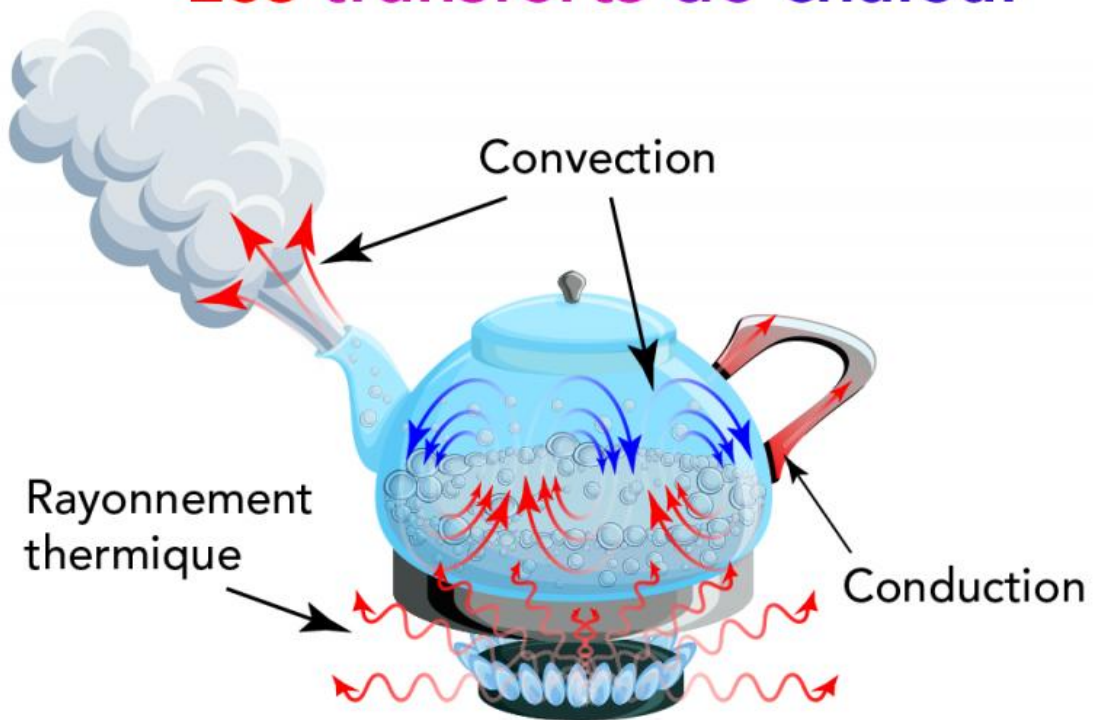


Les termes « transferts thermiques » ou « transferts de chaleur » signifient énergie échangée entre un système (gaz, mélange, solide...) est une source dite froide ou/et une source dite chaude.

Les transferts de chaleur



Pour l'eau dans la bouilloire, préciser les modes de transfert et la source froide et la source chaude.

I- **Le transfert thermique et la puissance thermique.**

- Le transfert thermique(chaleur) est l'énergie échangée soit par convection soit par conduction ou soit par rayonnement. Dans les trois modes, elle s'exprime en Joule. On la note Q.
- La puissance thermique est $P_{th} = \frac{Q}{\Delta t}$. Si le temps s'exprime en seconde et que Q en Joule, alors la puissance s'exprime en Watt.

- On dit que l'échange est exothermique, si un système cède de la chaleur vers l'extérieur ($Q < 0$)
- On dit que l'échange est endothermique, si un système absorbe de la chaleur de l'extérieur ($Q > 0$)

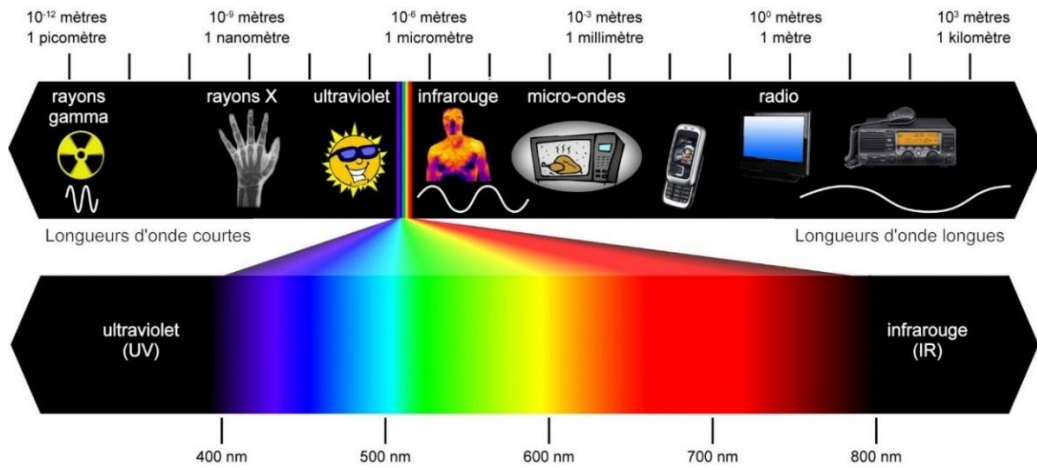
Application :

Une flamme chauffe un système (air aspirée) pendant 20min.

- 1) Pour le système {air}, est-ce un échange endothermique ou exothermique ?
- 2) Pour une quantité de bois donnée et une aération. La puissance thermique de chauffage est de 15kW, déterminer le transfert thermique fournie.



II- Rayonnement thermique.



a) Rayonnement d'un corps chauffé.

On considère un corps noir (dépourvu de couleur quand il n'est pas chauffé) chauffé à une température donnée noté T en Kelvin. La couleur de l'objet chauffé dépend de sa température donnée par la loi de Wien $T = \frac{2,9 \cdot 10^6}{\lambda_m}$ où T est la température du corps noir visible et λ_m la longueur d'onde de la lumière la plus intense émise par ce dernier.

Exemples :

- a) Déterminer les températures de surface (température de la photosphère) de Rigel, Bételgeuse, de Arcturus et du Soleil.

