



**EUROPEAN UNION SCIENCE OLYMPIAD**

**TEST 2**

**Thème: Investigation sur une scène de  
Crime**

**Gothenburg, Sweden**

**Thursday 15<sup>th</sup> April, 2010**

# **Instructions Générales**

## **Instructions Générales**

**Mettre le tablier en plastique fourni et porter à tout moment les lunettes de sécurité dans le laboratoire.**

**Manger et boire dans le laboratoire est interdit.**

Des gants jetable sont mis à disposition et doivent être portés lors de la manipulation de produits chimiques.

Tous les papiers y compris les papiers de brouillon doivent être rapport à la fin de l'expérience.

Tous les résultats doivent être notes dans le livret réponses.

Les graphiques doivent être rendus avec le livret réponses

**ON NE PEUT UTILISER QUE LES CALCULETTES FOURNIES !!**

**Seul le livret réponses et les graphiques joins seront cotés.**

Toutes les taches peuvent être réalisées dans l'ordre que vous souhaitez.

## Histoire : qui a tué Erik Lundberg? (« Cover story »)

Un dimanche au début d'octobre. La pluie battait sur les carreaux en raison d'un vent fort et faisait un bruit intense.

Dans le commissariat régnait une forte odeur de café. Malgré qu'on était dimanche il y avait pas mal de policiers en raison du meurtre récent de Erik Lundberg, les deux scènes de crime supposés sont son domicile et un bar local « the Crown ».

L'inspecteur Carin Larsson entre dans le laboratoire médico-légal de la police et s'approche du Dr. Mary Blade, chef du département de la police scientifique (CSI). Le Dr. Blade déclare immédiatement que la mort résulte d'un empoisonnement classique au pentahydrate de sulfate de cuivre : « Erik Lundberg a été empoisonné au pentahydrate de sulfate de Cu »

L'inspecteur Larsson avec toute l'information reçue du Dr. Blade retourne dans son bureau et commence à résumer les faits.

Erik Lundberg a été retrouvé mort chez lui samedi en fin de matinée ; la femme de ménage l'a trouvé couché sur son lit, apparemment mort. Les policiers arrivés sur la scène du crime ont sécurisé le périmètre en attendant la venue des services médico-légaux de la police.

Ces derniers sont arrivés vers midi et ont immédiatement recueilli les indices. Ils ont immédiatement mesuré la température du cadavre en vue d'estimer l'heure du décès. Ils ont remarqué que la fenêtre de la chambre était restée ouverte et que la température de la pièce était de 10°C (on suppose que la température était constante durant la nuit et reste constante). Il leur fallut 9 heures pour compléter leurs recherches sur la scène du crime. Avant l'enlèvement du corps la température du cadavre fut mesurée une 2ème fois.

L'inspecteur Larsson a également été informé du fait que Erik Lundberg a reçu une menace de mort par courrier anonyme trois jours plus tôt. L'auteur ayant découpé des lettres dans différents journaux avec le message:

On FRiDay yOU shaLL DiE!!!

Après analyse détaillée de la lettre, la police scientifique a découvert une grande quantité de particules inconnues probablement d'origine biologique. Aucune empreinte n'a été détectée. Des échantillons de ces particules sont conservés pour analyse microscopique.

La police scientifique a très rapidement réalisé qu'il pouvait y avoir quatre suspects pouvant être impliqués dans la mort de Erik Lundberg.

Il s'agit:

- A) Nils, 52ans, collègue de Erik Lundberg.
- B) Anders, 45ans, cousin
- C) Malin, 37ans, ex-femme
- D) Linda, 43ans, ancien collègue de travail

## Qui a tué Erik Lundberg? La suite de l'histoire

La police a interviewé les suspects et plus de 40 témoins. Ils ont aussi vérifié les caméras de surveillance, les cartes de crédit et les chèques. La police a ainsi pu établir que :

Erik Lundberg a rencontré Linda pour le lunch à 12 h. Erik a bu 2 verres de bière.

