. Le thermocycleur vous présentera alors un compte rendu du programme exécuté. Appuyer sur F5 pour quitter.



Protocole expérimental de l'élève

Voir les manipulations dans le cahier de l'élève.

PRÉPARATION DE LA STATION 5 : MIGRATION DE L'ADN SUR GEL D'AGAROSE

Tout le matériel pour cette station est fourni dans la trousse de l'activité.

Liste du matériel

PAR ÉQUIPE

- ☐ Réactions PCR des élèves (résultats de la station 4) - *passer chacun des tubes dans la centrifugeuse quelques secondes avant que les élèves manipulent les tubes*
- ☐ 1 support à tubes Eppendorf 1,5 ml et 1 support à bande de tubes à essai
- ☐ 1 colorant de migration (tube brun) - *passer chacun des tubes dans la centrifugeuse quelques secondes avant que les élèves manipulent les tubes*
- ☐ 1 pipette 5 µl
- ☐ 1 pipette 20 µl
- ☐ 12 embouts 20-200 µl

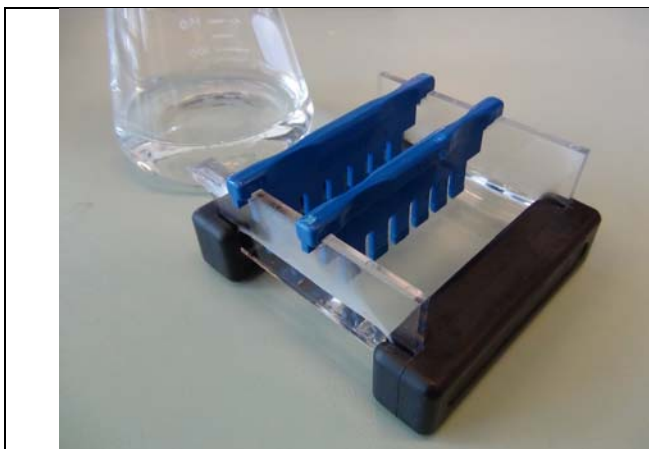
PARTAGÉ

- ☐ 1 centrifugeuse de table (partagée pour l'ensemble des stations 5)
- ☐ 1 cuve à électrophorèse avec gel prêt à l'usage (12 dyades par cuve)
- ☐ Source de tension 115 V

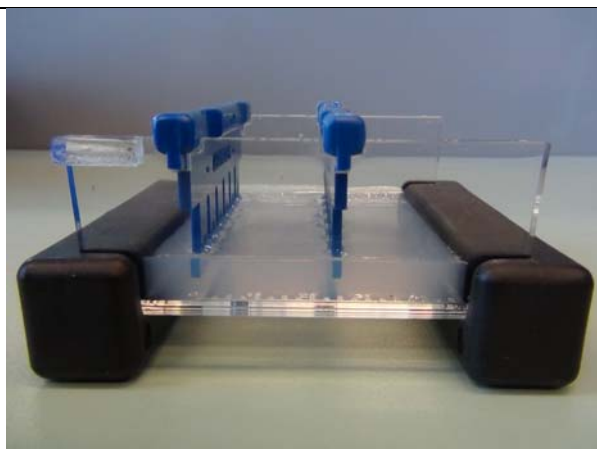
Fabrication du gel (pour 1 cuve à migration (il y a 2 cuves pour une classe))

Le gel est préparé par le TTP. Mais il est également possible de faire préparer les gels par les élèves.

1. Diluer la solution TAE (Tris-Acetate-EDTA) 50X pour faire une solution de TAE 1X : Prendre 40 ml de TAE 50X et compléter le volume à 2 litres avec de l'eau distillée.
2. Mélanger 3 g d'agarose à 150 ml de solution TAE 1X (forme un gel d'agarose à 2 %).
- Notez que vous devez compter un minimum de 30 ml de solution TAE 1X/agarose pour la fabrication d'un gel.
3. Faire chauffer dans un Erlenmeyer jusqu'à ébullition puis laisser refroidir.
4. Insérer les embouts de caoutchouc noir de chaque côté du support à gel.
5. Lorsque l'on peut toucher le verre de l'Erlenmeyer avec les mains, couler le gel dans le support à gel. Éviter de faire des bulles.
6. Placer les deux peignes sur le support à gel
7. Lorsque le gel s'est solidifié, retirer les embouts de caoutchouc noir du support à gel.
8. Enlever les peignes du support à gel.
9. Placer les six supports à gel (que vous ayez coulé un gel ou non dans le support) dans la cuve à électrophorèse.
10. Immerger le support à gel dans le TAE 1X. Le tampon doit couvrir tout le gel (environ 1000 ml).
11. Il est maintenant possible de charger les échantillons dans la cuve à migration.



