



Séquence n°1

En quoi la crème solaire permet-elle de se protéger du soleil ?



La première protection solaire a vu le jour en 1935. Celle-ci permettait de se protéger des brûlures du soleil et fut commercialisée dans toute la France à l'instauration des congés payés. C'est seulement dans les années 50 que l'on prend conscience des dangers du soleil et de la nocivité du rayonnement UV. La première crème de haute protection est apparue en 1962 et c'est à partir des années 1980 que des études médicales ont été menées pour faire le lien entre exposition prolongée au soleil, cancer de la peau et vieillissement prématuré de l'épiderme.

La crème solaire protège du rayonnement UV. Le point de départ est de comprendre pour quelle raison le rayonnement UV est nocif pour la peau. On peut ensuite étudier le principe de protection des crèmes solaires, faire le lien entre la composition et l'indice de protection.

Après une séance consacrée à la recherche documentaire autour de la crème solaire, un ensemble d'activités expérimentales est proposé en lien avec la problématique.

Partie 1 : Quelle est la composition spectrale du rayonnement solaire ? Pourquoi les UV sont-ils plus nocifs que le rayonnement visible ?

Partie 2 : Quel est le principe de protection des crèmes solaires ? Qu'est-ce que l'indice d'une crème solaire ?

Partie 3 : Quelle est la composition chimique de la crème solaire (minérale et organique) ? Peut-on fabriquer soit même une crème solaire ?

Partie 4 : Quel est le lien entre l'indice d'une crème solaire et la durée d'exposition ?



PARTIE 1 : Quelle est la composition spectrale du rayonnement solaire ? Pourquoi les UV sont-ils plus nocifs que le rayonnement visible ?

ACTIVITE 1. Spectre du rayonnement solaire

- **Objectifs** : Etudier les différents domaines spectraux du rayonnement solaire
- **matériel** : spectromètre à fibre
- **Ressources disponibles** : protocole expérimental
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles** :

Les élèves réalisent eux-mêmes l'expérience si le matériel est disponible. Chaque binôme enregistre le spectre du rayonnement solaire. On amène les élèves à associer les différentes couleurs du spectre visibles aux longueurs d'onde. On fait remarquer que le capteur de lumière est sensible à une lumière invisible pour l'œil humain. Il s'agit des rayonnements UV et IR.

Document 1 : Expérience à réaliser

1. Orientez la fibre optique vers le soleil.
2. Réaliser le spectre de la lumière du soleil.
3. Quel est l'intervalle de longueurs d'onde correspondant aux couleurs visibles.
4. Existe-t-il des radiations invisibles à l'œil dans la lumière du soleil ? A quel domaine de longueur d'onde appartiennent-elles ?



ACTIVITE 2. Pourquoi les UV sont-ils dangereux pour la peau ?

- **Objectifs** : Etudier les mécanismes d'altération de la peau et faire le lien avec le lien avec l'énergie transportée par les ondes.
- **matériel** : aucun
- **Ressources disponibles** : sites internet
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles** :
L'effet des différents rayonnements est recherché
Voir doc formulation p.100-120

Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

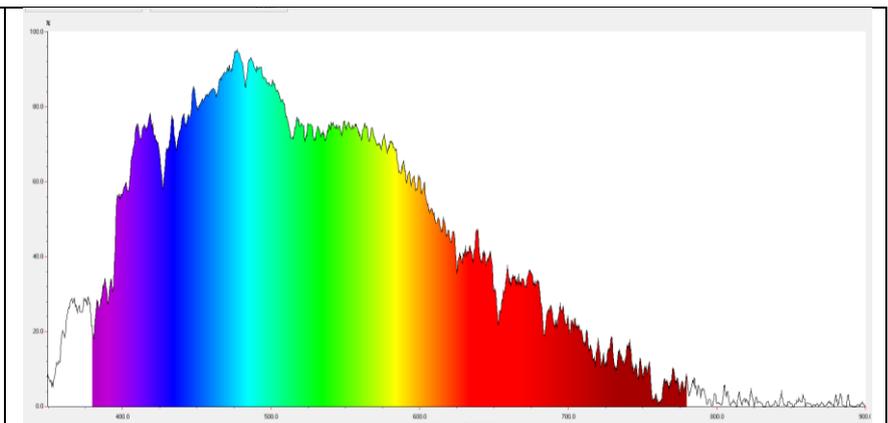
Activité 1 : spectre du soleil

Le spectre du soleil est continu.