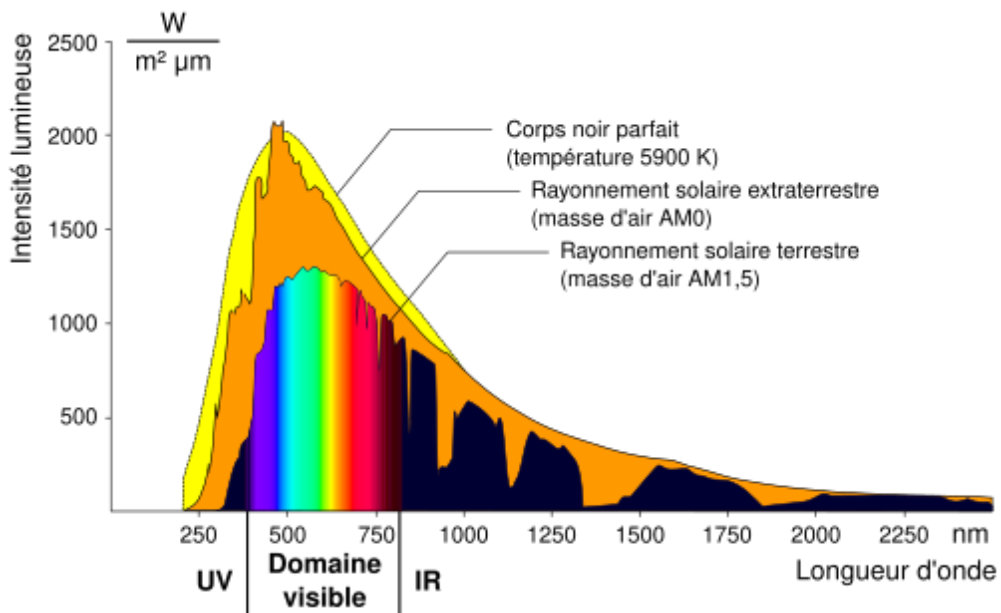
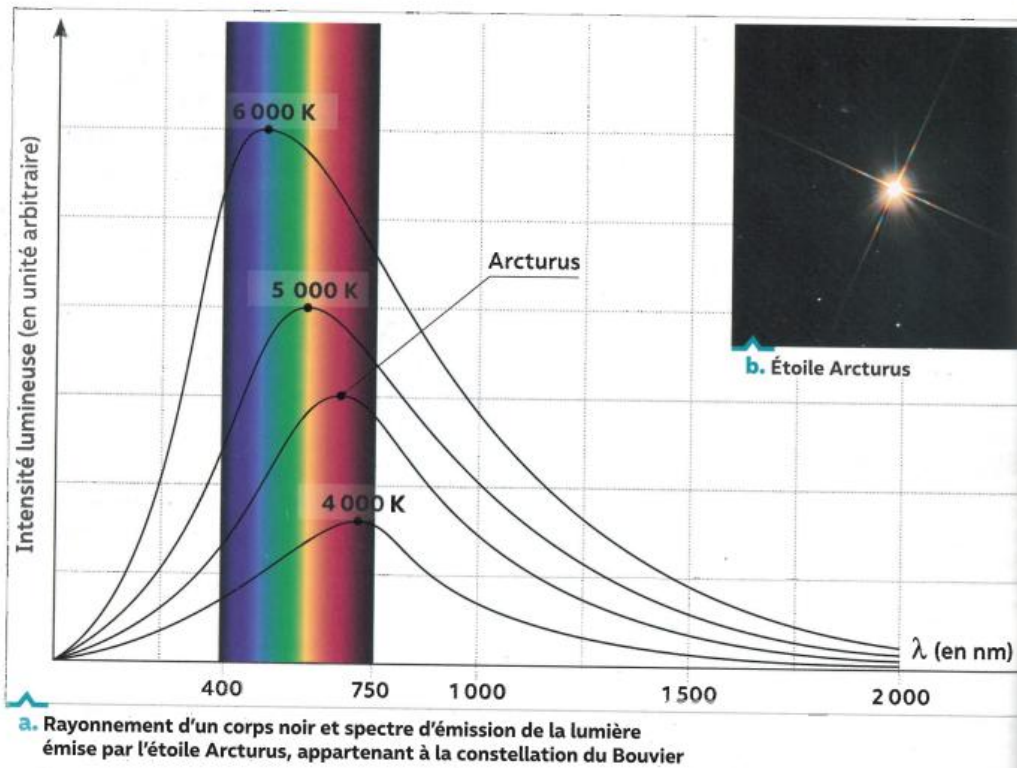
Les étoiles :



c. Bételgeuse
Étoile rouge-orangée



d. Rigel
Étoile bleue

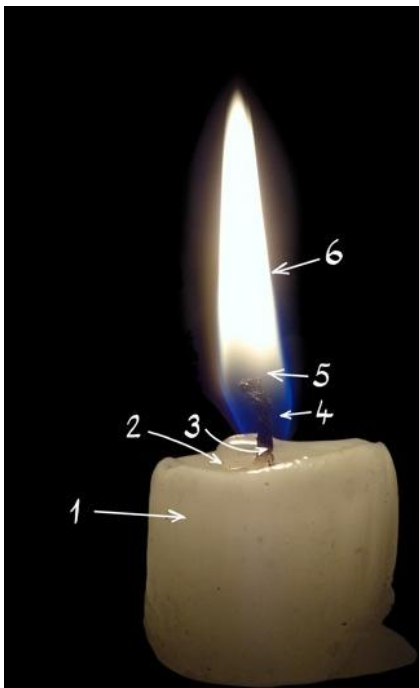


b) **Température de la lave.**



Déterminer la température de la lave à différents endroits.

c) **Température d'une flamme.**

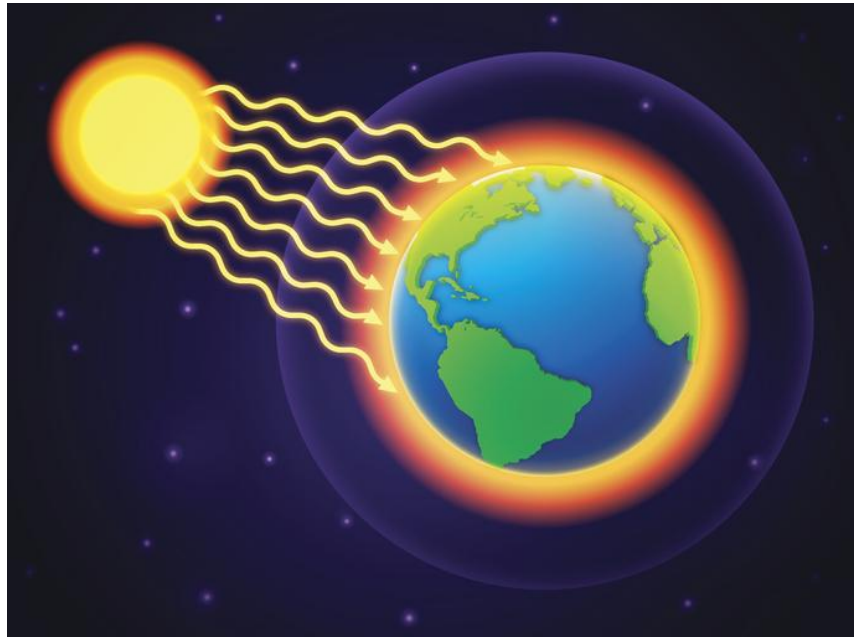


1. Le combustible (cire, paraffine, stéarine) est à l'état solide.
2. La cire est chauffée: elle atteint sa température de fusion et forme un réservoir de combustible à l'état liquide.
3. Le combustible liquide monte par capillarité dans les fibres de la mèche.
4. La flamme bleue, c'est le lieu de la réaction chimique de combustion: le combustible passe à l'état gazeux et réagit avec le dioxygène de l'air. La température atteint 1200°C et la couleur bleue est due au phénomène de chimiluminescence.
5. Les produits de la réaction s'élèvent et se recombinent pour former de la suie.
6. La suie à haute température (1500°C) émet un rayonnement par incandescence («corps noir» à 1500°C) de cette lumière jaune si caractéristique de la bougie.

Expliquer pour quelle raison la zone 6 peut être assimilée à un corps noir ?

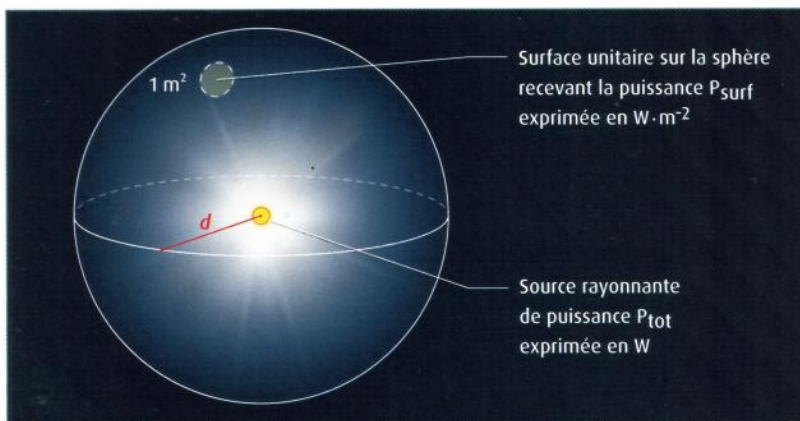
b) **Puissance thermique reçue venant du Soleil.**

Un corps chauffé émet de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique. Une des particularités de ce rayonnement dit "thermique" est qu'il peut se propager dans le vide. Le **rayonnement IR est souvent qualifié de rayonnement thermique car il est ressenti sous la forme de chaleur.** Pour être plus précis, le rayonnement thermique s'étend, selon sa température, de l'infrarouge jusqu'à l'ultraviolet en passant par la lumière visible. (Un rayonnement qui émet de l'énergie)



Puissance thermique du Soleil.

