

Chapitre 4 : Le rayonnement solaire

Sommaire		
Activités	Page(s)	Autoévaluation
Histoire des sciences : Le rayonnement solaire	1-3	
Activité documentaire : La loi de Wien	4-7	
Démarche d'investigation : Évaluer de deux manières différentes la puissance totale du rayonnement émis par le Soleil	8-9	
Sciences, société et environnement : Les conséquences du rayonnement solaire sur la santé humaine	10-13	
Travaux pratiques: L'énergie solaire, inégalement répartie sur Terre	14-16	
Cours	17-20	
Devoir surveillé n°4	/	

Activité 1: Histoire des sciences : Le rayonnement solaire

Introduction : Notre galaxie, la voie lactée, compte entre 150 à 200 milliards d'étoiles dont une seule est dans notre système planétaire : le Soleil. Sphère de gaz chaud dont la température varie de 15 millions de Kelvin au centre à environ 6000K en surface, le Soleil produit et rayonne une quantité colossale d'énergie vers la Terre.

Problématique : Comment le Soleil produit-il cette énergie ? Comment celle-ci se répartit-elle à la surface de la Terre ?

Objectifs : Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration. Comprendre que c'est l'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles qui les maintient à une température très élevée. De plus, du fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein, ces réactions s'accompagnent d'une diminution de la masse solaire au cours du temps.

Document 1: Carte d'identité du Soleil

Âge: 4,6 milliards d'années

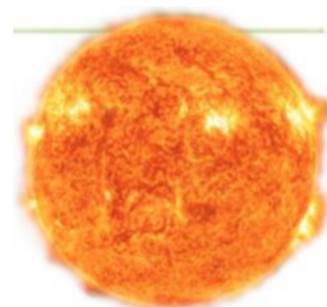
Diamètre: 1,4 million de kilomètres (plus de 100 fois celui de la Terre)

Composition chimique: 73% d'hydrogène; 25% d'hélium et 2% d'autres

Température: 6000 °C à la surface

Masse: 2×10^{27} tonnes

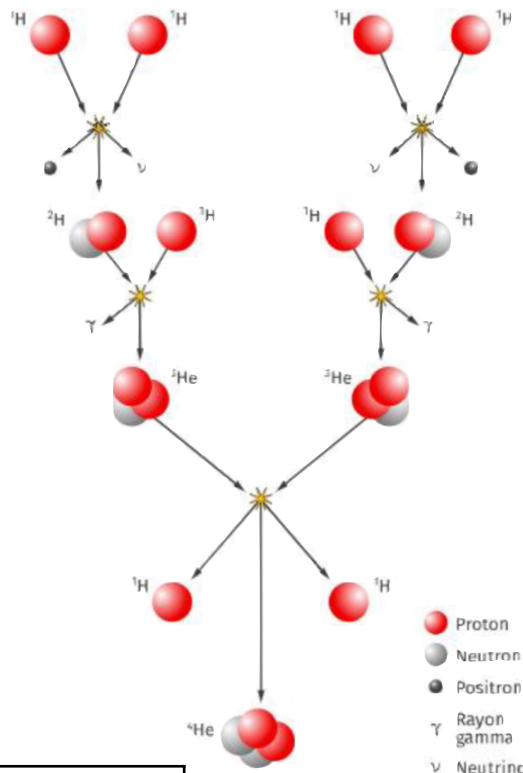
Distance Terre-Soleil: en moyenne 150 millions de kilomètres



Document 2: Les réactions nucléaires au sein du Soleil

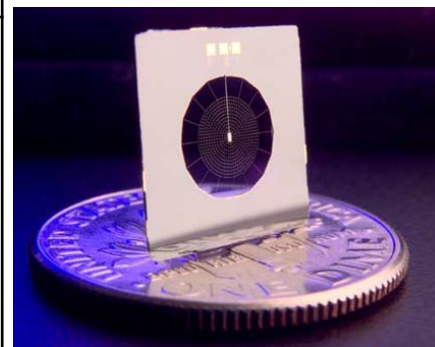
Dans le Soleil, les conditions de pression et de température permettent aux noyaux d'hydrogène ${}^1_1\text{H}$ d'effectuer des réactions de fusion nucléaire pour former à terme des noyaux d'hélium ${}^4_2\text{He}$. Ces fusions nucléaires libèrent une grande quantité d'énergie.

<https://www.youtube.com/watch?v=1aKLyPoDjVE&feature=youtu.be>



Document 3: Le Soleil se consume

L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène maintient le Soleil à une température très élevée. La température de sa surface a été déterminée à partir de l'étude du rayonnement qu'il émet et la température de son noyau en étudiant les conditions de réalisation de la fusion de l'hydrogène. La puissance moyenne du rayonnement solaire a quant à elle été mesurée grâce à des appareils appelés bolomètre, embarqués à bord des satellites d'observation astronomique.

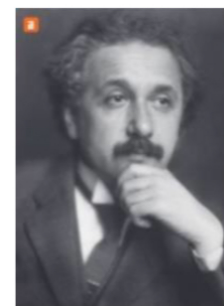


Bolomètre de type « spiderweb » pour mesurer le fond diffus cosmologique par NASA/JPL-Caltech.

Document 4: Relation d'Einstein

Albert Einstein (1879-1955) établit en 1905 la célèbre formule $E=\Delta mc^2$. La relation d'Einstein établit une équivalence entre énergie et masse. La variation de masse observée lors d'une transformation nucléaire est proportionnelle à l'énergie libérée (ou absorbée) avec un facteur de proportionnalité c^2 . Réciproquement, l'émission d'énergie par un système peut se traduire comme une diminution de la masse de ce système. $E=\Delta m \cdot c^2$ avec E exprimée en joule (J), m en kilogramme (kg) et c vitesse de la lumière en mètre par seconde ($c \approx 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$).

En utilisant cette formule, on trouve que le Soleil perd chaque seconde $4,4 \times 10^9 \text{ kg}$.



1) **Modéliser** les 3 étapes de transformations de l'hydrogène en hélium au cœur du Soleil. **Montrer** que l'équation globale de fusion est $4\text{}^1_1\text{H} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + 2\text{}^0_1\text{e} + 2\text{}^0_0\nu$.

Aide à la résolution: Dans la première étape, un noyau d'hydrogène $\text{}^1_1\text{H}$ percute un autre noyau $\text{}^1_1\text{H}$. Il en résulte un noyau $\text{}^2_1\text{H}$ ainsi qu'un neutrino $\text{}^0_0\nu$ et un positron $\text{}^0_1\text{e}$. Ecrire les deux équations de réaction de la première étape.

Dans la seconde étape, un noyau $\text{}^2_1\text{H}$ est percuté par un noyau $\text{}^1_1\text{H}$. Il en résulte un noyau $\text{}^3_2\text{He}$ et un rayon gamma. Ecrire les deux équations de réaction de la seconde étape.

Dans la troisième étape, deux noyaux $\text{}^3_2\text{He}$ rentrent en contact pour former un noyau $\text{}^4_2\text{He}$ et deux noyaux $\text{}^1_1\text{H}$. Ecrire les deux équation de réaction de la troisième étape.

Simplifier les entités présentes de part et d'autre de l'équation pour en trouver l'équation globale de la fusion.

2) Qu'**est-ce** qui maintient les étoiles à une température très élevée?

3) Quelle **est** la principale source d'énergie qui permet au Soleil de briller?

