Thème 2. Le Soleil, notre source d'énergie (LSSE).
LSSE1. Le rayonnement solaire.

Sommaire

1. La variation journalière de l'ensoleillement. Document 1. 2

2. La variation latitudinale de l'ensoleillement. Document 2. 3

3. La variation saisonnière de l'ensoleillement. Documents 3 à 5. 4

Exercice 1. Documents 6 et 7. 6

Exercice 2. Document 8. 6

4. Les effets de l'exposition au rayonnement solaire Documents 9 à 20. 7

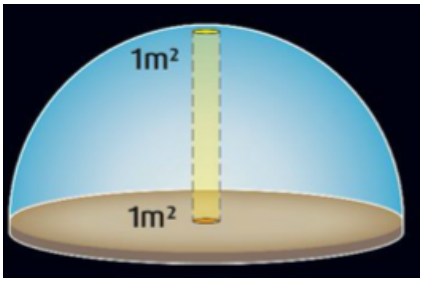
1. La variation journalière de l'ensoleillement. Document 1.

Document 1. Comparaison de la surface éclairée à l'équateur par un faisceau lumineux de même diamètre à différentes heures de la journée.

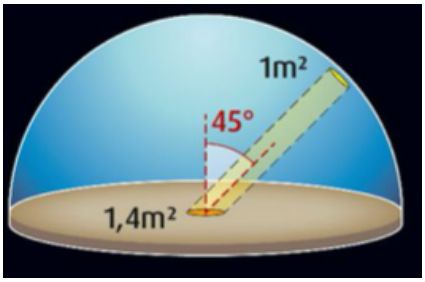
D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

Entre son lever et son coucher, le Soleil décrit une trajectoire circulaire dans le ciel. Aussi, l'angle entre les rayons solaires et la normale à la surface du sol varie.

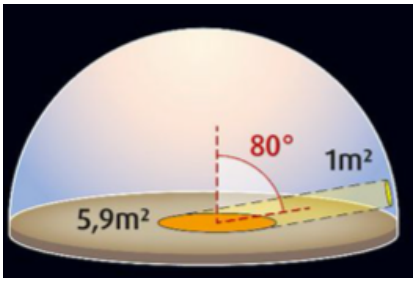
Midi



Après-midi



Coucher du Soleil



- **Placer** les points cardinaux sur le schéma et **justifier** leur emplacement.
- **Définir** « zénith » et **indiquer** sur quel schéma le soleil est au zénith. Serait-ce possible en France (latitude 45°) ?
- **Justifier** la configuration où l'énergie reçue au sol est la plus importante.
- **Simuler** le schéma avec le globe (situation de l'équateur à l'équinoxe).

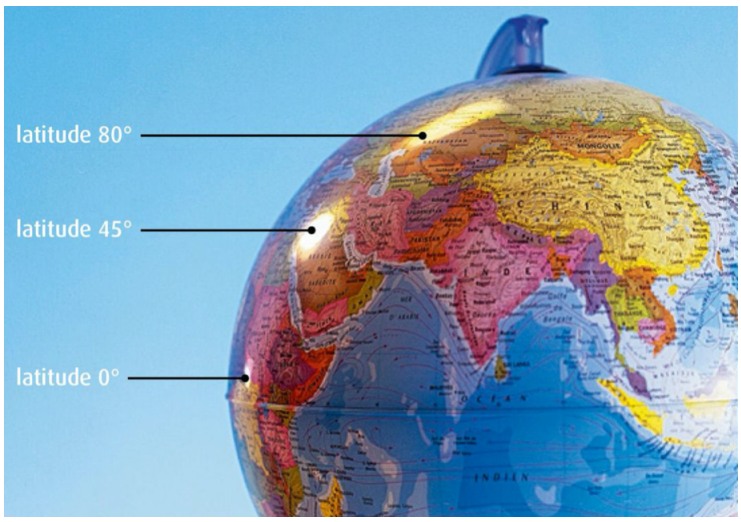
Pour info : animation de la rotation de la Terre
https://fr.wikipedia.org/wiki/Rotation_de_la_Terre#/media/Fichier:Earth_rotation.gif
QR code d'accès :

2. La variation latitudinale de l'ensoleillement. Document 2.

Document 2. Comparaison de la surface éclairée par un faisceau lumineux de même diamètre à différentes latitudes.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

Le tableau donne la surface terrestre qui est éclairée, à différentes latitudes, par un faisceau lumineux dont la section fait 1 m^2.



Latitude	**0°**	**45°**	**80°**
Surface éclairée	1 m^2	1,4 m^2	5,9 m^2

* Latitude : angle formé entre la verticale du lieu et l'équateur.

