



éduscol

Ressources pour le lycée général et technologique

Ressources pour la classe de seconde
générale et technologique

Méthodes et pratiques scientifiques Thème science et cosmétologie - Projet « autour du cheveu »

Enseignement d'exploration

Ces documents peuvent être utilisés et modifiés librement dans le cadre des activités d'enseignement scolaire, hors exploitation commerciale.

Toute reproduction totale ou partielle à d'autres fins est soumise à une autorisation préalable du directeur général de l'Enseignement scolaire.

La violation de ces dispositions est passible des sanctions édictées à l'article L.335-2 du Code de la propriété intellectuelle.

25 août 2010
(édition provisoire)

THÈME Science et cosmétologie

Projet : « autour du cheveu »

Le **cheveu** est un élément de la pilosité humaine dont l'importance ne s'est jamais démentie à travers les civilisations. Les cheveux sont un reflet de notre personnalité. Ils sont aussi des indicateurs de notre mode de vie et de notre santé. Ils sont des témoins de notre passé. Par les informations qu'ils contiennent, ils sont utilisés pour la résolution d'énigmes judiciaires ou de détection de suspicions de maladies.

Les cheveux sont l'objet de très nombreuses attentions : on les soigne, on les entretient, on les embellit, on les transforme par des actions chimiques (coloration) et /ou mécaniques (de manière temporaire ou permanente),...

Présentation du projet aux élèves

Quelques propositions d'accroches sous la forme de vidéos accessibles :

- trois vidéos intitulées : "*La pousse du cheveu in vitro*", "*La science dans le shampooing*" et "*Virtuellement votre...*" sont disponibles sur le site du Palais de la Découverte.

<http://www.palais-decouverte.fr/index.php?id=accueil2>

- trois vidéos intitulées : "*Zoomer dans le cheveu*", "*La science dans la permanente ou le brushing*" et "*Du jamais vu !*" sont disponibles sur le site d'Universcience <http://archives.universcience.fr/>

- des vidéos intitulées

⊙ « *La mémoire du cheveu* »

⊙ « *Calvitie : pourquoi nos cheveux nous lâchent ?* »

⊙ « *Au cœur du cheveu* »

⊙ « *Le cheveu : un témoin du passé* »

⊙ « *Bien diagnostiquer sa nature* »

sont disponibles sur le site « Bonjour docteur » <http://www.bonjour-docteur.com/>

Sujets d'étude possibles

De la chevelure au cheveu		
Cheveux lisses, frisés Cheveux bruns, blonds, blancs Morphologie du cheveu	SVT + SPC	- Mesure et comparaison des teintes de cheveux (approche de la diversité) Voir annexe SVT1 - Observation du cheveu et du follicule pileux (loupe, microscope, MEB) voir annexe SVT2 - Étude expérimentale sur blanchissement du cheveu avec l'âge voir annexes SVT6 + SVT2 - Extraction et caractérisation de la kératine (expérimentation) voir annexe SVT3 + SPC1 - Synthèse de la mélanine voir annexe SVT4 + SPC2 Colorimétrie et cinétique de la synthèse de la mélanine voir annexe SVT5 + SPC3
Structure hélicoïdale d'une molécule de kératine	SVT Maths	Du cheveu à l'hélice α de la kératine voir annexe SVT3 Voir annexe maths 1
Croissance, résistance, épaisseur d'un cheveu	SPC	Mesure de l'épaisseur d'un cheveu voir annexe SPC4
génétique du cheveu	SVT	Mutations affectant les molécules du cheveu (variabilité, Albinisme, Epidermolyse bulleuse) Voir annexe SVT 7
Modification de l'aspect d'une chevelure		
A) Transformation		
1) transformation temporaire		
Cheveux secs, mouillés Entretien du cheveu	SPC	Activité expérimentale : les tensioactifs voir annexe SPC 5 parfum pour un shampooing voir annexe SPC 6
Outils (fers à friser, brosses chauffantes...)	STI	
Tresses	Maths	Voir annexe Maths 2
2) transformation permanente		
Permanente	SPC	Mise en forme du cheveu : déformation temporaire déformation permanente voir annexe SPC 7
Extensions	STI	
B) Coloration		
Principe	SPC	
Les produits cosmétiques		
A) Innocuité, efficacité		
Tests	Maths	Voir annexe maths 3
B) Conditionnement		
Formes, volumes,	Maths	
Matériaux	STI	

Annexe 1 SPC

Mesure de l'épaisseur d'un cheveu

Remarque : L'activité expérimentale proposée est de type démarche d'investigation avec une présentation sous la forme de résolution d'énigme afin de pouvoir aussi être utilisée dans le thème : *Science et investigation policière*.

Document élève :

UN VOL AU LYCEE : qui a volé les oranges ?

Un individu peu scrupuleux, après s'être introduit au laboratoire de physique du lycée, est reparti avec 2 kilogrammes d'oranges dont les élèves de 2^{nde} avaient besoin pour leurs TP de chimie. Mais le malfaiteur a perdu un cheveu sur les lieux du forfait...

La police scientifique a été dépêchée sur les lieux du délit et a déterminé l'épaisseur de ce cheveu. Verdict : $e = 90 \mu\text{m}$.

La police scientifique, demande aux lycéens de faire de leur côté la mesure de l'épaisseur d'un de leurs cheveux afin de la comparer à celle de la pièce à conviction.

Pour résoudre ce genre d'énigme, la police utilise un phénomène physique appelé diffraction ...

Votre professeur vous présente ce phénomène

Matériel mis à disposition : source laser, des fils de différentes épaisseurs connues et positionnés dans des supports de diapositives, un support de diapositive, un écran

- **Mise en évidence du phénomène de diffraction**

- Précautions de sécurité



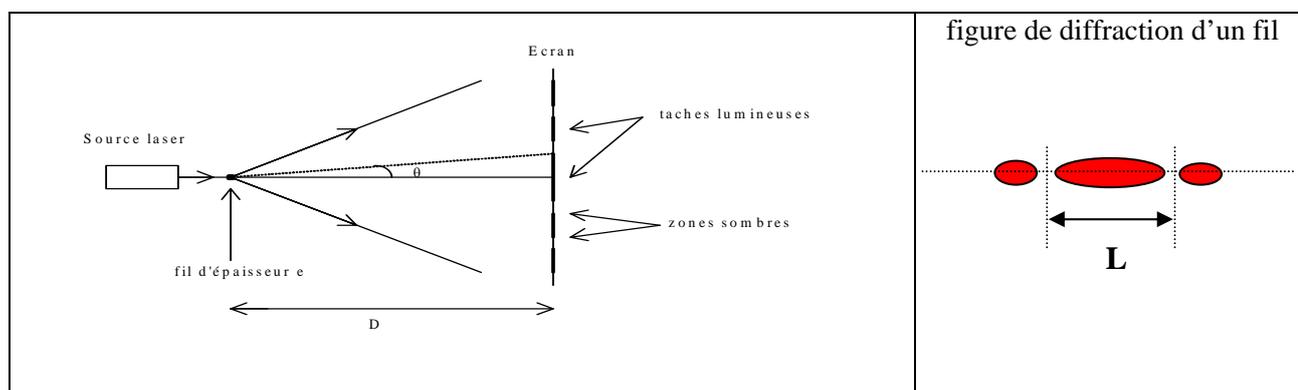
On dispose d'une source laser. Elle produit un faisceau lumineux très directif et de forte puissance lumineuse susceptible d'altérer la rétine de manière irréversible.

ATTENTION : Il ne faut jamais regarder directement le faisceau de lumière d'un laser ni placer sur son trajet des objets réfléchissants (montre, bagues...).

- On interpose le fil le plus fin, d'épaisseur e connue, sur le trajet du faisceau lumineux et on observe la figure lumineuse obtenue sur écran.

- On remplace le fil précédent par le fil d'épaisseur la plus grande sans modifier la distance D .

On observe une nouvelle figure de diffraction sur l'écran.



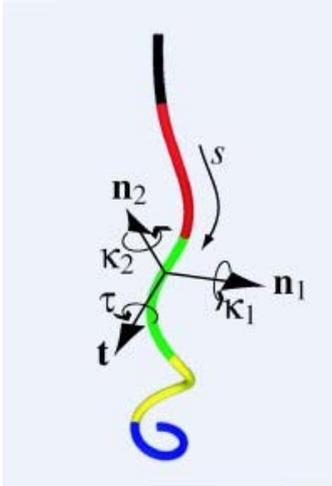
- **Innocent ou présumé coupable ?**

Votre cheveu, a-t-il l'épaisseur de celui retrouvé sur le lieu du délit ?

Rédigez le journal de bord du lieutenant de police au fur et à mesure de ses investigations en explicitant la démarche employée et les résultats obtenus

Annexe Maths 1

L'hélice circulaire



Les modèles permettant la simulation de mouvements de chevelure reposent sur l'assimilation du cheveu à la mise bout à bout de plusieurs arc d'hélices circulaires (travaux réalisés par les équipes BiPop et Évasion de l'INRIA). Au niveau microscopique, on retrouve l'hélice dans la structure moléculaire de l'ADN notamment.

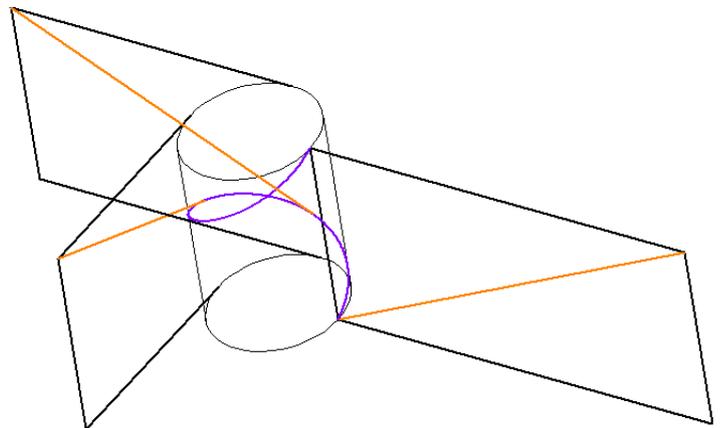
Nous nous proposons de faire le point sur les courbes mathématiques appelées hélices.

Nous commençons par une génération de l'hélice circulaire.



1. Génération de l'hélice circulaire

Considérons une feuille de papier rectangulaire sur laquelle est tracé un segment de droite. Imaginons d'enrouler cette feuille de papier sur un cylindre de révolution dont la surface latérale aurait les dimensions du rectangle. Il ne s'agit rien moins que de prolonger l'enroulement de la droite réelle sur le cercle trigonométrique. La figure ci-dessous montre trois phases de cette opération : le début, le moment où un quart de la feuille a été enroulé et le moment où la moitié de la feuille a été enroulée.



Une animation permettant de suivre le mouvement complet du rectangle est proposée sur <http://euler.ac-versailles.fr>, onglet « Rechercher une ressource », thème « Enseignements d'exploration ».

Le segment de droite (orange) tracé sur le rectangle décrit sur la surface latérale du cylindre une hélice circulaire. En référence à l'enroulement d'une droite sur le cercle de rayon 1, si on attribue au point courant du segment les coordonnées $\begin{cases} x = t \\ z = at \end{cases}$, où a est un coefficient donné (dans le cas de figure, il est

égal à $\frac{1}{2}$, c'est en tous cas un réel non nul), les coordonnées du point courant de l'hélice sont $\begin{cases} x = \cos t \\ y = \sin t \\ z = at \end{cases}$. On

peut maintenant imaginer cette courbe sur un cylindre non limité.

2. Une interprétation du pas d'une hélice

Les points d'une hélice correspondant à deux valeurs du paramètre différant de 2π se situent sur une même verticale (une génératrice du cylindre) et leur distance est $|2a\pi|$. On l'appelle le pas de l'hélice.

3. Faire un cylindre avec un parallélogramme

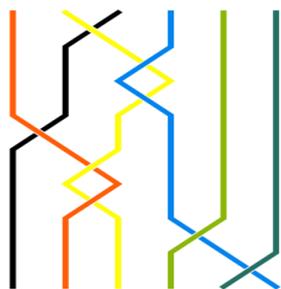
On peut naturellement enrouler un côté, de longueur $2a\pi$, d'un parallélogramme sur un cercle de rayon a . Les côtés parallèles restant se « recollent » alors selon un arc d'hélice. Cela donne un moyen simple de *rectifier* (c'est-à-dire déterminer la longueur) d'un arc d'hélice.

Annexe Maths 2

Les tresses : fabrication d'un objet mathématique

On se propose d'illustrer, à travers la question des tresses, la fabrication d'un objet mathématique à partir de quelques données concrètes. Fabriquer de la théorie figure en bonne place parmi les **méthodes et pratiques scientifiques**.

1. Premières observations, premières interrogations

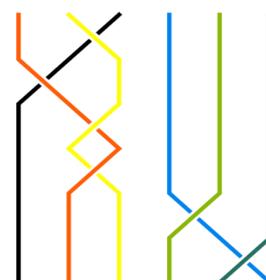


On peut voir une tresse comme un ensemble de brins qui partent alignés et régulièrement espacés puis qui descendent en interchangeant leurs places.

Il y a dans la phrase précédente des notions à éclaircir (descendent, interchangeant) et des questions dont il faudra prévoir tôt ou tard l'apparition :

- quand deux brins se croisent, l'un passe dessus l'autre, comment distinguer deux tresses ne différant que par la nature d'un croisement ?

- dans la tresse de gauche, le brin bleu – quatrième en partant de la gauche en haut – passe sur le brin jaune – deuxième en partant de la gauche en haut – deux fois. On a envie de dire que cette tresse est analogue à celle représentée à droite.

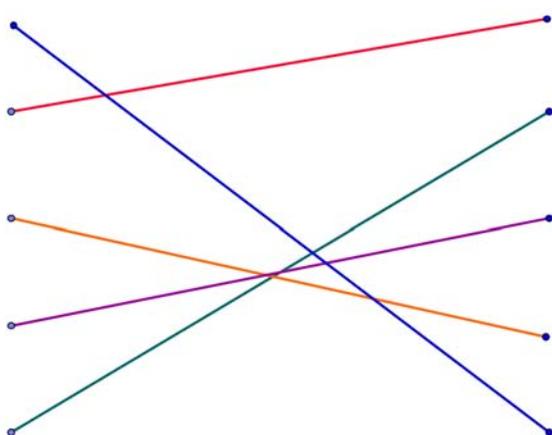


2. Qui dit courbes dit fonctions

Dans un article « Des tresses et des nœuds en mathématiques », de Thomas AUBRIOT et Emmanuel WAGNER, paru dans *L'Ouvert* n°113, les auteurs donnent, sans s'y attarder, la définition suivante :

Une tresse géométrique est la donnée de n courbes ouvertes, attachées à leurs extrémités aux points de coordonnées $(1, 1), (1, 2), \dots, (1, n)$ en haut et $(0, 1), (0, 2), \dots, (0, n)$ en bas, qui descendent toujours et telles que les seuls points d'intersection entre ces courbes ouvertes soient des points doubles tels que nous sachions quel brin passe au-dessus de l'autre.

Une première idée serait d'associer à ces courbes descendantes des courbes représentatives de fonctions, quitte à opter pour une représentation « horizontale ».



On a représenté ci-contre cinq fonctions susceptibles de répondre à nos préoccupations. Dans ce cas très simple (ce sont des fonctions affines), on a du mal à distinguer les points d'intersection. Un de ces points est peut-être commun à trois courbes et on n'a pas résolu la question du dessous/dessus. Il faudrait pouvoir préciser que, si ces fonctions sont par exemple définies sur $[0, 1]$, les images de 0 doivent être toutes distinctes et les images de 1 également.

Pour rendre la définition ci-dessus opérationnelle, il faudrait ajouter beaucoup d'hypothèses. Si on a trop d'hypothèses, on ne pourra pas fabriquer de théorèmes.

3. On se concentre sur les croisements

On retient l'idée suivante : lors d'un croisement, un brin (le n -ième en partant de la gauche) croise son voisin de droite, par au-dessus ou par en-dessous. Un tel croisement peut être noté $-n$ ou $+n$ selon qu'il passe au-dessus ou en-dessous. Imaginons une tresse élémentaire à six brins qui ne ferait apparaître qu'un croisement entre le troisième et le quatrième brin. Cette tresse peut être notée (-3) .