4) Pourquoi le Soleil **subit-il** une diminution de masse au fil du temps?

5) En considérant que la masse donnée dans le document 1 est celle actuelle, **calculer** la durée en seconde puis en année qu'il faudra pour que le Soleil est perdu toute sa masse.

Document 5: Fin de vie du Soleil

Les étoiles, régies par leur masse, voient leur destin déterminé : plus elles sont massives, plus leur vie est brève, se concluant par une spectaculaire explosion, une supernova. Cependant, notre Soleil, une naine jaune, suit une voie différente. Malgré cela, la Terre sera inhospitalière d'ici un milliard d'années en raison de l'augmentation continue de la luminosité solaire.

Les réserves d'hydrogène du Soleil s'épuisent, perturbant son équilibre entre gravité et rayonnement. Un jour, son noyau d'hélium s'effondrera, provoquant une expansion du Soleil en une géante rouge. Le cœur d'hélium, comprimé et chauffé, amorcera brièvement la fusion de l'hélium en carbone, appelée "flash de l'hélium", mais la masse restante du Soleil sera insuffisante pour atteindre les 600 millions de degrés nécessaires pour enflammer le noyau de carbone. L'hydrogène et l'hélium brûleront brièvement, entraînant l'expansion et la perte de couches externes du Soleil. Finalement, sans rayonnement suffisant pour contrecarrer la gravité, le cœur restant se contractera pour devenir une naine blanche, dense et chaude, de la taille de la Terre, à environ 30 000 °C. C'est ainsi que le Soleil achèvera son parcours cosmique.

Activité 2: La loi de Wien

Introduction : Alors qu'il est impossible d'approcher de trop près le Soleil, la température de la surface de notre étoile est connue. Les scientifiques étudient le rayonnement pour calculer la température d'une étoile.

Problématique : Comment appliquer la loi de Wien pour déterminer la température de surface d'une étoile ?

Objectifs : Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration. Comprendre que comme tout corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement. Comprendre que le spectre du rayonnement émis par la surface d'un corps noir dépend seulement de la température de surface de l'étoile.

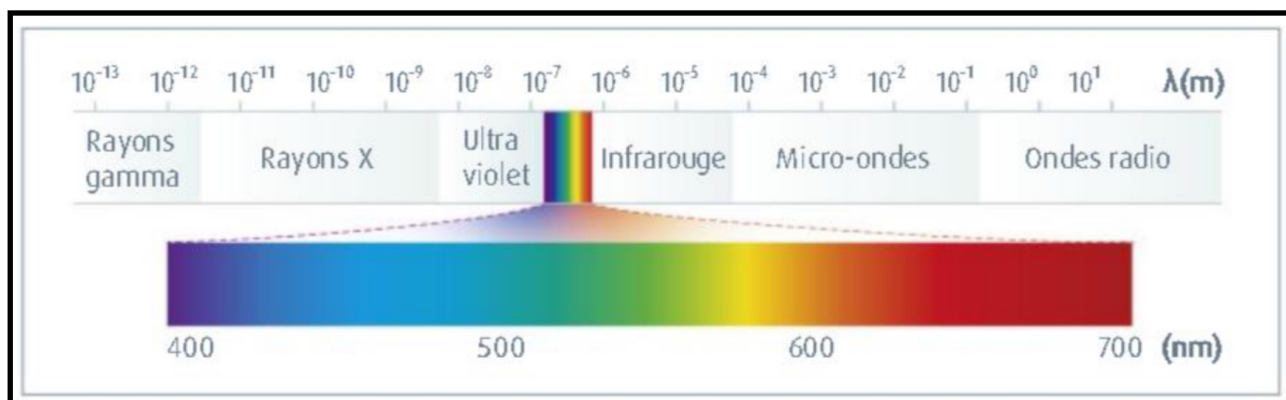
Document 1: Les ondes électromagnétiques

La lumière se propage sous forme d'ondes électromagnétiques.

Chaque radiation est définie par une longueur d'onde λ , qui s'exprime en mètres (m).

Le spectre de la lumière visible se limite pour les humains aux longueurs d'ondes entre 400 et 800 nm.

http://physique.ostralo.net/oem_frise/index.htm



Longueur d'onde λ en nm	400-430	430-490	490-550	550-580	580-610	610-800
Couleur	violet	bleu	vert	jaune	orange	rouge

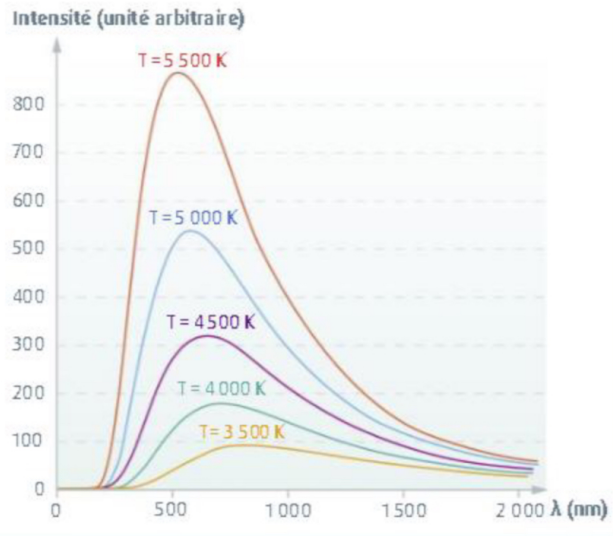
Document 2: La loi de Planck

Histoire des sciences



À la fin du XIX^e siècle, la communauté scientifique ne parvient pas à expliquer le spectre du rayonnement solaire (l'intensité de la lumière émise par le Soleil en fonction de la longueur d'onde). Max Planck, physicien allemand, propose alors les éléments théoriques qui permettent de résoudre ce problème. Il travaille sur un modèle physique: le corps noir, un objet qui absorbe toute la lumière qu'il reçoit. Planck énonce la loi qui porte son nom: le spectre du rayonnement d'un corps noir dépend uniquement de sa température de surface. Il obtient le prix Nobel de physique en 1918.

Document 3: Spectres de rayonnements de corps noirs à différentes températures



Document 4: Un corps noir

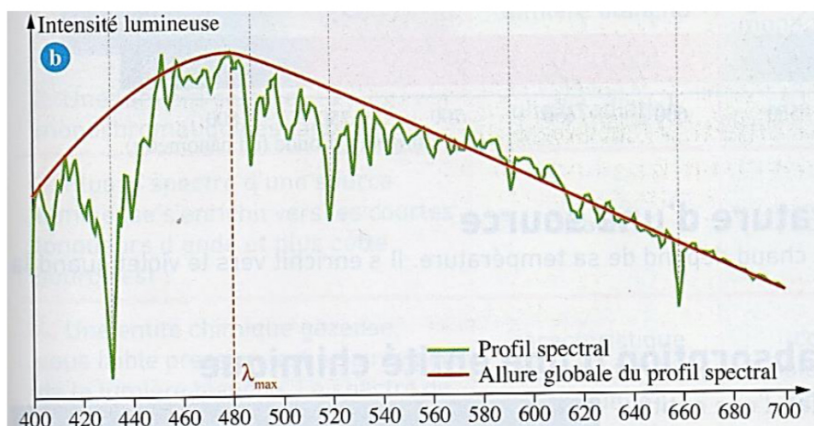
Un corps noir est un corps idéal et théorique qui absorbe l'intégralité du rayonnement thermique qu'il reçoit (sans le réfléchir, ni le transmettre) et qui en réémet une partie.