Note pour la réalisation d'un schéma : le Soleil est une source de lumière très éloignée de la Terre : on peut considérer que ses rayons arrivent tous parallèlement entre eux à la surface de la Terre.

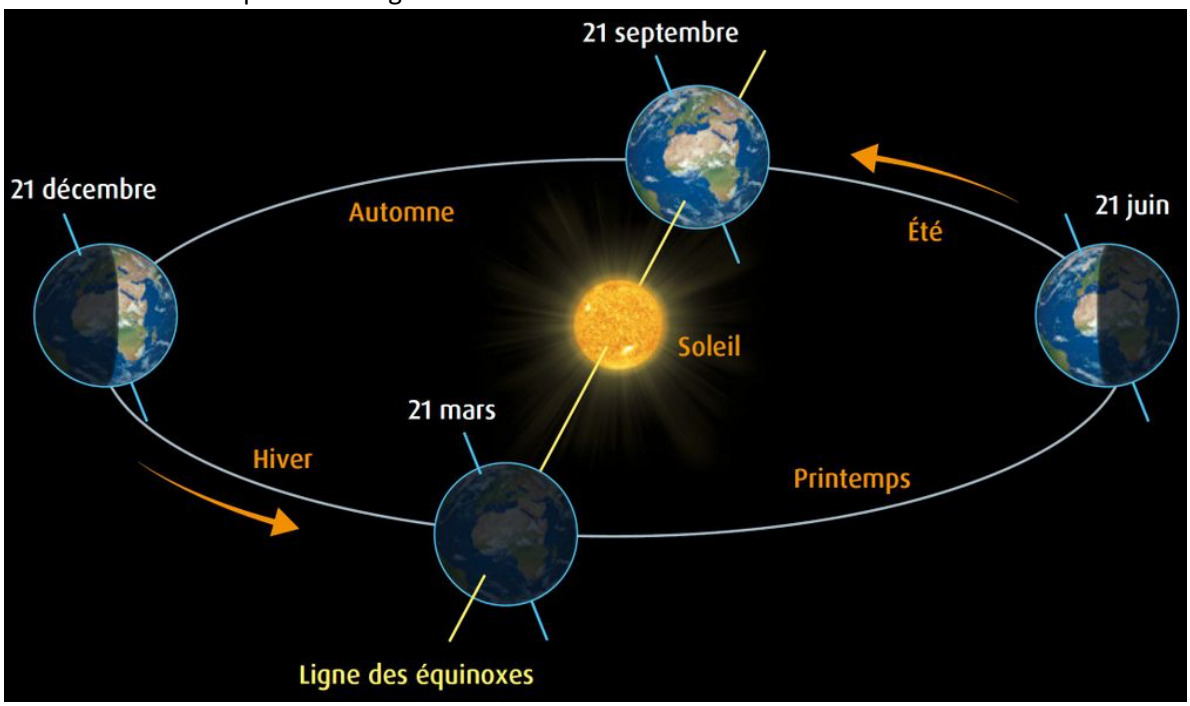
- Vous disposez d'un globe, d'une source lumineuse et d'orifices (fenêtres) par lesquels passe la lumière. **Tâcher** de disposer le globe tel que sur la photo (pour ne pas tenir compte de l'inclinaison de l'axe de rotation).
- **Éclairer** trois latitudes différentes de l'hémisphère nord comme indiqué dans le tableau : 0° (soit l'équateur), 45° (soi à mi-chemin entre l'équateur et le pôle Nord) et 80° (soit légèrement sous le pôle Nord).
- **Utiliser** un papier pour **tracer** les surfaces éclairées sur le globe, et en **calculer** approximativement la surface.
- **Calculer** la surface de la fenêtre éclairante.
- **Déterminer** l'angle entre les rayons solaires et la normale à la surface du sol varie (= l'angle d'incidence des rayons lumineux).
- **Expliquer** comment varie la répartition de l'énergie solaire suivant les latitudes.

3. La variation saisonnière de l'ensoleillement. Documents 3 à 5.

Document 3. Les saisons dans l'hémisphère Nord.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

L'axe de rotation de la Terre est incliné de 23° par rapport à la perpendiculaire à son plan orbital. C'est cette inclinaison qui est à l'origine des saisons.



