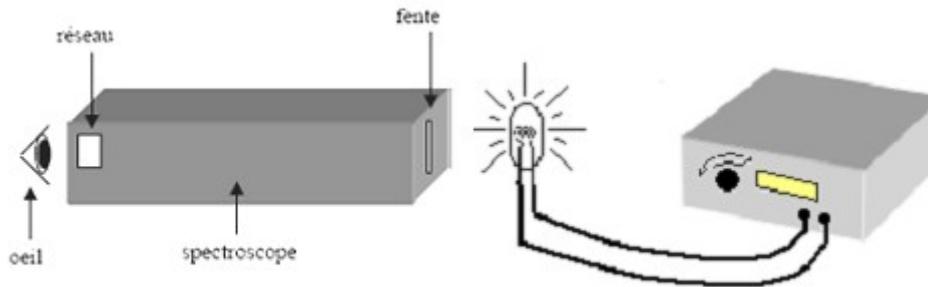


Objectifs du TP:

- ✓ Comprendre pourquoi les corps chauffés émettent des lumières colorées (loi de Wien)
- ✓ Étudier pourquoi l'énergie transportée par cette lumière est quantifiée

I) La couleur des corps chauffés :**I-1) Expérience : Spectre lumineux d'une lampe à incandescence**

On branche une lampe à incandescence recouverte d'un papier calque (6W ; 14V) aux bornes d'un générateur de tension réglable. On fait varier l'intensité du courant qui traverse le filament de la lampe du maximum au minimum en observant simultanément la couleur de la lumière émise par le filament et l'allure du spectre à l'aide d'un spectroscope.

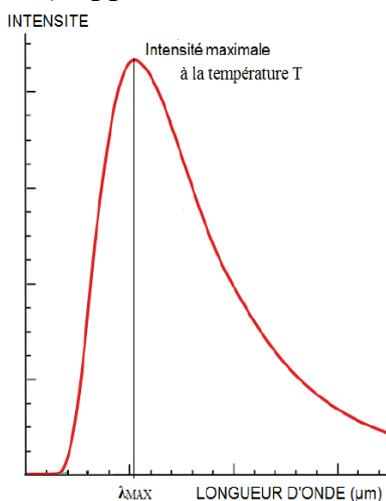
**Exploitation :**

1- Compléter le tableau ci-dessous :

Intensité	Max	→		Min
Couleur du filament et de la lumière émise				
Allure du spectre à travers le spectroscope (intensité et couleur)				

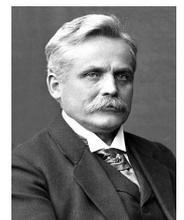
2- Comment évolue la température du filament lorsque l'intensité du courant qui le traverse augmente ?

3- Que peut-on en conclure sur l'évolution du spectre lumineux d'un corps lorsque sa température augmente ?

I-2) Application aux étoiles :

doc.2 Intensité lumineuse en fonction de λ .

En 1911, l'allemand Wilhelm **Wien** (*doc.1*) reçut le prix Nobel de physique « pour ses découvertes sur les lois du rayonnement de la chaleur ». Il montra expérimentalement la relation entre la longueur d'onde λ_{MAX} du pic d'intensité lumineuse maximale d'un corps chauffé et sa température absolue T (en Kelvin). Tentons de retrouver cette relation.