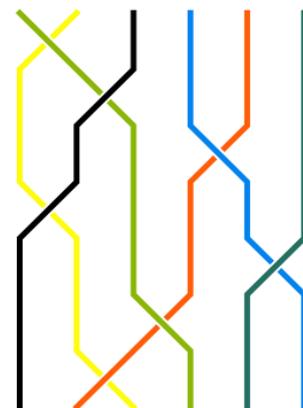
Toute tresse à six brins, comme dans notre exemple, peut être conçue comme une succession de tresses élémentaires. Elle est entièrement définie par la donnée des croisements. Par exemple, la tresse à 6 brins et à 7 croisements $(-1, 2, -4, 1, 5, -3, 2)$ est la tresse :

On remarquera que les signes « + » peuvent disparaître sans dommage.

Exemple : comment coder la natte traditionnelle à trois brins ? La mèche de gauche passe sur la lèche du milieu, puis la mèche de droite passe sur la mèche du milieu et ainsi de suite. Si on fait 10 opérations élémentaires, donc 10 croisements, la tresse obtenue est codée : $(-1, 2, -1, 2, -1, 2, -1, 2, -1, 2)$.



On remarque ici que les mèches reprennent leur position initiale après six opérations élémentaires. On pourrait dire que, pour les tresses à trois brins, la tresse $(2, -1, 2)$ est l'inverse de la tresse $(-1, 2, -1)$.



Pour poursuivre l'étude de l'opération sur l'ensemble des tresses à n brins, il sera utile d'introduire la tresse sans croisement (élément neutre) puis d'observer la symétrie existant entre une tresse et son inverse.

On peut ainsi découvrir le groupe des tresses à n brins, puis le groupe des tresses : on peut toujours ajouter des brins sans croisement à gauche d'une tresse existante.

4. Associer une tresse et une permutation

Si on ne tient pas compte des croisements, on peut associer à toute tresse à n brins une *permutation* de l'ensemble des entiers naturels $\{1, 2, 3, \dots, n\}$. Par exemple, dans la tresse à 6 brins $(-1, 2, -4, 1, 5, -3, 2)$, le brin 1 devient 4, le 4 devient 6, le 6 devient 5, le 5 devient 2, le 2 devient 3 et le 3 devient 1 : cette permutation est dite *circulaire*. Deux tresses distinctes peuvent donner la même permutation.

5. Réduire une tresse

Réduire une tresse consiste à lui associer une tresse possédant moins de croisements. Si, par exemple, dans la décomposition d'une tresse, apparaît la séquence $(\dots p, -p, \dots)$, elle peut être supprimée, un croisement annulant le précédent. D'autres mouvements sont autorisés, qui permettent de parvenir à une telle situation.

6. Travaux pratiques

Des exercices d'applications sont proposés à l'adresse : <http://euler.ac-versailles.fr> onglet « Rechercher une ressource », thème « Enseignements d'exploration »

Annexe Maths 3

Les tests d'innocuité : sécurité ou rareté des accidents ?

Les produits cosmétiques mis sur le marché à l'intérieur de la Communauté européenne ne doivent pas nuire à la santé humaine lorsqu'ils sont appliqués dans les conditions normales ou raisonnablement prévisibles d'utilisation, compte tenu notamment de la présentation du produit, de son étiquetage, des instructions éventuelles concernant son utilisation et son élimination ainsi que de toute autre indication ou information émanant du fabricant ou de son mandataire ou de tout autre responsable de la mise sur le marché communautaire de ces produits. (Art. 2 Dir. 76/768/CEE)

7. Sur quoi et sur qui les essais portent-ils ?

La réglementation prévoit un certain nombre de dispositions concernant les entreprises pour assurer les bonnes conditions de fabrication et de mise sur le marché des produits cosmétiques. Elle fournit également des listes de substances **interdites**, soumises à restriction ou autorisées dans certaines conditions.

Des tests doivent mesurer pour chaque produit :

- Un éventuel effet local, irritant (qui provoque des inflammations) ou corrosif (qui a une action destructive) par contact avec la peau ou les muqueuses ;
- Un éventuel effet sensibilisant, qui engendre une réaction allergique ou favoriser la sensibilité à certains facteurs (le soleil) ;
- Un effet systémique, c'est-à-dire résultant du passage d'un des constituants du produit dans l'organisme.

Ces tests sont pratiqués sur des volontaires humains, pour lesquels les effets des produits sont mesurés essentiellement au niveau dermatologique, mais aussi au niveau systémique.

2. La statistique à l'œuvre

Quels que soient le type ou la gravité des effets que les tests cherchent à identifier, une réalité s'impose : c'est sur une petite partie de la population (pas forcément choisie de manière aléatoire : il s'agit de volontaires) que les tests sont pratiqués avec l'ambition de fournir des résultats concernant l'ensemble de la population. On entre dans le domaine de la **statistique inférentielle**, qui pourrait être qualifiée de « **branche des mathématiques dans laquelle on étudie les rapports entre le tout et la partie** ». Voici un exemple :

Au sein d'une population de 10 hommes et 10 femmes, on choisit un échantillon de trois personnes. Il est certain que la proportion de chacun des sexes dans l'échantillon n'est pas celle qu'elle est dans la population... C'est un peu facile ! Mais on peut montrer qu'un échantillon de 2 personnes n'est constitué d'un homme et une femme qu'un peu plus d'une fois sur deux, un échantillon de 6 personnes n'est constitué de trois hommes et trois femmes qu'un peu plus d'une fois sur trois.

On peut donc montrer qu'un échantillon n'est un reflet fidèle de la population qu'avec une très faible **probabilité**. Cela ruine-t-il tout espoir de déduire de l'étude d'un échantillon le comportement d'une population ? Pas tout-à-fait.

3. Interpréter les fluctuations d'échantillonnage

Si l'exemple précédent nous convainc de la fluctuation d'échantillonnage, qu'on peut d'ailleurs constater en répétant de nombreuses fois l'expérience d'un choix aléatoire d'un échantillon de taille n donnée au sein d'une population, le calcul des probabilités permet d'attribuer une probabilité aux écarts entre l'attendu et le constaté.

La probabilité pour qu'un échantillon de 6 personnes pris parmi la population de 10 hommes et 10 femmes ne soit composé que d'hommes est inférieure à un centième. Si on effectue un tirage de 6 personnes dans une population de 20 et si ce tirage fournit un échantillon homogène de 6 hommes, il est peu probable que la population soit équitablement partagée. Rien n'est certain, donc, mais des tirages répétés peuvent nous conduire à donner une probabilité p pour que la proportion d'hommes et de femmes dans la population se situe dans un **intervalle de confiance**.

4. Retour aux tests d'innocuité

Deux niveaux de conclusions peuvent sanctionner les essais de produits cosmétiques :

- On a constaté, même en petite proportion, des effets indésirables jugés assez inquiétants pour qu'on n'envisage pas du tout la mise sur le marché du produit ;
- On a jugé que quelques effets constatés étaient à la fois assez rares et assez bénins pour tenter la mise sur le marché, assortie d'un avertissement au consommateur.

Finalement, le fabricant se fixe un **seuil de risque** qu'il est prêt à assumer en mettant le produit sur le marché. Ce risque peut et doit être très faible, mais ne peut être nul, puisque les observations menées sur des échantillons ne peuvent conduire qu'à la détermination d'intervalles de confiance.

Un site de référence :

Le CNRS :

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doschim/decouv/cheveux/index.html>

Tout sur le cheveu

L'Oréal :

<http://www.loreal.com/fr/>

La rubrique « Recherche » propose dans les grands thèmes, une sélection de pages sur le cheveu, la coloration, etc. La rubrique d'actualité de la recherche dans le domaine est à consulter également.

ANNEXE SVT1 : DIVERSITÉ DE COULEUR DES CHEVELURES

La couleur d'une chevelure est une notion subtile dont la description est subjective. On propose d'effectuer une description quantitative du phénotype « couleur des cheveux »

Le principe consiste à :

- acquérir l'image d'une mèche de cheveux placée entre 2 feuilles de transparent pour rétroprojection à partir d'un logiciel d'image
- analyser l'image à l'aide de l'outil Histogramme (utiliser un logiciel d'images possédant cette fonction ou une fonction équivalente)
- comparer les résultats obtenus et constituer une gamme de couleur
- on pourra comparer cette gamme de couleur « naturelles » à celle d'un coloriste (coiffeur) ou des produits de coloration vendu en magasin.

Exemple de résultat obtenu avec une version commercialisée (Paint Shop Pro 7)

- Lancer Paint Shop Pro
- Menu Fichier/Importer/TWAIN/Acquerir
- Sélectionner l'outil Histogramme 

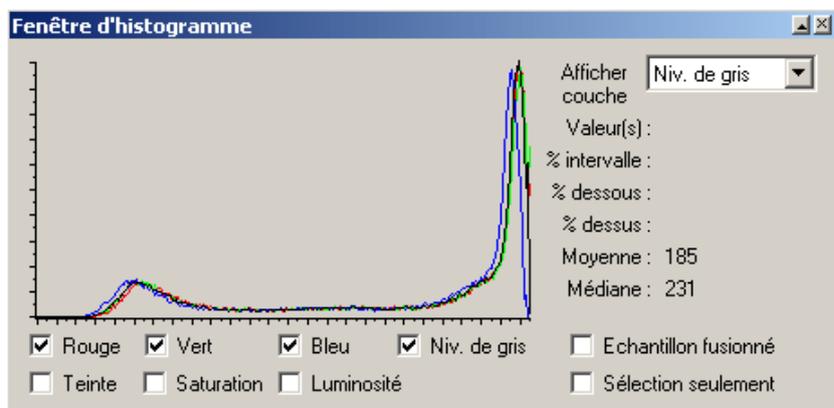


Un histogramme est un graphique indiquant la distribution des valeurs RVB (rouge, vert, bleu), de teinte, de saturation et/ou de luminosité dans une image. L'axe horizontal représente les valeurs de luminosité de l'image en allant du noir au blanc (de 0 à 255). L'axe vertical indique le nombre de pixels pour chacune des valeurs à chaque point. Pour un endroit comportant un grand nombre de pixels d'une même valeur, la ligne correspondante forme une pointe ; pour un endroit avec peu de pixels, la ligne correspondante touche le bas du graphique. Dans les images sombres, la plupart des pixels sont groupés dans la partie gauche. Si une image est trop claire, les pixels sont groupés dans la partie droite.

Sélectionner uniquement les cases Rouge, Vert, Bleu et Niveaux de gris.

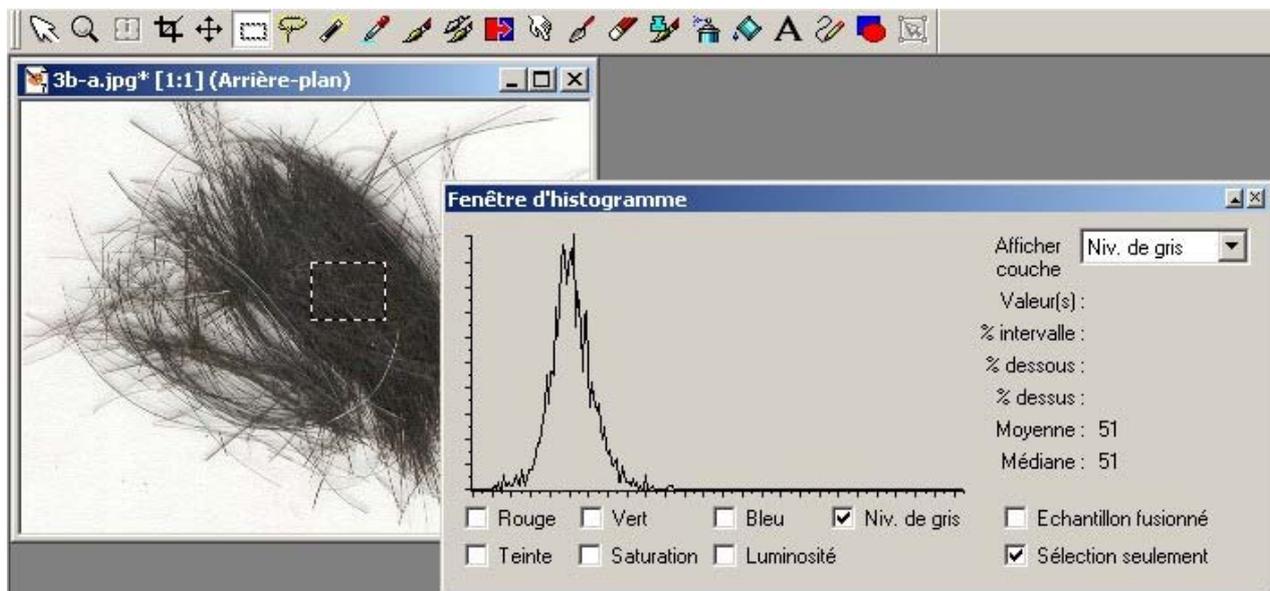
L'histogramme présente deux "pics" :

- Le pic de droite correspond aux pixels du fond blanchâtre de l'image
- Le pic de gauche correspond aux cheveux.



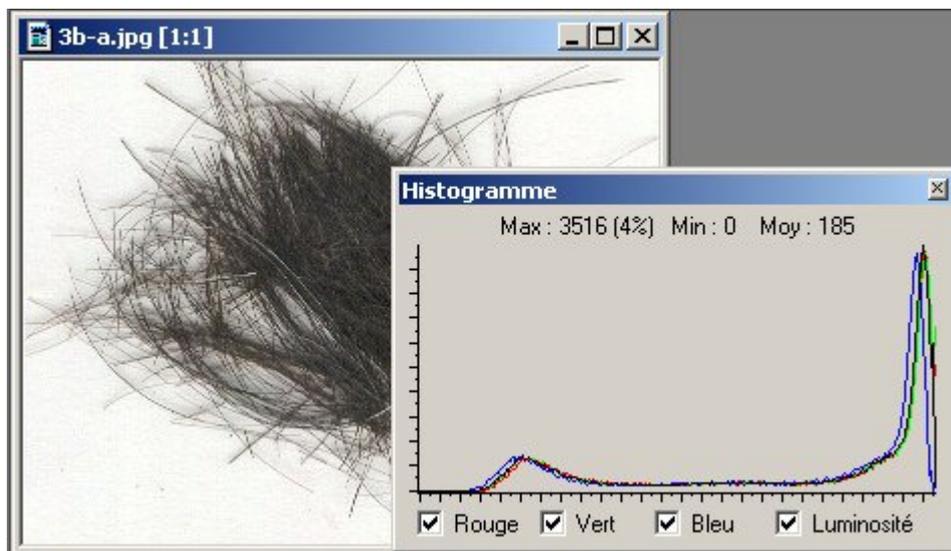
Selon la couleur des cheveux, les courbes seront ou non plus ou moins superposées. Si on affiche seulement les niveaux de gris, chaque pixel possède une valeur attribuée en fonction de sa luminosité. (Glisser la souris au sommet du pic : une valeur s'affiche (comprise entre 0 et 255) caractérisant la couleur des cheveux). On peut choisir soit de noter les 3 valeurs dans le rouge, le vert et le bleu, soit de ne noter que la valeur en niveau de gris.

Il est possible de faire un travail plus précis en utilisant l'outil Sélection  qui permet de ne travailler que sur une zone homogène de l'image. Dans ce cas, cocher sur la fenêtre d'histogramme la case "Sélection seulement".



Avec une version gratuite (ex : Paint Shop Pro 4) ou une autre version équivalente :

Le principe est le même. Il n'est pas possible d'afficher directement l'histogramme d'une sélection, mais on peut toujours créer une nouvelle image en sélectionnant une zone homogène...



ANNEXE SVT2 : LE CHEVEU AUX DIFFÉRENTES ÉCHELLES D'OBSERVATION.