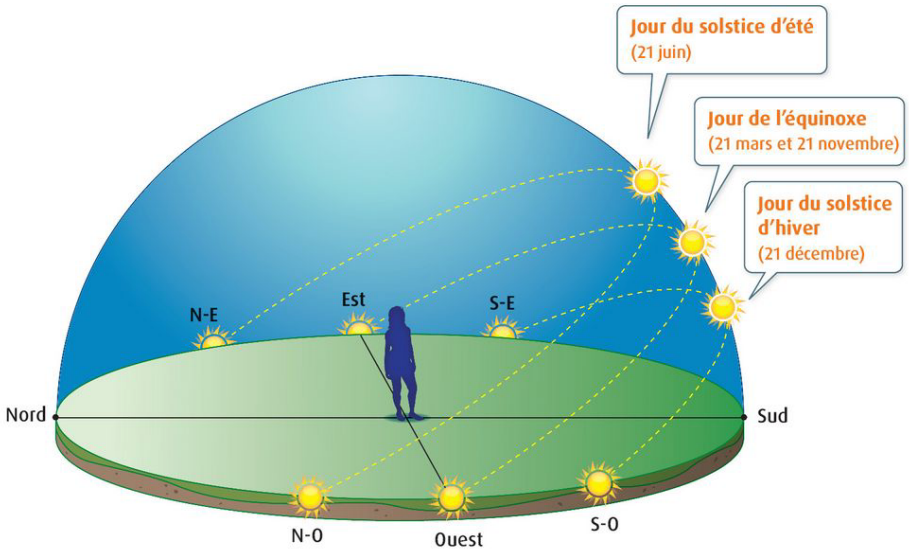
Note pour la réalisation d'un schéma. Le Soleil est une source de lumière très éloignée de la Terre : on peut considérer que ses rayons arrivent tous parallèlement entre eux à la surface de la Terre.

Remarque : la Terre est au plus proche du Soleil (périhélie) le 3 janvier, alors qu'elle en est la plus éloignée le 4 juillet (aphélie).

Document 4. Trajectoire du Soleil dans le ciel de l'hémisphère Nord en fonction de la saison.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

À midi, le Soleil atteint sa hauteur maximale dans le ciel le jour du solstice d'été et sa hauteur minimum le jour du solstice d'hiver. Ces hauteurs dépendent de la latitude du lieu.

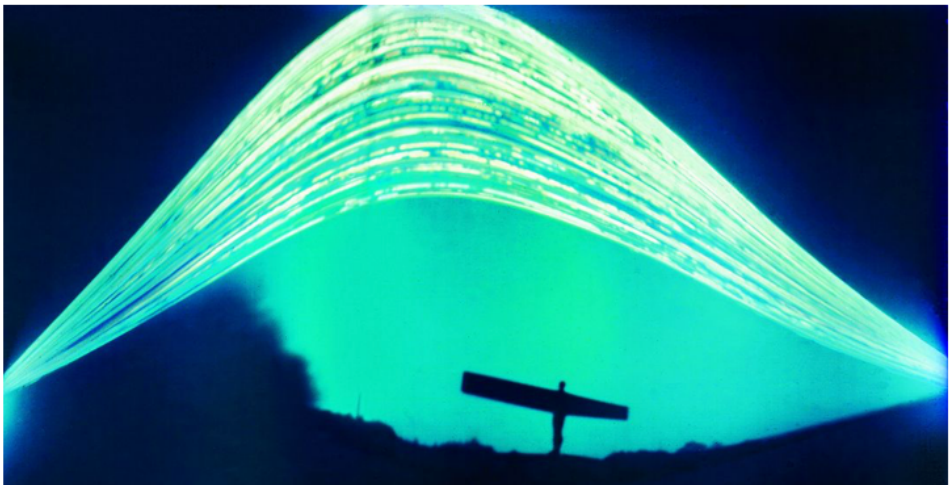


- **Montrer** que l'axe de rotation du globe est incliné de 23° par rapport à la perpendiculaire à son plan orbital et que c'est cette inclinaison qui est à l'origine des saisons.
- **Utiliser** le globe et une lampe pour le démontrer.

Document 5a. Photographie des trajectoires du Soleil dans le ciel.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