Les longueurs d'onde des radiations visibles sont comprises entre 380 et 780 nm.

Certaines radiations sont invisibles pour l'œil.

Il s'agit des UV (courtes longueurs d'onde en dessous de 380 nm) et des IR (grandes longueur d'onde au dessus de 780 nm).





Activité 2 : les UV sont dangereux pour la peau.

Les rayonnements UV transportent de l'énergie qui dépend de leur longueur d'onde : $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$. On peut laisser les élèves réfléchir sur cette relation pour aboutir à la conclusion : l'énergie transportée est d'autant plus élevée que la longueur d'onde est courte.

- UVA : $315 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$.

Ils représentent près de 95 % du rayonnement UV qui atteint la surface de la Terre. Ils peuvent pénétrer dans les couches profondes de la peau et provoquer son vieillissement en détruisant les fibres de collagène. Ils sont moins cancérigènes que les UVB, mais non négligeables.

- UVB : $280 \text{ nm} < \lambda < 315 \text{ nm}$.

Ils sont en grande partie filtrés par l'atmosphère et représentent 5 % du rayonnement UV qui atteint la surface de la Terre, mais sont plus énergétiques que les UVA. Ils sont capables de produire de très fortes quantités de radicaux libres oxygénés et sont ainsi plus dangereux que les UVA : brûlures (coups de soleil), cancers cutanés.

- UVC : $100 \text{ nm} < \lambda < 280 \text{ nm}$.

Ces rayonnements sont les plus énergétiques, donc les plus nocifs. Ils sont cependant totalement filtrés par la couche d'ozone de l'atmosphère et n'atteignent pas la surface de la Terre.

Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées	Où dans cette séquence ?
APP	Rechercher et organiser l'information afin de relier les dangers de l'exposition au soleil avec les différents types d'UV	Activité n°2
REA	Réaliser le montage de l'expérience	Activité n°1 et n°2
VAL	Faire preuve d'esprit critique	Activité n°1
COM	Rédiger les réponses aux questions	Activité n°1, 2

PARTIE 2 : Quel est le principe de protection des crèmes solaires ? Qu'est-ce-que l'indice d'une crème solaire ?

ACTIVITE 1. Les différentes protections solaires, les indices de protection

- **Objectif** : distinguer les crèmes solaires organique et minérale en comparant leur mécanisme de protection associé.
- **Matériel fourni** : aucun
- **Ressources disponibles** : sites internet, revues scientifiques
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles** :
Les élèves doivent distinguer deux familles de crème :
 - Les crèmes organiques contiennent des principes actifs qui filtrent le rayonnement UV par absorption
 - Les crèmes minérales contiennent des principes actifs qui réfléchissent le rayonnement UV.

Les différents mécanismes de protection sont schématisés.

