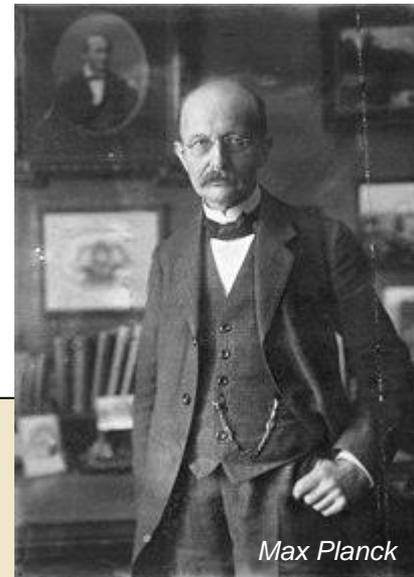


Familles
rurales

Vivre mieux !

ASSOCIATION
DE MAILLET

Club d'astronomie
Caroline H



Max Planck

Le corps noir

JP. Maratrey – Avril 2023

Définition

Mesure expérimentale

Réalisation d'un corps noir

Loi de Rayleigh-Jeans et
la catastrophe ultraviolette

Max Planck et théorie des quantas

Loi de Wien

Définition

Deux cas à distinguer.

Dans le monde visible :

Un corps noir est un objet qui ne réfléchit aucune lumière visible venue de l'extérieur.

Il absorbe toute la lumière visible qu'il reçoit.

Dans le monde de la physique :

Un corps noir est un objet qui ne réfléchit aucune lumière venue de l'extérieur.

Il absorbe toute la lumière qu'il reçoit, quelle que soit sa longueur d'onde.

Définition

L'été, lorsque le Soleil nous envoie ses rayons, la température que l'on ressent dépend de la couleur de nos vêtements.

Un vêtement blanc va réfléchir une grande partie de l'énergie qu'il reçoit.

Au contraire, un vêtement noir va absorber une grande partie de l'énergie du Soleil et la transformer en chaleur.



L'été

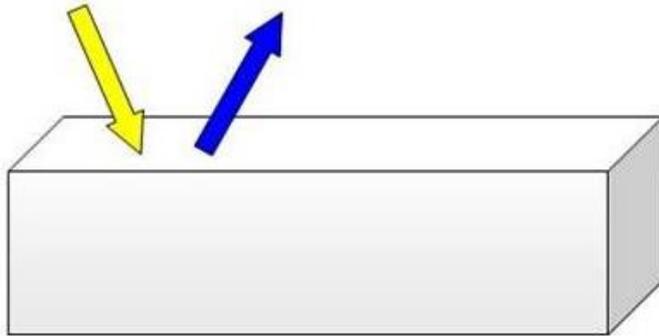


L'hiver

Pour ne pas avoir trop chaud l'été, mieux vaut s'habiller en blanc car le noir absorbe l'énergie du soleil et nous donne une sensation de "plus chaud".

Définition

Une boîte parfaitement blanche réfléchit la lumière reçue.
Rien n'est absorbé.



Une boîte parfaitement noire absorbe la lumière reçue.
Rien n'est réfléchi.



L'énergie reçue dans la boîte agite les particules et est convertie en chaleur.
Sa température augmente.