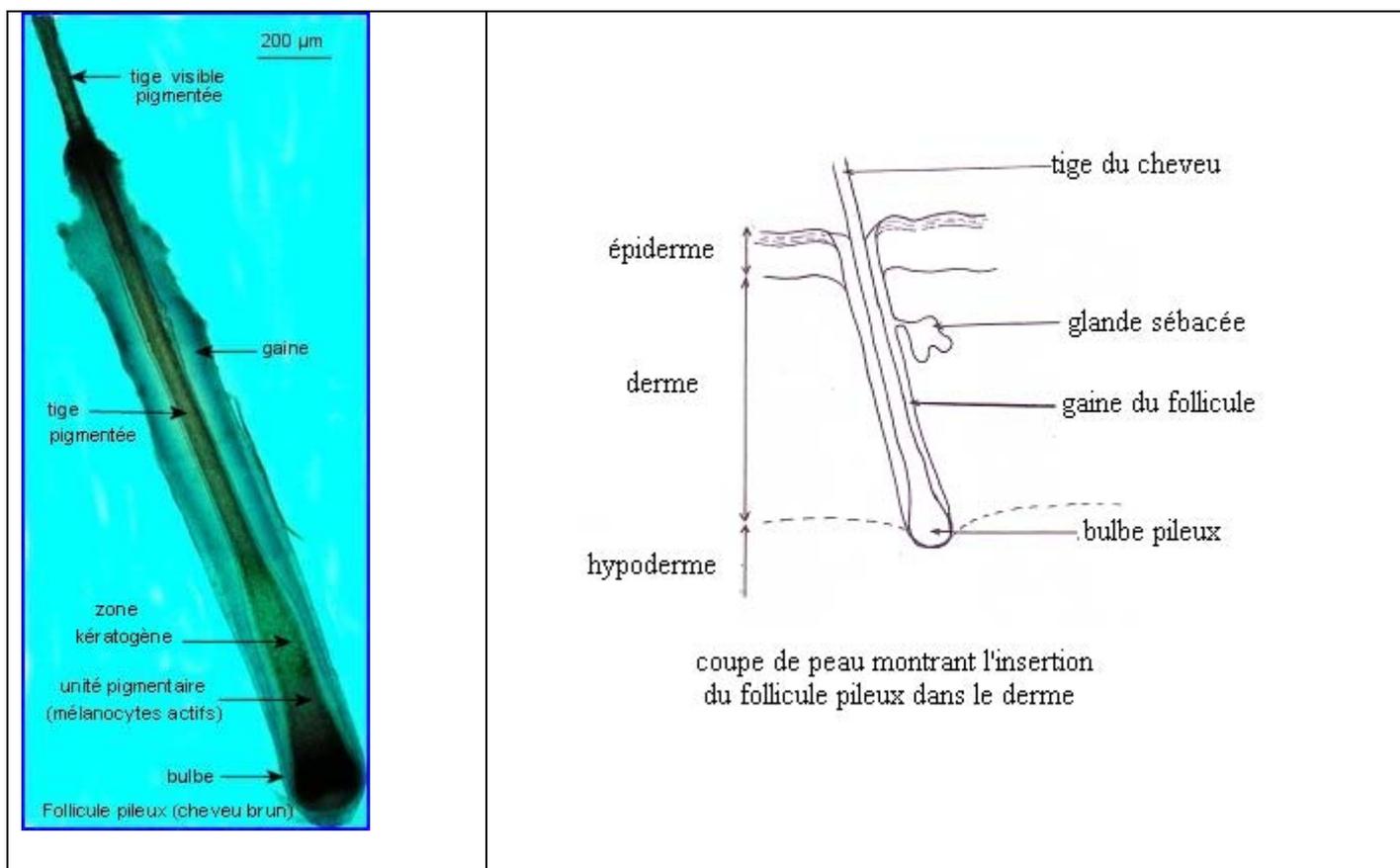
Type d'activité : Observation

remerciements à JJ. Auclair (Références et photos : site de JJ.Auclair - cheveu blanc)

Un cheveu est une production de la peau caractéristique des mammifères. Il est formé par un **follicule pileux** qui est une structure épidermique enchâssée dans le derme. Un follicule pileux comprend à sa base un bulbe directement en contact avec une papille dermique richement vascularisée. C'est dans le bulbe que se forment les cellules épithéliales qui donneront les **kératinocytes** formant le cheveu. Ces cellules fabriquent des protéines fibreuses, appelées kératines, qui sont le principal constituant de la tige du poil. Le bulbe contient aussi des **mélanocytes** qui fabriquent des pigments (eumélanine noire ou phémélanine jaune orangée) contenues dans des vésicules appelées mélanosomes. La coloration des poils et des cheveux est due à l'incorporation de mélanosomes aux kératinocytes en cours de formation. La couleur du cheveu s'explique à la fois par la quantité de mélanosomes présents et par la qualité du pigment qu'ils contiennent.

Structure du follicule pileux

Préparation et observation : Prélever à la pince un cheveu brun (coloration naturelle) en vérifiant que le bulbe est présent. L'observer au microscope, repérer le follicule, le bulbe, la tige, les gaines épithéliales.



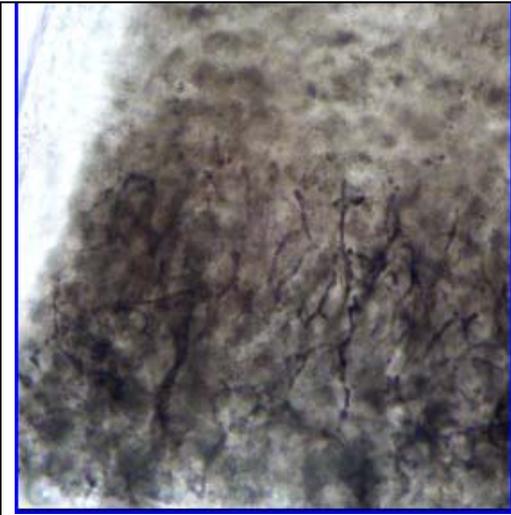
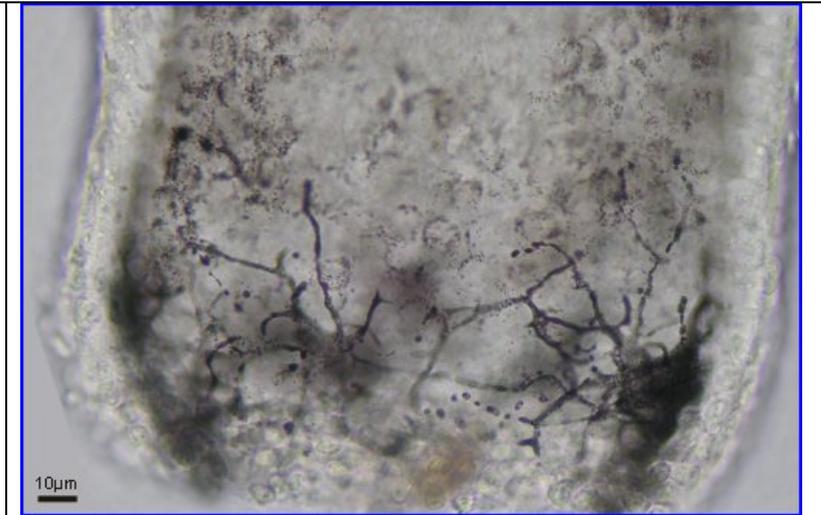
Les mélanocytes synthétisent puis exportent les mélanines

Localiser l'unité de pigmentation (où se trouvent les mélanocytes actifs) située dans le bulbe juste au dessus de la papille dermique, en général non repérable sur un cheveu prélevé. Rechercher ensuite la mélanine, d'abord dans le follicule pileux, dans les mélanocytes qui la synthétisent et juste au dessus dans des kératinocytes puis dans la tige qui émerge du follicule.

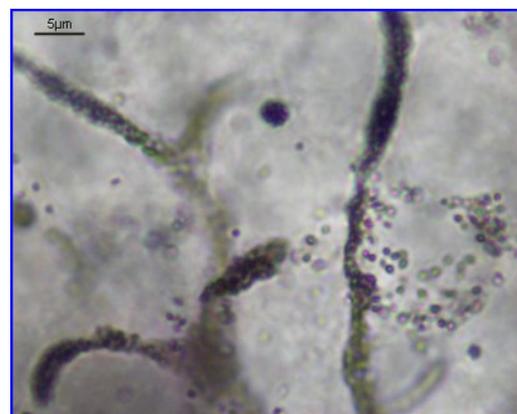
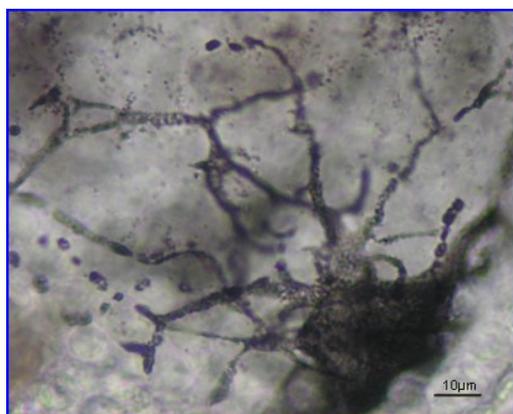
En procédant de la même façon avec un cheveu gris on peut comparer les deux types de cheveu.

Montrer que les observations suggèrent une relation entre mélanine et pigmentation capillaire.

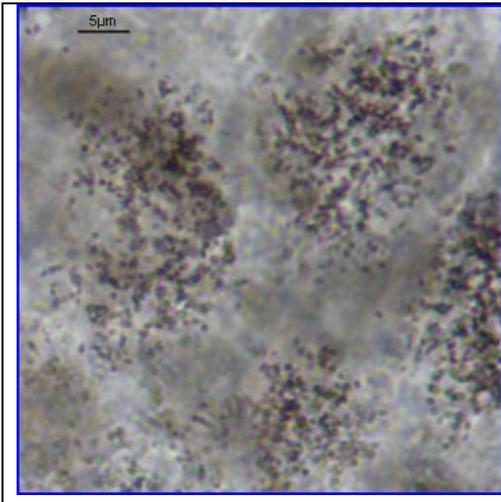
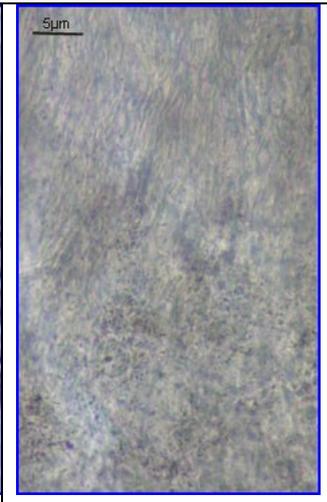
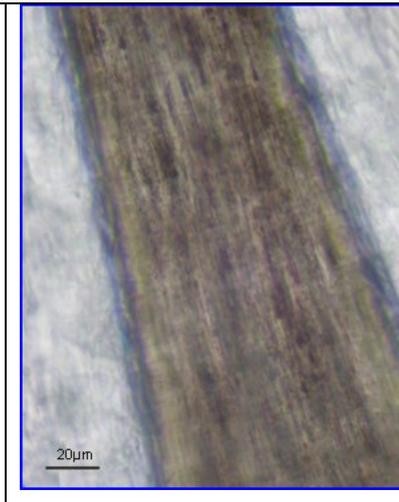
- Dans le follicule pileux d'un cheveu en croissance, à la partie supérieure du bulbe, l'unité pigmentaire comprend des cellules fortement colorées (très foncées) présentant des prolongements (dendrites). Au dessus, se trouve une zone avec des cellules (kératinocytes) moins fortement colorées.

	
<p>Partie supérieure du bulbe ou unité pigmentaire, montrant des cellules pigmentées (mélanocytes) surmontées par des kératinocytes non pigmentés.</p>	<p>Quelques mélanocytes chargés de mélanine bien visibles dans l'unité pigmentaire. Les prolongements des mélanocytes (dendrites) se faufilent entre les kératinocytes qui contiennent des petits granules de pigments.</p>
<p>Observation au microscope optique avec un objectif à immersion. (grossissement 1000)</p>	

- Chacune des images ci-dessous correspond à une partie grossie du mélanocyte de la photo ci-dessus. A gauche, il s'agit d'un mélanocyte et à droite, de portions de dendrites d'un autre mélanocyte dans une zone de "contact" avec des kératinocytes. Dans le corps cellulaire et dans les dendrites des mélanocytes, la mélanine est sous forme de granulations. A proximité d'un prolongement cytoplasmique de mélanocyte (image de gauche), des granulations sont regroupées, probablement dans un kératinocyte.



- Coloration des kératinocytes

		
<p>Un peu au dessus de l'unité pigmentaire, les kératinocytes (qui synthétisent activement la kératine) sont chargés de granulations de mélanine.</p>	<p>Plus haut, toujours dans le follicule pileux, la tige prend un aspect fibreux</p>	<p>Juste avant son émergence, la tige du cheveu, colorée par les mélanines, présente sa structure fibreuse caractéristique. Ici, mise au point sur le cortex</p>

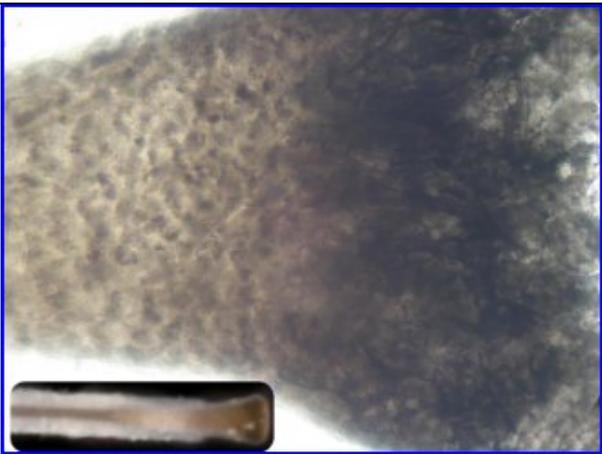
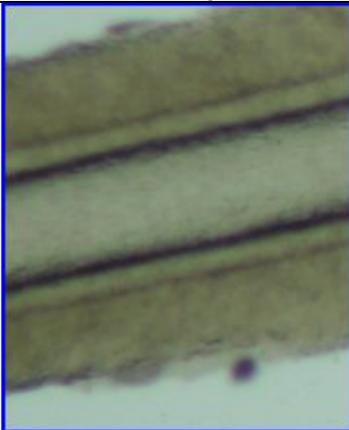
Complément :

La synthèse de mélanine a lieu dans les mélanocytes. Deux types de mélanines sont produits dans de petites vésicules, les mélanosomes (origine golgienne), les eumélanines noires et les phaeomélanines de couleur rouge-orangée. Les mélanosomes (organites apparentés aux lysosomes) sont acheminés dans les dendrites puis transférés aux kératinocytes qui les capturent. Les kératinocytes, cellules qui produisent abondamment la kératine (protéine de structure), accumulent les mélanines. La proportion eumélanines / phaeomélanines varie suivant les individus (déterminisme génétique).

Pendant la phase de croissance du cheveu, une intense activité mitotique dans le bulbe entraîne la mise en place de kératinocytes qui synthétisent la kératine (protéine) en grande quantité et captent des mélanosomes fournis par les mélanocytes actifs. Les kératinocytes sont poussés vers le haut du follicule (par les cellules plus jeunes) et s'allongent puis meurent pour former la tige du cheveu. Le cortex de la tige comprend donc des cellules mortes remplies de protofibrilles de kératine, de résidus lipidiques, (restes des membranes plasmiques), l'ensemble formant un édifice moléculaire allongé, qui intègre des mélanosomes. En périphérie, des cellules aplaties forment la cuticule du cheveu.

Le cheveu gris est caractérisé par l'absence de mélanines

Au microscope l'observation comparée de deux cheveux (brun et gris) est possible et peut faire l'objet de la construction d'un tableau comparatif. :

	
Unité pigmentaire avec mélanocytes actifs Cheveu brun	Unité pigmentaire absente Pas de mélanocytes* actifs Cheveu gris
	
Tige pileaire pigmentée par les mélanines	Tige pileaire non pigmentée Absence de mélanines

Résultat :

	cheveu brun	cheveu gris
tige cheveu	avec mélanines	sans mélanines
mélanocytes	actifs grains de mélanines	non repérables
kératinocytes	avec mélanines	sans mélanines

Le phénotype "cheveu brun" dépend (pas seulement) de l'aptitude des mélanocytes du follicule pileux à synthétiser les mélanines. Son évolution avec l'âge vers une absence de pigmentation est à mettre en relation avec l'arrêt de la synthèse des mélanines.