Après le lunch, vers 1 PM, il a rencontré Anders. Erik a bu une tasse de café.

Dans l'après midi il a rencontré Malin pour souper vers 6 PM. Erik a bu 3 verres de vin.

Vers 7 PM Erik a rencontré Nils dans un bar. Tous deux ont bu un verre de whiskey.

### Résumé de l'analyse de la température corporelle

- Température de la chambre: 10,0 °C
- température du corps à 12 (midi) samedi: 28,0 °C
- température du corps à 9 pm Samedi soir 22,0 °C

### À propos d' Erik Lundberg

- Age: 46 ans
- poids: approx. 70,0 kg
- volume Total du sang: 5,00 L
- empoisonné par du sulfate de cuivre(II)pentahydraté ( $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ).
- Autres signes sur le corps: néant

### Information chimique de référence

- $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$
- Densité  $\rho=3,7 \text{ g/mL}$

### Volume des boissons ( par boisson)

- Bière: 0,40 L
- Café 0,15 L
- vin 0,15 L
- Whiskey 0,06 L

Une équipe a enquêté sur la flore dans les maisons des suspects, et aussi dans les environs. Les résultats sont résumés dans "**Report from the Forensic Botany Team**".

Les données de référence pour l'identification des particules découvertes sur une lettre anonyme peuvent être trouvées dans "**Manual for Forensic Palynologists**".

### ***Informations complémentaires***

*La substance utilisée dans cette fiction a des propriétés différentes de celles qui lui sont attribuées ici. La raison en est que nous avons besoin de quelque chose que VOUS puissiez utiliser sans danger: Les affirmations suivantes sont donc fausses, mais seront considérées comme des faits authentiques dans cette histoire :*

*$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  est un poison mortel. L'ingestion d'une quantité supérieure à 20mg/kg est mortelle.*

*$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  se dissout facilement et devient invisible dans n'importe quel liquide bu par les sujets de cette histoire.*

*Tous ces liquides peuvent contenir au maximum 25 mg/mL de poison. A plus forte concentration, il donne un gout affreux et le liquide devient imbuvable.*

*Ce poison a des propriétés telles que tous les symptômes n'apparaissent que 7 à 8h après l'ingestion. Lorsque ces symptômes apparaissent, la mort est instantanée.*

L'inspecteur Larsson savait que la courbe de refroidissement du corps en fonction du temps pourrait sans doute lui donner une estimation précise de l'heure de la mort, et constitue une preuve qui permettrait d'écarter l'un ou l'autre suspect.

Lorsque la victime a été trouvée, la police scientifique a prélevé la totalité du sang parce que l'inspecteur Larsson a réalisé que si l'on pouvait déterminer la concentration de poison dans le sang, elle pourrait aussi exclure l'un ou l'autre suspect en se basant sur ce qu'Eric Lindberg avait bu durant sa dernière journée de vie.

Il est temps pour vous de résoudre cette énigme. Notez que vous devrez utiliser toutes les informations fournies par les analyses chimiques, biologiques et physiques et par vous-même pour déterminer avec certitude qui a empoisonné ce pauvre Eric Lundberg ce vendredi en fin de journée.

**GOOD LUCK!**

## Tâche 1. Détermination de la courbe de refroidissement d'un cadavre.

Il y a bien longtemps, avant l'importation des pommes de terre en Suède, le "turnip" ou "swede" (connu sous le nom de "rutabaga" aux Etats Unis), était un ingrédient de base de la nourriture suédoise, et constituait une source importante de vitamine C. Dans cette expérience, nous allons nous focaliser sur le refroidissement de la swede pour mieux comprendre le refroidissement des corps, et aussi pour trouver à quel moment Eric est mort, et à quel moment son corps a commencé à refroidir. Notez que le refroidissement est très lent. Vous devrez donc suivre le refroidissement pendant un long moment. La température de départ de la swede au moment où on la sort du bain marie est de 50-60 °C. Attention:

- Ne vous brûlez pas les mains. Utilisez les lunettes et les gants de protection pour sortir la swede du bain.
- Posez la swede chaude sur la table et maintenez-la éloignée de tout objet qui pourrait influencer son refroidissement.
- Mesurez la température au centre de la swede comme elle varie avec le temps. Le senseur du thermomètre est situé à la pointe de la tige métallique.