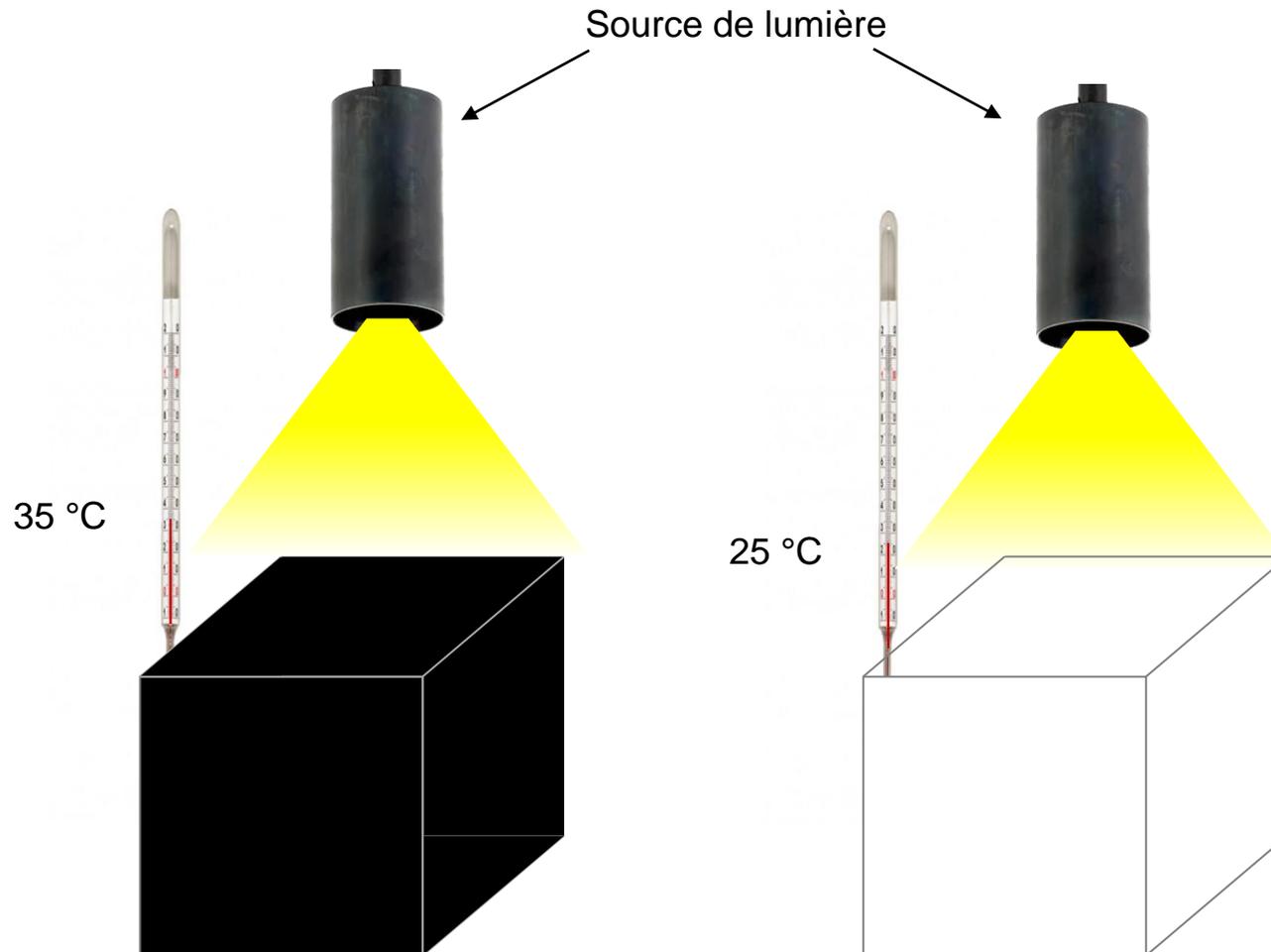
Elle se mesure en Kelvin (K). $1 \text{ K} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$, mais l'échelle est décalée de $273,15^\circ\text{C}$. $273,15 \text{ K} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Lorsque l'agitation des particules est nulle, la température est de 0 K . Cet état n'existe pas. C'est le zéro absolu.