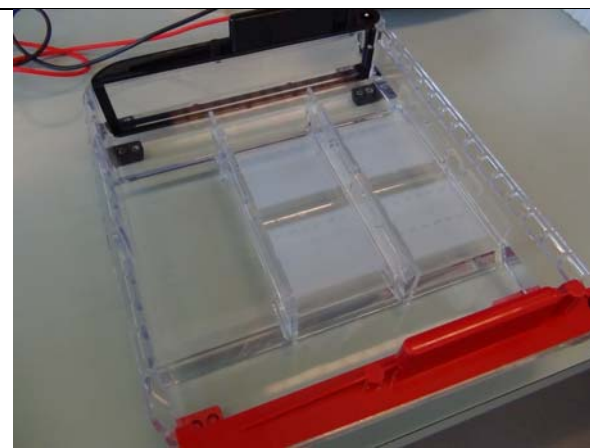
Dans cette image, le gel chaud a été coulé dans le support à gel. On remarque que les blocs en caoutchouc et les peignes sont en place pendant la coulée.



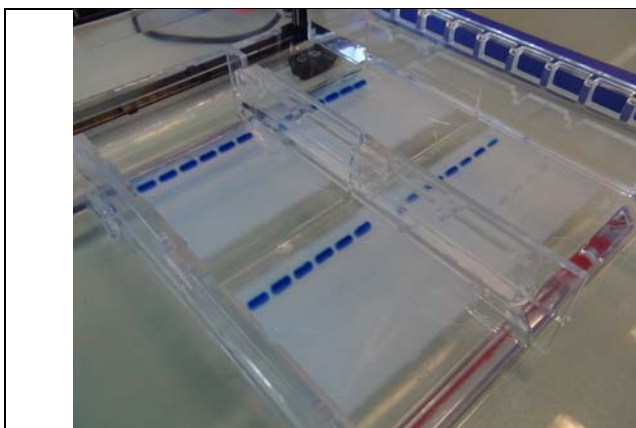
Lorsque le gel est prêt, celui-ci prend une apparence blanchâtre.



Lorsque le gel est prêt, on retire les embouts en caoutchouc et les peignes très délicatement afin de ne pas endommager le gel.



Le gel est alors placé, avec son support, dans la cuve à migration.



On immerge les gels avec la solution de TAE 1X et on charge ensuite les échantillons dans les puits à l'aide d'une pipette.

Protocole expérimental de l'élève

Voir les manipulations dans le cahier de l'élève.

PRÉPARATION DE LA STATION 6 : OBSERVATION DE LA MIGRATION

L'essentiel du matériel pour cette station est fourni dans la trousse de l'activité.

Liste du matériel

ENSEMBLE DE LA STATION 6

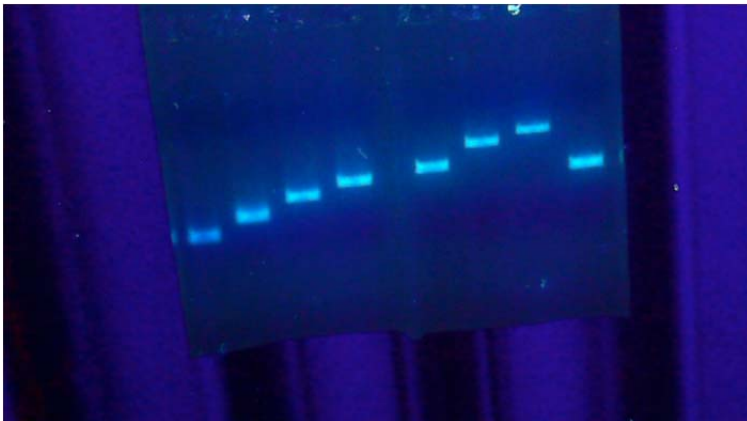
- ☐ Transilluminateur
- ☐ Ordinateur ⁽¹⁾
- ☐ Imprimante ⁽¹⁾
- ☐ Crayon marqueur ⁽¹⁾

1) Fournis par l'école

Protocole expérimental de l'élève

Voir les manipulations dans le cahier de l'élève.