Doc1 W.Wien en 1911

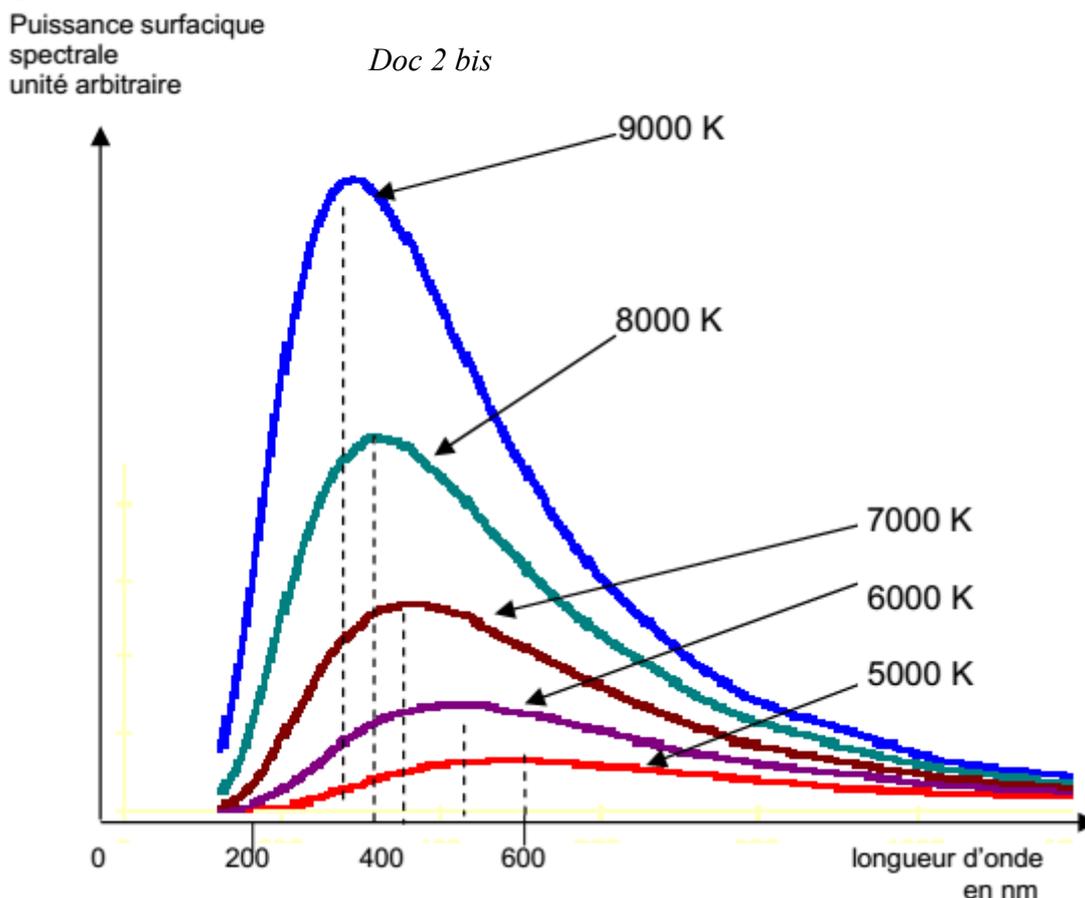
I-2-a) Simulation :

L'animation « Rayonnement du corps noir » accessible à l'adresse suivante : http://phet.colorado.edu/sims/blackbody-spectrum/blackbody-spectrum_en.html simule l'intensité lumineuse d'un corps chauffé en fonction de sa température absolue T . Le document 2 ci-contre représente un spectre d'émission.

4- Rappeler la gamme des longueurs d'onde du visible dans le vide en précisant les couleurs correspondant aux valeurs limites.

5- Placer sur la graphique suivant les limites du domaine visible.

<http://www.jf-noblet.fr/noir2/noir2.htm#>



6- Le maximum des courbes se situe-t-il toujours dans le domaine du visible ?

7- Indiquer comment évolue λ_{\max} (pic d'intensité lumineuse maximale) lorsque la température T varie.

Un corps noir à une température de 9000K apparaît bleuté car sa puissance surfacique spectrale est maximale dans la partie bleue du spectre.

8- Quelle est la couleur apparente d'un corps noir à 5000K ?

I-2-b) Mesures :

A partir de la simulation <http://www.jf-noblet.fr/noir2/noir3.htm>

déterminer la valeur de la longueur d'onde λ_{\max} afin de compléter le tableau ci dessous.

T (en)	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
λ_{\max} (en nm)								

I-2-c) Exploitation :

A l'aide d'un logiciel LatisPro tracer les graphiques suivants :

- $\lambda_{\max} = f(T)$
- $\lambda_{\max} = f(T^2)$
- $\lambda_{\max} = f(1/T)$

9) Quel est le graphe le plus simple à exploiter ?

10) Peut-on déduire une relation entre T et λ_{\max} ?

11) La loi de Wien s'écrit $\lambda_{\max} \times T = 2,89 \times 10^{-3} m.K$ avec λ_{\max} en mètre et T en kelvin.