Calcul de la puissance solaire par unité de surface



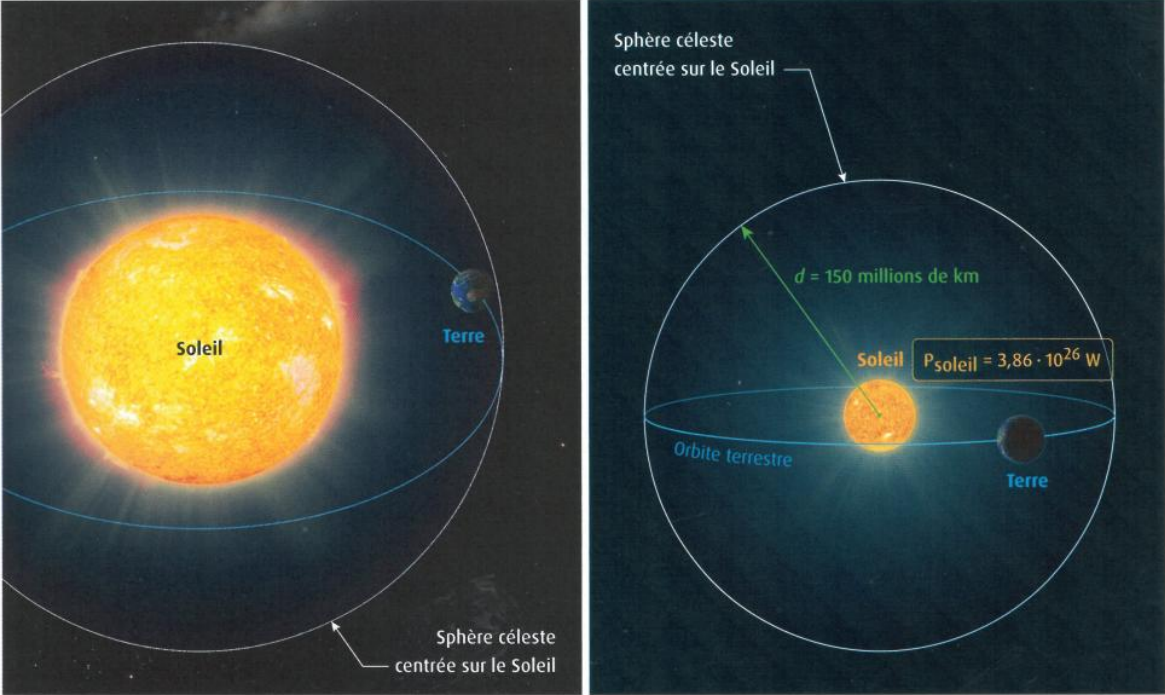
focus maths

Surface d'un disque
 $S = \pi R^2$

Surface d'une sphère
 $S = 4\pi R^2$

DOC 1 Répartition, sur une sphère, de la puissance émise par une source rayonnante.

La puissance P_{tot} est émise par la source dans toutes les directions de l'espace. À une distance d de la source, elle est donc équitablement répartie sur l'ensemble de la sphère fictive de rayon d . La puissance par unité de surface P_{surf} est la puissance reçue par une surface de 1 m^2 sur cette sphère.

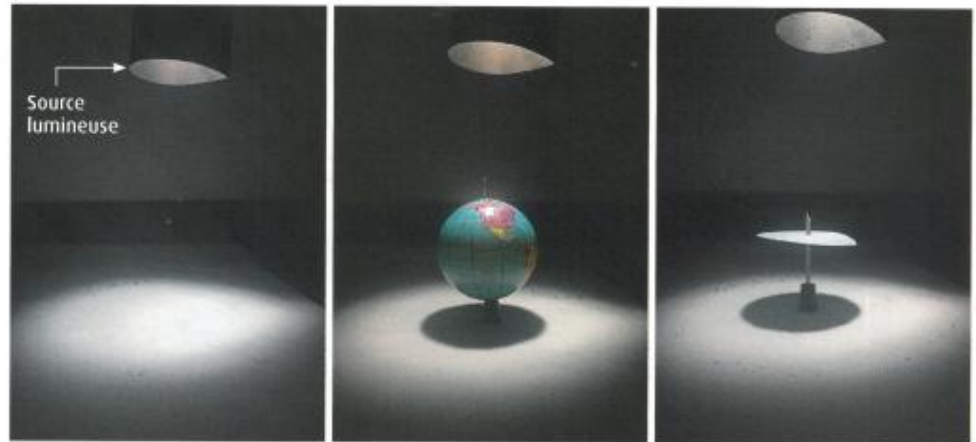


DOC 2 Deux représentations de l'orbite terrestre autour du Soleil.

Calcul de la puissance solaire totale

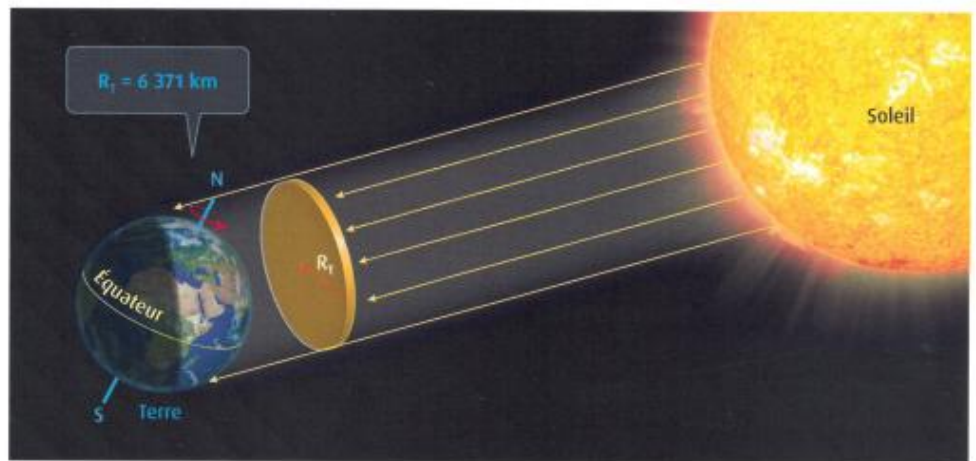
DOC 3 Ombres portées d'une sphère et d'un disque de même rayon.

Lorsqu'un obstacle est placé entre la lampe et le sol, une partie de la puissance émise par la lampe est interceptée par l'obstacle, d'où la formation d'une ombre.



DOC 4 Représentation d'un disque recevant une puissance solaire égale à celle reçue par la Terre.

Le disque fictif, de même rayon R_T que la Terre, est situé à la même distance du Soleil que la Terre.