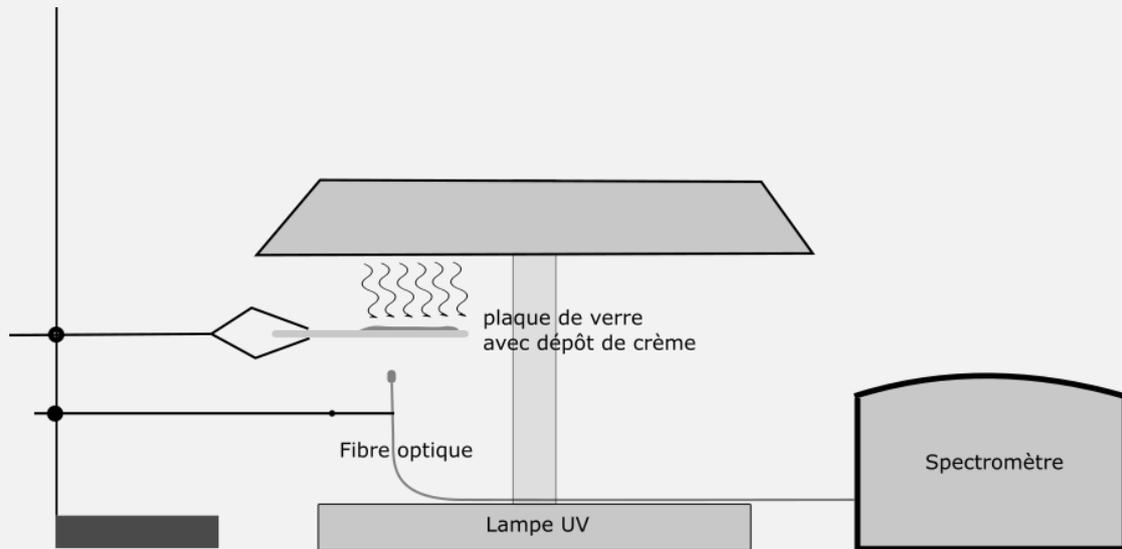
Les indices de protection sont reliés à la protection solaire en termes de transmission du rayonnement UV et de la stabilité chimique des principes actifs.

ACTIVITE 2. Une crème solaire organique d'indice élevé protège-t-elle mieux ?

- **Objectif** : comparer expérimentalement l'absorption ou la transmission du rayonnement UV
- **Matériel fourni** : spectromètre, lampe UV, plaque de verre, crèmes solaires de différents indices
- **Ressources disponibles** :
- **Explicitation des consignes, des attentes ; taches possibles** : Un protocole est élaboré par les élèves pour répondre à la question. Après une mise en commun un protocole est établi pour tous les élèves.



Document 2 : Expérience à réaliser



1. Disposer la plaque de verre sous la lampe UV.
2. Placer l'extrémité de la fibre optique sous la plaque de verre. L'autre extrémité est reliée au spectromètre.
3. Réaliser le spectre de la lumière transmise par la plaque de verre.
4. Déposer de la crème solaire sur la plaque de verre.
5. Placer la plaque à nouveau sous la lampe UV.
6. Réaliser et superposer le spectre de la lumière transmise à travers l'ensemble verre+crème à celui du verre seul.



Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

Activité 1 : Les différentes crèmes solaires.

Les crèmes organiques contiennent des substances qui filtrent le rayonnement UV.

En revanche les crèmes minérales réfléchissent la lumière UV.

L'indice de protection des crèmes solaires est associé à deux propriétés : la **quantité de lumière absorbée** et la **photostabilité**.

Le tableau ci-dessous indique le pourcentage d'absorption des UV en fonction de l'indice de protection. De ce point de vue la différence entre les crèmes d'indice 20 à 50 est faible.

Indice de protection	Pourcentage d'absorption des UV
IP 2	50%
IP 15	93%
IP20	95%
IP 30	97%
IP 50	98%

En revanche la **photostabilité** est liée à la durée d'exposition permise sans attraper de coups de soleil. Un indice de 30 indique que l'application de la crème multiplie par 30 la dose d'UV nécessaire pour attraper un coup de soleil.

Autrement dit, c'est cette propriété de photostabilité qui permet de distinguer l'efficacité d'une crème en fonction de son indice. En effet, une crème d'indice élevé permettra de protéger plus longtemps qu'une crème d'indice faible.