*Récemment il a été établi qu'il subsiste des mélanocytes incapables de produire des mélanines dans le follicule pileux du cheveu gris alors qu'on pensait qu'ils disparaissaient tous par apoptose.

ANNEXE SVT6: RELATION ENTRE BLANCHISSEMENT DU CHEVEU AVEC L'ÂGE ET MODIFICATION POST-TRADUCTIONNELLE DE LA STRUCTURE DE LA TYROSINASE

Type d'activité : Observation – Base de données-Logiciel de visualisation

Voir Fiche SVT2 – remerciements à JJ. Auclair et à JM. Plais.

L'exemple de la tyrosinase est souvent proposé aux élèves pour qu'ils établissent, dans le cadre de l'albinisme, une relation entre génotype, protéine et phénotype. Ici, la problématique est différente car l'étude concerne un phénotype qui évolue avec l'âge.

Un article publié récemment dans FASEB propose un modèle explicatif permettant de rendre compte du blanchissement des cheveux par une modification de la structure de la tyrosinase synthétisée par les mélanocytes du follicule pileux. A l'origine de cette modification structurale post-traductionnelle, il y aurait un changement de l'environnement moléculaire au niveau de l'unité de pigmentation du follicule pileux.

Une approche guidée de la compréhension du modèle est proposée aux élèves :

Le modèle qui sert de référence (fichier 2zmx.pdb déposé par Y. Matoba et al.) correspond à une tyrosinase de l'actinobactérie Steptomyces castaneoglobisporus. Les élèves peuvent le charger et l'utiliser avec Molusc, Rasmol, Rastop... ou bien l'exploiter en ligne en passant par Protein Data Bank.

Etablir, à l'aide du modèle moléculaire, que Met374 peut intervenir, comme précisé ci-dessus, dans la configuration du site actif de la tyrosinase humaine.

Expliquer comment les remplacements de S380 par P ou de V393 par F peuvent être à l'origine de formes d'albinisme.

Tableau synthétique

on peut demander d'élaborer en synthèse un tableau comparatif, (niveaux moléculaire, cellulaire et macroscopique) pour montrer comment le phénotype "pigmentation du cheveu " évolue avec l'âge.

Résultats attendus

Conditions (cheveu en croissance)	Niveau moléculaire	Niveau cellulaire	Niveau macroscopique
Personne jeune -pas de stress oxydant -peu H ₂ O ₂ , détruit -catalase et méthionine sulfoxydes réductases actives	Tyrosinase active -Met374 non oxydée, bonne conformation du site actif -synthèse de mélanines	Mélanocytes actifs -synthèse de tyrosinase au niveau du REG, passage dans le Golgi d'où sont issus les mélanosomes, lieux de synthèse des mélanines -nombreux granules de mélanines, aspect très foncés -transfert des mélanosomes aux kératinocytes Kératinocytes actifs -synthèse de kératines, associées aux mélanines -constitution de la tige du cheveu (après leur mort)	Cheveu coloré dans son ensemble par les mélanines
Personne plus âgée -stress oxydant -plus H ₂ O ₂ , peu détruit -catalase et méthionine sulfoxydes réductases peu actives	Tyrosinase inactive -Met374 oxydée -site actif affecté -pas de synthèse de mélanines	Pas de mélanocytes actifs -très difficiles à repérer -pas de mélanines -aspect clair Kératinocytes actifs -synthèse de kératines -pas de mélanines -aspect clair	Cheveu "blanc"

PROPOSITION DE MISE EN ŒUVRE AVEC LES ÉLÈVES :

Données présentant le modèle proposé par JM WOOD et al. dans le journal FASEB, le 23 février 2009)

*Le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 * est produit par le métabolisme cellulaire en très petite quantité dans toutes les parties du corps, donc dans le follicule pileux. Avec l'âge, la quantité de H_2O_2 a tendance à augmenter car il n'est plus dégradé en O_2 et H_2O aussi rapidement. C'est un aspect du stress oxydant. JM Wood et al. ont montré que la catalase, enzyme qui catalyse cette réaction est présente à des concentrations plus basses quand l'âge avance. Dans ces conditions, H_2O_2 peut alors modifier la structure de la tyrosinase notamment en oxydant les résidus Met*. Les enzymes A* et B* qui sont normalement capables de réparer les dommages causés par le peroxyde d'hydrogène sont également à un niveau très bas. La production d'une tyrosinase inefficace entraîne l'arrêt de la synthèse des mélanines dans les mélanocytes du bulbe pileux.*

* H_2O_2 : la chaîne respiratoire mitochondriale est une source de peroxyde d'hydrogène car elle produit l'anion superoxyde O_2^- transformé en H_2O_2 qui peut être converti en OH^\cdot , radical libre très réactif, à très fort pouvoir oxydant.

*Met : résidu acide aminé facilement oxydé en présence de H_2O_2 , donnant Met S=O (Met sulfoxyde).

*Enzymes A et B: méthionine sulfoxyde réductases, enzymes qui participent normalement à la réparation des dommages causés par H_2O_2 sur les protéines, en réduisant les Met S=O. Ces enzymes qui font partie du système anti-oxydant sont elles-mêmes désactivées par un taux élevé de H_2O_2

QUESTION : Quelle est l'enzyme clé indispensable à la synthèse des mélanines, pigments responsables de la coloration des cheveux?

Données préalables :

Les mélanines sont responsables du phénotype "couleur du cheveu" (voir fiche : LE CHEVEU AUX DIFFÉRENTES ÉCHELLES D'OBSERVATION).

La synthèse in vitro de mélanines met en évidence une intervention enzymatique (voir fiche : SYNTHÈSES DE MELANINE IN VITRO)

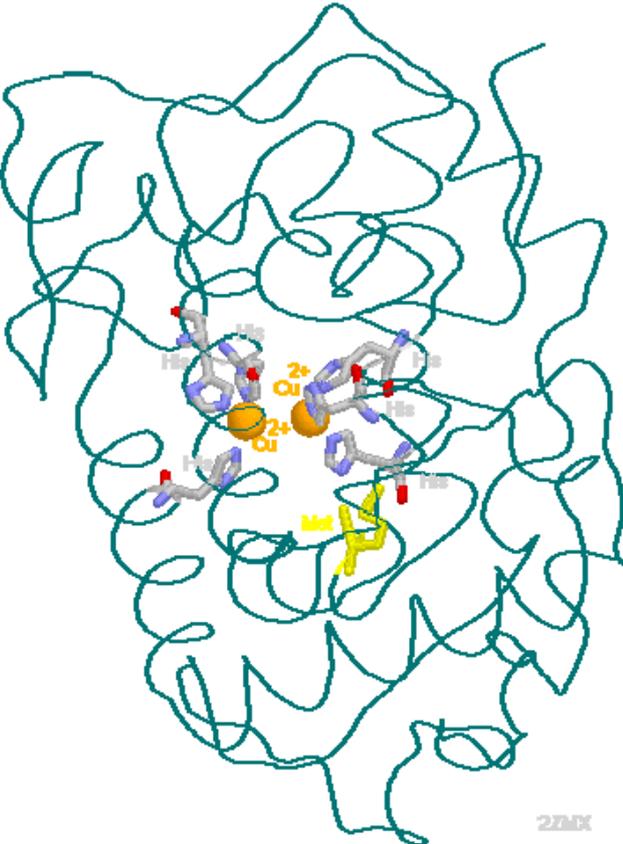
Nouvelles données

1°/ D'après JM Wood et al. (février 2009), H_2O_2 , à concentration relativement élevée, peut, dans le follicule pileux, oxyder les résidus Met des protéines, en particulier Met374, un des résidus ac.aminés du site actif de la tyrosinase synthétisée par les mélanocytes.

2°/ Schweikardt et al. (Pigment Cell Research, Octobre 2007) ont récemment modélisé le site actif d'une tyrosinase de souris. Aucun modèle 3D de tyrosinase de mammifère n'étant disponible, ils ont procédé par homologie*, en utilisant des structures de tyrosinases d'autres groupes établies par diffraction de RX. Le site actif de l'enzyme comprend un centre constitué par 2 Cu^{2+} , chacun établissant des liaisons (hydrogène) avec 3 résidus His. Ce centre intervient notamment pour activer le dioxygène.

Les auteurs de l'étude indiquent que le remplacement de Met374 par G374 suite à une mutation, perturbe l'organisation du site actif en affectant l'orientation de His367. Ils précisent également que leur modèle rend bien compte de certains phénotypes de l'albinisme oculo-cutané, l'un, de type IB observé chez certains variants naturels en relation avec une tyrosinase très peu active dans laquelle S380 est remplacé par P380 (mutation dans le gène TYR sur le chromosome 11), un autre de type IA dans lequel il n'y a aucune synthèse de mélanine (mutation V393F).

*Homologie : la notion de protéines homologues n'est abordée qu'en TS. On peut faire comprendre aux élèves de 1èreS, que certains ac.aminés, en particulier au niveau du site actif (donc ici au voisinage des 2 Cu^{2+}) sont conservés dans les molécules d'une enzyme rencontrées dans différentes espèces et que par alignement, on peut les retrouver.

	<p>La tyrosinase est l'enzyme clé de la mélanogénèse responsable de la pigmentation du cheveu et d'après certaines recherches récentes, une modification de la configuration de son site actif en présence de H₂O₂ en excès, serait une cause du blanchissement des cheveux. Pour vérifier les arguments moléculaires qui étayent cette étude, on ne peut utiliser que les modèles moléculaires disponibles, en l'occurrence ici celui (2zmx) d'une tyrosinase bactérienne (<i>Streptomyces castaneoglobisporus</i>). Cette bactérie produit une mélanine.</p> <p>La tyrosinase a été cristallisée, associée à une protéine dite "caddie" qui semble intervenir dans le transport du Cu vers le fond du site actif de l'enzyme. En place, cette protéine empêche la formation du complexe tyrosinase-tyrosine. Il faut, dans un premier temps, identifier les résidus His liés aux 2 Cu²⁺ dans la tyrosinase bactérienne puis établir les homologies correspondant aux acides aminés d'intérêt, ce qui peut être fait en ligne (site Uniprot) par alignement sous Clustalw. Il faut choisir les bonnes séquences à aligner.</p> <p>Dans un deuxième temps, la manipulation raisonnée du modèle doit permettre de bien visualiser le site actif de la tyrosinase avec le centre Cu, les His connectés. mais aussi le résidu Met cible de l'oxydation et ceux dont le remplacement est à l'origine des formes d'albinisme citées précédemment</p>
--	--

1- Exploitation du modèle moléculaire : identification des résidus His liés aux 2 Cu²⁺ dans la tyrosinase bactérienne

Chaque Cu²⁺ est coordonné par 3 résidus His qui peuvent être directement visualisés et identifiés dans RSCB Ligand Explorer en activant « *metal interaction* »

Réponse attendue : His38, His54, His63 pour l'un des Cu²⁺ et His190, His190, His194 pour l'autre.

2- Etablissement des homologies par alignement des séquences de la tyrosinase

Les comparaisons par alignement des séquences de tyrosinase de souris, d'homme et de streptomyces peuvent se faire avec des logiciels tels que Anagène ou Clustaw. Elles montrent une homologie entre les molécules.

ClustalW results <http://services.uniprot.org/clustalw/clustalw2-20090620-171333897>

```

THYRO_HOMME MLAVLYCLLWSFQTSAGHFPRACVSSKNLMEKECCPPWSGDRSPCGQLSGRGSCQNILL 60
THYRO_SOURIS MF LAVLYCLLWSFQISDGHFPRACASSKNLLAKECCPPWMDGSPCGQLSGRGSCQDILL 60
THYRO_STREPT ----- 0

SNAPLGPQFPFTGVDDRESWPSVFNRTQCQCSGNFMGFNCGNCKFGFWGPNCTERRLLVR 120
SSAPSGPQFPFKGVDDRESWPSVFNRTQCQCSGNFMGFNCGNCKFGFWGPNCTEKRVLIR 120
-----MTRV 4
: : *
: : *

RNIFDLSAPEKDKFFAYLTLAKHTISSDYVIPIGTYGQMKNGSTPMFNDINIYDLFVWMH 180
RNIFDLSVSEKNKFFSYLTLAKHTISSVYVIPTGTYGQMNGSTPMFNDINIYDLFVWMH 180
KNQATLTADKRRFVAAVLELKRSGR-----YDEFVRTH 38
* * : * * * : * * : * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
YYVMDALLGGSEIWRDIDFAHEAPFLPWHRLFLLRWEQEIQLTGDENFTI PYWDWR- 239
YYVSRDILLGGSEIWRDIDFAHEAPGFLPWHRLFLLRWEQEIRELTDENFTV PYWDWR- 239
NEFIMSDTDSGE-----RTGHRSEFLPWHRRFLDFEQALQSVDS--SVTL PYWDWISA 90
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
-DAEKCDICTDEYMG--GQHPTNPNLLSPASFFSSWQIVCSRLEEYNNSHQSLCNGTPEGP 296
-DAENCDICTDEYLG--GRHPENPNLLSPASFFSSWQIICSRSEEYNNSHQVLCNGTPEGP 296
DRTVRASLWAPDFLGGTGRSTDGRVMDGPFAAFTGNWPIVNRVDSR-----TY 138
: : : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : *
LRRNPNGHDKSRTPRLPSSADVEFCLSLTQYESGSMDKAANFSFRNTLEGFASPLTGIAD 356
LRRNPNGHDKAKTPRLPSSADVEFCLSLTQYESGSMDRTANFSFRNTLEGFASPLTGIAD 356
LRRSLG----GSVAELPTRAEVESVLAISAYDLPPYN-SASEGFRNHLEGWRG----- 186
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
ASQSSMHNALHIYMNGTMSQVQGSANDEIFLLHAFVDSIFEQWLRHRPLQEVY PEANA 416
PSQSSMHNALHIFMNGTMSQVQGSANDEIFLLHAFVDSIFEQWLRHRPLLEVY PEANA 416
---VNLHNRVHVWVGGQMATGVS-PNDEVFWLHHAYVDKLWAEWQRRH-PDSAYVPTGGT 241
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
PIGHNRRESYVVFIFLYRNGDFFISSKDLGYDYSYLQDSDPDSFQDYIKSYLEQASRIWS 476
PIGHNRDSYVVFIFLYRNGDFFITSKDLGYDYSYLQESDDEPGFYRNYIEPYLEQASRIWP 476
PDVVDLNETMKPWN-TVRPADLLDHTAYYTFDA----- 273
* : : * * * : * * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : * : *
WLLGAAMVGAVLTALLAGLVSLCRHKRK---QLPEEKQPLLMEKEDYHS-LYQSHL 529
WLLGAALVGAVIAAALSGLSSRLCLQKKKKKKKQPQEEERQPLLMDKDDYHSLLYQSHL 533
----- 274

```

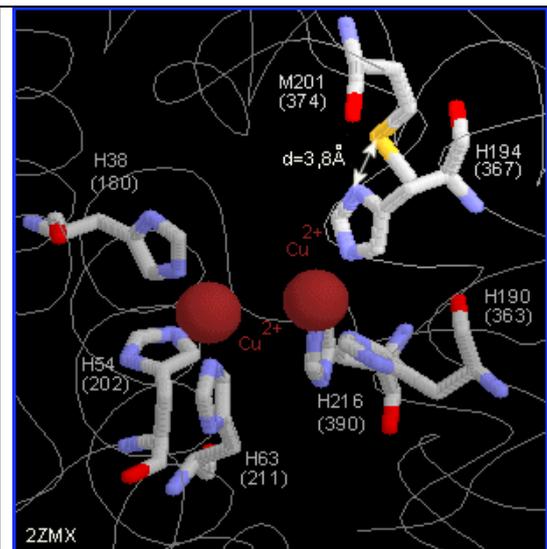
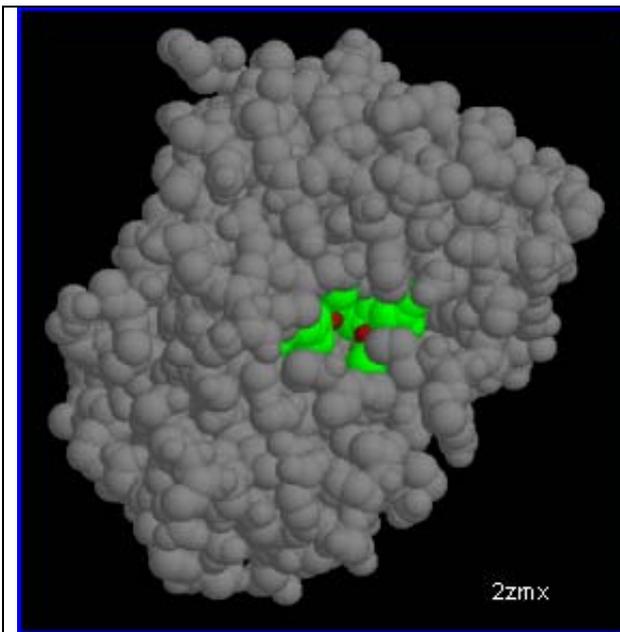
Les molécules de tyrosinase de la souris et de l'homme présentent une très forte homologie. Il faut remarquer que les résidus acides aminés qui nous intéressent sont présents aussi bien dans la tyrosinase bactérienne que dans celles des mammifères, homme et souris, ils sont conservés. Ils doivent être déterminants dans l'acquisition de la configuration spatiale qui permet à l'enzyme d'assurer sa fonction.