	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
Puissance reçue (W)	$1,68 \cdot 10^{17}$	$3,03 \cdot 10^{17}$	$1,74 \cdot 10^{17}$	$2,14 \cdot 10^{16}$	$8,1 \cdot 10^{17}$	$1,71 \cdot 10^{17}$	$7,61 \cdot 10^{15}$	$2,96 \cdot 10^{15}$
Distance au Soleil (UA)	0,39	0,72	1,00	1,52	5,20	9,54	19,19	30,07
Rayon (km)	2 439	6 052	6 371	3 397	71 492	60 268	25 559	24 961

DOC 5 Tableau comparatif de la puissance reçue par les planètes.

Une unité astronomique (UA) vaut $1,50 \cdot 10^{11}$ m et est égale à la distance entre la Terre et le Soleil. Elle est utilisée pour exprimer les distances dans l'Univers.

ACTIVITÉ GUIDÉE

- Établissez la formule littérale qui donne la puissance P_{surf} en fonction de la puissance totale P_{tot} et du rayon d de la sphère (DOC. 1).
- En déduire la puissance par unité de surface P_{S-T} reçue du Soleil au niveau de l'orbite de la Terre (DOC. 2).
- Mesurez les diamètres des deux ombres du doc. 3 et en déduire la relation entre la puissance reçue par une sphère et un disque de même rayon.
- Grâce à cette relation et au calcul de P_{S-T} , calculez la puissance totale qui atteint la Terre (DOC. 4).
- Déterminez les deux paramètres qui influencent la puissance solaire reçue par une planète et lequel semble avoir le plus d'impact (DOCS 2, 4 ET 5).

Données : 1 Watt=1 Joule/seconde ;

Une sphère a une surface de $4 \cdot \pi \cdot R^2$ où R est le rayon de cette dernière

Le rayon de la Terre : $R_T=6371 \text{ km}$

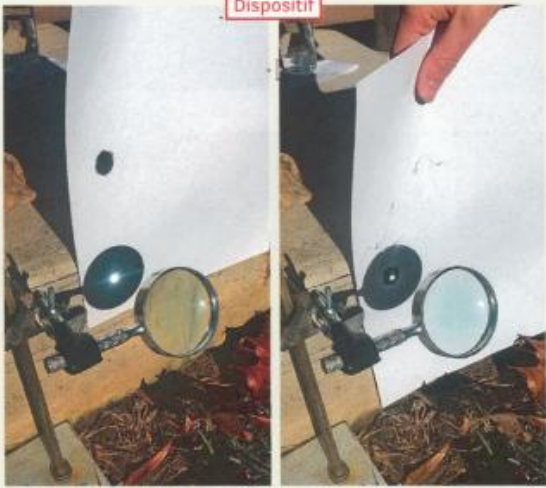
Le rayon du Soleil : $R_S=696\,340 \text{ km}$.

Surface d'un disque est de $\pi.R^2$

c) Puissance thermique solaire absorbée par le Soleil. (Albédo)

Le pouvoir réfléchissant des surfaces

Dispositif



Vidéo de l'expérience

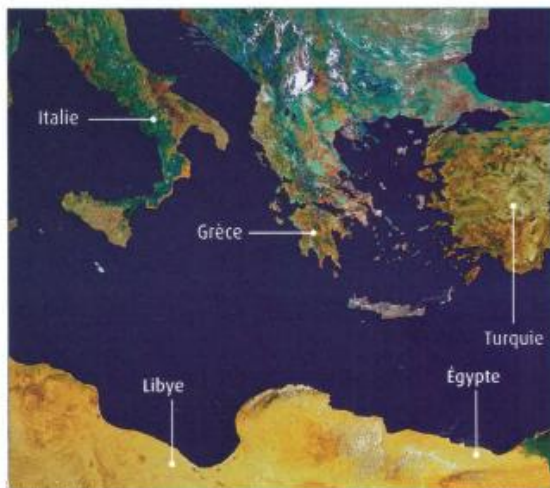
EXPÉRIMENTATION

- À l'extérieur, placez au soleil une feuille de papier blanc devant une loupe.
- Chronométrez le temps qu'il faut pour que le papier blanc s'enflamme.
- Coloriez une petite partie de la feuille en noir et la placez derrière la loupe.
- Chronométrez le temps qu'il faut pour que le papier noir s'enflamme.

Résultats

	Papier blanc	Papier noir
Durée avant le début de la combustion	1 à 3 minutes	1 à 2 secondes

DOC 1 Combustion de papiers noir et blanc avec une loupe. La puissance rayonnée par le Soleil peut être concentrée en un point grâce à une loupe. La tâche lumineuse sur le papier blanc est plus intense que sur le papier noir.



DOC 2 Photo satellite de la Méditerranée et de sa côte. Les mers et les océans apparaissent noirs sur les photos prises par des satellites qui se trouvent à la verticale du lieu.



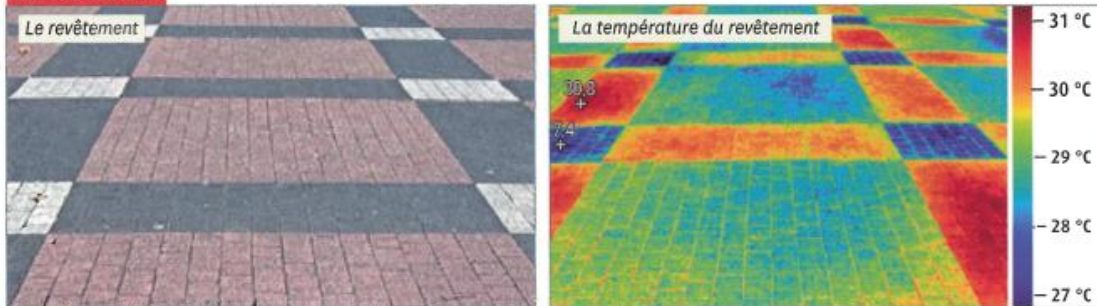
DOC 3 Un skieur sur les pistes. À la montagne en hiver, il est vivement conseillé de porter de la crème solaire et des lunettes de soleil pour éviter de prendre des coups de soleil.

L'albédo et son importance pour la planète

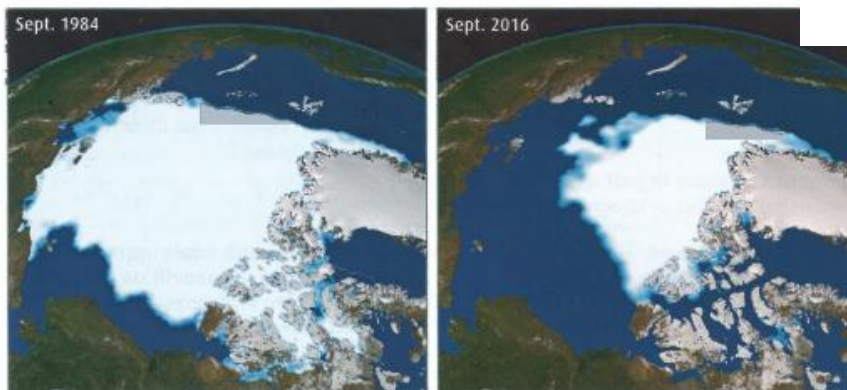
Surface	Neige fraîche, Soleil haut	Neige fraîche, Soleil bas	Sable	Forêt	Eau, Soleil horizontal	Eau, Soleil vertical	La planète Terre
Albédo	0,8 - 0,85	0,9 - 0,95	0,2 - 0,3	0,05 - 0,1	0,5 - 0,8	0,03 - 0,05	0,3

DOC 4 Valeurs d'albédo de quelques surfaces. Le pouvoir réfléchissant d'une surface est appelé albédo. C'est une grandeur sans dimension comprise entre 0 et 1. Un albédo de 0,4 signifie que la surface réfléchit 40% de la puissance reçue. L'albédo terrestre est la moyenne de l'albédo de chaque type de surface pondérée par sa proportion relative sur Terre.