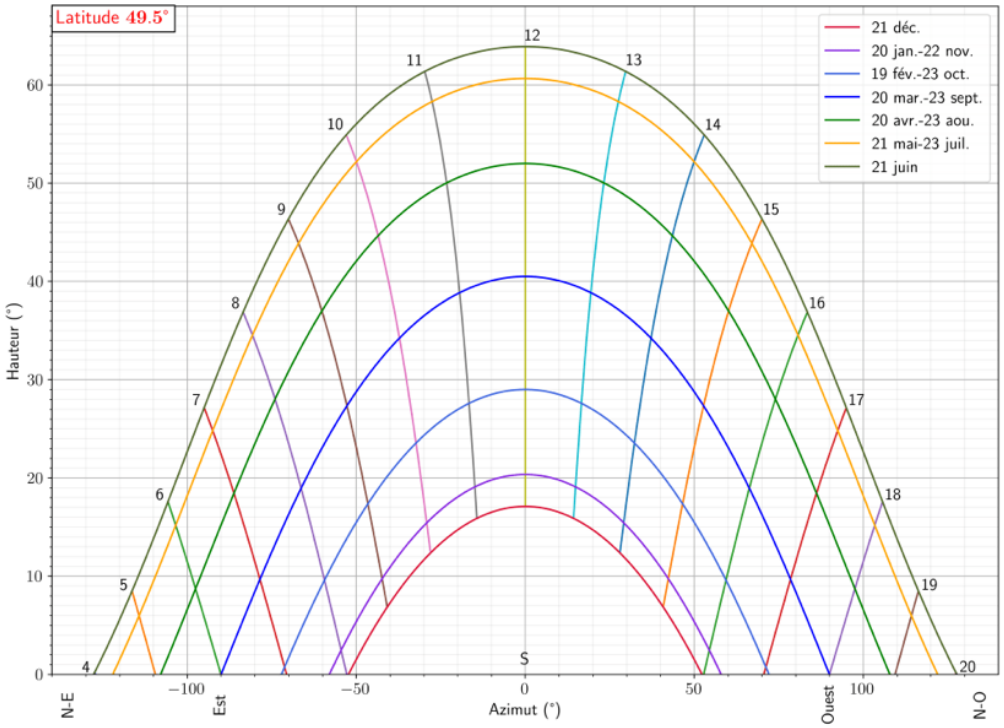
Le photographe Justin Quinnell a capturé, sur une même photographie, toutes les trajectoires quotidiennes du Soleil du 19 décembre 2007 (trajectoire du bas) au 21 juin 2008 (trajectoire du haut).



Document 5b. Diagramme solaire pour la latitude 49,5° (Le Havre)

Il serait similaire pour Paris (48,9°).

D'après https://www.astrolabe-science.fr, consulté le 30/11/2023



Dans ce diagramme, on place en abscisses l'azimut et la hauteur en ordonnées.

Trajectoires du Soleil dans le ciel au cours de l'année.

https://youtu.be/adJPV-sz5AI?list=TLGG8lOCZ2quQqIwNzExMjAyMQ

QR code d'accès :

Variations saisonnières de l'éclairement.

https://www.youtube.com/watch?v=EB8IL69TIv0

QR code d'accès :

Exercices d'application

Exercice 1. Documents 6 et 7.

Document 6. Températures moyennes mensuelles et latitudes de six villes à travers le monde.

D'après Enseignement scientifique Première, Belin 2019

Mois / Temp. (°C)	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Paris	2,9	8	11,3	11,9	17	21,8	22	20,9	16,4	15,1	8,8	6,3
Abu Dhabi	20,9	19,2	25,4	30,6	33,5	35,4	39,2	38,4	35,3	32	27,2	22
Moscou	-8	-4,8	2,5	5,6	10,9	14,7	18,2	19	13,4	5	-1,5	-6,2
Asunción	29,1	28	27	22,8	21,2	18,8	20,8	22,9	22,4	24,3	24,6	28,1
Nairobi	20,7	21,8	22,7	21,6	20,3	19,5	19,1	19,6	19,7	21,7	20,1	20,7
Christchurch	17	17,1	15,2	12,4	8,2	6,7	5,9	8,3	10,5	12,2	13,9	15,8

Par convention, une **température moyenne journalière** est déterminée à partir des températures minimale et maximale : $Tmoy = \frac{Tmin + Tmax}{2}$

Une **température moyenne mensuelle** est la moyenne des températures moyennes journalières.

Document 7. Localisation des villes étudiées (carte et latitudes).



Latitudes.

Paris (48,9°N)
Abu Dhabi (24,5°N)
Moscou (55,8°N)
Asunción (25,3°S)
Nairobi (1,29°S)
Christchurch (43,5°S)

Questions

1. **Réaliser** un graphique montrant l'évolution des températures moyennes au cours de l'année pour deux villes puis **expliquer** les évolutions avec vos connaissances.
2. **Calculer** les températures moyennes annuelles des six villes et **expliquer** les différences (attention, calcul différent de celui exposé en haut de page). **Expliquer** aussi les variations annuelles pour les différentes villes.

Exercice 2. Document 8.

On considère par simplification que la puissance solaire* reçue par unité de surface vaut 1 000 $W.m^{-2}$ à l'équinoxe.

On réalise ensuite une expérience : un faisceau lumineux avec une section de 1 m^2 est dirigé vers un plan. On fait varier l'inclinaison du faisceau et on mesure l'aire de la surface éclairée en fonction de l'angle formé avec la perpendiculaire.

Document 8. Résultats des mesures.