Il ne faut pas confondre le corps noir avec un objet de couleur noire qui absorbe le rayonnement visible, ni avec un trou noir qui n'émet rien.

On peut considérer que les étoiles, le Soleil ou le filament d'une lampe à incandescence se comportent comme des corps noirs.

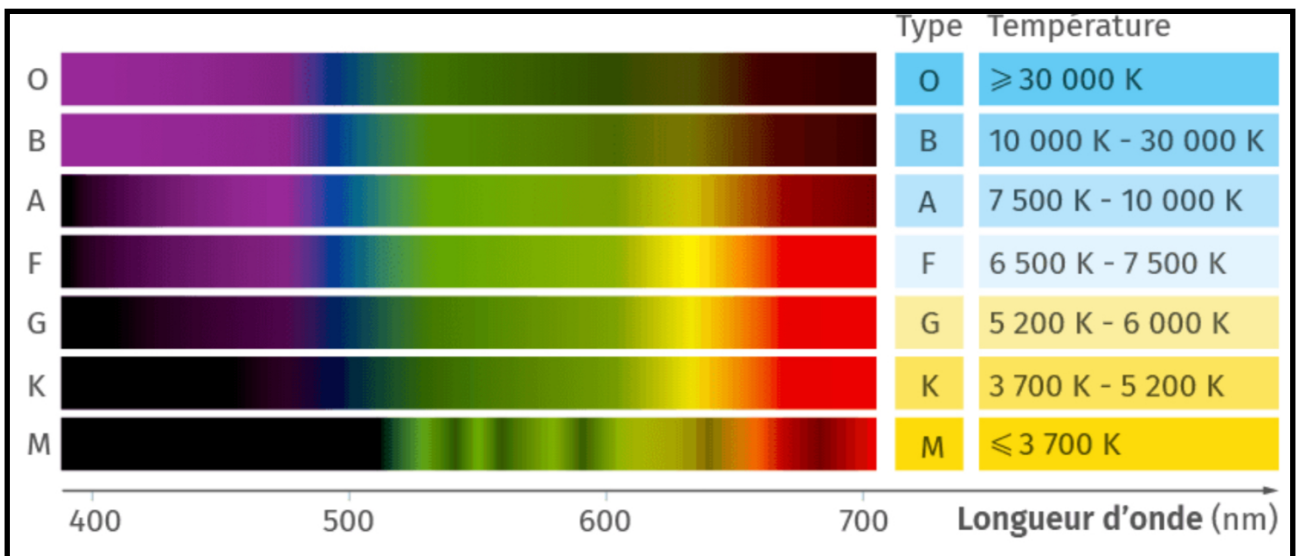
Rappel: $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$

Document 5: Spectre du rayonnement solaire. Le Soleil étant assimilé à un corps noir.



Document 6: Classification spectrale des étoiles (Oh, Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me !)

L'étude du spectre d'émission d'une étoile illustre le lien entre sa température de surface et sa couleur. La classification de Harvard, créée au XXème siècle, organise les différentes étoiles selon leur spectre d'émission. Les principaux types spectraux sont notés O, B, A, F, G, K et M ; chaque type spectral possédant lui-même 10 sous-catégories. Au fur et à mesure de la découverte de nouvelles étoiles, la classification a été étendue à 8 autres types.



- 1) On appelle λ_{max} la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité lumineuse. Quelle **est** approximativement la valeur de λ_{max} pour un corps noir de température 5500 K ? Même question pour un corps noir chauffé à 4500 K.
- 2) Ces longueurs d'onde **appartiennent-elles** au domaine du visible ? Si oui, quelles **sont** les couleurs correspondant à ces deux longueurs d'onde ?
- 3) De manière générale, que **peut-on** dire l'évolution de λ_{max} lorsque la température T du corps noir augmente ?
- 4) Un corps chaud **émet-il** toutes les radiations avec la même intensité ?
- 5) **Compléter** le tableau suivant :

T (K)					
λ_{max} (nm)					
$\lambda_{max} \times T$ (nm . K)					

- 6) Que **remarquez-vous** ? **Calculer** la moyenne du produit $\lambda_{max} \times T$ avec 3 chiffres significatifs.

Document 7: La loi de Wien

Histoire des sciences



Au cours du XIX^e siècle, les progrès scientifiques et l'étude de la thermodynamique permettent la fabrication de machines à vapeur qui modifient les conditions de transport et de production industrielle. Le développement de la métallurgie permet aussi d'observer la couleur des métaux, passant de rouge à blanc, à haute température. Wilhelm Wien, physicien allemand, énonce la loi portant son nom, qui stipule que la longueur d'onde du maximum d'émission du rayonnement

d'un corps noir est inversement proportionnelle à la température absolue de sa surface. Wien obtient le prix Nobel de physique en 1911.

$$\lambda_{\max} = \frac{2,8989 \cdot 10^{-3}}{T}$$

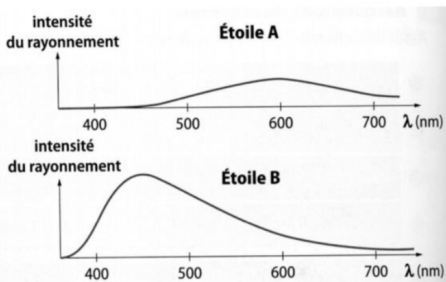
avec λ_{\max} = longueur d'onde du maximum d'émission en mètres (m)

et T = température absolue de surface en kelvin (K)

7) Vos résultats sont-ils en concordance avec le document 7 ? **Justifier** votre réponse.

8) **Déterminer**, à partir des documents 1 et 5, la température T de surface du Soleil. Quelle **est** la classification spectrale du Soleil ?

EXERCICE D'APPLICATION



T(K)	Couleur
<3000	Rouge
3000-6000	Jaune
10000	Blanc
<20000	Bleu

Etoile	Procyon	Arcturus
Température (°C)	6500	4500

On a enregistré l'intensité en fonction de la longueur d'onde de la lumière émise par deux étoiles A et B.

- En appliquant la Loi de Wien, **calculer** la température de chaque étoile, après avoir indiqué la longueur d'onde λ_{\max} .
- A l'aide du tableau ci-dessus, **identifier** les deux étoiles.
- Quelle **est** leur couleur?

Activité 3: Démarche d'investigation : Évaluer de deux manières différentes la puissance totale du rayonnement émis par le Soleil

Introduction : L'étude du rayonnement émis par le Soleil revêt une importance cruciale dans la compréhension des mécanismes fondamentaux qui gouvernent notre système solaire. Deux approches majeures se distinguent dans cette quête de connaissance : la première repose sur les principes énoncés par Josef Stefan et Ludwig Boltzmann, qui ont formulé une relation fondamentale reliant la puissance totale émise par un corps noir, telle que le Soleil, à sa température. La seconde repose sur l'utilisation de sondes spatiales, comme le satellite SoHO (Solar and Heliospheric Observatory), qui scrutent notre étoile de près pour fournir des données cruciales sur son rayonnement. Dans cette introduction, nous explorerons les bases théoriques de la loi de Stefan-Boltzmann et la manière dont les avancées technologiques, incarnées par des missions spatiales telles que SoHO, ont élargi notre capacité à sonder et comprendre les secrets lumineux du Soleil.