Sciences et Société



DOC 5 La température de revêtement de différentes couleurs en été à 22 heures. En ville, entre les espaces verts et les zones sans végétation, la température nocturne peut varier de 8°C en période de canicule. C'est ce qu'on appelle l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU). Alors que la végétation contribue à abaisser la température du lieu, en ville, les surfaces de béton ou d'asphalte, emmagasinent la chaleur durant la journée et la relâchent dans l'air pendant la nuit. Une solution consiste à modifier la couleur des revêtements en ville.

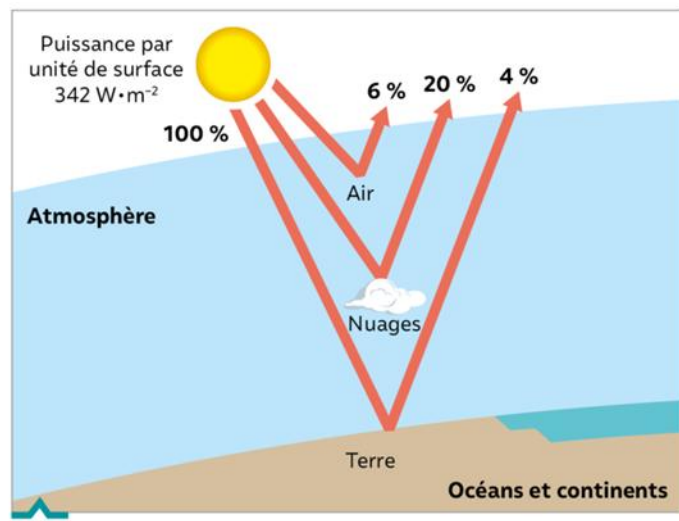


DOC 6 Photos satellites de la banquise du pôle Nord prises par la NASA.

Pistes de réalisation

- Calculez la puissance solaire absorbée par le sol, sachant que la puissance solaire totale reçue par la Terre est de $1,74 \cdot 10^{17}$ W.
- À l'aide des documents, illustrez la notion d'albédo et son impact sur la température au sol.
- Discutez de l'évolution possible de l'albédo terrestre dans le futur et de ses conséquences.

- 1) Déterminer la puissance thermique renvoyée par la surface de la Terre, la puissance thermique renvoyée par les nuages.
- 2) Quelle est la valeur de l'albédo moyen du sol de la Terre ?
- 3) Est-ce que les surfaces blanches et les surfaces sombres ont le même albédo ?



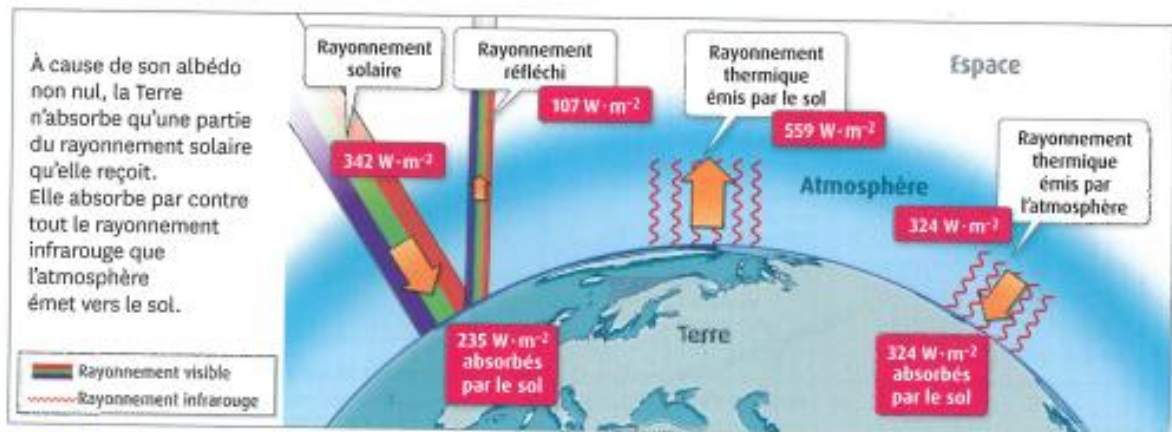
L'effet de serre

Histoire des sciences

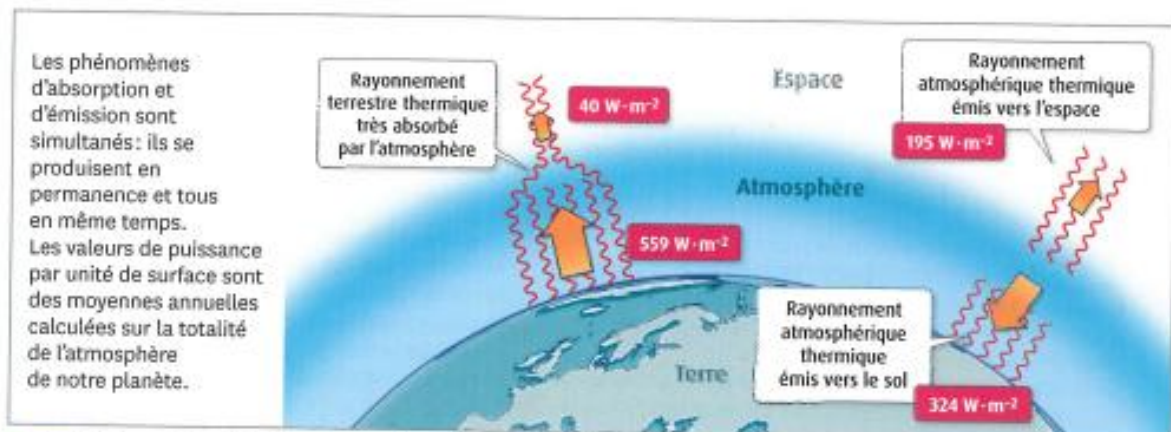


Le mécanisme d'effet de serre est introduit en 1824 par Joseph Fourier. Ce dernier explique que l'atmosphère laisse passer la majorité du rayonnement solaire visible qui vient réchauffer le sol, mais bloque et absorbe en grande partie le rayonnement terrestre thermique infrarouge. Ceci a pour effet de maintenir la Terre à une température assez élevée. L'analyse de l'effet de serre de Fourier était toutefois incomplète puisqu'elle ne mentionnait pas que, sous l'effet du rayonnement terrestre absorbé, l'atmosphère émet à son tour un rayonnement thermique infrarouge dirigé vers le sol. L'effet de serre est expliqué docs 2 et 3.

DOC 1 Définition de l'effet de serre par Fourier.



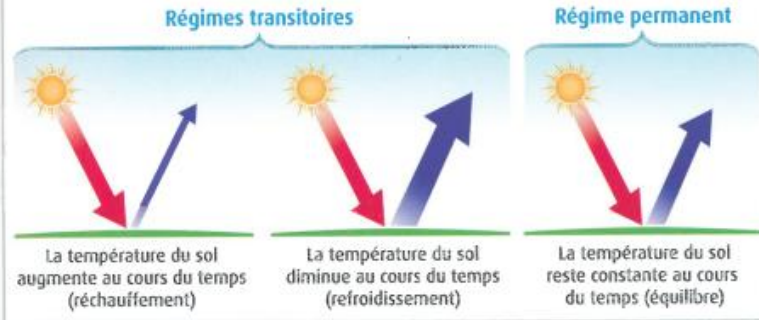
DOC 2 Schéma simplifié des absorptions et émissions radiatives au niveau du sol terrestre.



DOC 3 Schéma simplifié des absorptions et émissions radiatives au niveau de l'atmosphère terrestre.