Exemple de résultat



ÉVALUATION DE LA SITUATION D'APPRENTISSAGE

Répartition des points en fonction des critères

Critères d'évaluation	Éléments favorisant la compréhension des critères	Répartition des points par item
Critère 1 : Représentation adéquate de la situation <i>(8 points)</i>	Reformulation du problème	Page 8 - 1.1 (2 points) Page 8 - 1.2 (4 points) Page 8 - 1.3 (2 points)
Cr2 Élaboration d'un plan d'action pertinent		
Critère 2 : Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages (techniques) <i>(15 points)</i>	Identification du matériel	Page 9 - (5 points) Page 11 - (5 points) Page 13 - (5 points)
	Description des manipulations	
Critère 3 : Mise en œuvre adéquate du plan d'action <i>(15 points)</i>	Respect des règles de sécurité	En cours de travail
	Consignation de données	Page 9 - (5 points) Page 11 - (5 points) Page 13 - (5 points)
	Utilisation des modes de représentation appropriés (tableaux, graphiques, schémas)	
Critère 4 : Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes <i>(12 points)</i>	Production d'explications ou de conclusions en fonction des données recueillies et des connaissances acquises	Page 22 - (4 points)
	Respect de la terminologie, des règles et des conventions	Page 22 - (2 points)
Total maximum 50 points		

GUIDE DE CORRECTION

Critère 1 : Représentation adéquate de la situation

Reformulation du problème

1.1 Quel est votre mandat? (Quelle réponse donnerez-vous à l'énigme?)

Accorder 2 points pour une explication comportant les éléments suivants :

- Identification des cinq (5) victimes **1 point**
- Concordance de l'identité des victimes avec les indices recueillis ou les résultats des tests pratiqués sur les indices recueillis **1 point**

Total : _____ 2, 1 ou 0

1.2. Quelles sont les techniques qui vous seront utiles pour résoudre l'énigme?

Une représentation complète de la situation doit comporter quatre (4) éléments. Accorder **1 point** par élément pour les éléments suivants :

- Procéder à l'analyse des échantillons d'urine
- Déterminer la masse volumique des bijoux retrouvés
- Procéder à l'analyse des échantillons de sang pour en déterminer le groupe sanguin
- Procéder à l'analyse d'ADN des échantillons recueillis

Total : _____ 4, 3, 2, 1 ou 0

1.3. Quel sera le traitement à faire avec les données recueillies?

Accorder **2 points** pour une explication qui fait appel à la comparaison entre les résultats des tests effectués et les indices recueillis pour associer la bonne victime à ces indices.

Total : _____ 2 ou 0

Critère 2 : Maîtrise des connaissances ciblées par la progression des apprentissages (techniques)	Identification du matériel
	Description des manipulations

Page 9 – Plan d'action : Station 1 : Analyse des échantillons de colliers (5 points)

Page 11 – Plan d'action : Station 2 : Analyse des échantillons de sang (5 points)

Page 13 – Plan d'action : Station 3 : Analyse des échantillons d'urine (5 points)

- Accorder **2 points** si l'élève rend compte du matériel, des outils et des instruments utilisés. **Chaque oubli est pénalisé d'un point.**
- Accorder **un maximum de 3 points** pour une description de manipulations qui est conforme à la mise en œuvre adéquate de la technique ciblée (station 1 : masse volumique; station 2 : analyse de sang; station 3 : analyse d'urine). **Chaque oubli est pénalisé d'un point.**

Total : _____ 15 points

Critère 3 : Mise en œuvre adéquate de la démarche	Consignation des données
	Utilisation des modes de représentation appropriés

Page 10 – Présentation et traitement de données : Station 1 (5 points)

Page 12 – Présentation et traitement de données : Station 2 (5 points)

Page 14 – Présentation et traitement de données : Station 3 (5 points)

Pour chaque station :

- Accorder **1 point** si l'on retrouve un titre suggérant ce qui est mesuré/observé.
- Accorder **1 point** si l'on repère aisément les données des différents échantillons.
- Accorder **3 points** si l'on identifie correctement les mesures et leurs unités (ou les résultats observés dans le cas des échantillons de sang et d'urine).