Mesure expérimentale

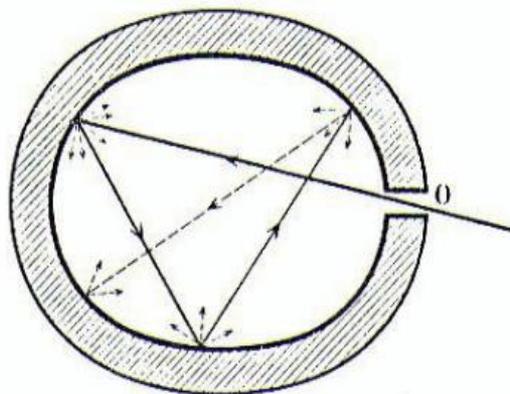
Une boîte fermée blanche réfléchit la lumière de l'éclairage de la lampe.

Une boîte fermée noire absorbe la lumière de l'éclairage de la lampe.



Réalisation d'un corps noir en physique

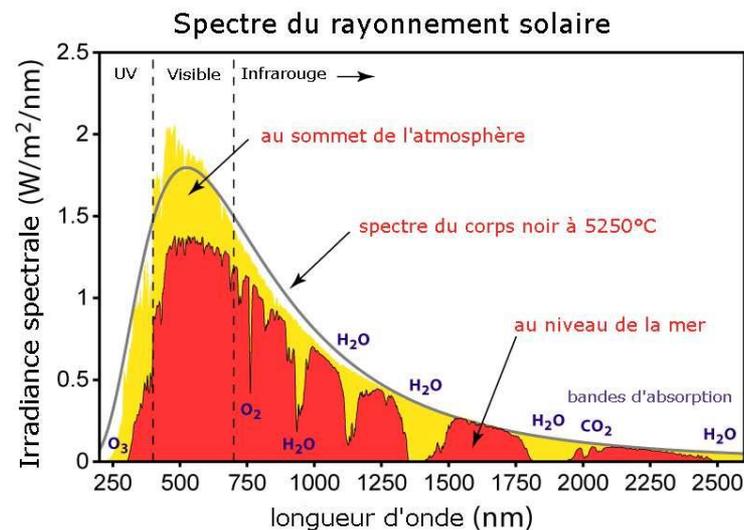
Noir ne signifie pas qu'il est invisible comme un trou noir mais qu'il absorbe toute la lumière. En raison de sa température, un corps noir émet un rayonnement dit thermique qui est caractérisé par sa température.



L'intérieur de l'enceinte sphérique est entièrement réfléchissante. Aucun rayonnement ne peut s'échapper par la paroi.

Une minuscule ouverture est pratiquée pour effectuer les mesures du rayonnement intérieur.

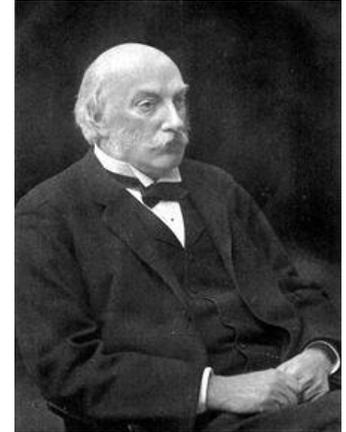
Une étoile, comme par exemple le Soleil, émet comme un corps noir.



La loi de Rayleigh-Jeans

John William Strutt **Rayleigh** (1842-1919) est un physicien anglais plus connu sous son titre : Lord Rayleigh.

Il travaille sur l'élasticité, l'hydrodynamique, l'acoustique, la thermique...



James Hopwood **Jeans** (1877-1946) est aussi physicien anglais, vulgarisateur scientifique, spécialiste en cosmologie et en relativité.

Vers 1900, ces deux personnages trouvent une équation qui permet de calculer l'énergie émise par un corps noir en fonction de la longueur d'onde et de la température.