Cette relation est-elle en accord avec l'équation déterminée à la question précédente ?

I-3-d) Application de la loi de Wien :

12) A l'aide de la loi de Wien, compléter le tableau suivant et en utilisant le spectre de la lumière blanche en déduire la couleur des étoiles suivantes.

Étoile	Soleil	Bételgeuse	Altair
λ_{\max} en nm	485		360
Couleur associée à λ_{\max} de la radiation dans le vide			
Température (en K)		3600	
Couleur perçue	jaune-blanc		Blanche (reflet bleuté)

13) Pour le Soleil, comment expliquer que la couleur perçue dans l'espace ne corresponde pas à la couleur de la radiation associée à λ_{\max} ?

14) Le corps humain a une température d'environ 37°C.

- A quel domaine de radiation correspondent les ondes électromagnétiques émises ?
- Expliquer alors le principe des lunettes à vision nocturne.

II) La quantification de l'énergie :

II-1) La catastrophe ultraviolette :

À la fin du XIX^{ème} siècle, la théorie de la lumière était incapable d'expliquer pourquoi l'intensité du rayonnement lumineux chute aux petites longueurs d'onde : Ce fut la **catastrophe ultraviolette** ! À l'époque, les savants pensaient que les échanges d'énergie entre la lumière et la matière étaient continus. Ainsi, leurs calculs montraient que l'intensité de la lumière devait augmenter lorsque λ diminuait, ce qui était en contradiction avec l'expérience. L'allemand Max **Planck** (doc.3), puis Albert **Einstein** (doc.4) proposèrent une hypothèse audacieuse qui entraînera une révolution radicale de la physique : les échanges entre lumière et matière devaient être *discontinus*. Ces échanges furent appelés **quanta d'énergie** (un **quantum**).



doc.3 M. Planck (1858-1947).
Prix Nobel de Physique en 1918
pour sa théorie des quanta.

15) Pourquoi peut-on dire que les échanges d'énergie entre lumière et matière sont quantifiés ?

Expérience : Avec le spectroscopie, observer la lumière émise par la lampe à décharge (*vapeur de mercure*).

16) Décrire le spectre de la lumière observée.

II-2) Simulation :

L'animation « *Spectre d'absorption et d'émission* » visible à l'adresse :

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/spectres_abs_em.swf

indique les principales raies des atomes. Afficher les spectres d'émission et d'absorption de l'atome d'hydrogène H.

17) Comparer les deux spectres d'émission et d'absorption.

18) Dans le tableau ci-dessous, indiquer la couleur et la longueur d'onde des quatre principales raies observées. (La dernière ligne sera complétée après la question 21)



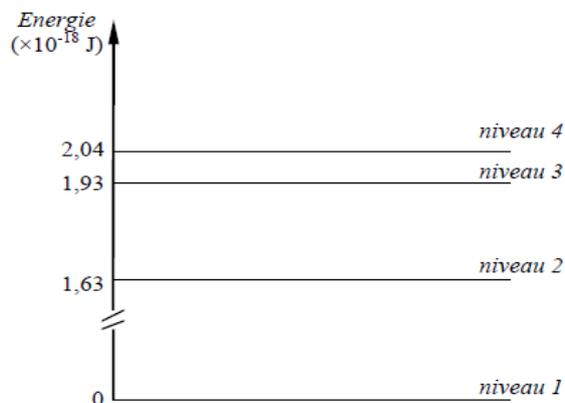
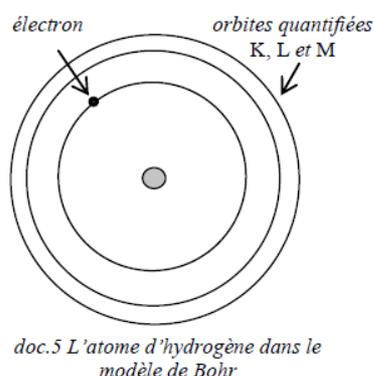
doc.4 Niels Bohr en compagnie d'Albert Einstein en 1930.