Total : _____ 15 points

Critère 4 : Élaboration d'explications, de solutions ou de conclusions pertinentes	Production d'explications en fonction des données recueillies et des connaissances acquises
	Respect de la terminologie, des règles et des conventions

Page 21 – Analyser vos résultats : Stations 1 à 3 et 6 (7 points)

- Accorder **un maximum de 2 points** pour le respect de la terminologie dans la réponse. Chaque erreur est pénalisée par 1 point. (Exemples de termes appropriés : masse volumique, albumine, pH, groupe sanguin, etc.)
- Accorder **2 points** pour une explication qui fait référence à l'utilisation d'un vade-mecum pour l'identification des métaux présents dans les échantillons de colliers.
- Accorder **2 points** pour une explication qui fait référence de façon cohérente au groupe sanguin possible en fonction des groupes sanguins observés chez les membres de la famille.
- Accorder **1 point** si l'explication fait référence de façon cohérente au pH, à la présence de glucose et d'albumine dans l'urine.

Total : _____ 7 points

Page 22 – Résultats de votre enquête (5 points)

- Accorder **1 point** par identification exacte de victime en cohérence avec la justification et les données recueillies.

Total : _____ 5, 4, 3, 2, 1 ou 0

SOLUTIONNAIRE

Indices pour chacun des corps

	Sang	ADN	Collier	Urine	ADN (brosse à dents)
1 (D)	Échantillon S1 (BO)	Échantillon ADN1	Échantillon C1 (Aluminium)	Échantillon U1 (Glucose, albumine, pH 7)	Échantillon ADN-BD
2 (A)	Échantillon S2 (BO)	Échantillon ADN2	Échantillon C2 (Aluminium)	Échantillon U2 (Glucose, albumine, pH 7)	
3 (E)	Échantillon S3 (AB)	Échantillon ADN3	Échantillon C3 (Acier inoxydable)	Échantillon U3 (pH 7)	
4 (C)	nd	Échantillon ADN4		Échantillon U4 (pH 7)	
5 (B)	nd	Échantillon ADN5		Échantillon U5 (pH 4.5)	

CARACTÉRISTIQUES DES VICTIMES

	A (corps 2)	B (corps 5)	C (corps 4)	D (corps 1)	E (corps 3)
Urine : Test glucose	Diabète (glucose)	(-)	(-)	Enceinte (la grossesse n'a pas été annoncée et la victime fait du diabète de grossesse) (glucose)	(-)
Urine : Test albumine	Diabète (+)	(-)	(-)	Glomérulo-néphrite (+)	(-)
Urine : Test du pH	pH (6 à 8)	Calculs rénaux fréquents pH (4,5)	pH (6 à 8)	pH (6 à 8)	pH (6 à 8)
Collier	Aluminium (échantillon C2)	Or (collier perdu)	Argent (collier perdu)	Aluminium (échantillon C1)	Acier inoxydable (échantillon C3)
Groupe sanguin	À trouver par un test Échantillon S2 (B)	B	À trouver par la famille (O)	B Échantillon S1 (B)	À trouver par un test Échantillon S3 (AB)
Présence d'ADN sur le corps	Oui (échantillon ADN2)	Oui (échantillon ADN5)	Oui (échantillon ADN4)	Oui (échantillon ADN1 et ADN-D)	Oui (échantillon ADN3)
Possibilité d'avoir de l'ADN en provenance du domicile (brosse à dents)	non	non	non	oui	non

- A se confirme indirectement après avoir confirmé D
- B se confirme par le test du pH urinaire
- D se confirme par le test d'ADN
- E se confirme par un test sur le groupe sanguin
- C se confirme par élimination (après avoir confirmé A, B, C et D)

Le collier ne confirme aucun individu, car l'absence de celui-ci peut se justifier par une perte lors de l'accident. La présence du collier constitue un argument d'identification supplémentaire.

ANNEXE 1 : PRÉCISION SUR L'ACTIVITÉ

Cette activité a été conçue pour initier les élèves à quelques manipulations de biologie moléculaire telles que la multiplication d'un fragment d'ADN par la réaction en chaîne par polymérase (PCR) et la migration de l'ADN par électrophorèse sur gel d'agarose. L'expérience a été développée en tenant compte des difficultés techniques et du matériel disponible dans les écoles. Les manipulations reproduisent celles qui ont lieu dans les laboratoires de recherche ou de médecine légale (véritables réactions de PCR, véritables migrations, etc.) et fidèles à la théorie enseignée.