Problématique : En quoi la confrontation des principes théoriques de Stefan et Boltzmann avec les données obtenues par les sondes spatiales permet-elle une validation comparative des caractéristiques radiatives du Soleil ?

Objectifs : Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration. Comprendre que la puissance émise par unité de surface est proportionnelle à la puissance quatrième de la température.

Document 1: 1ère méthode : par la loi de Stefan-Boltzmann

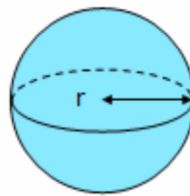
La loi de Stefan-Boltzmann (1835-1893) permet aux astrophysiciens de calculer la puissance du rayonnement émis par les étoiles en fonction de leur température de surface (en kelvins). Cette puissance émise est dite puissance surfacique car elle s'exprime pour une surface de 1 m^2 de l'étoile ; c'est-à-dire en W.m^{-2} . La température du Soleil est de 5772 K .

$$P_{\text{ surfacique}} = \sigma \times T^4$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$



Rayon du soleil : $700\,000 \text{ Km}$
Masse du soleil : $2 \cdot 10^{30} \text{ Kg}$
Âge du soleil : 4,6 milliards d'années

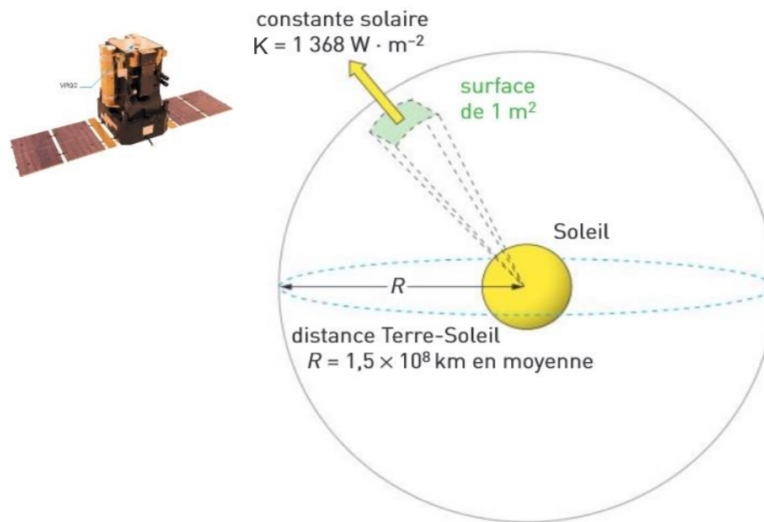


$$\text{Surface} = 4 \pi r^2$$

- 1) **Calculer** la puissance surfacique du Soleil.
- 2) **Calculer** la surface totale du Soleil.
- 3) **Déterminer** la puissance totale du rayonnement émis par le Soleil.

Document 2: 2ème méthode : par le satellite SoHO

Des sondes spatiales comme le satellite SoHO ont pu déterminer avec leur radiomètre que la puissance reçue par une surface de 1m^2 placée perpendiculairement au rayonnement solaire, au-dessus de l'atmosphère terrestre, est à peu près constante : c'est la « constante solaire », notée K , qui vaut $1368\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.



- 4) **Calculer** la surface imaginaire d'une sphère qui a pour rayon la distance Terre-Soleil.
- 5) **Déterminer** la puissance totale du rayonnement émis par le Soleil.
- 6) **Comparer** les résultats obtenus avec chacune des 2 méthodes ci-dessus et **faire preuve** d'esprit critique.

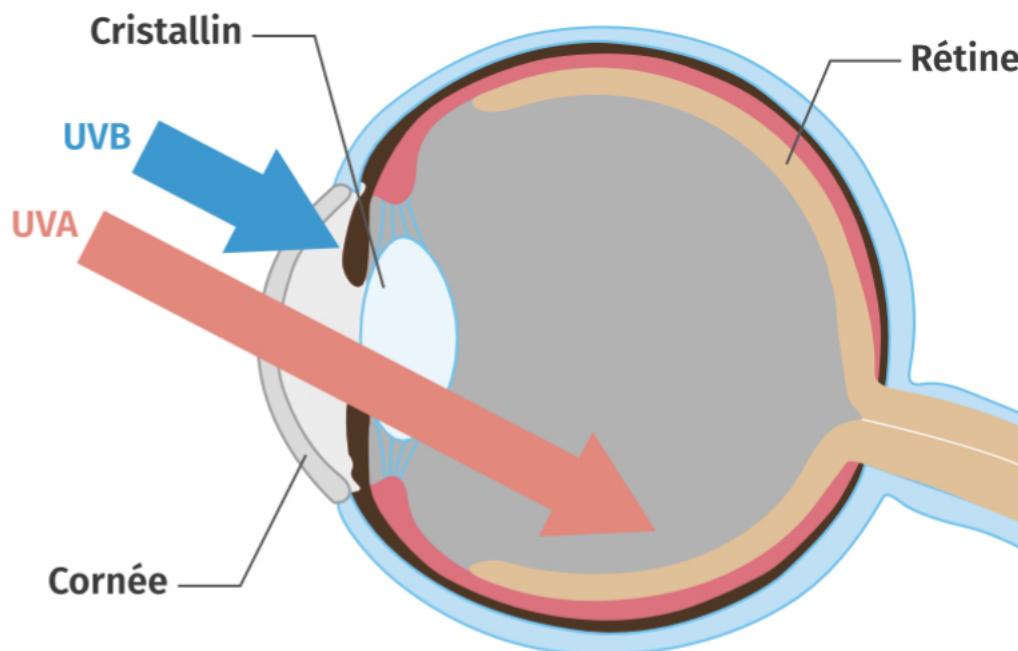
Activité 4: Sciences, société et environnement : Les conséquences du rayonnement solaire sur la santé humaine

Introduction : Au fil des millénaires, les êtres humains ont été étroitement liés à l'énergie solaire, une source fondamentale de lumière et de chaleur. De manière fascinante, notre organisme semble capter directement cette énergie cosmique, et bien que cette interaction puisse être vitale pour de nombreux processus biologiques, elle soulève également des interrogations cruciales quant à ses éventuelles répercussions sur la santé humaine. Les rayonnements solaires, composés de différentes longueurs d'onde, pénètrent la biosphère terrestre et entrent en contact direct avec notre peau, nos yeux et d'autres composantes essentielles de notre physiologie.

Problématique : Quelles sont les conséquences des rayonnements solaires sur la santé humaine ?

Objectif : Étudier des effets liés à l'exposition des êtres humains au rayonnement solaire.

Document 1: Structure de l'œil humaine et distance de pénétration des UV



Document 2: Lumière et bien-être

Des recherches ont démontré l'importance de la durée et de l'intensité de la lumière solaire sur la production de molécules impliquées dans l'humeur ou le sommeil. La lumière est transformée par la rétine en signaux électriques qui stimulent la production de la sérotonine, molécule aussi appelée «hormone du bonheur». Celle-ci va permettre la production de mélatonine qui régule le rythme veille-sommeil. Un manque de sérotonine peut entraîner une dépression. Ces connaissances sont à l'origine de traitements médicaux par la lumière (luminothérapie).