La température de la Terre

Un corps à l'équilibre, ou en régime permanent, reçoit la même puissance qu'il renvoie. Il n'y a pas d'accumulation ou de perte de chaleur. On parle d'équilibre dynamique si ce corps est en interaction avec l'extérieur, c'est-à-dire qu'il échange en permanence de l'énergie avec l'extérieur.

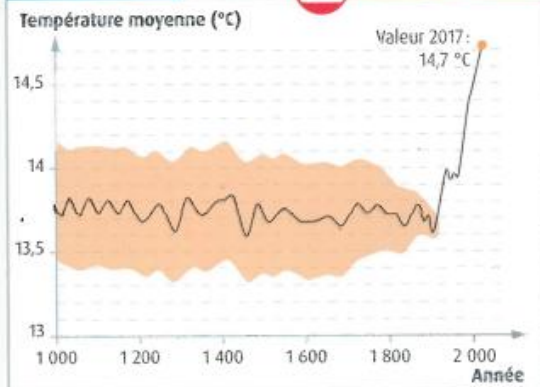


DOC 5 Températures moyennes sur la Terre et la Lune. La Terre et la Lune se trouvent quasiment à la même distance du Soleil.

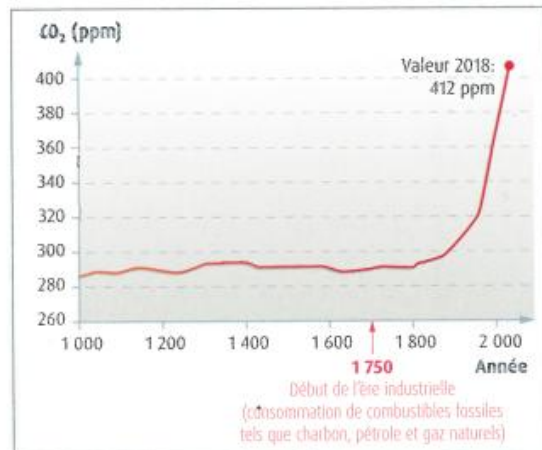
DOC 4 Modélisation de régimes transitoires et permanent.

Pratique scientifique

Méthode d'estimation



DOC 6 Température moyenne sur Terre de l'an 1000 à 2017. Le nuage orange sur le graphe représente l'incertitude des estimations.

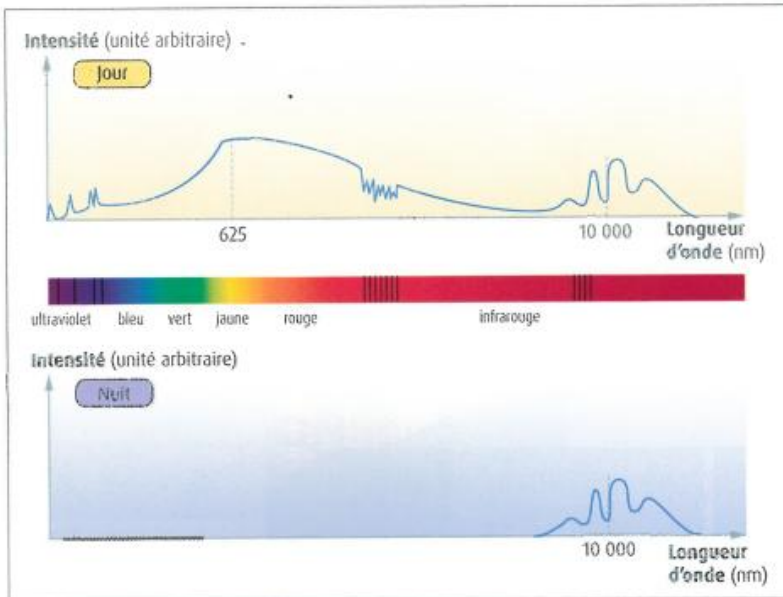


DOC 7 Teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre de l'an 1000 à 2018.

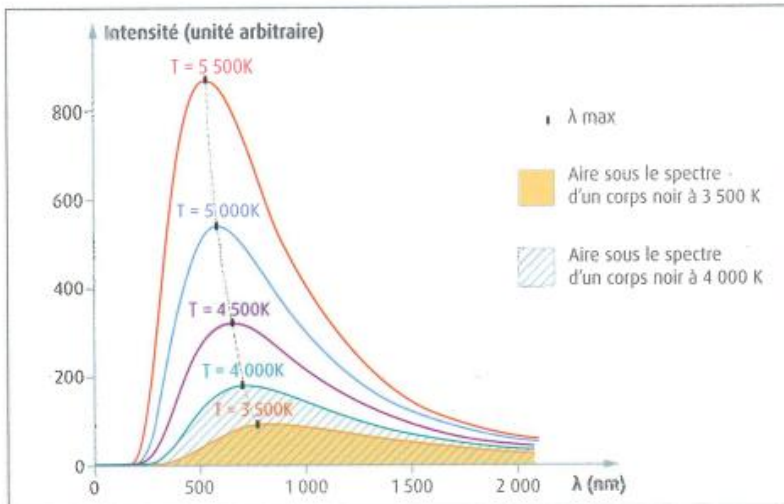
ACTIVITÉ GUIDÉE

1. Identifiez les sources de puissance absorbée par le sol terrestre (DOC 2).
2. Construisez un schéma qui résume tous les rayonnements émis et reçus par le sol, l'atmosphère et l'espace (DOCS 2 ET 3).
3. À partir de ce schéma, faites un bilan des puissances arrivant dans et repartant du système sol-atmosphère afin de montrer que la planète est théoriquement à l'équilibre dynamique (DOC 4).
4. Expliquez l'influence de l'atmosphère sur la température terrestre (DOCS 1 ET 5).
5. Déterminez le régime dans lequel se trouve la Terre depuis les années 1900, ainsi que la cause de ce régime (DOCS 4, 6 ET 7).

Le spectre du rayonnement terrestre

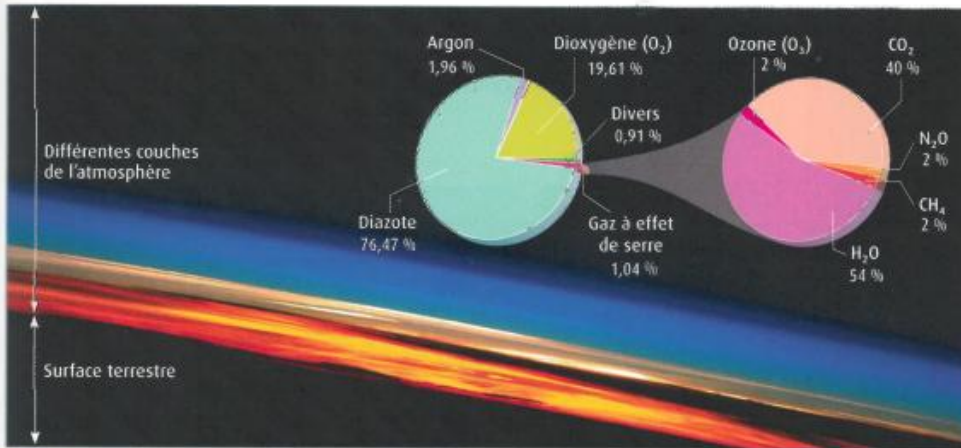


DOC 1 Spectres du rayonnement terrestre le jour et la nuit. La Terre, comme tout corps de température non-nulle, émet un rayonnement thermique.