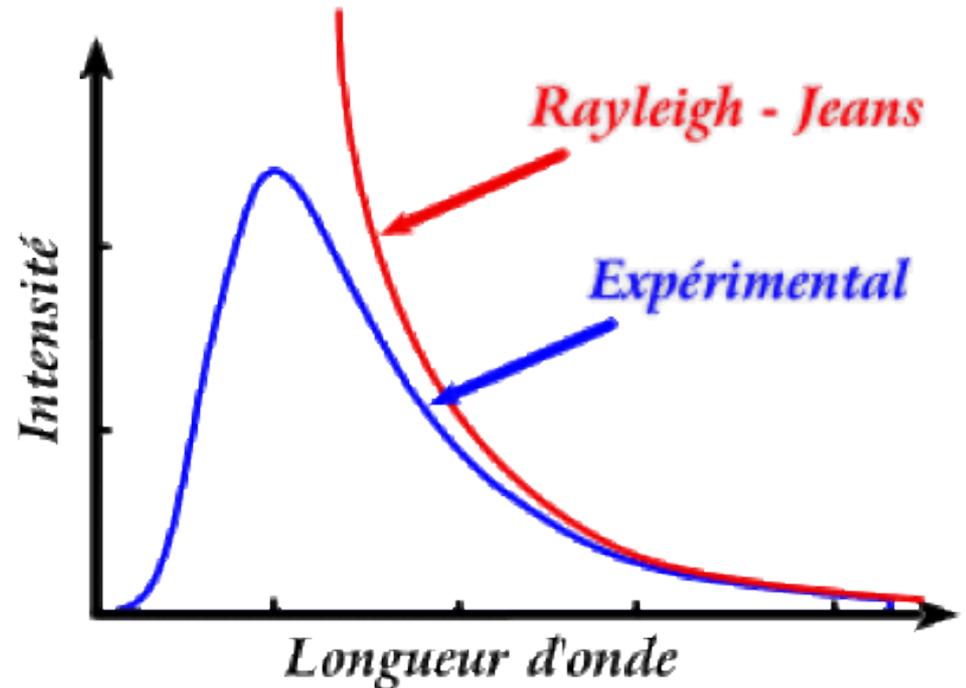
Cette loi fonctionne parfaitement pour les corps qui émettent dans les grandes longueurs d'onde, comme l'IR émis par le corps humain, les fours, les machines à vapeur...

La catastrophe ultraviolette

La loi de Rayleigh-Jeans calcule l'énergie de cette émission. Elle fonctionne pour les grandes longueurs d'ondes, mais diverge de l'expérience pour les courtes longueurs d'onde (les hautes températures).

Par exemple, avec cette loi, le rayonnement du Soleil en ultraviolet (UV-A par exemple) donne une énergie colossale qui devrait, si elle était juste, nous consumer entièrement, et éliminer toute vie sur Terre. C'est la "catastrophe ultraviolette".

Il fallut attendre Max Planck pour résoudre ce problème qui aboutira à la mécanique quantique !



Max Planck

Max **Planck** (1858-1947) est un physicien allemand.

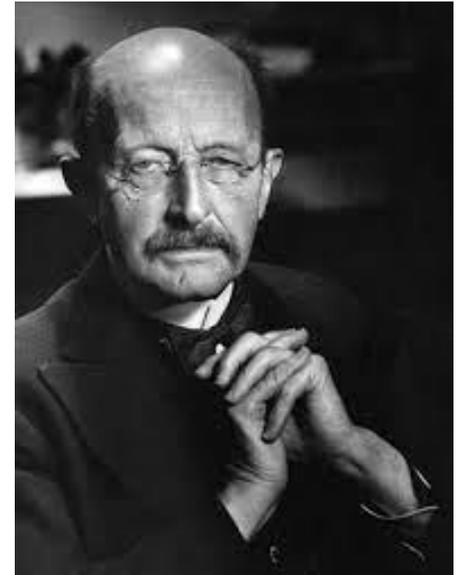
Entre autres choses, il travailla sur l'émission du corps noir et fut nobélisé en 1918 pour sa théorie des quantas. Il démontra mathématiquement que le rayonnement à l'intérieur d'un corps noir est uniquement déterminé par sa température.