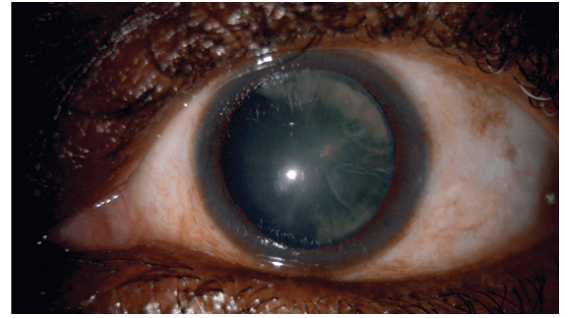


Photo A Crédits : Yoanmb/Wikimedia

Document 3: Des rayonnements invisibles, mais dangereux

Les UVA et UVB peuvent altérer le cristallin, qui devient alors moins transparent (cataracte, photo a). Ils peuvent aussi brûler la cornée et provoquer une photokératite (photo b) : 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.



Photo B Crédits : Eddie314/
Wikimedia

Document 4: Une protection adaptée à choisir

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

*Interdit pour la conduite

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 %

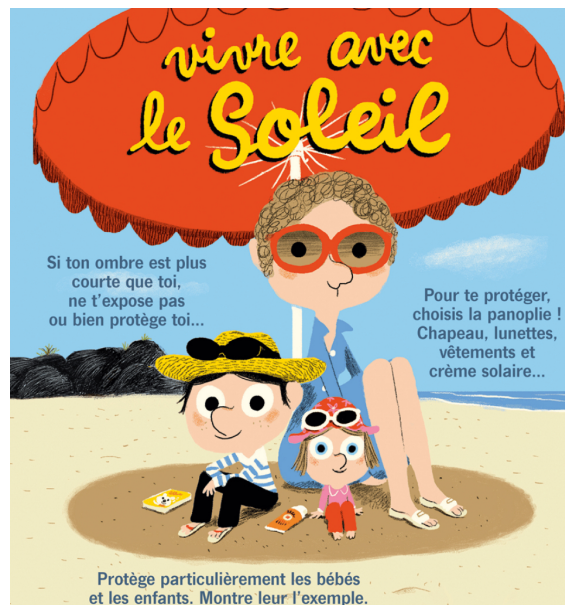
- 1) Quelles structures oculaires sont **atteintes** par les rayons du Soleil ?
- 2) Quels **sont** les effets bénéfiques du Soleil ?
- 3) Quels **sont** les dangers pour nos yeux ? Comment les **protéger** ?

Document 5: Indice SPF d'une crème solaire

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.

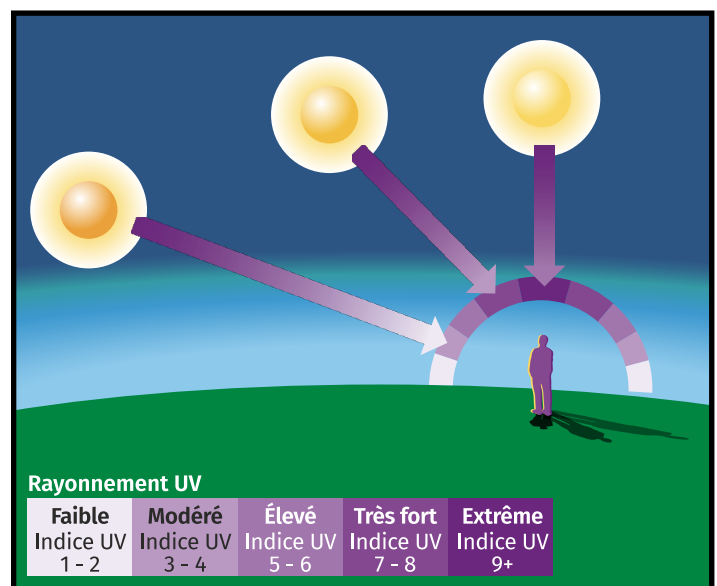


Document 6: Un extrait d'une campagne de prévention



Document 7: L'indice UV

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 l'angle d'incidence des rayons est faible, plus l'épaisseur de la couche d'atmosphère traversée est petite et donc plus la quantité d'UV absorbée 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 8 : 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

Vocabulaire :

Phototype : Le phototype est une classification de la pigmentation de la peau d'un individu 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

Mélanine: La mélanine est un pigment biologique. La quantité et le type de mélanine d'une personne influencent sa réaction aux rayonnements ultraviolets du soleil. Une production accrue de mélanine en réponse à l'exposition au soleil est ce qui provoque le bronzage, agissant comme une protection naturelle contre les dommages causés par les rayons UV.

- 4) Comment **varie** l'indice UV, et pourquoi ?
- 5) Comment **expliquer** l'affiche de prévention ?

Travaux pratiques 5 : L'énergie solaire, inégalement répartie sur Terre

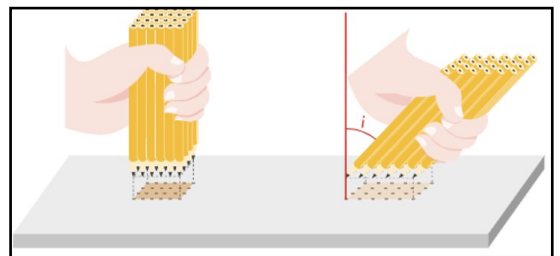
Introduction : La lumière, source indispensable à la vie, joue un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes et des cycles naturels. Elle influence le climat, les saisons, et détermine le rythme de nombreuses activités humaines et biologiques. Sa présence est étroitement liée à l'alternance entre le jour et la nuit, et son impact se fait ressentir dans divers domaines, allant de l'agriculture à la santé en passant par la biodiversité.

Problématique : Mais comment la lumière est-elle répartie sur Terre ?

Objectifs : Sur un schéma, identifier les configurations pour lesquelles la puissance reçue par une surface est maximale ou minimale. Analyser, interpréter et représenter graphiquement des données de températures. Calculer des moyennes temporelles de températures.

Document 1 : Une analogie pour mieux comprendre

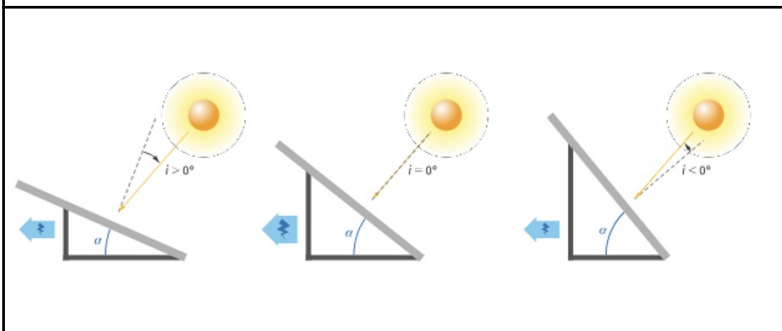
Cette analogie permet de mieux se représenter l'influence de l'angle d'incidence i d'un rayonnement sur la répartition de l'énergie sur une surface plane. Un même rayonnement incident (matérialisé ici par un paquet de crayons), portant donc la même énergie, se répartit sur des surfaces différentes suivant l'angle d'incidence i adopté.



Protocole expérimental

- Installer l'application Phyphox sur deux smartphones.
- Placer les smartphones sur un support inclinable :
 - un smartphone mesure la valeur de l'éclairement ;
 - le second mesure l'inclinaison α du support.
 - Trouver la valeur d'angle absolu α_{max} pour laquelle l'éclairement est le plus important.
 - Faire varier l'inclinaison α de 10° en 10° et noter la valeur de l'éclairement mesuré dans le tableau.
 - Calculer l'angle d'incidence i avec $i = |\alpha - \alpha_{max}|$.