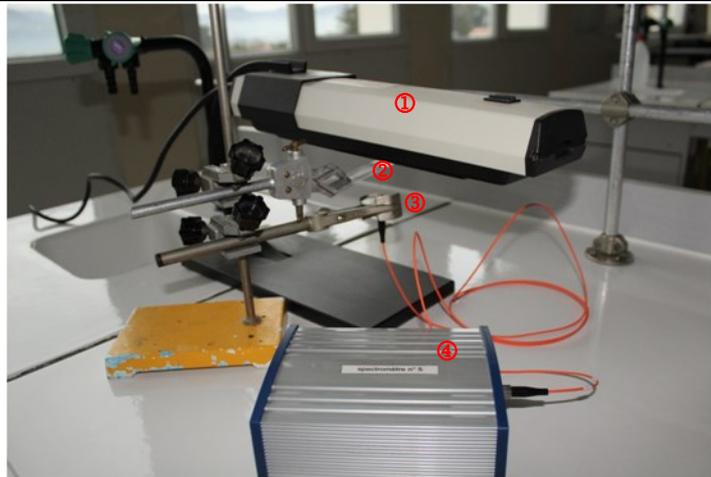
Activité 2: Une crème solaire d'indice élevé protège-t-elle mieux ?

Les courbes ci-contre sont obtenues en réalisant l'expérience du document 2.

Il s'agit de spectres en transmission. On voit l'efficacité de la crème qui filtre bien le rayonnement UV.

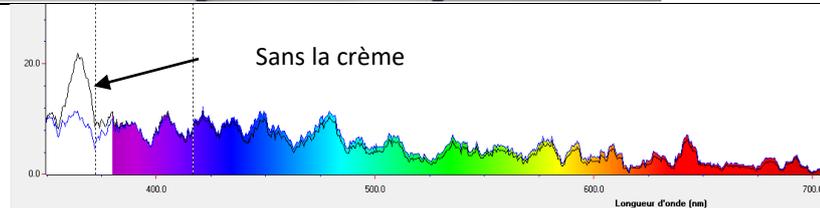
Montage expérimental

- ① : lampe UV
- ② : lame de verre + crème
- ③ : tête de la fibre optique
- ④ : spectromètre



Spectres en transmission obtenus

On réalise deux spectres avec la lame de verre au dessus de la tête de fibre optique : un sans la crème (le verre absorbe un peu les UV) et un avec la crème.



On définit l'absorbance comme grandeur caractéristique de l'absorption des UV.

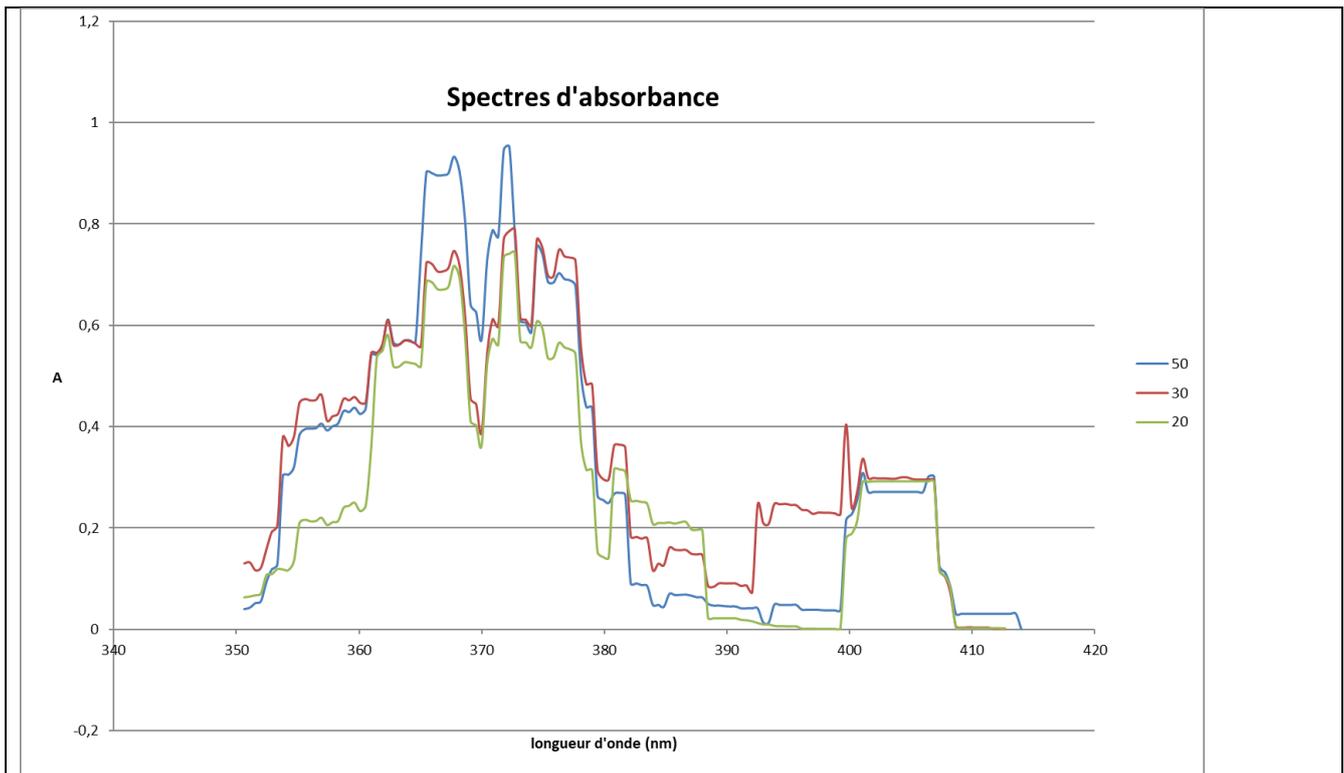
On réalise le spectre d'absorption des 3 crèmes et on les superpose (un blanc est réalisé avec la lame de verre).