Angle entre le faisceau lumineux et la perpendiculaire (en °)	Angle par rapport à la surface du sol (en °)	Aire de la surface éclairée sur le plan (en m^2)
14	76	1,03
55	35	1,74
64	26	2,28

** Puissance solaire reçue : elle représente l'énergie solaire reçue sur chaque mètre carré en une seconde et s'exprime en $W.m^{-2}$ dans le système international.*

Question.

Calculer la puissance solaire reçue par m^2 pour chacune des trois latitudes et en **donner** les conséquences.

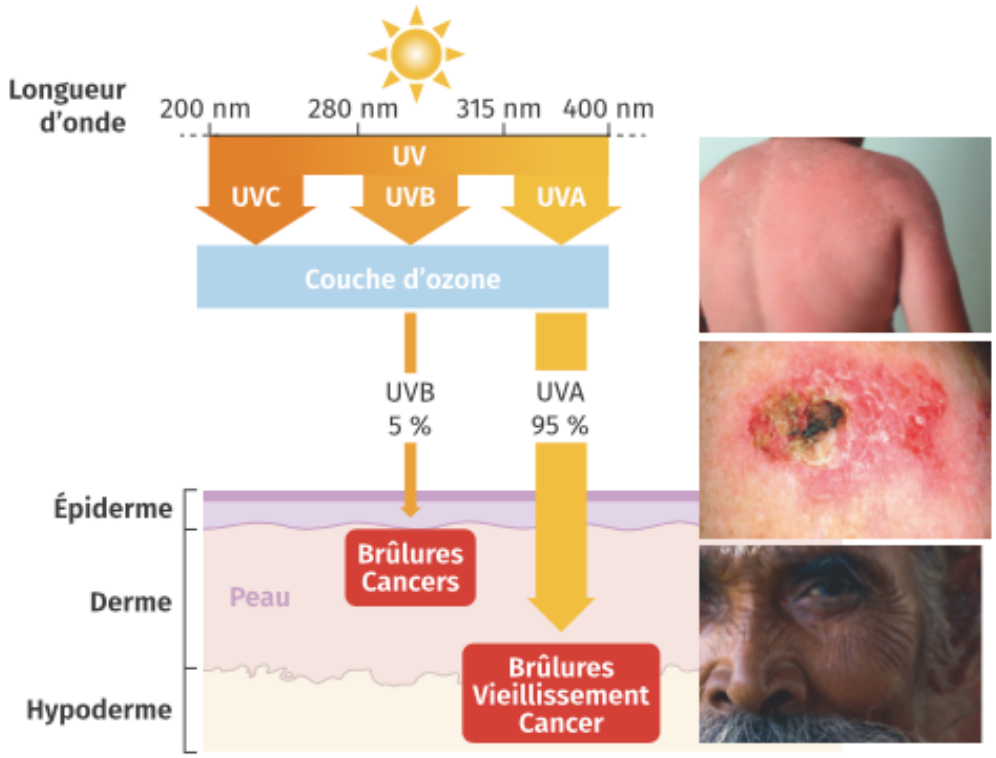
4. Les effets de l'exposition au rayonnement solaire Documents 9 à 20.

Document 9. Les UV et la peau.

D'après Enseignement scientifique Première, Bordas et Le Livre Scolaire 2023

La peau humaine est composée de trois couches principales :

- l'**épiderme**, couche externe de la peau et première ligne de défense contre les éléments extérieurs. Il se compose de plusieurs couches de cellules. Parmi elles, les **kératinocytes** produisent de la kératine, conférant à la peau sa résistance. Les **mélanocytes** produisent de la **mélanine**, qui **protège des UV** et qui est à l'origine de la **couleur de la peau**.
- Le **derme**, couche intermédiaire de la peau contenant des fibres de collagène, qui donnent à la peau son **élasticité et sa fermeté**. Le derme contient également des vaisseaux sanguins, des follicules pileux et des glandes sudoripares.
- L'**hypoderme**, couche la plus profonde de la peau qui est composée de tissu adipeux et de fibres de collagène. L'hypoderme permet notamment de réguler la température corporelle en jouant le rôle d'isolant thermique.



Note : les trois photographies montrent respectivement, de haut en bas, un coup de soleil, un mélanome et les effets du vieillissement cutané.

Les **rayons ultraviolets** émis par le Soleil sont pour certains absorbés par l'ozone de la stratosphère (la « **couche d'ozone** »).
Les **UVA** sont responsables du **bronzage** car ils activent la synthèse de **mélanine** (le pigment brun de la peau) mais aussi du **photovieillissement** (destruction du collagène et des fibres élastiques du derme). Ils sont aussi à l'origine de certains **cancers** du derme. Les **UVB** altèrent l'**ADN**, ce qui peut conduire à des **mélanomes** (cancers de la peau) mais aussi à des brûlures, les « **coups de soleil** ». Les **UVC**, quant à eux, sont potentiellement mortels pour les êtres vivants (lésions irréversibles de l'**ADN**).