Cependant à des fins d'identification judiciaire, la situation problème a été adaptée pour des élèves du secondaire. Cette technique se rapproche davantage d'une technique d'identification anciennement utilisée, soit le polymorphisme des fragments de restriction (qui se baserait sur un seul site d'identification sur les gènes de l'individu), que sur les techniques actuellement utilisées. De nos jours, les analyses se font sur 16 sites d'identification et la révélation des résultats se fait par électrophorèse par capillaire utilisant des fluorochromes.

ANNEXE 2 : UTILISATION DE LA CAMÉRA DU TRANSILLUMINATEUR

Pour utiliser le transilluminateur, vous aurez besoin du matériel suivant :

- Un ordinateur avec une connexion internet
- Adobe Flash Player installé sur l'ordinateur

Pour vérifier si Flash Player est installé sur votre ordinateur et est activé dans votre navigateur, visitez le site : <https://helpx.adobe.com/fr/flash-player.html>

1.	Brancher la caméra du transilluminateur dans une prise USB de votre ordinateur
2.	Allez sur le site https://www.pixect.com/fr/ et cliquez sur le bouton 
3.	Autorisez l'utilisation de la caméra en cliquant sur le bouton « Autoriser » 
4.	Vous devriez maintenant voir l'intérieur du transilluminateur. Si vous voyez une image de vous-même à l'écran, c'est que l'application a sélectionné la caméra interne de votre ordinateur. Pour changer la caméra, cliquez sur l'icône de caméra dans le coin supérieur droit de l'écran.  Sélectionnez la caméra Microsoft LifeCam.
5.	Lorsque le transilluminateur est en marche, il est possible de modifier les réglages de la caméra afin d'obtenir la meilleure image possible. Pour accéder aux réglages, cliquez sur l'icône  dans le coin supérieur gauche de la fenêtre.
6.	Pour prendre une photo, cliquez sur l'icône  Sélectionnez  Enregistrer afin de sauvegarder l'image sur votre ordinateur ou une clé USB.

ANNEXE 3 : FICHES DE CONSIGNES POUR LES STATIONS

Les pages suivantes sont les fiches de consignes et d'informations à placer à chacune des stations. Une version plastifiée est disponible dans la trousse de la SAÉ.

Station 1 : Analyse des échantillons de colliers

Tu trouveras sur ton poste de travail le matériel suivant :

- Les échantillons de colliers C1, C2 et C3

Consignes

1. Discutez avec votre coéquipier des manipulations à faire pour sur chacun des colliers.
2. Écrivez votre protocole dans votre cahier.
3. Allez chercher le matériel nécessaire sur la table de matériel.
4. Faites vos manipulations.
5. Notez vos résultats.
6. Retournez le matériel sur la table de matériel.

Masse volumique de différents métaux

Métal	Masse volumique (g/cm ³)	Apparence
Aluminium *	2,2 à 2,9	Gris
Acier inoxydable (alliage)	6,7 à 10,5	Gris
Laiton (alliage)	8,2 à 8,8	Jaune
Cuivre *	8,8 à 9,5	Rouge
Argent *	10,5 à 11	Gris
Or *	18 à 19,3	Jaune
Platine	21,5	Gris

* Selon la pureté

Station 2 : Analyse des échantillons de sang

Tu trouveras sur ton poste de travail le matériel suivant :

- Les échantillons de sang S1, S2 et S3
- Les sérums anti-A, anti-B et anti-Rh

Consignes

1. Discutez avec votre coéquipier des manipulations à faire.
2. Écrivez votre protocole dans votre cahier.
3. Allez chercher le matériel nécessaire sur la table de matériel.
4. Faites vos manipulations.
5. Notez vos résultats.
6. Retournez le matériel sur la table de matériel.

Résultats des tests sur le sang

Indicateur	Substance identifiée par l'indicateur	Réaction en absence de la substance	Réaction en présence de la substance
Sérum anti-A	Agglutinogène A	Aucune	Formation d'un précipité
Sérum anti-B	Agglutinogène B	Aucune	Formation d'un précipité
Sérum anti-Rh	Agglutinogène Rh	Aucune	Formation d'un précipité

Station 3 : Analyse des échantillons d'urine

Tu trouveras sur ton poste de travail le matériel suivant :

- Les échantillons d'urine U1, U2, U3, U4 et U5

Le matériel suivant disponible pour les 4 postes de la station 3 :

- Indicateur de pH
- Indicateur de présence de protéines
- Indicateur de présence de glucides