Comme tous les spécialistes de l'époque, Jeans et Rayleigh ont postulé que l'énergie était continue, pouvait varier continument d'une valeur à une autre.

Pour résoudre le problème, Planck introduisit la notion de discontinuité pour l'énergie. Elle ne peut prendre que des valeurs bien définies, comme les barreaux d'une échelle. Elle ne varie pas d'une valeur à une autre, mais saute d'une valeur à une autre sans passer par les valeurs intermédiaires.

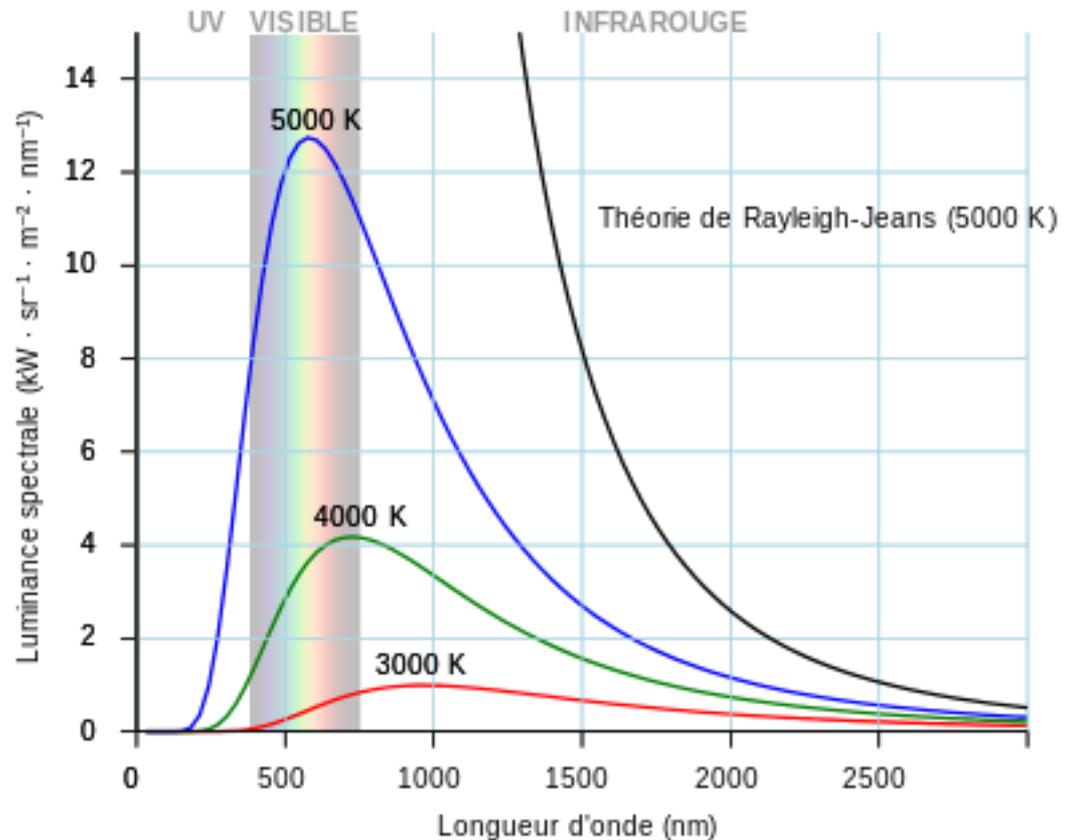
L'équation qu'il définit avec ce postulat est plus compliquée que celle de Rayleigh-Jeans, mais elle calcule des valeurs de l'énergie conforme à l'observation. Exit la catastrophe ultraviolette. [Détails](#).

Cette "quantification" mena à la mécanique quantique.



Max Planck

Traduite graphiquement, son équation donne :



Les courbes montrent les quantités de rayonnements pour chaque longueur d'onde et chaque température.