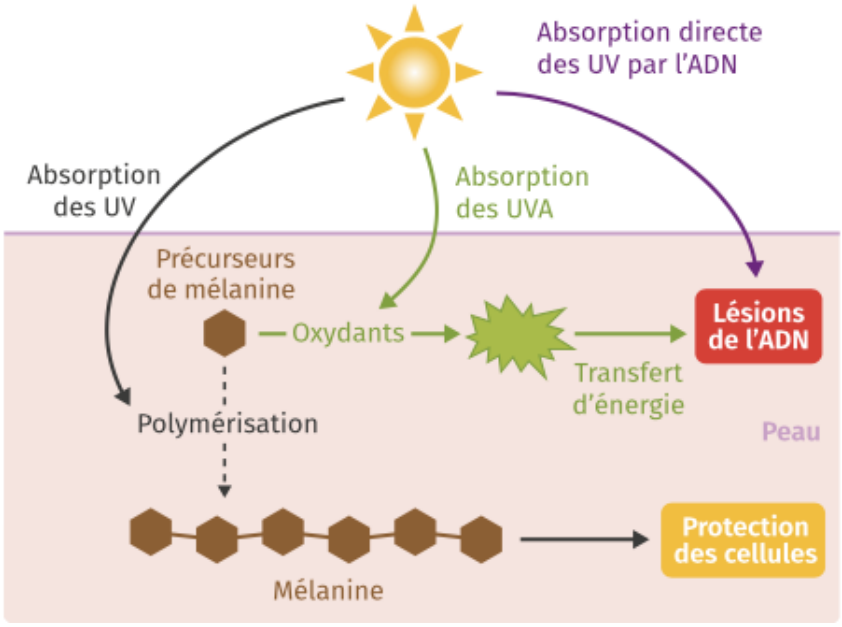
Pistes pour le travail demandé.

- **Détailler** la structure de la peau.
- **Montrer** que les UV sont plus ou moins interceptés par la couche d'ozone et qu'ils provoquent des dégâts sur la peau et l'ADN des cellules.

Document 10. Le rôle de la mélanine face aux UV.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

La **mélanine** est un pigment sombre formé par les **mélanocytes**, des cellules spécialisées situées à la base de l'épiderme. Elle est ensuite transférée vers les couches supérieures de la peau.
La synthèse de mélanine dépend de **facteurs génétiques** mais aussi de l'**environnement**. Sous l'effet des rayons UV, l'ensemble des réactions de synthèse de la mélanine sont activées, et la peau est alors plus brune (**bronzage**).



La **mélanine absorbe une partie des rayons UV reçus** par la peau et protège ainsi l'ADN des lésions qu'ils peuvent directement causer. Paradoxalement, des chercheurs ont montré que dans le même temps, sous l'effet des UVA, les précurseurs de la mélanine pouvaient eux-mêmes être transformés en composés oxydants capables de générer des **lésions dans l'ADN**.
Ces altérations de l'ADN peuvent être responsables de **cancers** de la peau.

Document 11. Les différents phototypes : une gamme de couleur de peau.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

En fonction de la quantité de mélanine présente dans la peau, on définit des **phototypes** permettant d'évaluer la capacité à bronzer sans brûler, ainsi que la sensibilité aux rayons UV.

Phototype	Couleur de la peau avant exposition au Soleil	Bronzage obtenu facilement	Sensibilité au Soleil
I	Laiteuse	Aucun	Extrêmement sensible
II	Claire	Léger	Très sensible
III	Mate	Foncé	Modérément sensible
IV	Très mate	Très foncé	Peu sensible
V	Foncée	Très foncé - Noir	Très peu sensible
VI	Très foncée - Noire	-	Extrêmement peu sensible

Pistes pour le travail demandé.