Blanchissement du cheveu

Tyrosinase	Résidus ac.aminés d'intérêt						
homme	His180	His202	His211	His363	His367	His390	Met374
souris	His180	His202	His211	His363	His367	His390	Met374
streptomyces c.	His38	His54	His63	His190	His194	His216	Met201

Complément (éventuel): albinisme

Tyrosinase	Résidus ac.aminés d'intérêt	
homme	Ser380	Val393
souris	Ser380	Val393
streptomyces c.	Ser206	Val219



Pour situer le site actif, on visualise d'une part les 2 Cu^{2+} qui participent au mécanisme réactionnel en activant le dioxygène, ce qui permet l'oxydation du substrat tyrosine et d'autre part les résidus His qui sont liés aux deux ions métalliques. Le site forme une poche dans laquelle le substrat à oxyder doit venir se positionner. Les 2 Cu^{2+} sont au fond de la cavité.

On sait que H194 (367) est lié à un Cu^{2+} , on voit ici qu'il participe également à la configuration spatiale du site actif .

Le modèle semble confirmer la proximité spatiale de H194 (367) et M201 (374)

L'approche indirecte, par homologie, de la configuration du site actif de la tyrosinase humaine suggère fortement que M374, S380 et V393 sont impliqués dans la détermination de la géométrie du site actif de l'enzyme.

ANNEXE SVT3 SPC1 :

EXTRACTION, CARACTÉRISATION ET VARIABILITÉ DE LA KÉRATINE.

DÉFINITIONS :

Le groupe des kératines est constitué de plus de 30 protéines représentées par deux classes de protéines :

- kératines épithéliales, ou alpha kératines molles (épiderme et épithélium de nombreux organes)
- kératines de cheveux, ou alpha-kératines dures (cheveux et ongles)

Dans la classe des kératines "dure", on distingue deux familles :

Type I : kératines acides de masse molaire comprise entre 40 et 48 kD. Elles contiennent en moyenne 2,9 % de cystéine. Les gènes correspondant aux kératines de type I sont sur 17q12-q21.

Type II : kératines basiques ou neutres de masse molaire comprise entre 58 et 65 kD. Elles contiennent en moyenne 7,6 % de cystéine. Les gènes correspondant aux kératines de type II sont sur 12q12-q13.

Des études récentes semblent montrer une variabilité assez grande des kératines du cheveu sans changements évidents du phénotype.

Les kératines appartiennent aux groupes de protéines correspondant aux filaments intermédiaires impliqués dans la constitution du cytosquelette et de l'enveloppe nucléaire. On distingue :

- Type I : Cytokératines acides
- Type II : Cytokératines basiques
- Type III : Vimentine, desmine, périphérine, plasticine...
- Type IV : Neurofilament H, L et M, nestine...
- Type V : Lamines nucléaires

Les filaments intermédiaires ont une structure commune :

- Domaine N-terminal variable
- Domaine central = alpha-hélice interrompue par 3 domaines non hélicoïdaux
- Domaine C-terminal de longueur très variable selon les molécules

Les filaments intermédiaires ont un diamètre d'environ 10 nm.

LES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES KÉRATINES PEUVENT ÊTRE MISES EN ÉVIDENCE :

EXTRACTION DE LA KÉRATINE :

Placer une mèche de cheveux dans une solution de soude.
Les cheveux sont "attaqués" progressivement.
Après quelques heures, on observe un dépôt blanchâtre (kératine) surmonté d'un liquide de couleur variable (selon les mélanines présentes dans les cheveux).
Si on prolonge l'action de la soude, la dénaturation des kératines se poursuit et elles ne sont plus visibles.

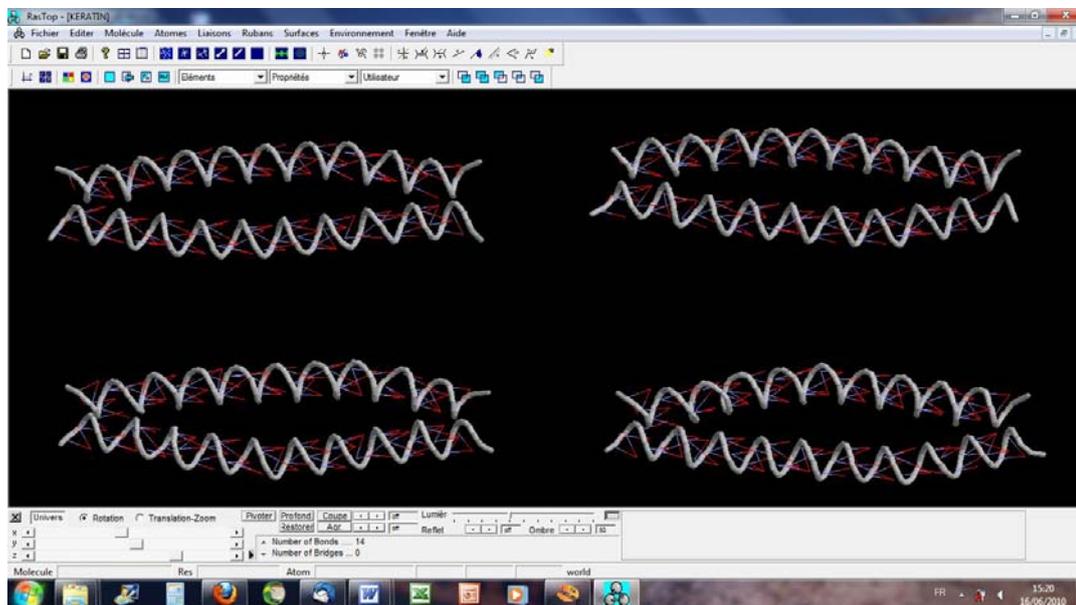


<p>NATURE PROTÉIQUE DE LA KÉRATINE</p> <p>(Faire une réaction du biuret).</p> <p><u>Protocole :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Placer une mèche de cheveux dans une solution de soude. • Après quelques heures, les cheveux sédimentent (début d'attaque des kératines) • Ajouter quelques gouttes de sulfate de cuivre <p><u>Résultat :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Photo ci-contre • Apparition lente d'une coloration mauve caractéristique de la présence de liaisons peptidiques. 	
<p>MISE EN ÉVIDENCE DE PONTS DISULFURE (ENTRE LES RADICAUX SOUFRÉS)</p> <p><u>Protocole :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Choisir des cheveux épais (fort diamètre) 2. Placer la moitié des cheveux dans une solution de cystéine à 5 % (l'autre moitié sert de témoin) Observer un ramollissement du cheveu 3. Placer les cheveux "mous" dans de l'eau oxygénée (H₂O₂ à 3 %) Observer un retour à la consistance initiale <p><u>Interprétation :</u></p> <p>Rupture puis restauration des ponts dissulfures entre les fibres de kératine.</p>	<p>C'est le principe de la permanente</p>

Comparaison brushing/permanente : dossier SagaScience du CNRS : chimie et beauté
http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doschim/decouv/cheveux/mise_en_forme.html

STRUCTURE SPATIALE DE LA KÉRATINE

La molécule de kératine est hélicoïdale et fibreuse, elle s'enroule autour d'autres molécules de kératine pour former des filaments intermédiaires. Ces protéines contiennent un haut taux d'acides aminés à base de soufre, principalement la cystéine, qui forment un pont disulfure entre les molécules, conférant sa rigidité à l'ensemble. La chevelure humaine est constituée à 14 % de cystéine



Copie d'écran du logiciel RasTop montrant la l'enroulement de la molécule de kératine.

Type d'activité : Logiciel base de donnée Observation

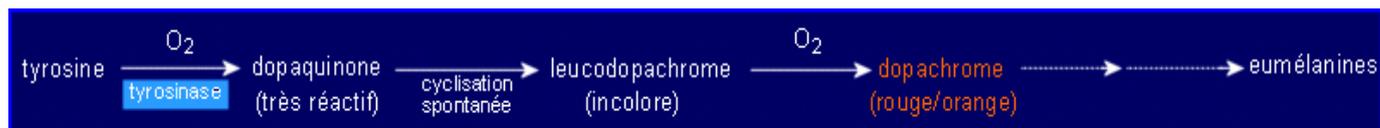
ANNEXE SVT4 SPC2 : SYNTHÈSE IN VITRO DE PIGMENTS COLORÉS

Type d'activité : expérimentation (protocole)

remerciements à JM. Plais.

La tyrosinase catalyse plusieurs étapes de la synthèse des mélanines à partir de tyrosine. On peut utiliser comme substrat d'autres molécules intermédiaires de la synthèse de mélanines (DOPA, DHI).

Exemple :



On peut aussi utiliser d'autres substrats n'intervenant pas dans la synthèse de mélanine, comme l'hydroquinone. Elle présente l'intérêt de s'oxyder spontanément (en se colorant) mais plus lentement qu'en présence de tyrosinase. Cela permet de présenter concrètement la notion de biocatalyseur. Classiquement, on utilise le catéchol. Son oxydation est plus rapide que celle de la tyrosine. On obtient une coloration jaune orangée à brun selon la concentration.

Protocole :

Préparer deux béchers contenant une solution aqueuse de catéchol 10-2M. Ajouter dans l'un d'eux quelques gouttes de solution de tyrosinase. Agiter. Observer.

Résultat :

Voir photo ci-contre (t = 5 minutes)



Interprétation :

Pour mettre en place la notion de catalyseur, il faut montrer l'oxydation spontanée (plus lente) du catéchol à l'air.

Deux possibilités :

- Observer la solution de catéchol après une heure : elle prend progressivement une teinte rosée. Pour éviter l'attente, observer une solution de catéchol préparée la veille.
- Observer des cristaux de catéchol stockés depuis plusieurs années (photo ci-contre). Même en prenant les précautions classiques (faible hygrométrie, obscurité), certains cristaux apparaissent roses, gris ou même noirs.





On peut utiliser la solution de catéchol oxydée (colorée) pour faire un spectre d'absorption. Le spectre pourra être utilisé pour déterminer la longueur d'onde utilisée en colorimétrie lors de l'étude cinétique de l'activité de la tyrosinase.

ANNEXE SVT5 : COLORIMÉTRIE ET SYNTHÈSE DE MÉLANINE IN VITRO

Type d'activité : expérimentation

remerciements à JM. Plais et JJ Auclair

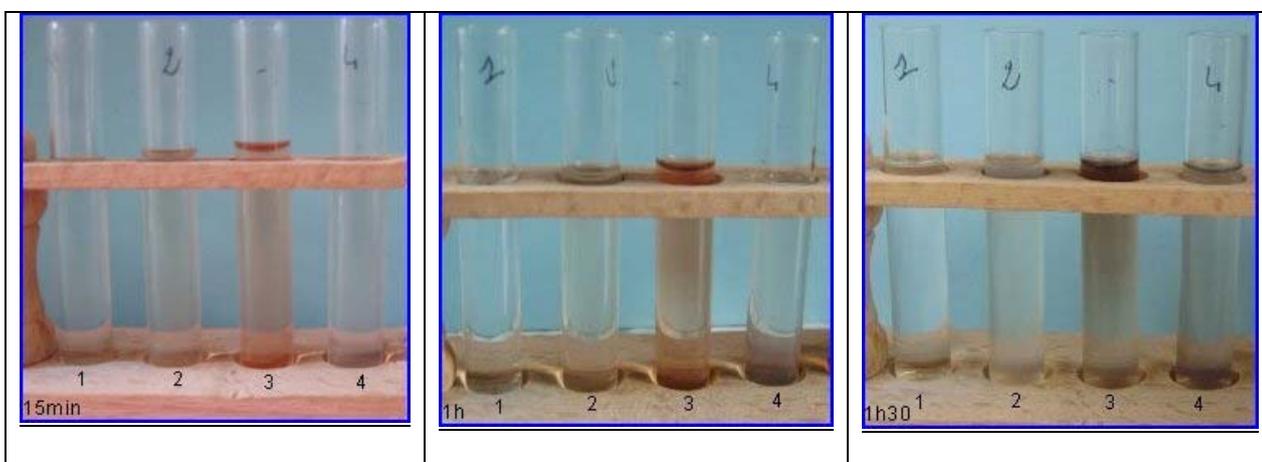
1. SYNTHÈSE DE LA MÉLANINE IN VITRO

Faire concevoir et réaliser une expérimentation simple aux élèves avec deux objectifs : synthétiser in vitro des mélanines à partir de la tyrosine et montrer que cette synthèse nécessite l'intervention d'au moins une protéine.

Principe

Mettre en présence un petit volume d'une solution de tyrosine et quelques ml d'extrait, dans l'eau, de chapeau d'un champignon de Paris. Préparer trois autres tubes de façon à montrer que la production de mélanines nécessite bien la présence de tyrosine mais aussi celle d'au moins un composant de l'extrait sensible à la chaleur.

Résultats, commentaires



Tubes	Contenu	Résultats
1	4,5 ml solution de tyrosine	Pas de mélanines
2	4,5 ml extrait de champignon	Pas de mélanines
3	1,5 ml sol. de tyrosine 3 ml extrait de champignon	Mélanines surtout près de la surface produit intermédiaire rouge-orangé
4	1,5 ml sol. de tyrosine 3 ml extrait bouilli de champignon	Pas de mélanines

-La synthèse de mélanines peut être plus rapide dans le tube 3 si on le place à 40°C.

Si on prolonge l'expérimentation (24h environ), certaines mélanines noires insolubles (précipité) sédimentent, d'autres solubles et plus claires restent près de la surface (il doit s'agir de 2 types d'eumélanines).

Il y a ici une très légère coloration dans le tube 2 (sans tyrosine), elle est parfois plus marquée (en général quand les champignons sont "vieux")

-La synthèse de mélanines à partir de la tyrosine nécessite l'intervention d'au moins un composé détruit par la chaleur : on pense à une protéine. Il doit s'agir d'une enzyme présente dans l'extrait de champignon: la tyrosinase

-Les mélanines sont synthétisées surtout près de la surface, le processus doit utiliser du dioxygène. Il se forme rapidement un composé rouge qui est un intermédiaire dans la voie de biosynthèse, c'est la dopachrome. Cette expérimentation suggère l'intervention d'un processus catalytique enzymatique (avec la tyrosinase) mais ne la démontre pas.

Remarque : Chez Agaric bisporus (champignon de Paris), les tyrosinases sont synthétisées dans le cytoplasme des cellules sous des formes inactives qui deviennent efficaces après rupture des parois. Si des substrats sont alors disponibles la synthèse peut démarrer sans apport exogène de tyrosine.

2. OBTENTION D'UN SPECTRE D'ABSORPTION DE RÉFÉRENCE POUR SUIVRE L'APPARITION DE PRODUIT COLORÉ LORS DE LA SYNTHÈSE DE MÉLANINE

Préparer deux cuves à faces parallèles :

- Une contenant la solution dont on souhaite réaliser le spectre
- L'autre contenant uniquement le solvant



Dans le cas de la réaction Catéchol / Tyrosinase, une cuve contiendra le catéchol oxydé (Benzoquinone) et l'autre uniquement de l'eau.