Document 2 : Une mesure expérimentale de l'éclairement en fonction de l'angle d'incidence

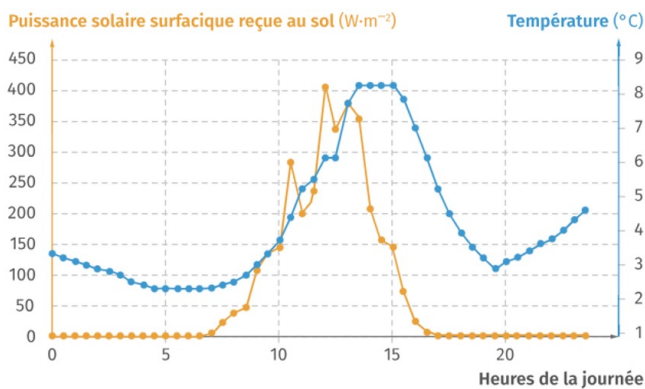


1) **Complétez** le tableau suivant avec les valeurs obtenues.

Angle d'incidence i ($^{\circ}$)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Éclairement (en lux)									

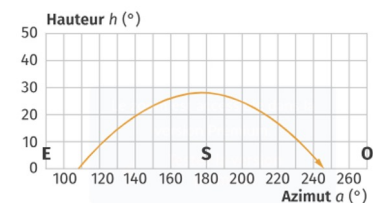
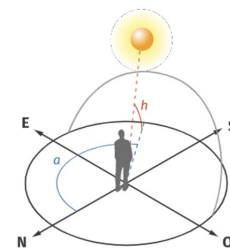
2) **Identifiez** le(s) facteur(s) influençant l'éclairement, c'est-à-dire la puissance solaire reçue par une surface terrestre donnée.

Document 3 : L'évolution de la température et de la puissance solaire reçue suivant l'heure



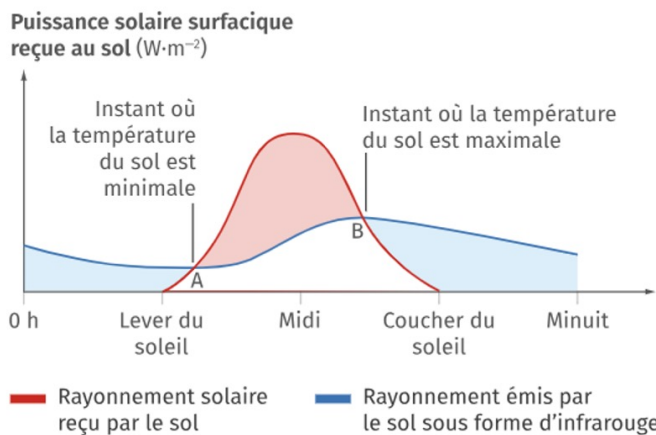
Mesures effectuées la journée du 29 octobre 2018 au lycée Clément Ader à Bernay (Normandie). Ce lycée participe, comme des dizaines d'autres établissements, à la collecte de données météorologiques au sein du réseau « Météo à l'école ».

Document 4 : Tracé de la trajectoire apparente du Soleil en France en automne.



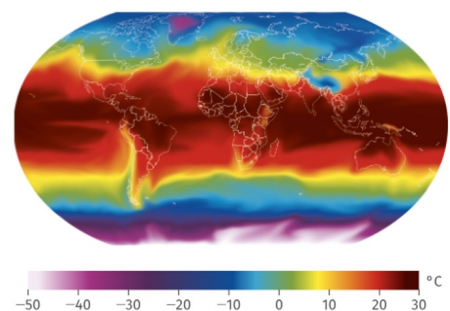
Document 5 : Le bilan énergétique qualitatif du sol en fonction de l'heure de la journée

Le sol émet sans cesse de l'énergie, sous forme de rayonnement infrarouge. Entre les points A et B, le sol reçoit plus d'énergie qu'il n'en émet. C'est l'inverse en dehors de cette période.

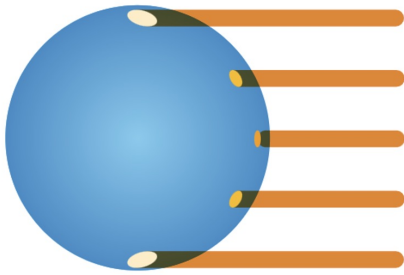


3) **Décrire** les variations de température suivant le moment de la journée.

Document 6 : Le planisphère recensant les températures moyennes sur la Terre et la carte des climats



Document 7 : La répartition d'une énergie incidente équivalente sur un objet sphérique



4) **Comparer** les températures moyennes à la surface aux valeurs moyennes de puissance surfacique reçue.

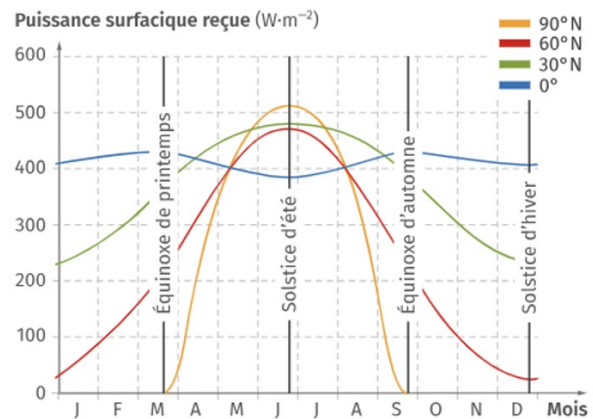
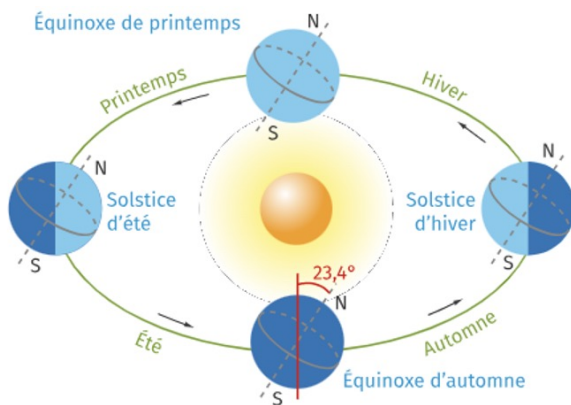
5) **Décrire** les variations de température suivant la latitude, à l'origine des climats.

Vocabulaire:

Équinoxe : journée de l'année où le jour a une durée égale à celle de la nuit.

Solstice : jour le plus long ou jour le plus court dans une année.

Document 8 : Les positions relatives de la Terre et du Soleil et la puissance surfacique reçue



Document 9 : Températures moyennes mensuelles et latitudes de six villes à travers le monde

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Hémisphère nord												
Paris (°C)	2,9	8	11,3	11,9	17	21,8	22	20,9	16,4	15,1	8,8	6,3
Abu Dhabi (°C)	20,9	19,2	25,4	30,6	33,5	35,4	39,2	38,4	35,3	32	27,2	22
Moscou (°C)	-8,0	-4,8	2,5	5,6	10,9	14,7	18,2	19,0	13,4	5,0	-1,5	-6,2
Hémisphère sud												
Asuncion (°C)	29,1	28	27,0	22,8	21,2	18,8	20,8	22,9	22,4	24,3	24,6	28,1
Nairobi (°C)	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 (°C)	17,0	17,1	15,2	12,4	8,2	6,7	5,9	8,3	10,5	12,2	13,9	15,8



DOC5 Températures moyennes mensuelles et latitudes de six villes à travers le monde.