Il y a peu d'écart entre les 3 courbes. Il est difficile d'étaler la même quantité de crème pour les 3 indices. De plus, la puissance filtrée pourrait être déterminée en intégrant sur tout le spectre sachant que l'on ne voit qu'une partie des UVA (certaines crèmes absorbent dans certains domaines de longueurs d'onde et d'autres non). Pour ces raisons on ne peut pas comparer l'absorption pour les 3 crèmes.

En revanche on remarque que l'absorbance est maximale autour de 370 nm.

On ne peut rien dire sur l'absorption des UVB par la crème avec le spectromètre et aussi sur une partie des UVA (on voit que l'étendue de mesure du spectromètre recouvre partiellement le spectre des UVB (350 à 400 nm)).

Le protocole peut être amélioré en réalisant une spectrophotométrie UV. Dans ce cas une quantité de crème définie est solubilisée dans un solvant.



Ce qu'il faut savoir faire :

Compétences	Capacités associées	Où dans cette séquence ?
APP	Rechercher et organiser l'information autour des différentes familles de crème, les différents mécanismes de protection et la définition des indices de crème solaire.	Activité n°1
ANA	Proposer un protocole expérimental permettant de mesurer la transmission du rayonnement UV par la crème solaire.	Activité n°2
REA	Réaliser le montage de l'expérience	Activité n°2
	Réaliser les mesures d'absorbance ou de transmission.	
	Tracer les courbes d'absorbance à l'aide d'un tableur grapheur si c'est nécessaire	
VAL	Comparer les courbes d'absorbance et adopter un regard critique sur la validité des résultats.	Activité n°2
COM	Rédiger les réponses aux questions	Activité n°1, 2



PARTIE 3 : Peut-on fabriquer soit même une crème solaire ?

ACTIVITE 1. Quelle est la composition chimique de la crème solaire (minérale et organique) ?

- **Objectif** : identifier les principales substances chimiques responsables de la protection solaire.
- **Matériel fourni** : aucun
- **Ressources disponibles** : sites internet, composition des crèmes solaires
- **Explicitation des consignes, des attentes, tâches possibles** :

La formulation des crèmes solaires est complexe. Il est possible de détailler le rôle de chaque constituant : produit actif (responsable de la protection), excipient et additif pour améliorer certaines propriétés (conservateur, parfums...).