### Complétez votre livret réponse au fur et à mesure de l'expérience

- 1.1. Rentrez vos données dans un tableau après chaque mesure. N'oubliez pas d'annoter votre tableau dans le livret réponse.
- 1.2. Tracer un graphe qui montre l'évolution de la température de la swede en fonction du temps! Tracez en outre une ligne horizontale dans le graphe indiquant la température ambiante. Le refroidissement de la swede suit une courbe qui peut être décrite par une des expressions suivantes:

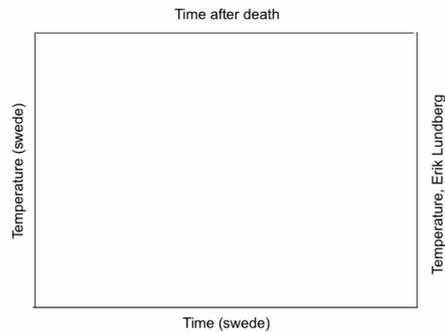
- |    |  |
|----|--|
| A) | $T = (T_{\text{start}} - T_{\text{ambient}}) \cdot a^t$                      |
| B) | $T = T_{\text{start}} - a \cdot t$   |
| C) | $T = T_{\text{start}} - a \cdot t^2$   |
| D) | $T = T_{\text{start}} - a \cdot \sqrt{t}$                                    |
| E) | $T = (T_{\text{start}} - T_{\text{ambient}}) \cdot a^t + T_{\text{ambient}}$ |
| F) | $T = T_{\text{start}} - a \cdot t - T_{\text{ambient}}$                      |
| G) | $T = T_{\text{start}} - a \cdot t^2 - T_{\text{ambient}}$                    |
| H) | $T = T_{\text{start}} - a \cdot \sqrt{t} - T_{\text{ambient}}$               |

où  $T$  sont les températures mesurées en °C et  $t$  le temps depuis le début de l'expérience exprimé en unités convenables (adaptées), à savoir, minutes, heures ou tout autre unité au choix. La valeur du paramètre  $a$  dépend bien sûr de votre choix d'unité de temps. Choisissez l'expression correcte et écrivez la réponse dans le livret réponses dans le box 1.3

- 1.4. Déterminez le paramètre  $a$  pour la swede en fonction de votre choix d'unités dans le box 1.4

- 1.5. Supposons que la courbe de refroidissement d'un cadavre suit le même type de relation entre température et temps que celle de la swede. On peut dès lors utiliser le graphe expérimental pour déterminer l'heure de la mort d'Erik Lundberg. Comme la swede refroidit évidemment plus vite que le cadavre il vous faudra rééchelonner les axes du graph et changer les échelles de température et de temps afin pour les accorder avec l'information fournie dans la partie « histoire » ( cover story) à propos de la mort de Erik.

La figure de droite fournit un exemple de comment inclure les axes coordonnés alternatifs correspondant au refroidissement du cadavre. Dans votre graphe ajoutez les axes (et les échelles) correspondant au temps pour la mort et à la température du corps de Erik Lundberg en supposant qu'elle était de 37°C au moment de la mort.



- 1.6. Pour le choix de la formule pour le refroidissement en 1.3 déterminez le paramètre  $a$  pour le cadavre d' Erik Lundberg en utilisant les données fournies dans le cover story. Utilisez une unité de temps appropriée et trouvez le paramètre  $a$  correspondant à ce choix. Ecrivez votre valeur de  $a$  et votre choix d'unité de temps dans le box 1.6.