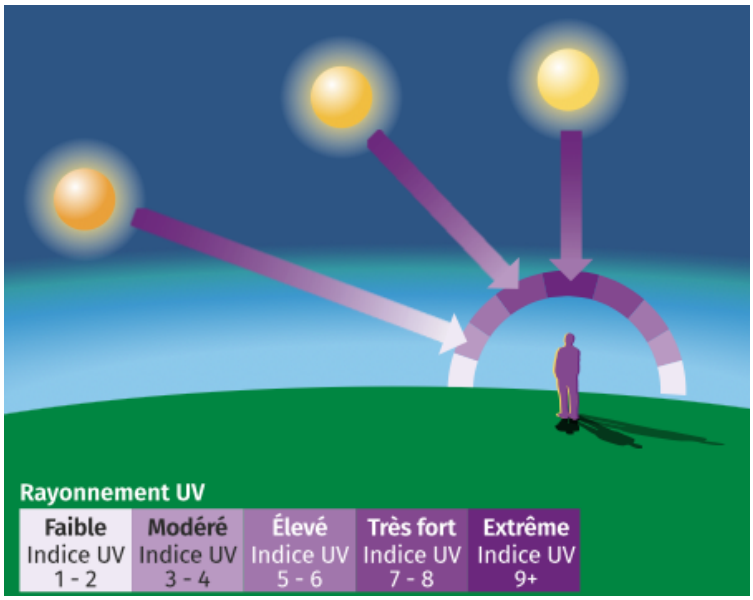
- **Exposer** le rôle de la mélanine face aux UV.
- **Montrer** que nous ne sommes pas tous égaux vis-à-vis des UV.

Document 12. L'indice UV.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

Avant d'atteindre la surface terrestre, les rayons du Soleil traversent l'**atmosphère**. Les UV y sont en partie absorbés, notamment par la **couche d'ozone**.

Plus **le soleil est bas sur l'horizon**, plus **l'épaisseur** de la couche d'atmosphère traversée est grande et donc plus la quantité d'**UV** parvenant au sol est faible. L'**indice UV** exprime l'intensité du rayonnement UV et le risque qu'il représente pour la santé. Cet indice varie donc en fonction de l'heure de la journée, de la saison mais aussi de la latitude.

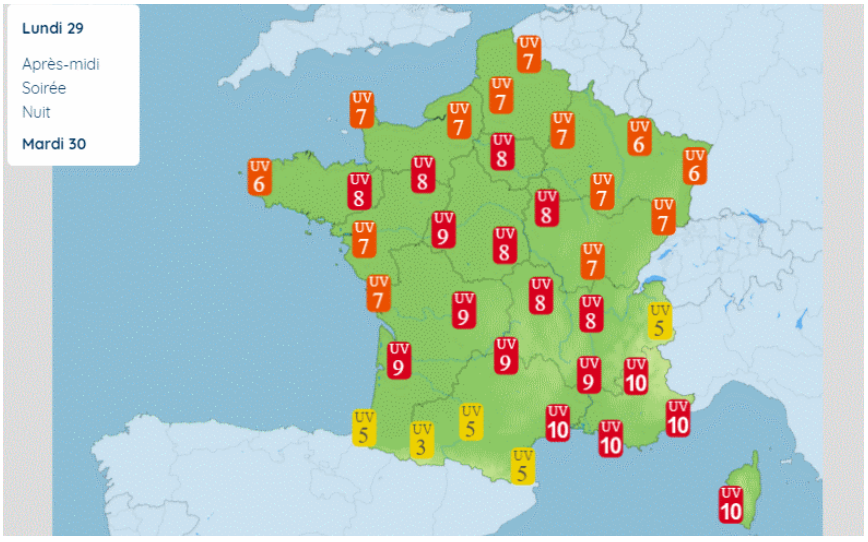


Document 13. Temps au bout duquel une peau sans protection solaire aurait un coup de soleil léger.

Indice UV	Phototype I peau extrêmement sensible	Phototype III peau modérément sensible
Indice UV 11 et +	10 min	20 min
Indice UV 9 et 10	15 min	30 min
Indice UV 7 et 8	20 min	40 min
Indice UV 5 et 6	25 min	50 min
Indice UV 3 et 4	40 min	80 min

Document 14. Exemple de carte présentant les indices UV.

D'après https://meteofrance.com, consulté le 30/11/23



Document 15. Indice SPF d'une crème solaire.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

L'**indice de protection** (IP), appelé *Sun protection factor* (SPF) en anglais, exprime l'efficacité des produits de protection solaire contre les UVA et les UVB. Plus il est élevé, plus il filtre efficacement ces rayons UV. La plupart des instances recommandent d'utiliser une crème IP 30 ou plus, en complément de la protection vestimentaire.

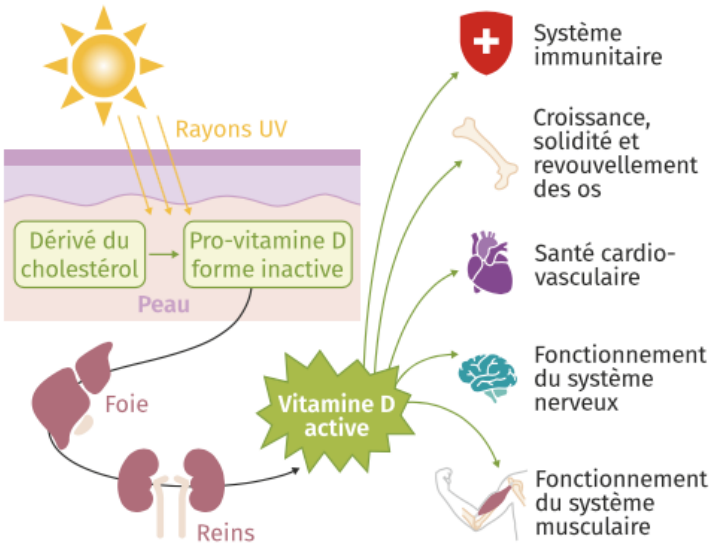
Pistes pour le travail demandé.