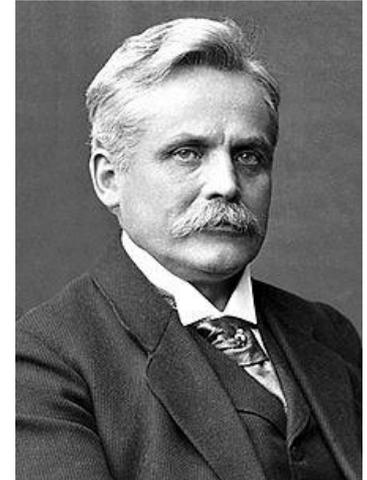
- Plus la température est élevée, plus le maximum d'émission est intense.
- Plus la température est élevée, plus le maximum d'émission a une longueur d'onde courte.

Loi de Wien

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz **Wien** (1864-1928) est un physicien allemand qui reçut le prix Nobel en 1911 pour ses travaux sur les lois du rayonnement du corps noir.

Il détermina une loi donnant, pour une température de corps noir donnée, la longueur d'onde du maximum d'émission de ce corps.

Si le résultat de la loi est très simple, le raisonnement et les mathématiques pour y parvenir sont extrêmement compliqués.



Objet	T (K)	λ_{\max} (nm)	Couleur
Corps humain	310	9 350	IR moyen

$$\lambda_{\max} = \frac{0,0029}{T}$$

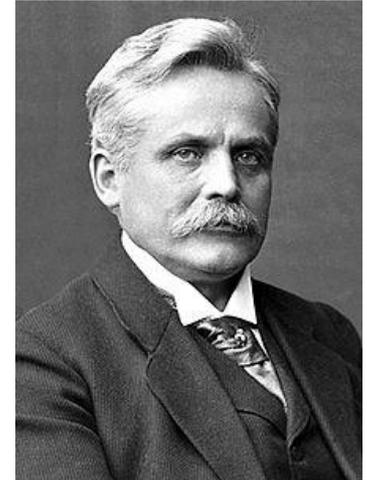
λ_{\max} en m
T en Kelvin

Loi de Wien

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz **Wien** (1864-1928) est un physicien allemand qui reçut le prix Nobel en 1911 pour ses travaux sur les lois du rayonnement du corps noir.

Il détermina une loi donnant, pour une température de corps noir donnée, la longueur d'onde du maximum d'émission de ce corps.

Si le résultat de la loi est très simple, le raisonnement et les mathématiques pour y parvenir sont extrêmement compliqués.



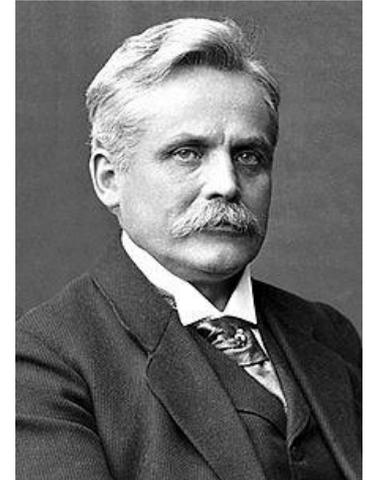
Objet	T (K)	λ_{\max} (nm)	Couleur
Corps humain	310	9 350	IR moyen
Bételgeuse	3 600	805	IR proche

$$\lambda_{\max} = \frac{0,0029}{T}$$

λ_{\max} en m
T en Kelvin

Loi de Wien

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz **Wien** (1864-1928) est un physicien allemand qui reçut le prix Nobel en 1911 pour ses travaux sur les lois du rayonnement du corps noir.



Il détermina une loi donnant, pour une température de corps noir donnée, la longueur d'onde du maximum d'émission de ce corps.

Si le résultat de la loi est très simple, le raisonnement et les mathématiques pour y parvenir sont extrêmement compliqués.