A quelle heure le cadavre de Erik Lundberg aura t'il refroidi jusqu'à 11 °C (supposez que la température ambiante reste inchangée) ? Ecrire la réponse dans le box 1.7

- 1.7. Si votre courbe de refroidissement de swede peut être utilisée comme modèle pour le cadavre elle peut aussi servir pour d'autres objets. Les échelles de temps sont différentes et les valeurs de  $a$  en 1.4 et 1.6 dépendent du choix de l'unité de temps. Mais dans les deux cas vous pouvez identifier un temps,  $t_{50}$ , lorsque la température aura baissé 50%.

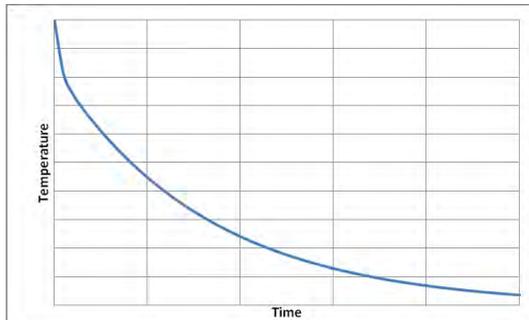
Vous pouvez alors introduire une variable indépendante sans unités,  $x = t/t_{50}$ , qui est indépendante de l'unité de temps choisie. Réécrivez maintenant l'expression choisie en 1.3 sous la forme  $y=f(x)$ . la variable  $y$  devrait être indépendante et donner quelle est la fraction restante de la différence de température de départ. une fois de plus, ceci est indépendant de l'échelle de température choisie. Ecrivez l'expression de  $y$  faisant intervenir les températures, à savoir.  $T_{start}$  et  $T_{ambient}$ . Écrivez aussi la fonction  $y=f(x)$  dans le box 1.8

- 1.8. Maintenant vous pouvez déterminez quand Erik Lundberg est mort. Ecrire la réponse en box 1.9

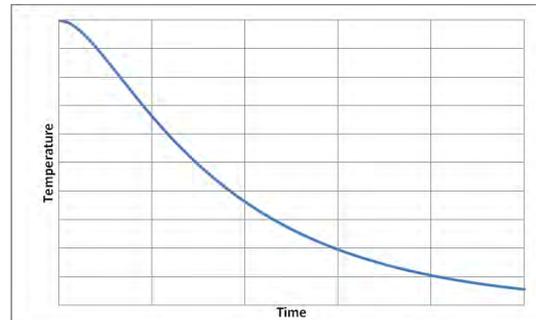
- 1.10. Tenant compte du moment de la mort obtenu ci dessus vous pouvez déterminez lequel des suspects n'a pas tué Erik Lundberg. Quels sont les suspects restants ? Ecrire votre réponse dans le livret réponses.

- 1.11. La courbe expérimentale que vous avez utilisée pour simuler le refroidissement du cadavre n'est pas réaliste. Le refroidissement du corps commence par l'extérieur puisque la chaleur est transmise à travers la surface du corps. Dans un corps vivant la température de la partie centrale du corps est maintenue à la température constante de

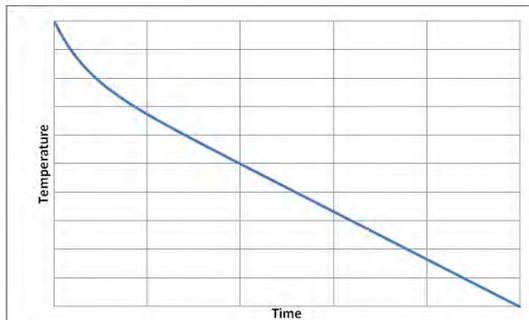
37 °C, grâce au métabolisme cellulaire et la distribution de la chaleur par la circulation sanguine. Dès que le corps meurt la production de chaleur métabolique cesse de même que la circulation du sang. La température est mesurée en profondeur dans le corps. Tenant compte de ce qui précède, laquelle des graphes ci dessous représente de la manière la plus réaliste ce qui se passe.