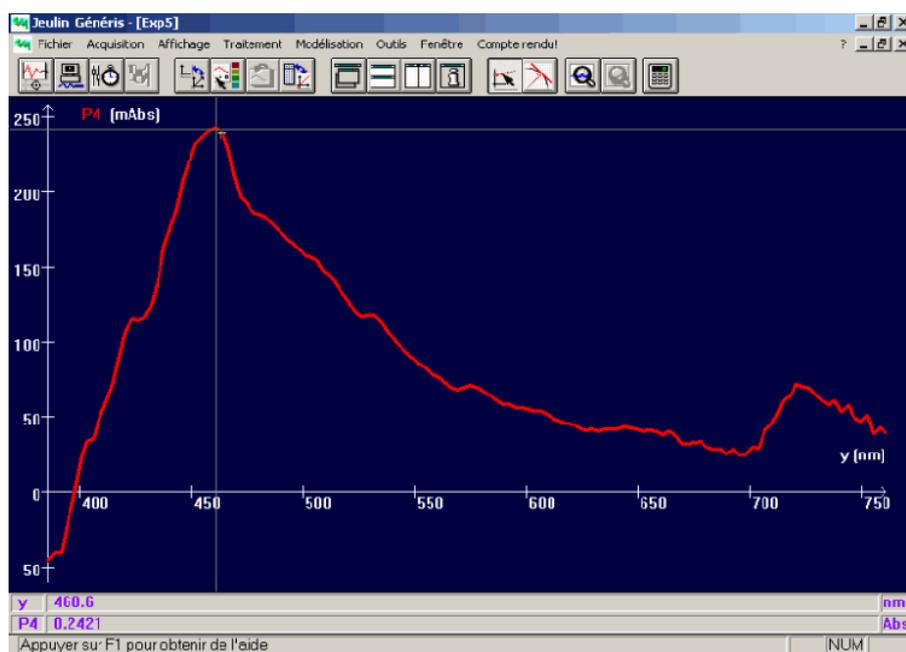
La cuve avec solvant sert à tracer la courbe de référence : ensemble des radiations arrivant sur le capteur après absorption par les parois de la cuve et le solvant. Il faut donc utiliser la même cuve et le même solvant que pour la solution dont on désire le spectre.

On établit d'abord la courbe de référence avec le solvant

Lorsque l'étalonnage est terminé on réalise le spectre de la Benzoquinone

Le spectre d'absorption de la benzoquinone obtenu renseigne sur les longueurs d'onde qui permettront de suivre l'apparition du produit coloré dans la réaction catalysée par la tyrosinase

Exemple de courbe obtenue



On détermine graphiquement la longueur d'onde à utiliser pour un suivi de la cinétique enzymatique par colorimétrie : $\lambda = 475 \text{ nm}$

3. SUIVI DE LA SYNTHÈSE DE MÉLANINE PAR COLORIMÉTRIE

Il ne s'agit pas ici d'étudier l'ensemble du processus mais seulement le **début de la biosynthèse** jusqu'à la formation de **dopachrome**, facile à caractériser par son maximum d'absorption ($\lambda = 475 \text{ nm}$). Les élèves doivent étudier, en colorimétrie, l'influence de la concentration en substrat sur la vitesse de la réaction enzymatique et construire la courbe $V_i = f(S)$, ce qui devrait leur permettre de caractériser l'intervention d'une catalyse enzymatique dans la synthèse de dopachrome.

Protocole

- Préparer un extrait de champignon à partir de chapeaux de jeunes spécimens broyés dans l'eau.
- Réaliser les dilutions de tyrosine (S = substrat) dans l'eau.
- Régler le colorimètre sur $\lambda = 475 \text{ nm}$.

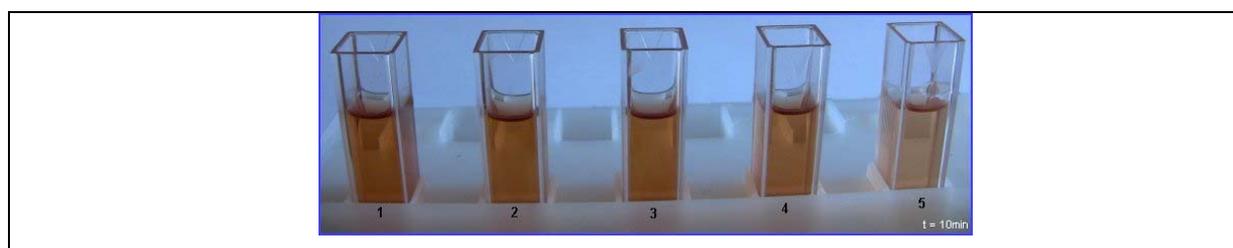
La cuve référence (blanc) contient 2 ml d'extrait + 1ml eau, les autres cuves 2ml d'extrait + 1ml de substrat à différentes concentrations.

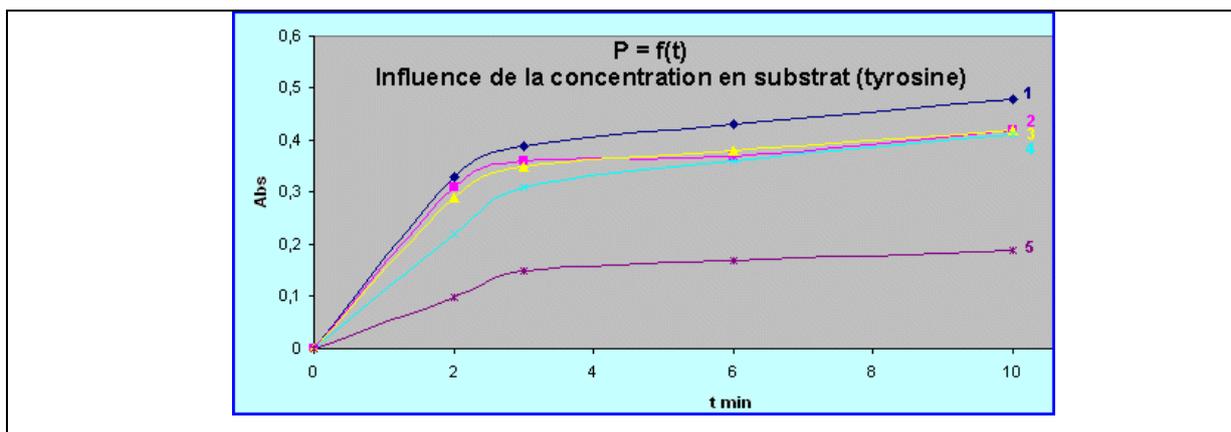
Les mesures d'absorbance sont ici faites manuellement. On peut utiliser un dispositif ExAO pour enregistrer en continu.

Remarque : Le contenu de la cuve référence peut se colorer mais il ne faut pas que la "coloration parasite" soit importante car elle se produit dans chacune des cuves indépendamment de la concentration en tyrosine et même si elle influe de la même façon sur la mesure d'absorbance dans chaque cuve, il ne faut pas qu'elle intervienne de manière prépondérante. Avant chaque mesure, il faut bien mélanger par retournement.

Résultats

tubes	[S] ua	Abs ($\lambda = 475 \text{ nm}$) au temps				
		0 min	2 min	3 min	6 min	10 min
1	10	0	0,33	0,39	0,48	0,52
2	5	0	0,31	0,36	0,37	0,42
3	2,5	0	0,29	0,35	0,38	0,42
4	1,25	0	0,22	0,31	0,36	0,41
5	0,62	0	0,10	0,15	0,17	0,19



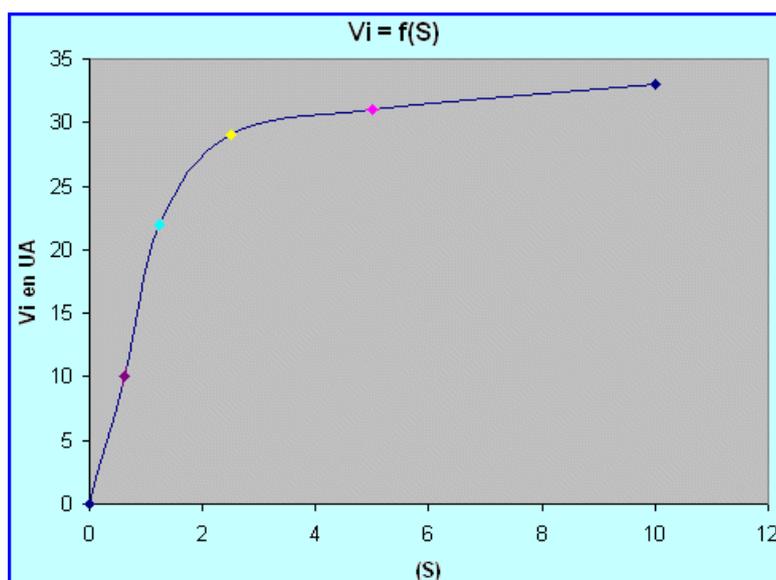


Courbe $V_i = f(S)$

Chaque V_i (vitesse initiale) est évaluée à partir de la courbe : $P = f(t)$ correspondante.

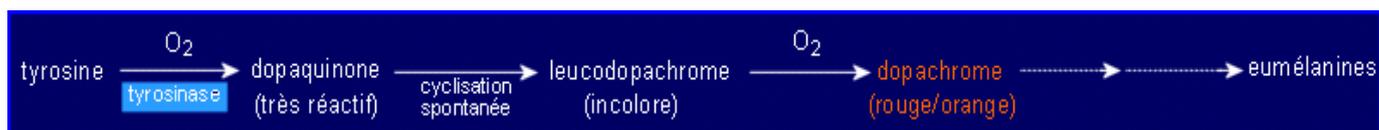
On observe une assez grande dispersion des résultats suivant les groupes car l'efficacité de l'extrait est très variable, et les dilutions du substrat pas toujours bien réalisées.

Cependant, une courbe $V_i = f(S)$ comme celle qui est proposée ici montre que la synthèse de dopachrome fait intervenir un processus catalytique qui met en jeu la formation de complexes enzyme-tyrosine (notion développée et acquise en enzymologie).



L'ensemble des résultats met en évidence l'intervention, dans la synthèse des mélanines, d'une enzyme qui a la tyrosine comme substrat. Il doit s'agir de la tyrosinase.

Rq/ Une fois l'interprétation formulée, on peut confirmer que l'étude cinétique concernait bien l'intervention de la tyrosinase en fournissant la chaîne de réactions qui conduit de la tyrosine à la dopachrome



ANNEXE SVT3 : EXTRACTION, CARACTÉRISATION ET VARIABILITÉ DE LA KÉRATINE.

DÉFINITIONS :

Le groupe des kératines est constitué de plus de 30 protéines représentées par deux classes de protéines :

- kératines épithéliales, ou alpha kératines molles (épiderme et épithélium de nombreux organes)
- kératines de cheveux, ou alpha-kératines dures (cheveux et ongles)

Dans la classe des kératines "dure", on distingue deux familles :

Type I : kératines acides de masse molaire comprise entre 40 et 48 kD. Elles contiennent en moyenne 2,9 % de cystéine. Les gènes correspondant aux kératines de type I sont sur 17q12-q21.

Type II : kératines basiques ou neutres de masse molaire comprise entre 58 et 65 kD. Elles contiennent en moyenne 7,6 % de cystéine. Les gènes correspondant aux kératines de type II sont sur 12q12-q13.

Des études récentes semblent montrer une variabilité assez grande des kératines du cheveu sans changements évidents du phénotype.

Les kératines appartiennent aux groupes de protéines correspondant aux filaments intermédiaires impliqués dans la constitution du cytosquelette et de l'enveloppe nucléaire. On distingue :

- Type I : Cytokératines acides
- Type II : Cytokératines basiques
- Type III : Vimentine, desmine, périphérine, plasticine...
- Type IV : Neurofilament H, L et M, nestine...
- Type V : Lamines nucléaires

Les filaments intermédiaires ont une structure commune :

- Domaine N-terminal variable
- Domaine central = alpha-hélice interrompue par 3 domaines non hélicoïdaux
- Domaine C-terminal de longueur très variable selon les molécules

Les filaments intermédiaires ont un diamètre d'environ 10 nm.

LES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES KÉRATINES PEUVENT ÊTRE MISES EN ÉVIDENCE :

EXTRACTION DE LA KÉRATINE :

Placer une mèche de cheveux dans une solution de soude.

Les cheveux sont "attaqués" progressivement.

Après quelques heures, on observe un dépôt blanchâtre (kératine) surmonté d'un liquide de couleur variable (selon les mélanines présentes dans les cheveux).

Si on prolonge l'action de la soude, la dénaturation des kératines se poursuit et elles ne sont plus visibles.

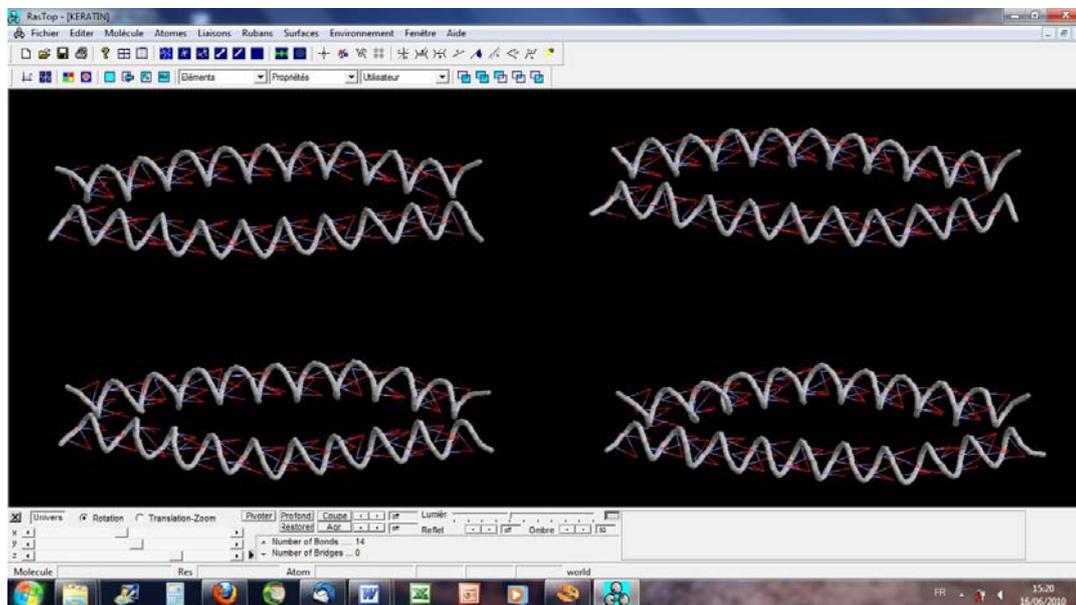


<p>NATURE PROTÉIQUE DE LA KÉRATINE</p> <p>(Faire une réaction du biuret).</p> <p><u>Protocole :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Placer une mèche de cheveux dans une solution de soude. • Après quelques heures, les cheveux sédimentent (début d'attaque des kératines) • Ajouter quelques gouttes de sulfate de cuivre <p><u>Résultat :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Photo ci-contre • Apparition lente d'une coloration mauve caractéristique de la présence de liaisons peptidiques. 	
<p>MISE EN ÉVIDENCE DE PONTS DISULFURE (ENTRE LES RADICAUX SOUFRÉS)</p> <p><u>Protocole :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Choisir des cheveux épais (fort diamètre) 2. Placer la moitié des cheveux dans une solution de cystéine à 5 % (l'autre moitié sert de témoin) Observer un ramollissement du cheveu 3. Placer les cheveux "mous" dans de l'eau oxygénée (H₂O₂ à 3 %) Observer un retour à la consistance initiale <p><u>Interprétation :</u></p> <p>Rupture puis restauration des ponts dissulfures entre les fibres de kératine.</p>	<p>C'est le principe de la permanente</p>

Comparaison brushing/permanente : dossier SagaScience du CNRS : chimie et beauté
http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doschim/decouv/cheveux/mise_en_forme.html

STRUCTURE SPATIALE DE LA KÉRATINE

La molécule de kératine est hélicoïdale et fibreuse, elle s'enroule autour d'autres molécules de kératine pour former des filaments intermédiaires. Ces protéines contiennent un haut taux d'acides aminés à base de soufre, principalement la cystéine, qui forment un pont disulfure entre les molécules, conférant sa rigidité à l'ensemble. La chevelure humaine est constituée à 14 % de cystéine



Copie d'écran du logiciel RasTop montrant l'enroulement de la molécule de kératine.