- Latitudes:
- Paris: 48,9° N
 - Abu Dhabi: 24,5° N
 - Moscou: 55,8° N
 - Asuncion: 25,3° S
 - Nairobi: 1,29° S
 - Christchurch: 43,5° S

6) **Expliquer** les variations de température en fonction des mois à Paris.

7) **Calculer** la température moyenne à Paris.

8) A partir des latitudes des différentes villes, **expliquer** les différences observées.

COURS

A) L'origine de l'énergie solaire

L'énergie émanant du Soleil trouve son origine dans des **réactions nucléaires** au sein de son noyau. Au cœur de l'astre solaire, des processus de **fusion** nucléaire transforment l'hydrogène en **hélium**, libérant une quantité colossale **d'énergie lumineuse et thermique**. Cette conversion de masse en énergie, régie par la célèbre équation **d'Einstein** $E = \Delta mc^2$ (avec E, l'énergie en J, Δm la différence de masse en kg et c la célérité de la lumière en m/s), est essentielle pour comprendre le fonctionnement du Soleil.

En vertu de la relation d'Einstein, le **Soleil perd de la masse** chaque seconde, une masse qui est **transformée en énergie**. Lorsque les protons fusionnent pour former des noyaux d'hélium, la **différence de masse** entre les réactifs et les produits est convertie en énergie.

B) La température de surface du Soleil

La **loi de Wien** est une relation fondamentale entre la température d'un objet et la longueur d'onde à laquelle son émission maximale d'énergie électromagnétique se produit. Cette loi est souvent utilisée pour décrire le spectre d'émission d'un objet chauffé, tel qu'une étoile ou un corps noir.

La loi de Wien est mathématiquement exprimée par l'équation suivante :

$$\lambda_{\max} \times T = \beta$$

où :

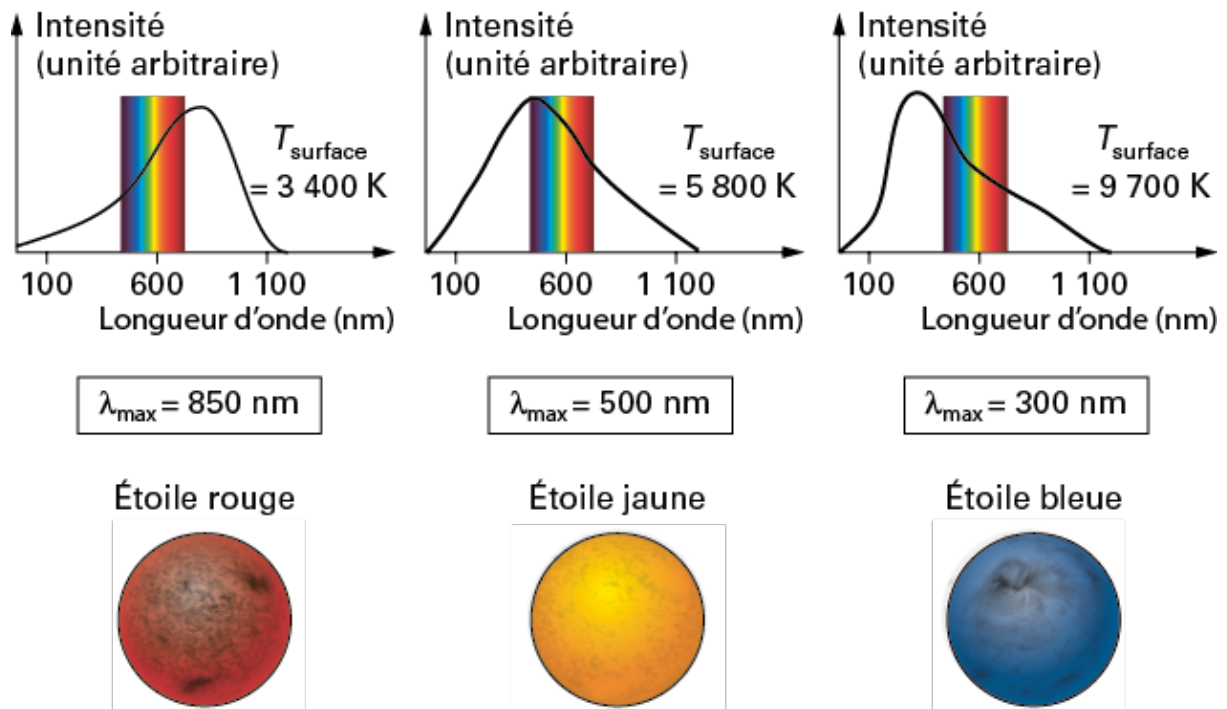
- λ_{\max} est la longueur d'onde à laquelle l'émission spectrale est maximale,
- T est la température de l'objet,
- β est la constante de Wien, égale à 2.9×10^{-3} m.K.

Exemple: La température de surface d'une étoile est de 5778 K. En utilisant la loi de Wien, nous pouvons déterminer la longueur d'onde à laquelle cette étoile émet le maximum d'énergie :

$$\lambda_{\max} = \frac{\beta}{T} = \frac{2.897 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{5778 \text{ K}} \approx 5.01 \times 10^{-7} \text{ m}$$

La longueur d'onde maximale d'émission pour une étoile à la température du Soleil est d'environ 501 nanomètres (couleur verte).

Remarque : $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$



C) La puissance solaire

La loi de **Stefan-Boltzmann** permet de calculer la puissance surfacique P_{surf} , c'est-à-dire la puissance émise par unité de surface, d'un corps noir en fonction de sa température. Elle est formulée mathématiquement comme suit :

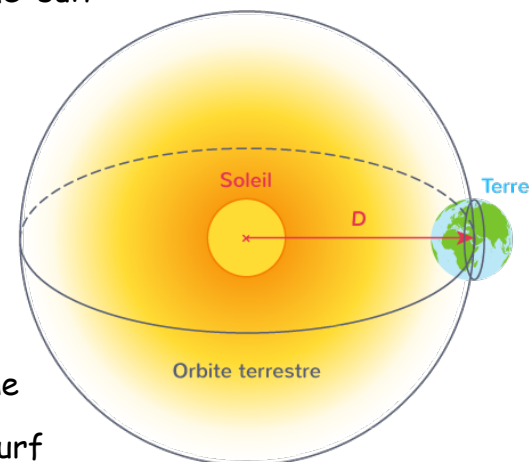
$$P_{\text{surf}} = \sigma \cdot T^4$$

où :

- P_{surf} est la puissance surfacique en W/m^2 ,
- σ est la constante de Stefan-Boltzmann
 $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-4}$,
- T est la température en kelvins K.

Exemple : Supposons que la température de surface d'une étoile soit 7200 K. Calculons la puissance surfacique P_{surf} émise par cette étoile en utilisant la loi de Stefan-Boltzmann :

$$P_{\text{surf}} = 5,67 \times 10^{-8} \times 7200^4 \approx 3,55 \times 10^7 \text{ W}/\text{m}^2$$



Sphère sur laquelle la puissance solaire est répartie
 $S_{\text{sphère}} = 4 \times \pi \times D^2$

D) Les conséquences sur les êtres humains

Le **Soleil** exerce des influences importantes sur la santé humaine.