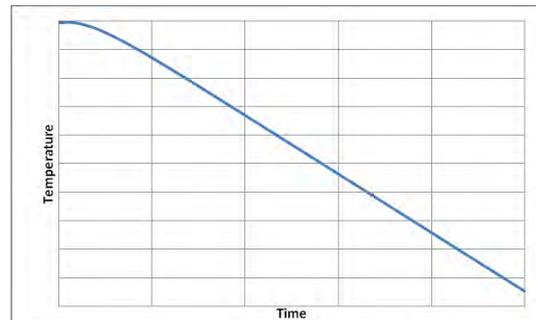
A)



B)



C)



D)

**RE bonne chance!**

**On espère que vous avez pris autant de plaisir à lire cette page d'anthologie que nous en avons pris à la traduire**

## Tâche 2. Chimie médico-légale

**Attention ! Cette section vous apporte d'importantes informations de base mais ne devra pas être réalisées par vos soins !**

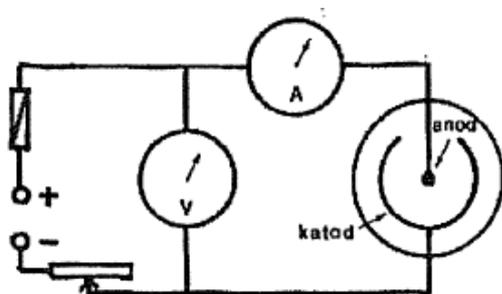
*Ce schéma a été suivi par le laboratoire médico-légal (Dr Blake) pour déterminer la masse de cuivre sur une électrode par un processus électrochimique. Cette masse mesure le taux de cuivre dans l'échantillon de sang prélevé sur la victime.*

**Méthode du Dr Blake (à lire uniquement) !!** Cette méthode décrit la manipulation de la cellule d'électrolyse et la préparation de l'échantillon incluant les étapes de concentration et de filtration que vous devez prendre en compte pour pouvoir déterminer un résultat correct à la fin de l'analyse.

Tout le sang de la victime a été purifié au départ de globules rouges et concentré 5 fois jusqu'à un volume de 1.00 L avant le début de l'analyse. Ce nouvel échantillon est appelé "blood serum". L'analyse a été effectuée sur 10.0 mL de cet échantillon et transvasé dans un bécher de 250 mL à l'aide d'une pipette puis dilué à l'eau distillée jusqu'à ce que 90% de la cathode soit recouverte par la solution obtenue. 1 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré a alors été ajouté à la solution contenue dans le bécher.

Avant d'être placée dans la solution d'électrolyse, la cathode (une plaque de cuivre) a été lavée par trempage très rapide dans une solution de lavage de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . La plaque de cuivre est alors rincée plusieurs fois à l'eau distillée. Cette dernière est alors séchée puis pesée très précisément. La masse mesurée est indiquée sur le sac en plastique contenant la cathode en cuivre.

La cellule d'analyse est ensuite réalisée comme indiquée sur l'image. L'analyse débute par application de courant électrique par l'intermédiaire d'un générateur, et est maintenu pendant environs 1.5 heures. A ce stade tout le cuivre est déposé sur l'électrode. De cette manière, une couche de cuivre solide va se déposer sur la plaque de cuivre au cours de cette réaction.



L'expérience est arrêtée en retirant les électrodes de la solution, cependant en maintenant le courant électrique et en arrosant constamment la cathode par de l'eau distillée pendant 30 secondes. Le courant électrique est alors coupé. La cathode est enfin séchée puis placée dans le sac en plastique.

**2.1 TOUT EN CONTINUANT, REMPLISSEZ LE LIVRET REPONSE EN VOUS BASANT SUR CETTE DESCRIPTION!**

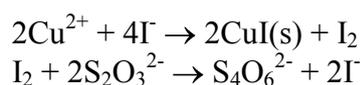
A votre tour maintenant!!