ACTIVITE 2. Fabrication d'une crème solaire minérale

- **Objectif** : caractériser l'efficacité d'une crème solaire minérale fabriquée au laboratoire
- **Matériel fourni** : crème hydratante, oxyde de zinc, dioxyde de titane
- **Ressources disponibles** : sites internet
- **Explicitation des consignes, des attentes ; tâches possibles** :

Une crème minérale est fabriquée en mélangeant une crème hydratante et de l'oxyde de zinc.

Une recherche est effectuée pour déterminer les quantités de chaque élément de la crème. Le pourcentage en masse d'oxyde de zinc est calculé et indiqué. L'absorbance de la crème minérale seule est comparée avec celle de la crème hydratante.

Il est également possible de compléter cette activité avec la fabrication complète de la crème hydratante à partir de produits naturels.

Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

Exemple de composition de crème

Beaucoup de filtres organiques sont contenus dans la crème :

- Ethylhexyl salicylate
- Butyl methoxydibenzoylmethane (UVA)
- Octocrylene (UVB)
- Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl triazine (UVA/UVB)
- Ethylhexyl triazone (UVA/UVB)
- Drometizole trisiloxane (UVA/UVB)

On retrouve également un filtre minéral, le dioxyde de titane

D'autres composés sont présents dans la crème et constituent la formule de la crème :

- C12-15 alkyl benzoate : facilité l'étalement de la crème
- Glycerin : solvant
- Polyester-5 : agent filmogène et agent de contrôle de la viscosité
- Poly c10-30 alkyl acrylate : stabilisateur d'émulsions et un agent de viscosité



Activité 2 : fabrication d'une crème solaire minérale

Composition de la crème

On mélange de l'oxyde de zinc à de la crème hydratante. On réalise un mélange à 20% en masse d'oxyde de zinc et on analyse l'efficacité de la crème réalisée :

- 1 g d'oxyde de zinc
- 5 g de crème hydratante

① : crème hydratante

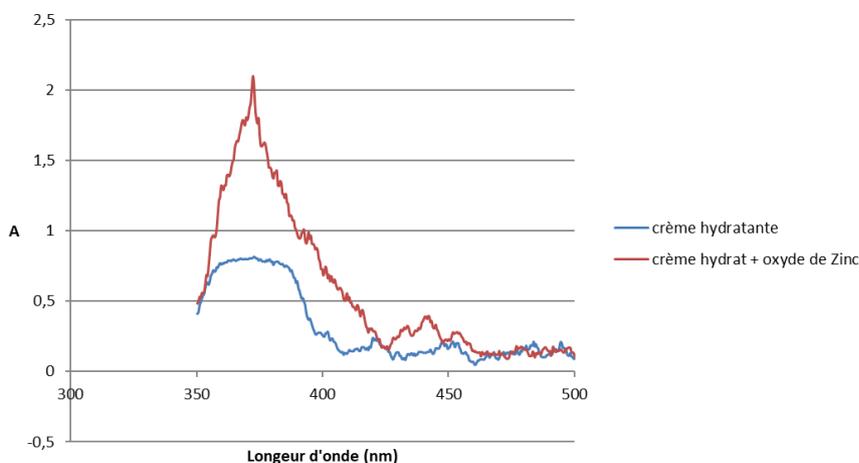
② : oxyde de zinc

La formulation de la crème peut également faire l'objet d'une activité supplémentaire en s'intéressant au rôle de chaque constituant.



La crème filtre bien les UV. L'absorbance est maximale vers 370 nm. La crème hydratante seule filtre une petite partie des UV. D'autres essais doivent être faits pour estimer la quantité minimale d'oxyde de zinc à incorporer dans le mélange.