Bienfaits : La **luminothérapie** associe la lumière solaire à une amélioration du **bien-être mental** grâce à la **sécrétion** accrue de **sérotonine**.

La **mélanine**, pigment naturel de la peau, offre une **protection** intrinsèque contre les **rayons solaires**, guidée par la classification du phototype basée sur la réaction cutanée au soleil.

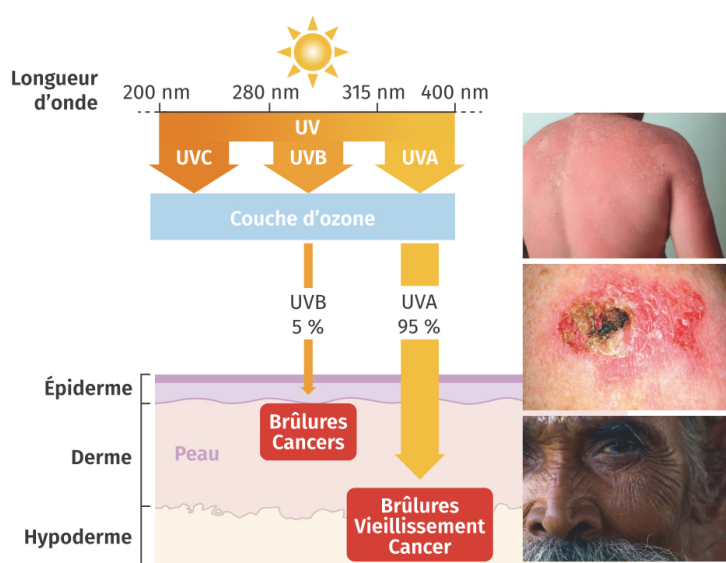
L'**indice UV**, intégré aux **prévisions météorologiques**, indique l'**intensité des rayons UV** du Soleil. L'utilisation de **crèmes solaires** avec un **indice de protection solaire**

(SPF) approprié et de vêtements protecteurs est essentielle pour prévenir les dommages cutanés.

Dangers : Les rayons **UVA** peuvent provoquer un **vieillessement** prématuré de la peau, tandis que les **UVB** sont associés aux **coups de soleil**. Bien que les **UVC** soient **filtrés** par l'atmosphère, leur potentiel **nocif** est extrême.

Une exposition excessive aux rayons UV peut contribuer à l'**altération du cristallin** de l'œil, augmentant ainsi le risque de **cataracte**, une **opacification du cristallin**.

Une surexposition solaire peut causer des problèmes oculaires tels que la **photokératite**, une **inflammation de la cornée**, et des maladies graves comme la **Dégénérescence Maculaire Liée à l'Âge (DMLA)** et la **cécité des neiges**.



Crédits : Jorge Royan/Wikimedia. National Cancer Institute/Wikimedia. Habib M'henni/Wikimedia

La sensibilisation à la protection solaire nécessite des **campagnes de prévention**. L'utilisation de **lunettes de Soleil** avec un **verre filtrant** de protection et d'écrans solaires contribue à minimiser les risques potentiels.

Four posters with humorous messages about sun protection:

- Top Left:** "Mets plus de solaire sur ta tête que de beurre sur ta ".
- Top Right:** "Mets-toi à l'ombre d'un pour ne pas griller comme un ".
- Bottom Left:** "Mets ton rond pour protéger ton crâne d'".
- Bottom Right:** "Mets ta plutôt que de griller comme une ".

Each poster includes the text "3 fois plus de cancers de la peau en Bretagne. Protégeons-nous !" and logos for "l'Assurance Maladie" and "ALERTE BREIZH".

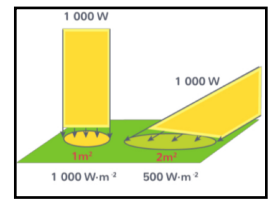
E) Rayonnement solaire reçu par la Terre

1) Puissance radiative reçue du Soleil

La puissance radiative reçue du Soleil par une surface dépend de son aire et de son inclinaison par rapport aux rayons du Soleil.

L'inclinaison est mesurée par l'angle entre la normale à la surface et les rayons lumineux provenant du Soleil.

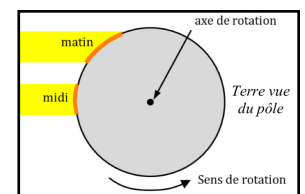
Plus les rayons sont inclinés, plus la puissance radiative reçue du Soleil est petite. En effet, l'énergie solaire « s'étale » sur une plus grande surface. Cette dépendance à l'inclinaison des rayons explique les variations de température au cours de la journée, de saisons et de climat que l'on observe sur Terre.



2) Variation diurne

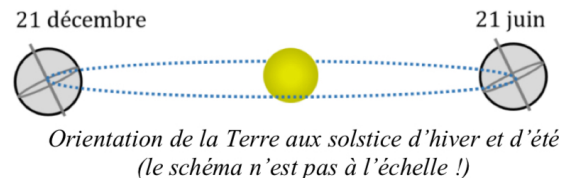
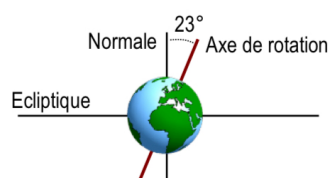
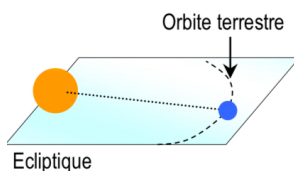
Le matin et le soir, les rayons du Soleil arrivent plus inclinés à la surface de la Terre qu'en milieu de journée.

La puissance radiative reçue dépend de l'heure. C'est la variation diurne. L'ensoleillement est maximal à midi heure Terre vue du pôle solaire.

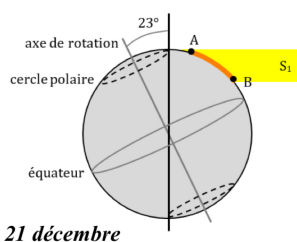


3) Variation saisonnière

L'axe de rotation de la Terre est incliné d'un angle d'environ 23° par rapport au plan de l'écliptique (plan dans lequel la Terre tourne autour du Soleil). Ceci explique les variations saisonnières de température.

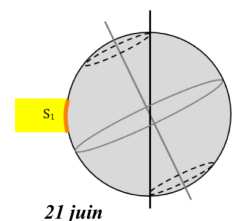


Orientation de la Terre aux solstice d'hiver et d'été (le schéma n'est pas à l'échelle !)



Le 21 décembre, c'est l'hiver dans l'hémisphère Nord (et l'été dans l'hémisphère Sud).

La puissance radiative reçue dépend du moment de l'année. C'est la variation saisonnière. Dans l'hémisphère Nord, l'ensoleillement est plus important l'été.



4) Zonation climatique

Au niveau du point A, les rayons solaires arrivent très inclinés par rapport au sol. Au niveau du point B, c'est toujours l'hiver, mais les rayons arrivent moins inclinés qu'en A. Il fera donc moins froid en B qu'en A.

Ceci explique que le climat est plus froid aux latitudes élevées (zone tempérée, zone arctique) qu'aux faibles latitudes (zones tropicales).

La puissance radiative reçue dépend de la latitude. Plus elle est élevée (plus on se rapproche des pôles), plus l'ensoleillement est faible. C'est la zonation climatique.