### Informations acquises par l'électrolyse.

Vous disposez maintenant de l'électrode de cuivre. Elle a été séchée et sa masse originelle est indiquée sur le sac en plastique qui la contient. Déterminez sa masse actuelle à l'aide de la balance à haute précision et remplissez le livret réponse concernant l'analyse par électrolyse.

### 2.2 Analyse par titrage

La concentration de  $\text{Cu}^{2+}$  dans une solution inconnue peut aussi être également déterminée par une méthode de titrage standard en présence de  $\text{KI(s)}$  comme agent réducteur pour  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  comme agent titrant dans le titrage successif selon le schéma suivant :



### Expérience

- Pipetez à chaque fois 10.00 mL de solution de cuivre dans la solution stock (the blood serum) dans trois Erlenmeyer.
- Remplissez la macro burette, comme montré, jusqu'à zéro (elle s'ajuste automatiquement). Le niveau du zéro est parfois légèrement en dessous du zéro. Indiquez ce niveau qui est spécifique à votre burette.
- Ajoutez dans tous les Erlenmeyer 2.0 g de KI solide et 1.0 mL d'acide acétique titrez ensuite avec la solution de  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  jusqu'à ce que la solution soit jaune pâle. A ce moment ajoutez approximativement 0.5 mL d'empois d'amidon comme indicateur (starch indicator) en utilisant la petite pipette. Continuez le titrage jusqu'à ce que la couleur bleue disparaisse.
- Titrez les trois Erlenmeyers jusqu'au point final et prenez note de la valeur indiquée sur votre burette.
- La concentration de la solution de  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  dans la burette est 0.100 M (molaire). Si vous avez besoin de plus de solution demandez-en.

**Complétez votre livret réponse!** Résolvez le meurtre à l'aide des informations contenues dans la « cover story ». Si les résultats ne sont pas concluants suite à l'analyse chimique, comparez-les avec les informations obtenues grâce aux deux autres tâches relatives à la biologie et la physique.

ENCORE BONNE CHANCE

### Tâche 3. Biologie médico-légale

Déterminez la nature et l'origine des particules de la lettre anonyme. Elles peuvent être étudiées sur les préparations microscopiques que vous avez reçues. Examinez le rapport médico légal et utilisez l'information disponible pour répondre aux deux premières questions, ensuite répondez aux autres questions.

**3.1 De quelle espèce de plante les particules sont elles issues? Écrivez votre réponse dans le livret réponses**

**3.2. Le(s)quel(es) parmi les suspects semble le plus probablement avoir rédigé la lettre anonyme ? Indiquez votre réponse dans le livret réponses (1 pt chacun. NB! 1 point sera retiré par réponse qui n'est pas cohérente avec la preuve botanique).**

#### **3.3: Expert Vétérinaire CSI, partie I ETE:**

Pour lequel de ces animaux la courbe de refroidissement que vous avez établie peut elle être utilisée pour déterminer le moment de la mort ; indiquez votre réponse dans le livret réponses

espèce	CLASSE
Rat Brun ( <i>Rattus norvegicus</i> )	Mammalia /mammifères
Étourneau sansonnet ( <i>Sturnus vulgaris</i> )	Aves / oiseaux
Vipère commune, Adder ( <i>Vipera berus</i> )	Reptilia / reptiles
Crapaud commun européen ( <i>Bufo bufo</i> )	Amphibia / amphibiens
carpe européenne ( <i>Cyprinus carpio</i> )	Actinopterygii / poissons