Type d'activité : Logiciel base de données Observation

ANNEXE SPC4 : Mesure de l'épaisseur d'un cheveu

Remarque : L'activité expérimentale proposée est de type démarche d'investigation avec une présentation sous la forme de résolution d'énigme afin de pouvoir aussi l'utiliser dans le thème : *Science et investigation policière*.

Document élève :

UN VOL AU LYCEE : qui a volé les oranges ?

Un individu peu scrupuleux, après s'être introduit au laboratoire de physique du lycée, est reparti avec 2 kilogrammes d'oranges dont les élèves de 2^{nde} avaient besoin pour leurs TP de chimie. Mais le malfaiteur a perdu un cheveu sur les lieux du forfait...

La police scientifique a été dépêchée sur les lieux du délit et a déterminé l'épaisseur de ce cheveu. Verdict : $e = 90 \mu\text{m}$.

La police scientifique, demande aux lycéens de faire de leur côté la mesure de l'épaisseur d'un de leurs cheveux afin de la comparer à celle de la pièce à conviction.

Pour résoudre ce genre d'énigme, la police utilise un phénomène physique appelé diffraction ...

Votre professeur vous présente ce phénomène

Matériel mis à disposition : source laser, des fils de différentes épaisseurs connues et positionnés dans des supports de diapositives, un support de diapositive, un écran

- **Mise en évidence du phénomène de diffraction**

- Précautions de sécurité



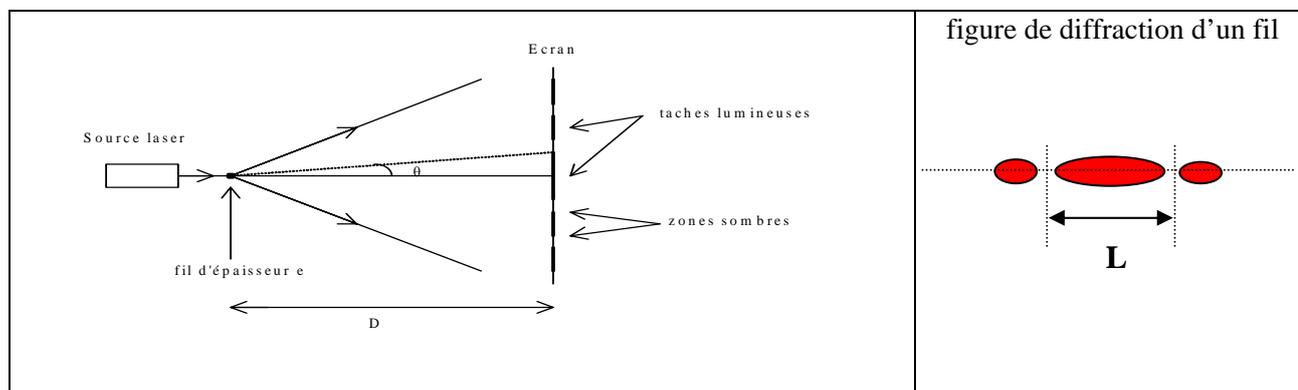
On dispose d'une source laser. Elle produit un faisceau lumineux très directif et de forte puissance lumineuse susceptible d'altérer la rétine de manière irréversible.

ATTENTION : *Il ne faut jamais regarder directement le faisceau de lumière d'un laser ni placer sur son trajet des objets réfléchissants (montre, bagues...).*

- On interpose le fil le plus fin, d'épaisseur e connue, sur le trajet du faisceau lumineux et on observe la figure lumineuse obtenue sur écran.

- On remplace le fil précédent par le fil d'épaisseur la plus grande sans modifier la distance D .

On observe une nouvelle figure de diffraction sur l'écran.



- **Innocent ou présumé coupable ?**

Votre cheveu, a-t-il l'épaisseur de celui retrouvé sur le lieu du délit ?

Rédigez le journal de bord du lieutenant de police au fur et à mesure de ses investigations en vous aidant de la fiche d'aide à la rédaction d'un compte-rendu.

Fiche d'aide à la rédaction (document élève) :

TRACÉ DE COURBE

Lorsqu'on veut exploiter des résultats expérimentaux, on trace très souvent une courbe définie de la manière suivante :

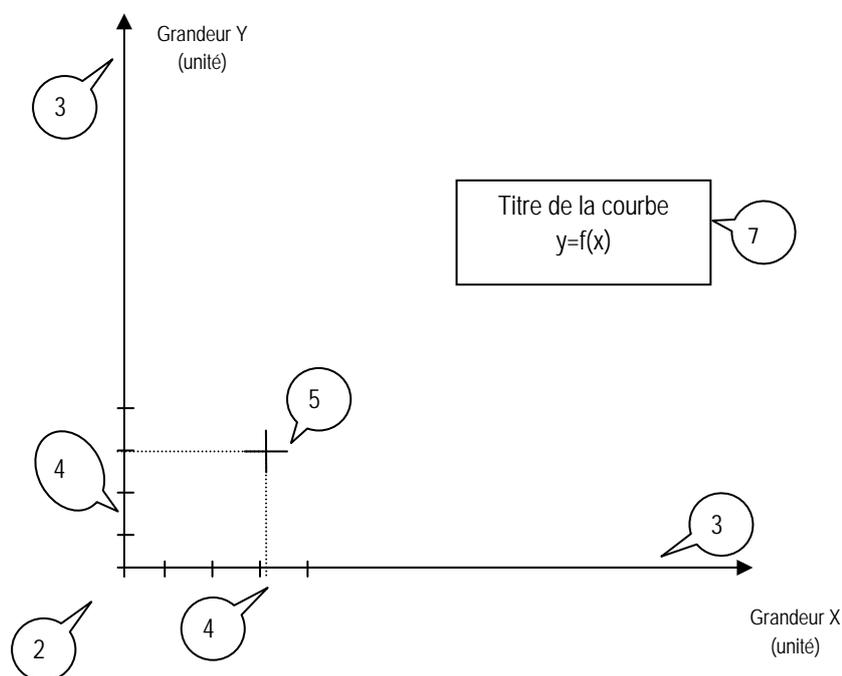
$$Y = f(X)$$

Où X et Y sont des grandeurs issues de l'observation.

La notation précédente indique que l'on va représenter la **grandeur Y en fonction de la grandeur X**.

Pour cela, on procède de la manière suivante :

1. **Orientation du support :** Prendre une feuille de papier millimétré ou à défaut une feuille à petits carreaux. Estimer le sens de la feuille le plus judicieux pour tracer la courbe. Une courbe se trace toujours au **crayon à papier**.
2. **Tracer les axes :** Tracer à la règle les axes orientés de la courbe en réfléchissant à la position de l'origine « O » du repère par rapport à la feuille.
3. **Définir les axes :** On appelle *axe des abscisses*, l'axe horizontal portant les valeurs X. On appelle *axe des ordonnées*, l'axe vertical portant les valeurs Y. Indiquer au bout de chaque axe, la grandeur représentée ainsi que son unité entre parenthèses.
4. **Graduation des axes :** Etudier les valeurs à porter sur la courbe et déterminer l'échelle à utiliser. Pour cela, déterminer l'amplitude des valeurs à représenter. Diviser cette amplitude par le nombre de carreaux à disposition. Arrondir afin de faire apparaître des valeurs facilement lisibles. Grader les axes du repère. Représenter les échelles par des segments de 1 cm (un horizontal et un vertical).
5. **Positionnement des points de la courbe :** Porter les différents points de la courbe grâce aux couples de mesures indiqués dans le tableau de valeurs. On mettra une « + » à l'intersection de l'abscisse et de l'ordonnée du point.
6. **Tracé de la courbe :** On relie ensuite les points :
 - a. À main levée si c'est une courbe.
 - b. À la règle en traçant la droite « moyenne » entre les différents points placés si c'est une droite.
7. **Ecrire le titre de la courbe :** Mettre un titre à la courbe.



Fiche d'aide à l'utilisation d'un tableur

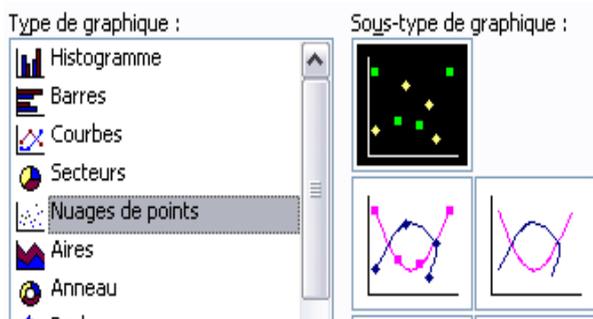
Remarques : Les consignes détaillées d'utilisation d'un matériel ou d'un logiciel donné constituent un autre type de fiches techniques. Afin de réserver aux textes de travaux pratiques la problématique sciences expérimentales et la démarche expérimentale, il est préférable d'élaborer des fiches séparées pour le matériel et/ou les TICE. Ces fiches techniques seront disponibles sur les postes de travail concernés et seront présentes au moment de l'évaluation des capacités expérimentales.

Un exemple de fiche technique commune au collège et au lycée sur l'utilisation d'un tableur-grapheur est donné ci-après :

Cette fiche illustre l'utilisation du tableur grapheur pour tracer la courbe d'étalonnage $L = f(e)$ lors de la mesure de l'épaisseur d'un cheveu par la méthode de diffraction. Elle peut être utilisée dans d'autres séances mettant en œuvre un tableur grapheur, moyennant quelques modifications.

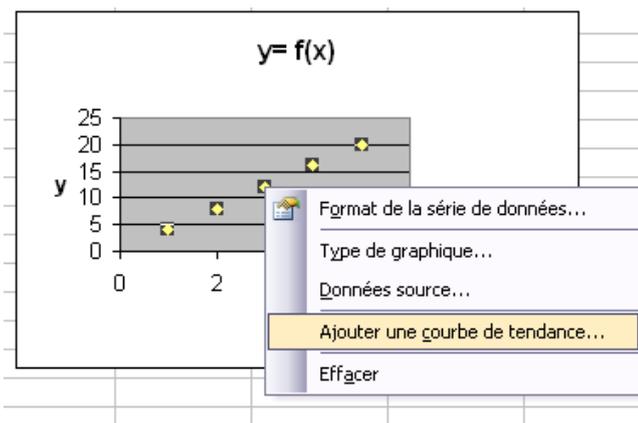
	A	B	C
1	e (en micromètre)	L (en cm)	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

- Créer dans la première ligne les grandeurs e et L.
- Remplir le tableau avec le résultat des mesures.
- Sélectionner en surbrillance tout le tableau, première ligne comprise.
- Puis cliquer sur le menu *Insertion – Graphique (ou Diagramme)*.



A l'aide de l'assistant :

- Valider la plage de cases (cellules) proposées.
- Type de graphique, choisir *Nuages de points (ou Diagramme XY)*.
- Titrer le graphe, nommer les axes puis sélectionner *Terminer*.



Faire apparaître la courbe de tendance :

- Faire un clic droit sur l'un des points puis sélectionner : *Ajouter une courbe de tendance*.
- Choisir le type de courbe de tendance pouvant convenir. Valider
- Il est possible de personnaliser la courbe de tendance à l'aide du menu *Format de la courbe de tendance* en cliquant toujours sur l'un des points du graphe. (Exemple : *Afficher l'équation sur le graphique*).

Pour le professeur :

Scénario pédagogique

Cette séquence se déroule sur deux séances :

Première séance : la séance de travaux pratiques (1 heure) pour la détermination de l'épaisseur d'un cheveu

Deuxième séance : tracé de courbe avec un grapheur et évaluation.

Pré requis

Propagation rectiligne de la lumière, source de lumière (collège)

Unité de longueur, connaissance du niveau microscopique.

Compétences à atteindre :

Compétence expérimentale : élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer l'ordre de grandeur de l'épaisseur d'un cheveu. (Utilisation de la diffraction pour construire une courbe d'étalonnage et utilisation de cette courbe).

Compétences expérimentales	Travaux pratiques
I. Compétences liées à l'expérimentation	
Formuler une hypothèse sur : - un évènement susceptible de se produire ou de s'être produit, - un paramètre pouvant jouer un rôle dans un phénomène.	L'élève doit prévoir ce qu'il va observer lorsque le professeur allumera la source laser puis lorsqu'il interposera un objet sur le trajet de la lumière.
Proposer une expérience : - susceptible de valider ou d'infirmer une hypothèse, - répondant à un objectif précis.	L'élève doit proposer d'effectuer des mesures afin de tracer la courbe d'étalonnage. Celle-ci lui permettra de déterminer l'épaisseur du cheveu.
Analyser des résultats expérimentaux, les confronter à des résultats théoriques	L'élève doit comparer son résultat avec celui donné dans l'énoncé.
Déterminer le domaine de validité d'un modèle.	
II. Compétences liées aux manipulations et aux mesures	
Respecter les consignes : protection des personnes et de l'environnement.	Sécurité liée à l'utilisation du laser
Agir en suivant un protocole fourni (texte ou schéma).	L'élève doit réaliser, à partir de la fiche, l'expérience permettant de mesurer des tâches de diffraction.
Faire le schéma d'une expérience.	
Reconnaître, nommer, choisir et utiliser le matériel de laboratoire (verrerie, instruments de mesure...).	
Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs compatibles avec les conditions de l'expérience.	Le résultat doit être donné avec un nombre correct de chiffres significatifs.
Faire l'étude statistique d'une série de mesures indépendantes en utilisant une calculatrice ou un tableur.	
Utiliser les technologies de l'information et de la communication.	L'élève utilise un tableur.

Compétence transversale : Construire un graphique à la main et savoir l'utiliser.

Étapes de la démarche	Séance : Modalités formes et durées prévues	Scénario pédagogique - Activités des élèves et rôle du professeur (consignes, intentions...)
Présentation du problème Situation déclenchante	Début Autonome Interactif Magistral 15 minutes	Le professeur donne la fiche « Un vol au lycée », puis il demande aux élèves de la lire. Les élèves lisent le texte. A la demande du professeur, les élèves expliquent l'objectif de la séance. Autour de la paillasse du professeur, avec les propositions des élèves, le professeur va réaliser le montage et montrer la figure de diffraction obtenue, ceci en utilisant successivement deux fils seulement. Pendant cette étape, c'est l'occasion pour le professeur de s'intéresser au pré requis des élèves et de leur faire prévoir ce qu'ils vont observer ; il peut poser les questions suivantes : « que vais-je voir lorsque la source laser sera en fonctionnement ? Une fois la source laser en fonctionnement : « Que va-t-il se passer si je mets un objet entre la source et l'écran ? » Prévision : « Et si je mets un objet de dimension comparable à celle d'un cheveu ? » L'expérience réalisée, le professeur fait comparer le comportement différent de la lumière dans cette expérience et celles vues au collège (ombres et pénombres).
Elaboration d'hypothèses, de protocole expérimental.	En groupe de 2 ou 4	Le professeur demande aux élèves : « Par groupe, chercher le protocole expérimental qui va vous permettre de trouver l'auteur du vol d'oranges » Les élèves cherchent et écrivent sur une feuille leur proposition. Réponses attendues : « on prend un fil et le cheveu, on mesure L pour le fil étalonné et le cheveu puis on fait le produit en croix » ; « on va tracer une courbe d'étalonnage, on va placer le cheveu sur le trajet de la lumière, mesurer la tâche de diffraction puis placer la valeur trouvée sur la courbe. On pourra ainsi déterminer l'épaisseur de notre cheveu. » Lors d'un passage au tableau, les différents groupes d'élèves proposent leur solution, puis la classe valide ou infirme avec l'aide du professeur.
Investigation expérimentale	En groupe 40 min	Les élèves réalisent les expériences et mesures, tracent la courbe en utilisant la fiche aide « tracé de courbe », puis déterminent l'épaisseur de leur cheveu.
Institutionnalisation, Acquisition, structuration des connaissances.	Magistral 5min	Chaque groupe donne ses valeurs (plusieurs par groupe car chaque élève a recherché l'épaisseur de son cheveu). Le professeur s'assure par des questions que les différentes étapes qui ont permis de déterminer la dimension d'un objet microscopique, sont comprises.
Réinvestissement	Séance de TP suivante Durée ?	Au cours de cette séance, les élèves vont utiliser un grapheur pour tracer la courbe.
Évaluation	30 min	Les élèves rédigent le compte rendu à l'aide d'une fiche aide « comment rédiger un compte rendu » ; les deux courbes sont jointes à ce compte rendu, celle tracée à la main, celle tracée avec un grapheur.