- **Présenter** l'indice UV et **montrer** sa variation au cours de la journée et des saisons.
- **Faire** le lien entre indice UV et coup de soleil léger.
- **Montrer** l'intérêt des crèmes solaires et d'autres mesures de protection que vous présenterez.

Document 16. La synthèse de la vitamine D grâce au soleil.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

Les rayonnements solaires nous permettent de produire 80 % des besoins en **vitamine D** (le reste est apporté par l'alimentation). **15 à 20 minutes d'exposition** solaire par jour sont recommandées.
Parmi de nombreuses fonctions, la vitamine D joue un rôle essentiel dans la **fixation du calcium** sur les os. Des études ont également montré une amélioration des fonctions cérébrales en cas de maladie d'Alzheimer ou de sclérose en plaques, maladies atteignant le système nerveux.



Document 17. Le rachitisme, une carence en vitamine D.

D'après Enseignement scientifique Première, Le Livre Scolaire 2023

Le **rachitisme** carentiel est une maladie de la croissance et de l'ossification observable dès le plus jeune âge. Il se manifeste par des déformations osseuses, mais aussi des troubles cardiaques et des infections pulmonaires. Dans les pays européens, les enfants sont actuellement supplémentés en vitamine D à la naissance, puis au cours de l'hiver.

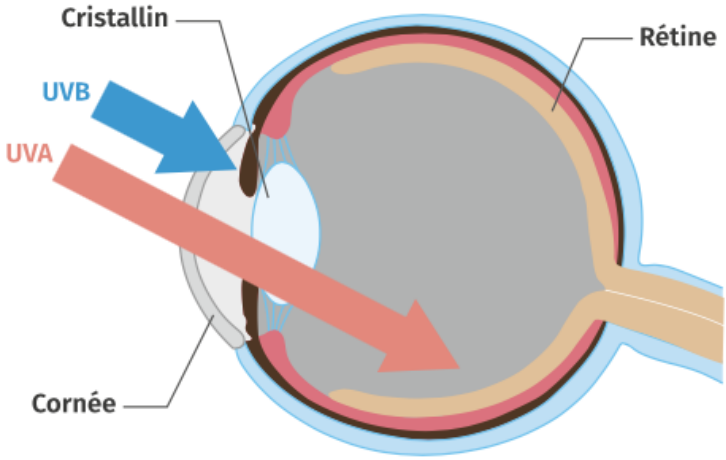
Radiographie d'un enfant atteint de rachitisme. Il présente des fémurs et des tibias arqués ainsi qu'une baisse de l'opacité des os, indiquant un déficit de minéralisation osseuse.



Pistes pour le travail demandé.

- **Expliquer** le rôle des UV dans la biosynthèse de la vitamine D.
- **Présenter** les effets d'une carence en vitamine D.

Document 18. Structure de l'œil humain et distance de pénétration des UV.



Document 19. Des rayonnements invisibles, mais dangereux.

Les UVA et UVB peuvent **altérer le cristallin**, qui devient alors **moins transparent** (cataracte). Ils peuvent aussi brûler la **cornée** et provoquer une photokératite : un véritable coup de soleil de la surface externe de l'œil ! Ce phénomène est appelé « cécité des neiges » car il est accentué en altitude et par la présence de neige, qui réfléchit une partie des rayonnements solaires. Les UVA peuvent aussi causer des lésions irréversibles de la **rétine**. Ils favorisent l'apparition de la DMLA (Dégénérescence Maculaire Liée à l'Âge) par exemple.

Document 20. Une protection adaptée à choisir.

Nos yeux doivent être protégés avec des verres filtrant les UVA et UVB. Différentes catégories de verres existent.

Catégorie	Applications	Transmission
0	Confort	80 à 100 %
1	Faible luminosité	43 à 80 %
2	Luminosité moyenne	18 à 43 %
3	Forte luminosité	8 à 18 %
4*	Luminosité exceptionnelle	3 à 8 %

*Interdit pour la conduite

Pistes pour le travail demandé.

- **Aborder** les effets des UV sur l'œil.
- **Montrer** l'intérêt des verres filtrants.