Absorbance en fonction de la longueur d'onde



Compétences	Capacités associées	Où dans cette séquence ?
APP	Rechercher et organiser l'information afin de déterminer la composition chimique des différentes crèmes et le rôle des principaux constituants.	Activité n°1
ANA	Proposer un protocole pour la fabrication d'une crème minérale (à partir d'une base existante)	Activité n°2
REA	Réaliser le protocole	Activité n°2
	Réaliser les mesures d'absorbance des crèmes fabriquées.	
VAL	Estimer l'efficacité de la crème fabriquée et relier avec le pourcentage massique d'oxyde de zinc	Activité n°2
COM	Rédiger les réponses aux questions	Activité n°1, 2



PARTIE 4 : Quel est le lien entre l'indice d'une crème solaire et la durée d'exposition ?

ACTIVITE 1. Etude de la photostabilité d'une crème par spectrométrie

- **Objectif** : relier l'indice d'une crème à sa photostabilité
- **Matériel fourni** : spectromètre, différentes crèmes solaires
- **Ressources disponibles** : documents sur la photostabilité des crèmes solaires
- **Explicitation des consignes, des attentes, tâches possibles** :

Le protocole expérimental est recherché par les élèves. Il est identique à celui du document 2.

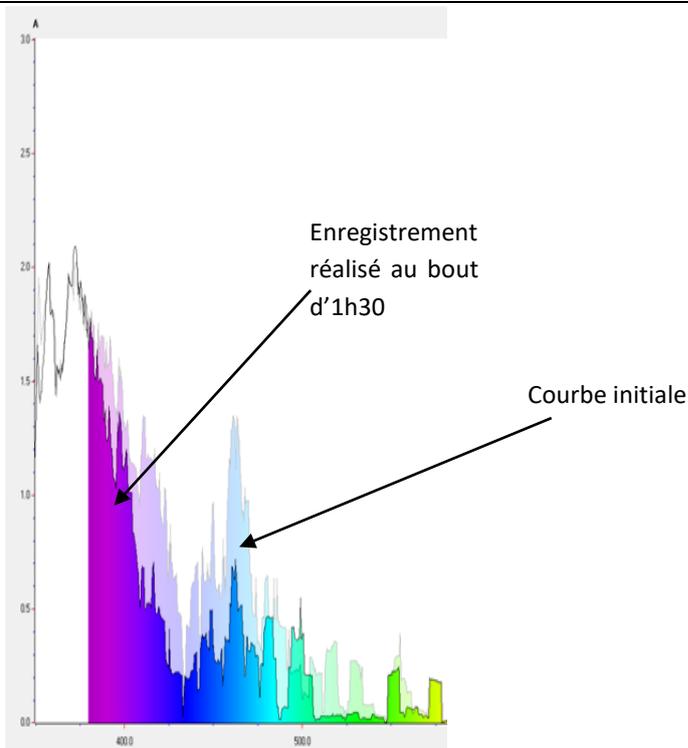
Le spectre d'absorbance initial est réalisé pour les crèmes d'indice 20 et 50.

Au bout d'1h30 le spectre est à nouveau réalisé pour étudier la photostabilité de la crème solaire.

Résultats d'expériences et dispositifs expérimentaux

Activité 1 : comparaison de la photostabilité de deux crèmes

On voit sur le spectre d'absorbance que la crème a perdu de l'efficacité, elle s'est dégradée dans le temps. En revanche il est difficile de faire la différence entre deux crèmes d'indices différents.



**Ce qu'il faut savoir faire :**

Compétences	Capacités associées	Où dans cette partie ?
APP	Rechercher et organiser l'information afin d'estimer la durée d'exposition au soleil avec une protection solaire donnée	Activité n°1
ANA	Proposer un protocole expérimental pour montrer l'instabilité photochimique de la crème.	Activité n°1
REA	Réaliser le protocole expérimental	Activité n°1
VAL	Confronter les résultats expérimentaux au modèle de photostabilité d'une crème solaire	Activité n°1
	Faire preuve d'esprit critique sur la pertinence du protocole expérimental afin de relier les durées d'exposition à l'indice d'une crème solaire	Activité 1
COM	Rédiger les réponses aux questions	Activité n°1