#### **3.4: expert Vétérinaire CSI, partie II HIVER:**

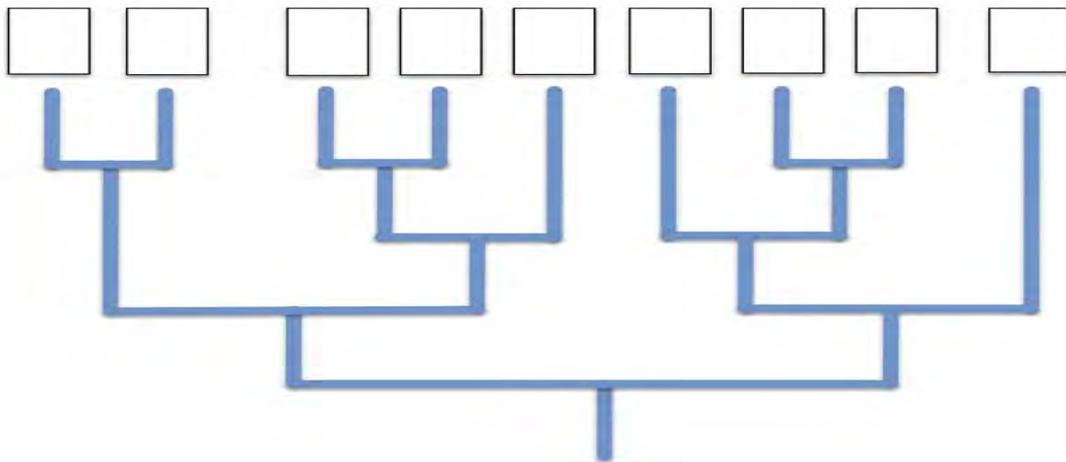
On vous demande vous rendre sur un autre lieu de crime. Quelqu'un a tué (au cours de 13 dernières heures) un ours brun (*Ursus arctos*) et un hérisson (*Erinaceus europaeus*) durant l'hiver. Les deux animaux ont été tués dans leur tanière d'hiver où la température était de 8°C et la question qui se pose est : peut on utiliser une courbe de refroidissement semblable à cette construite pour Erik pour déterminer le moment exact de la mort des deux animaux ? Inscrivez vos réponses dans le livret réponses,

#### **questions supplémentaires**

**3.5. Imaginez un arbre qui grandit et augment son poids de 100 kg. D'où provient principalement l'accroissement de masse ? indiquez UNE SEULE possibilité.**

- A) sol et eau
- B) Eau et air
- C) Eau (H<sub>2</sub>O) et minéraux
- D) Sol et minéraux

3.6. Placer les espèces animales dans le diagramme (cladogramme) de sorte qu'il soit cohérent avec leurs relations évolutives. Ecrire le numéro associé à chaque animal dans la case appropriée plutôt que le nom. TRANSCRIRE votre réponse dans le livret réponses !!