ANNEXE SVT7 : LES MUTATIONS AFFECTANT LES MOLÉCULES DU CHEVEU

Type d'activité : Logiciel de base de données - Observation

Voir Fiche SVT1

De nombreuses mutations affectent la kératine et la tyrosinase.

La principale anomalie génétique qui touche le cheveu est l'albinisme oculo cutané (AOC). On trouve facilement les fichiers des molécules permettant de comparer les séquences des allèles mutés avec les allèles normaux (Anagène, ClustalW) ou de visualiser la configuration spatiale des protéines modifiées (RASTOP, RASMOL, Jmol, Chime). Cf fiche SVT6)

Les logiciels de visualisation et de comparaison de molécules (ADN ou protéines) permettent de repérer la variabilité des séquences des allèles et de comprendre l'origine de certaines maladies

Dans le cas de l'**épidermolyse bulleuse**, la maladie est héréditaire mais elle existe sous différentes formes selon les protéines impliquées. On s'intéresse ici au cas concernant le couple de kératines CK5-CK14 codées par les gènes KRT5 et KRT14. Ces protéines forment des dimères présents dans la peau et dans les cheveux.

Télécharger les fichiers (ESB) puis les ouvrir dans ANAGENE. Les fichiers ANAGENE permettent de comparer les séquences nucléotidiques des gènes KRT5 et KRT14 ainsi que les séquences peptidiques des protéines correspondantes (CK5 et CK14).

La copie d'écran d'**Anagène** présente :

- Les séquences nucléotidiques et peptidiques des Kératines 5 et 14 (référence)
- La séquence peptidique K5 d'un premier malade (remplacement d'un acide aminé ILE, par un autre SER)
- A l'aide du code génétique (bouton ANAGENE), on détermine que la mutation responsable de la modification de la séquence de K5 est une substitution d'un nucléotide

The screenshot shows the Anagène software interface with the following content:

Affichage des séquences

Sequence	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Référence	0												
KRT5.adn	0	ATGCTCGCCAGTCAAGTGTCTCTCCGGAGCGGGGCGAGTCTAGCTTCAGCACCCCTCTGCCATCACCCCGTCTGTCTCCCGCACCAGCTTCACCTCCGTGTCCCGTCCGGGGTGCCTGGT											
K2C5.pro	*	0MetSerArgGlnSerSerUalSerPheArgSerGlyGlySerArgSerPheSerThrAlaSerAlaIleThrProSerUalSerArgThrSerPheThrSerUalSerArgSerGlyGlyGlyGly											
KRT14.adn	0	ATGACTACCTGCAGCCGCCAGTTCACCTCCTCCAGCTCCATGAAGGGCTCCTGCCGATCGGGGGCGGCATCGGGGGCGGCTCCAGCCGATCTCCTCCGTCTCCGGGGAGGGTCTGCGCCGCCCC											
K1CN.pro	0	MetThrThrCysSerArgGlnPheThrSerSerSerSerMetLysGlySerCysGlyIleGlyGlyGlyIleGlyGlyGlyIleGlyGlyGlySerSerArgIleSerSerUalLeuAlaGlyGlySerCysArgAlaPro											
Malade 1	0												
K2C5-EBS.pro	*	0MetSerArgGlnSerSerUalSerPheArgSerGlyGlySerArgSerPheSerThrAlaSerAlaIleThrProSerUalSerArgThrSerPheThrSerUalSerArgSerGlyGlyGlyGly											
Malade 2	0												
K1CN-EBS.pro	0	MetThrThrCysSerArgGlnPheThrSerSerSerSerMetLysGlySerCysGlyIleGlyGlyGlyIleGlyGlyGlyIleGlyGlyGlySerSerArgIleSerSerUalLeuAlaGlyGlySerCysArgAlaPro											
Malade 3	0												
KRT14-EBS.adn	0	ATGACTACCTGCAGCCGCCAGTTCACCTCCTCCAGCTCCATGAAGGGCTCCTGCCGATCGGGGGCGGCATCGGGGGCGGCTCCAGCCGATCTCCTCCGTCTCCGGGGAGGGTCTGCGCCGCCCC											

Sélection : 0/15 lignes

Position	143	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183
Traitement	0													
Identités	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
K2C5.pro	0	ThrUalAsnGlnSerLeuLeuThrProLeuAsnLeuGlnIleAspProSerIleGlnArgValArgThrGluGluArgGluGlnIleLysThrLeuAsnAsnLysPheAlaSerPheIleAspLysVal												
K2C5-EBS.pro	0	ThrUalAsnGlnSerLeuLeuThrProLeuAsnLeuGlnIleAspProSerSerGlnArgValArgThrGluGluArgGluGlnIleLysThrLeuAsnAsnLysPheAlaSerPheIleAspLysVal												

Copie d'écran du logiciel Anagène

ANNEXE SPC_5

Mise en évidence de différentes propriétés des agents tensioactifs contenus dans les shampooings.

Un shampooing a différentes fonctions suivant qu'il est utilisé, pour uniquement laver les cheveux ou pour les préparer à des traitements (décoloration et coloration par exemple). Il existe donc plusieurs types de shampooings qui vont du shampooing simple destiné à l'entretien courant des cheveux à des shampooings plus sophistiqués comme le shampooing traitant ayant pour objectif de corriger une anomalie (shampooing antipelliculaire par exemple). Ils contiennent tous des tensioactifs qui dispersent les corps gras dans l'eau et constituent le principe actif des agents lavants mais aussi des colorants et des parfums.

I. Notion de tension superficielle

Dans un bécher contenant de l'eau faire flotter une pièce de monnaie (ou un trombone) en le (la) posant délicatement à la surface de l'eau.

Pourquoi l'objet flotte-il ?

Ajouter quelques gouttes de shampooing. Qu'observe-t-on ?

Quelques éléments d'analyse : les tensioactifs sont des composés chimiques qui modifient la tension superficielle entre deux surfaces. La tension superficielle se définit comme la tension qui existe à l'interface de 2 milieux. Les tensioactifs abaissent la tension superficielle.

2. Pouvoir mouillant

Dans deux béchers (bécher 1 et bécher 2) remplir :

- l'un d'eau (bécher 1),
- l'autre d'une solution d'eau et de shampooing (bécher 2).

Déposer un morceau de tissu en laine à la surface de chacun des liquides.

Observer les morceaux de tissu en laine : que se passe-t-il ?

Observations attendues : dans le bécher 1 le tissu en laine flotte alors que dans le bécher 2 il coule. Les agents tensioactifs abaissent la tension superficielle de l'eau qui peut mieux s'infiltrer dans le tissu de laine et le mouille. Il « s'alourdit » et coule. On a alors immersion du morceau de tissu.

Cette expérience donne une notion sur le pouvoir mouillant d'un produit qui est sa capacité à pénétrer entre les fibres d'un tissu et à s'étaler.

Expérience complémentaire : Déposer une goutte d'eau et une goutte de shampooing à quelques centimètres l'une de l'autre, sur une plaque de verre.

Observer la manière dont les deux gouttes s'étalent. Est-ce conforme à vos prévisions.

3. Pouvoir de lavage (pouvoir dégraissant)

Dans deux béchers (bécher 1 et bécher 2) remplir :

- l'un d'eau (bécher 1),
- l'autre d'une solution d'eau et de shampooing (bécher 2).

Déposer quelques brins de laine imbibés d'un corps gras (de l'huile par exemple).

Observer les brins de laine : que se passe-t-il ?

Observations attendues : dans le bécher 1 les brins de laine flottent alors que dans le bécher 2 ils coulent et des gouttelettes d'huile se mettent en surface. Comme vu précédemment, les tensioactifs abaissent la tension superficielle de l'eau qui s'infiltré dans les fibres de la laine et la mouille. Il y a immersion des fibres de laine. Les molécules de tensioactif entourent les gouttes d'huile et se fixent à celles-ci par leur partie hydrophobe. L'ensemble goutte d'huile-molécules d'agent tensioactif forme une micelle. Sur la périphérie de la micelle se trouvent les parties hydrophiles qui rendent l'ensemble soluble dans l'eau. La micelle peut ainsi être éliminée au cours du lavage. Les micelles étant chargées électriquement, elles se repoussent, ce qui permet leur dispersion dans l'eau.

4. Pouvoir émulsifiant

Dans deux tubes à essais contenant l'un de l'eau distillée, l'autre de l'eau additionnée de shampooing, ajouter quelques gouttes d'huile dans les deux tubes à essai.

Agiter puis laisser reposer

Qu'observe-t-on ?

Que peut-on dire (de manière générale) du rôle des tensioactifs sur les corps gras ? Que pensez-vous de l'expression « émulsion des graisses » dans le cas de cette expérience caractéristique.

5. Manipulation complémentaire :

Mesure du pH de quelques shampooings spécifiques.

On dispose d'un shampooing simple (destiné à l'entretien courant des cheveux en bon état), d'un shampooing doux, d'un shampooing antipelliculaire et shampooing pour cheveux secs.

Déposer, avec un agitateur, une goutte de shampooing sur un morceau de papier pH.

Compléter un tableau renseignant le pH de chacun des shampooings.

Comment pourrait-on avoir une mesure plus précise du pH ? Faire une liste de matériels et indiquer le protocole expérimental à suivre.

Réaliser l'expérimentation et renseigner un tableau comparable au précédent donnant le pH de chacun des shampooings.

ANNEXE SPC6

Espèces chimiques parfumées pouvant être incorporées
lors de la fabrication d'un shampoing

Cette activité propose de réaliser une extraction d'espèces chimiques parfumées susceptibles d'être incorporées dans la fabrication d'un shampoing.

parfum au choix : lavande, citron, orange ou anis étoilé) en trois séances.

Chaque groupe réalise un compte-rendu (panneau, diaporama, site internet ...).

Objectifs :

Faire une recherche sur les techniques.

Mettre en œuvre un protocole expérimental d'extraction.

Première séance : recherche des techniques d'extraction

Attention à bien gérer votre temps

- Rechercher sur internet les différentes techniques d'extraction employées pour les parfums proposés (30 minutes).
- **Choisir un parfum et rédiger un protocole expérimental.**
Remarque : faire toutes les extractions avec de l'huile d'arachide.
- **Faire valider le protocole par le professeur (30 minutes).**
- **Faire une liste précise du matériel nécessaire pour mettre en œuvre le protocole d'extraction. Faire valider la liste de matériel par le professeur (10 minutes).**

Attention : bien établir la liste du matériel pour pouvoir manipuler.



L'arbre des senteurs

Deuxième séance : extraction du parfum

Le matériel demandé est sur votre paillasse. Effectuer l'extraction du parfum choisi.

Prolongement possible :

En utilisant la technique de chromatographie, rechercher la présence :

. de limonène dans l'huile essentielle de citron ou d'orange.

. d'acétate de linalyle dans l'huile essentielle de lavande.

. d'anéthol dans l'huile essentielle d'anis étoilé.

ANNEXE SPC7

Mise en forme du cheveu :
déformation temporaire déformation permanente

Texte de : Pierre Le Perchec

Les molécules de la beauté, de l'hygiène et de la protection

CNRS Editions/Nathan

Mise en forme temporaire

Les propriétés de mise en forme du cheveu résultent d'une architecture protéique remarquable de la kératine. L'eau peut former des liaisons hydrogènes labiles avec des formes peptidiques dipolaires. Ainsi, les formes acides de type acide aspartique ou glutamique, associées aux formes basiques dérivées de la lysine et de l'arginine, sont détruites au profit de l'apparition de liaisons de solvation avec l'eau.

Le cheveu mouillé est plus élastique que le cheveu sec et offre donc une amplitude supérieure à la déformation. Celle-ci pourra se maintenir quelque temps pour le cheveu distendu puis séché. Sa durée dépendra de la nature des cheveux, des conditions extérieures d'humidité et du temps de retour à un état thermodynamique plus stable.

En cosmétologie, on utilise cette capacité de l'eau et des tensioactifs pour déstabiliser ces interactions et rendre le cheveu moins résistant (2% d'allongement suffisent pour permettre une déformation temporaire) afin de lui appliquer le traitement souhaité de mise en plis.

La présence des sels, même à l'état de traces (présence de minéraux dans l'eau ou issus de shampooings anioniques) contribue à renforcer la déformation des cheveux par mouillage/séchage. Des agents protecteurs permettent de maintenir la déformation durablement en évitant une réhumidification du cheveu. Cette pratique est à l'origine de l'usage des produits fixant la forme (laques, sprays, etc.). En dernier lieu, un aérosol constitué d'un agent peu volatil, hydrophobe et filmogène, du type polysiloxane-ammonium, fixe la coiffure.

Mise en forme « permanente »

Pour imprimer au cheveu des formes permanentes, on fait appel à des actions chimio-cosmétologiques plus profondes.

La chaîne latérale polypeptidique du cheveu contient des acides aminés soufrés, la cystéine (15%) et sa forme dimère (disulfure), la cystine. Ces ponts disulfures peuvent être réduits en thiol, puis réoxydés afin de rigidifier la déformation. Cette réaction d'oxydoréduction constitue la base cosmétique des modifications de forme des cheveux.

On opère par ouverture temporaire du pont disulfure grâce à l'intervention d'un agent réducteur, en général un sulfite, sous forme de sel alcalin ou d'un mercaptan tel l'acide thioglycolique. Cette action de rupture a comme effet de transformer les ponts disulfures réticulants en thiols ou autres liaisons chimiques, assurant ainsi une plasticité et une capacité au glissement des chaînes polypeptidiques. Le cheveu pourra être modelé pendant cette phase (enroulement du cheveu sur bigoudis ou au contraire étirement du cheveu).

La permanente à froid comporte donc deux stades : une rupture des ponts disulfures pour permettre une nouvelle mise en forme, et une oxydation qui va reconstituer les ponts disulfures pour donner les propriétés de tenue aux cheveux.

Comme agents réducteurs, et malgré une odeur désagréable, les dérivés de l'acide thioglycolique restent les plus appropriés, notamment les sels d'ammonium qui combinent propriétés réductrices, régulation de pH et tolérance.

Dans ce domaine, la législation impose des normes de pH (6-9,5) et de concentration strictes (11% au maximum en acide thioglycolique). Le professionnel dosera au mieux les solutions en fonction de la nature, de la fragilité des cheveux et de la fréquence des traitements.

Le raidissement ou le défrisage sont des opérations de même nature: le raidissement de la forme enroulée ou crépée, l'étirement et le lissage nécessitent la réduction des ponts disulfures, puis la recombinaison par oxydation.

Travail demandé aux élèves.

En reprenant le texte de **Pierre Le Percec**, établir une démarche d'investigation qui permettrait de vérifier quelques affirmations données dans le texte.

Exemple :

Le cheveu mouillé est plus élastique que le cheveu sec et offre donc une amplitude supérieure à la déformation. En cosmétologie, on utilise cette capacité de l'eau et des tensioactifs pour déstabiliser ces interactions et rendre le cheveu moins résistant

Quelques pistes de travail :

Première séance : recherche d'informations plus précises

- Rechercher sur internet :
 - l'influence de l'eau sur le cheveux : augmentation de volume d'une chevelure, de la longueur d'un cheveux et de son épaisseur, de son élasticité, de sa limite de rupture ;
 - les différentes techniques de mesures.
- **Choisir une information à vérifier et rédiger un protocole expérimental.**
- **Faire valider le protocole par le professeur.**
- **Faire une liste précise du matériel nécessaire pour mettre en œuvre le protocole. Faire valider la liste de matériel par le professeur.**
- **Recommencer la même démarche dans le cas de la vérification d'une autre affirmation.**

Deuxième séance : manipulation

Le matériel demandé est sur votre paillasse. Effectuer la vérification de l'affirmation choisie et recommencer une autre expérience si une seconde affirmation est à vérifier.