Consignes

1. Discutez avec votre coéquipier des manipulations à faire pour chacun des tests sur l'urine
2. Écrivez votre protocole dans votre cahier
3. Allez chercher le matériel nécessaire sur la table de matériel
4. Faites vos manipulations
5. Notez vos résultats
6. Retournez le matériel sur la table de matériel

Résultats des tests sur l'urine

Indicateur	Substance identifiée par l'indicateur	Réaction en absence de la substance	Réaction en présence de la substance
Papier tournesol bleu et rouge	Solution acide		Bleu devient rouge Rouge reste rouge
Papier tournesol bleu et rouge	Solution basique		Bleu reste bleu Rouge devient bleu
Papier tournesol bleu et rouge	Solution neutre		Bleu reste bleu Rouge reste rouge
Indicateur universel	Degré de pH	Voir la charte du fabricant	Fabricant
Indicateur de présence de glucides	Glucides simples (ex. : glucose) ou glucides doubles (ex. : lactose)	Reste bleu	Devient orangé et forme un précipité lorsque chauffé
Indicateur de présence de protéine	Protéines	Reste bleu clair	Devient violet

ANNEXE 4 : FICHES DE RÉSULTATS D'ANALYSE

Les fiches suivantes sont les résultats que l'élève devrait obtenir pour les stations 1, 2 et 3. Si pour une raison ou une autre, l'enseignant décide de ne pas faire faire l'une ou l'autre de ces stations, il pourrait alors remettre les fiches concernées aux élèves. Ceux-ci auraient donc en main toute l'information nécessaire pour résoudre l'énigme.

RÉSULTATS D'ANALYSE DE SANG

Objet : Résultats d'analyse de sang issus de prélèvements sur le corps de 3 victimes de l'accident d'avion à l'aéroport Pierre-Édouard Tremblay.

Prélèvements			
	S1	S2	S3
Anti-A	Positif	Négatif	Positif
Anti-B	Positif	Positif	Positif
Facteur Rh	Négatif	Négatif	Négatif
Grossesse	Positif	Négatif	Négatif

RÉSULTATS D'ANALYSE DES COLLIERS

Objet : Résultats d'analyse de la masse volumique de colliers provenant de 3 victimes de l'accident d'avion à l'aéroport Pierre-Édouard Tremblay.

Colliers	Métal
C1	Aluminium
C2	Aluminium
C3	Acier inoxydable

RÉSULTATS D'ANALYSE D'URINE

Objet : Résultats d'analyse d'urine issus de prélèvements sur le corps de 5 victimes de l'accident d'avion à l'aéroport Pierre-Édouard Tremblay.

Prélèvements	pH	Indicateur de présence de glucides	Indicateur de présence de protéine
U1	Normal	Positif	Positif
U2	Normal	Positif	Positif
U3	Normal	Négatif	Négatif
U4	Normal	Négatif	Négatif
U5	Anormalement acide (4.5)	Négatif	Négatif

ONT CONTRIBUÉ À L'ÉCRITURE DE LA SITUATION D'APPRENTISSAGE

Sophie Lafleur

Enseignante
Commission scolaire de Laval

Geneviève Bourret

Technicienne de laboratoire
Centre d'innovation Génome Québec
et Université McGill

Daniel Tessier

Vice-président, Centres technologiques
Centre d'innovation Génome Québec
et Université McGill

Christiane Nault

Technicienne en travaux pratiques
Commission scolaire de la
Seigneurie-des-Mille-Îles

Éva Kammer

Directrice, Communications
Génome Québec

Érick Sauvé

Conseiller pédagogique
Commission scolaire de Laval

Pierre Lepage

Gestionnaire de plateforme
Centre d'innovation Génome Québec
et Université McGill

REMERCIEMENTS

Pour la validation du scénario et des informations techniques

Karine Gibson

Biologiste judiciaire, Biologie / ADN
Laboratoire de sciences judiciaires et de médecine légale
Ministère de la Sécurité publique

Pour la réécriture de la mise en situation

Catherine Paquette

Journaliste

Pour les images des victimes

Zone01 (www.zone01.ca)

Pour le 1^{er} prototype du bac à électrophorèse

Pour la relecture de la SAÉ

Pour la grille d'évaluation

Centre de développement pédagogique

Pour l'écriture des activités en approche orientante

Laurie Clavel

Conseillère en orientation
Commission scolaire de Laval