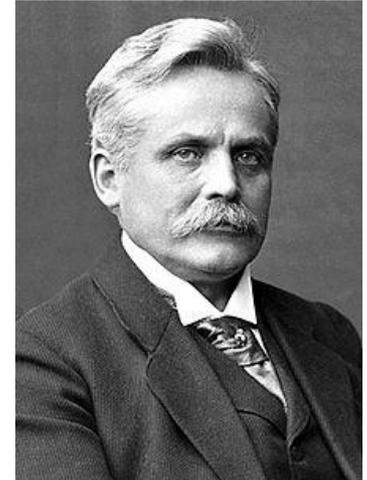
$$\lambda_{max} = \frac{0,0029}{T}$$

λ_{max} en m
T en Kelvin

Objet	T (K)	λ_{max} (nm)	Couleur
Corps humain	310	9 350	IR moyen
Bételgeuse	3 600	805	IR proche
Capella	4 900	590	

Loi de Wien

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz **Wien** (1864-1928) est un physicien allemand qui reçut le prix Nobel en 1911 pour ses travaux sur les lois du rayonnement du corps noir.



Il détermina une loi donnant, pour une température de corps noir donnée, la longueur d'onde du maximum d'émission de ce corps.

Si le résultat de la loi est très simple, le raisonnement et les mathématiques pour y parvenir sont extrêmement compliqués.

$$\lambda_{max} = \frac{0,0029}{T}$$

λ_{max} en m
T en Kelvin

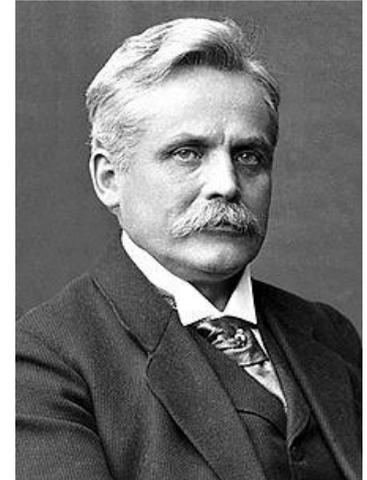
Objet	T (K)	λ_{max} (nm)	Couleur
Corps humain	310	9 350	IR moyen
Bételgeuse	3 600	805	IR proche
Capella	4 900	590	
Soleil	5 800	500	

Loi de Wien

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz **Wien** (1864-1928) est un physicien allemand qui reçut le prix Nobel en 1911 pour ses travaux sur les lois du rayonnement du corps noir.

Il détermina une loi donnant, pour une température de corps noir donnée, la longueur d'onde du maximum d'émission de ce corps.

Si le résultat de la loi est très simple, le raisonnement et les mathématiques pour y parvenir sont extrêmement compliqués.



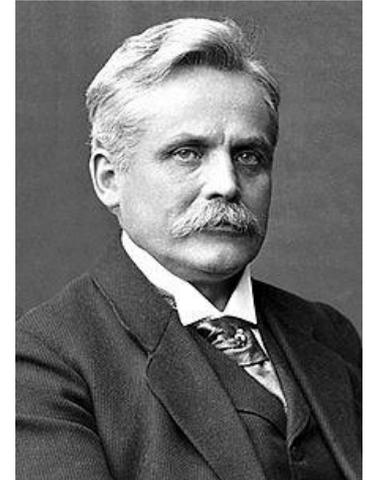
$$\lambda_{max} = \frac{0,0029}{T}$$

λ_{max} en m
T en Kelvin

Objet	T (K)	λ_{max} (nm)	Couleur
Corps humain	310	9 350	IR moyen
Bételgeuse	3 600	805	IR proche
Capella	4 900	590	
Soleil	5 800	500	
Polaire	6 800	425	

Loi de Wien

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz **Wien** (1864-1928) est un physicien allemand qui reçut le prix Nobel en 1911 pour ses travaux sur les lois du rayonnement du corps noir.