**1**



**2**



**3**



**4**



**5**



**6**



**7**



**8**



**9**

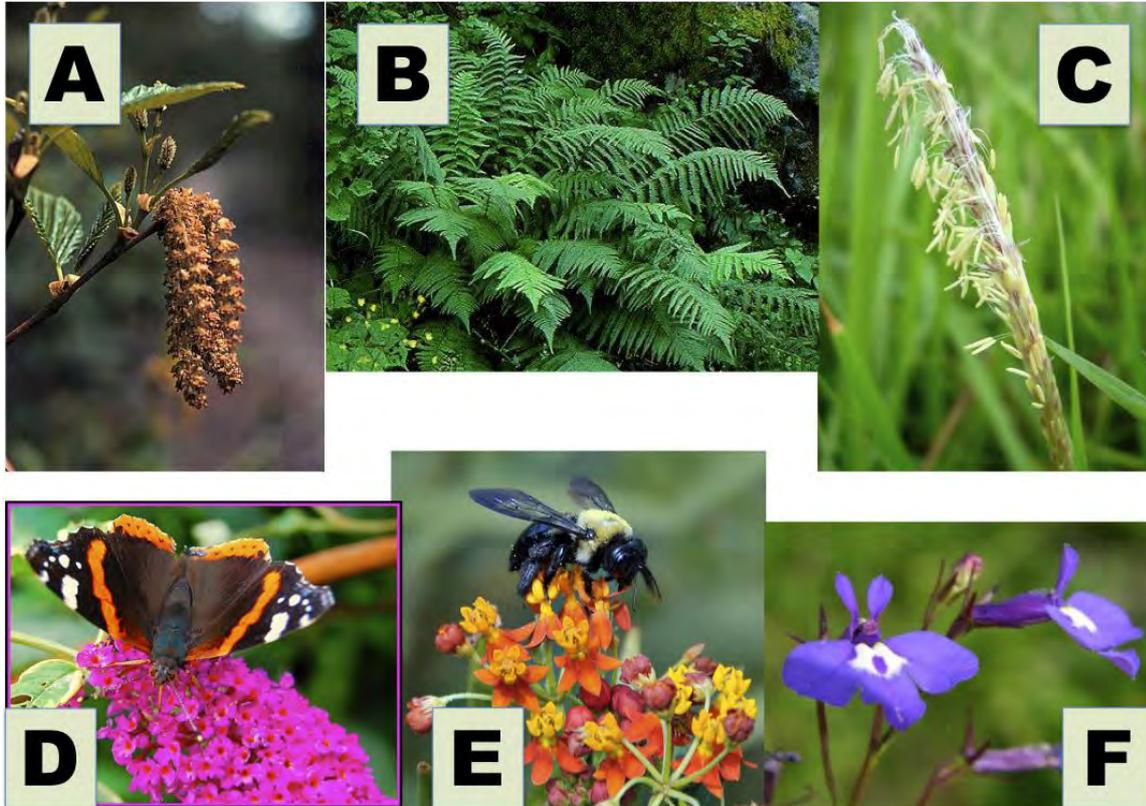
**3.7. Supposez que TOUTES les plantes, algues, bactéries champignons ou protistes sur et alentour d'une île isolée meurent. Que se passera-t-il avec les animaux terrestres de cette île sur une longue échelle de temps? Indiquez UNE SEULE possibilité.**

- A) finalement tous les animaux mourront
- B) beaucoup d'animaux mourront, mais les carnivores survivront
- C) quelques animaux qui étaient végétariens trouveront d'autres choses à manger et survivront
- D) seuls les plus forts survivront

**3.8. Toutes les plantes ont besoin d'énergie pour survivre. Quelles sont les substances riches en énergie dont ont besoin les plantes terrestres ? La question ne concerne que les plantes qui font appel à d'autres espèces pour obtenir ces substances. Indiquez UNE SEULE possibilité**

- A) les plantes prélèvent les substances riches en énergie par les racines
- B) les plantes prélèvent les substances riches en énergie par leurs feuilles
- C) les plantes prélèvent les substances riches en énergie à la fois par leurs racines et leurs feuilles
- D) Les plantes n'utilisent aucune des méthodes décrites en A – C pour obtenir les substances riches en énergie

**3.9. Une de vos connaissances souffre de rhume des foins mais adore jardiner. Sur base de vos connaissances générales en ce qui concerne le rhume des foins et l'écologie végétale, on peut prédire lesquelles parmi les plantes ci-dessous seront les plus « gênantes » pour les personnes allergiques. Quelles sont DEUX plantes parmi celles illustrées ci-dessous que vous recommanderiez à votre ami de NE PAS planter dans son jardin ?**



**3.10. On couvre une plante avec un sac plastique, comme dans la figure, et on la met dans l'obscurité pendant 24 heures. Le sac est scellé, et rien ne peut en sortir ni entrer. Au début de l'expérience le sac est rempli d'air de même composition que celui de l'extérieur. Seul deux parmi les affirmations ci dessous sont exactes après 24 heures dans l'obscurité. Lesquelles ?**

- A. la quantité d'oxygène ( $O_2$ ) décroît dans le sac
- B. la quantité d'oxygène ( $O_2$ ) s'accroît dans le sac
- C. la quantité d'oxygène ( $O_2$ ) ne change pas dans le sac
- D. la quantité de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) décroît dans le sac
- E. la quantité de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) s'accroît dans le sac
- F. la quantité de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) ne change pas dans le sac



**Bonne chance!**