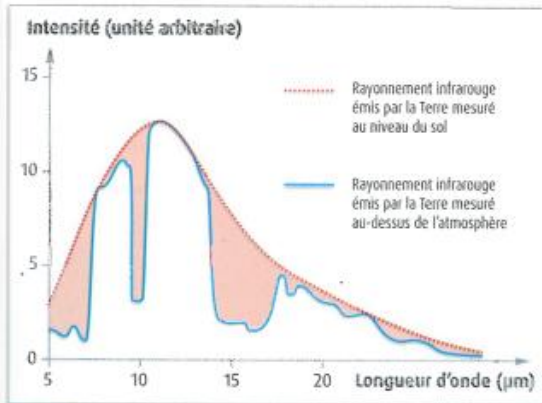


DOC 2 Spectres d'émission de corps noirs à différentes températures. On démontre, en physique théorique, que plus la puissance par unité de surface émise par un corps noir est importante, plus l'aire sous la courbe de son spectre est grande.

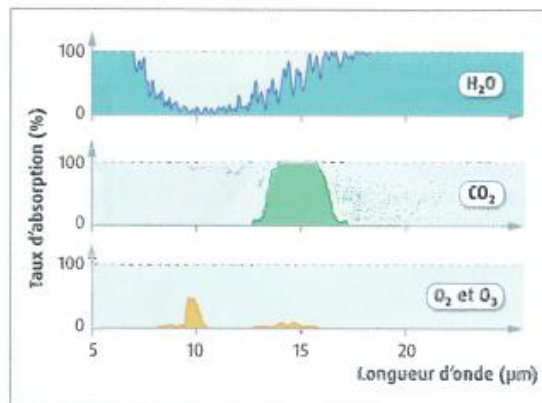
Le rôle de l'atmosphère



DOC 3 Photo satellite et composition de l'atmosphère terrestre. L'atmosphère terrestre, qui tire son nom du grec *atmós* (vapeur) et *sphaira* (sphère), est composée de différents gaz.



DOC 4 Comparaison des spectres d'émission terrestres au niveau du sol et au-dessus de l'atmosphère. On constate un écart conséquent entre le spectre d'émission mesuré au niveau du sol et le spectre mesuré au-dessus de l'atmosphère. L'écart est matérialisé en rouge sur le graphe.



DOC 5 Absorption du rayonnement infrarouge par certains gaz de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde. Ces gaz sont dits à « effet de serre ».

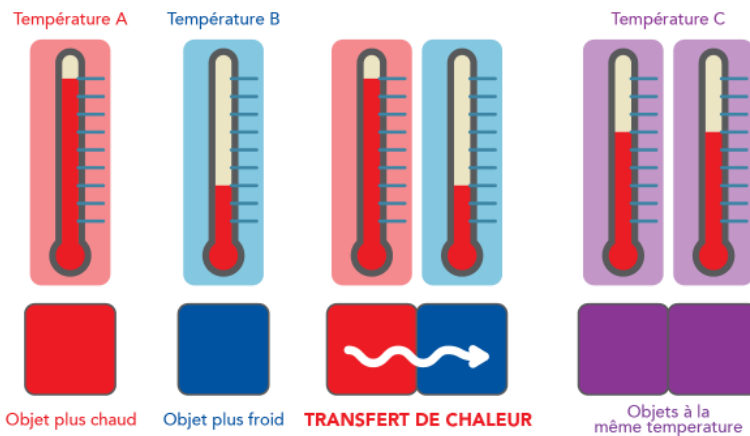
ACTIVITÉ GUIDÉE

1. Décrivez les spectres de jour et de nuit, en précisant leurs domaines de longueurs d'onde, et en déduire quelles parties correspondent à l'albédo et au rayonnement thermique émis par la Terre (DOC. 1).
2. En appliquant la loi de Wien à la Terre, estimez la température moyenne du sol en degrés Celsius (DOC. 1).
3. Expliquez comment la puissance par unité de surface émise par un corps noir varie en fonction de sa température (DOC. 2).
4. Expliquez avec précision l'écart entre le spectre d'émission mesuré au niveau du sol et le spectre mesuré au-dessus de l'atmosphère (DOCS 3, 4, ET 5).

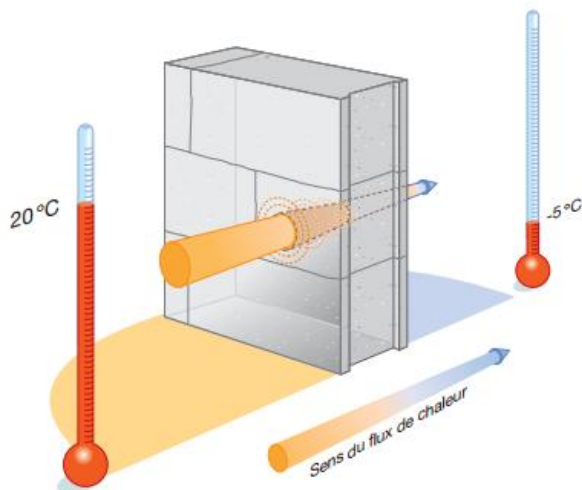
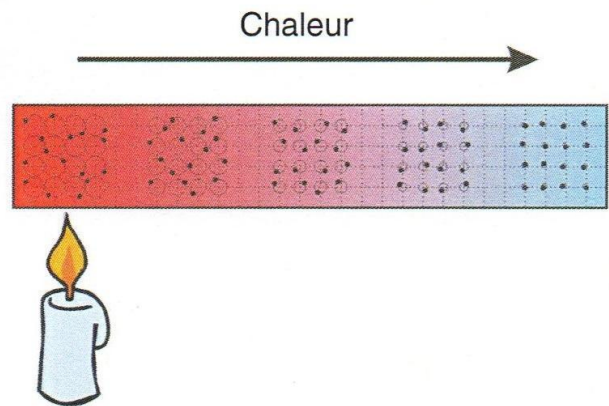
III- Conduction thermique.

C'est un transfert thermique qui se fait par contact. Le transfert thermique se fait du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Quand il n'y a plus de différence de température, il n'y a plus de transfert thermique.

TRANSFERT DE CHALEUR



Le transfert thermique dans un matériau solide se fait par conduction thermique. C'est l'agitation des molécules, des atomes sur eux-mêmes qui transportent la chaleur.



Le matériau laisse diminuer plus ou moins la puissance thermique comme on peut voir sur le dessin à côté. De ce fait, on définit la grandeur résistance thermique notée R . Plus R est élevée est moins il y aura de puissance thermique. Si R est très grand alors on s'approche d'une très bonne isolation thermique.

La relation entre la puissance thermique par unité de surface (W/m^2) traversant un matériau et la résistance thermique R est donnée par :

$$\varphi = \frac{T_{chaud} - T_{froid}}{R}$$

où R est la résistance thermique du matériau et T_{chaud} température de la zone la

plus chaude et T_{froid} de la zone plus froide. $R = \frac{e}{\lambda}$ (unité : $K.m^2.W^{-1}$) est la résistance thermique, e l'épaisseur du matériau et λ la conductivité thermique.

Remarque : Parfois $R = \frac{e}{\lambda.S}$ ($K.W^{-1}$) où S est la surface dans ce cas la puissance thermique transférée en Watt est $P = \frac{T_c - T_F}{R}$

Comparaison de deux murs.

Un mur de maison est fabriqué en béton et un autre en paille (comprimé). L'épaisseur de ces deux murs sont de 30 cm. La température à l'intérieur de la maison est de 19°C. A l'extérieur, il fait 10°C.