Il détermina une loi donnant, pour une température de corps noir donnée, la longueur d'onde du maximum d'émission de ce corps.

Si le résultat de la loi est très simple, le raisonnement et les mathématiques pour y parvenir sont extrêmement compliqués.

$$\lambda_{max} = \frac{0,0029}{T}$$

λ_{max} en m
T en Kelvin

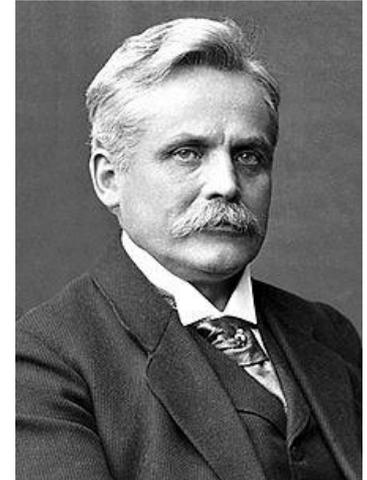
Objet	T (K)	λ_{max} (nm)	Couleur
Corps humain	310	9 350	IR moyen
Bételgeuse	3 600	805	IR proche
Capella	4 900	590	
Soleil	5 800	500	
Polaire	6 800	425	
Deneb	8 525	340	UV-A

Loi de Wien

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz **Wien** (1864-1928) est un physicien allemand qui reçut le prix Nobel en 1911 pour ses travaux sur les lois du rayonnement du corps noir.

Il détermina une loi donnant, pour une température de corps noir donnée, la longueur d'onde du maximum d'émission de ce corps.

Si le résultat de la loi est très simple, le raisonnement et les mathématiques pour y parvenir sont extrêmement compliqués.



$$\lambda_{max} = \frac{0,0029}{T}$$

λ_{max} en m
T en Kelvin

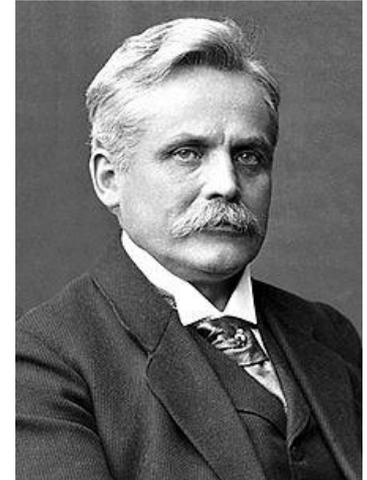
Objet	T (K)	λ_{max} (nm)	Couleur
Corps humain	310	9 350	IR moyen
Bételgeuse	3 600	805	IR proche
Capella	4 900	590	
Soleil	5 800	500	
Polaire	6 800	425	
Deneb	8 525	340	UV-A
Sirius	10 000	290	UV-B

Loi de Wien

Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz **Wien** (1864-1928) est un physicien allemand qui reçut le prix Nobel en 1911 pour ses travaux sur les lois du rayonnement du corps noir.

Il détermina une loi donnant, pour une température de corps noir donnée, la longueur d'onde du maximum d'émission de ce corps.

Si le résultat de la loi est très simple, le raisonnement et les mathématiques pour y parvenir sont extrêmement compliqués.



$$\lambda_{max} = \frac{0,0029}{T}$$

λ_{max} en m
T en Kelvin

Objet	T (K)	λ_{max} (nm)	Couleur
Corps humain	310	9 350	IR moyen
Bételgeuse	3 600	805	IR proche
Capella	4 900	590	
Soleil	5 800	500	
Polaire	6 800	425	
Deneb	8 525	340	UV-A
Sirius	10 000	290	UV-B
Régulus	11 000	263	UV-C



**Familiales
rurales**

Vivre mieux !

**ASSOCIATION
DE MAILLET**



**Club d'astronomie
Caroline H**



Pour une température donnée (5 000 K par exemple)