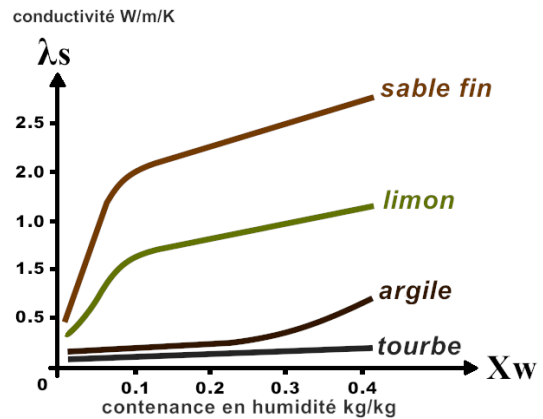
Matériau	Conductivité thermique en $W.m^{-1}.K^{-1}$ à 20°
Aluminium (pureté de 99,9%)	237
Air (100 kPa)	0,03
Béton	0,92
Bois de chêne	0,16
Brique (terre cuite)	0,84
Laine de verre	0,04
Liège	0,04
Paille (perpendiculaire aux fibres)	0,04
Terre (sèche)	0,75
Verre	1,2

- 1) Faire un schéma, pour représenter le transfert thermique.
- 2) Déterminer les transferts thermiques à travers chaque mur.

Sols humides et secs.

<https://www.thermoconcept-sarl.com/conductivite-thermique-des-sols-secs-et-humides/>

On se met pied nu sur du sable fin humide puis sur de la tourbe humide. (La température du sable fin humide est la même que celle de la tourbe humide)



Sur quel sol, ressent-on une température plus basse ? Justifier.

Isolation :

Sur ce site <https://calculis.net/resistance-thermique>, il y a possibilité de calculer la résistance thermique.

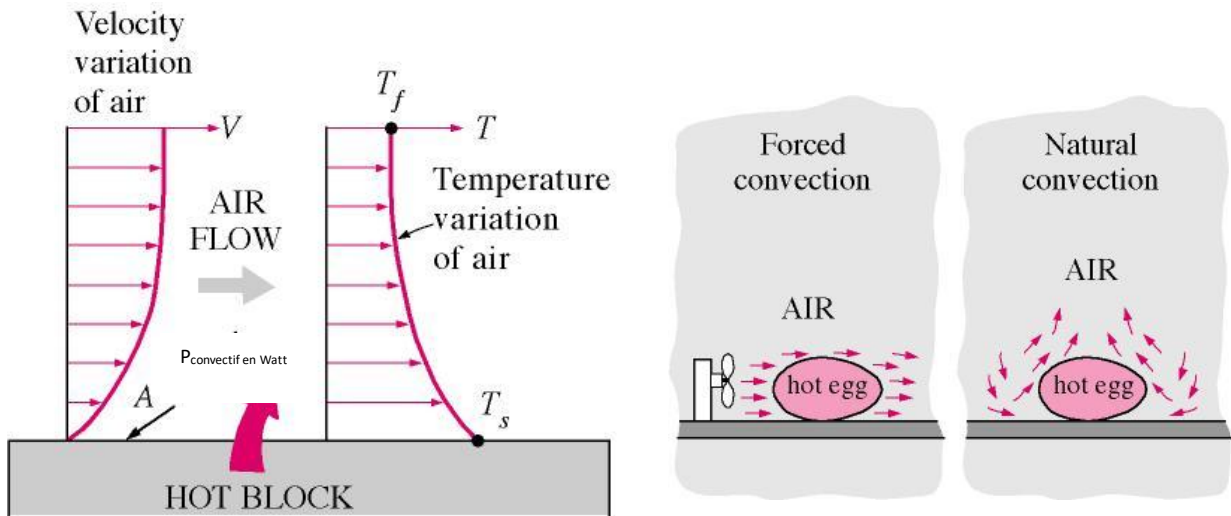
Soit l'isolation :

Le mur d'une maison en bois à ossature bois est composé des couches suivantes de l'intérieur à l'extérieur :

- plaque de plâtre de 13 mm
- pare-vapeur (négligeable)
- isolation en laine de chanvre de 15 cm
- panneau de particules OSB de 8 mm
- pare-pluie (négligeable)
- lame d'air ventilé de 27 mm
- bardeau en résineux léger de 22 mm.

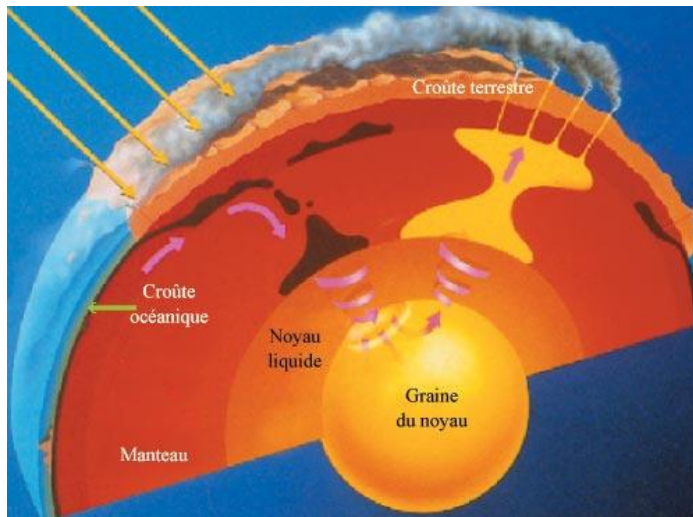
- a) Déterminer la résistance thermique du mur en calculant avec les valeurs données par le site puis avec le site directement.
- b) Déterminer la puissance thermique passant à travers un mur de surface 10m² avec les températures extérieure de 35°C et intérieure de 20°C

IV- Convection thermique.

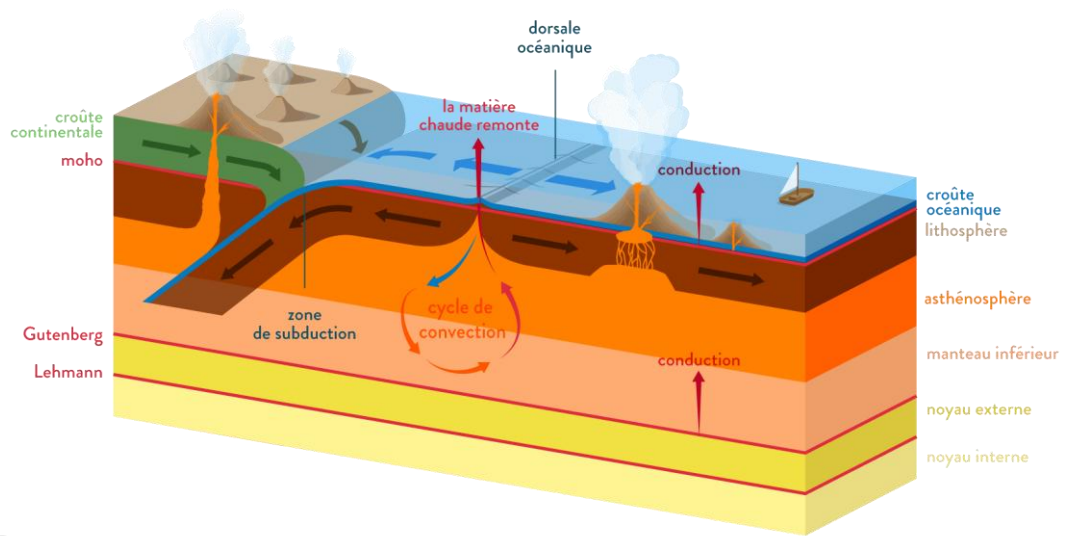


V- Application L'énergie et les transferts thermiques à l'intérieur de la Terre.

Vidéos : 01- géothermie, comment ça marche ?



Les transferts thermiques



<https://www.qcm-svt.fr/QCM/public-affichage.php?niveau=TS&id=161>