Couleur de la raie d'émission				
Longueur d'onde (en nm)				
Énergie ΔE ($\times 10^{-18}$ J)				

Pour interpréter le spectre de l'atome d'hydrogène, le suédois Niels Bohr (doc.4) reçut le prix Nobel de physique en 1922 « pour son apport à l'édification de la mécanique quantique ». Etudions ses hypothèses...

II-3) Hypothèses de Bohr sur la quantification de l'énergie :

- Dans l'atome d'hydrogène (voir le modèle du *doc.5*), l'électron n'a accès qu'à certaines orbites quantifiées, correspondant à un niveau d'énergie précise ;
- Pour changer de niveau, l'atome doit gagner ou perdre un quantum d'énergie strictement égal à l'écart entre le niveau initial d'énergie et le niveau final (voir le diagramme du *doc.6*) ;
- Dans ce cas, l'atome absorbe ou libère un photon transportant une énergie égale à ce quantum d'énergie, ce qui permet à l'électron de changer d'orbite.



doc.6 Premiers niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

Interprétation :

L'énergie d'un photon ne dépend que de la longueur d'onde λ de la radiation qui le transporte.

19) Dans le cas d'une émission de lumière, l'électron doit-il passer à un niveau d'énergie supérieur ou inférieur ? Même question dans le cas d'une absorption de lumière.

20) Comment les hypothèses de Bohr expliquent-elles la réponse à la question 16).

21) Comment les hypothèses de Bohr expliquent-elles la réponse à la questions 17).

Exploitation :

L'énergie ΔE d'un photon est donnée par la relation $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ avec *La constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js*
La célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8$ m/s

22) Dans le tableau précédent, calculer les énergies des photons associées à chacune des radiations visibles du spectre de l'atome d'hydrogène.

23) Identifier sur le *doc.6* les changements de niveaux responsables des émissions des radiations cyan et rouge.

24) Les deux autres radiations de lumière visible mettent en jeu le *niveau 2*. Exploiter leurs longueurs d'onde pour compléter le diagramme avec deux autres valeurs d'énergie supérieures au niveau 2.

1 ^{ère} S	TP4 : Sources de lumière – Loi de Wien Liste du matériel	Thème : Observer
--------------------	---	------------------

Élèves :	Bureau :
<ul style="list-style-type: none"> • Ordinateur + internet • Spectroscope 	<ul style="list-style-type: none"> • Lanterne blanche + rhéostat + prisme (pour faire varier l'intensité du courant qui parcourt le filament et voir l'évolution du spectre en fonction de T) • Lampe spectrale (mercure?)

Catastrophe UV :

La catastrophe ultraviolette est une expression employée pour la première fois par le [physicien autrichien Paul Ehrenfest](#). Elle désigne les résultats de plusieurs expériences faites au cours de l'année 1900, résultats qui se sont avérés non concordants avec la théorie élaborée entre les années 1880 et 1900 pour expliquer le rayonnement émis par un corps chauffé (en chauffant du métal, il devient rouge, en le chauffant encore plus, il devient blanc).

Cette théorie du rayonnement prévoit que le rayonnement émis par un corps chauffé est proportionnel à la température absolue et inversement proportionnel au carré de la longueur d'onde.

Au cours de l'année 1900, des expériences montrent que cette théorie du rayonnement fonctionne bien pour des émissions allant de l'infra-rouge au vert. Par contre, pour le bleu, le violet, et plus encore, l'ultraviolet, les résultats ne concordent pas du tout avec cette théorie qui est mise en échec.

C'est pour apporter une réponse à ce problème de théorie du rayonnement que le physicien allemand [Max Planck](#) propose à la fin de l'année 1900 une idée révolutionnaire qui, pour la première fois, postule qu'un phénomène physique peut être discontinu. C'est la naissance de la [physique quantique](#) qui va bientôt supplanter la physique classique.

un [corps noir](#) à l'équilibre [thermodynamique](#) est censé rayonner un [flux](#) infini. Plus précisément, l'[énergie](#) rayonnée par bande de [longueur d'onde](#) doit tendre vers l'infini quand la longueur d'onde tend vers zéro, " dans l'ultraviolet " pour les physiciens de l'époque, puisque ni les rayons X ni les rayons gamma n'étaient alors connus.

Cette anomalie montra l'échec des théories classiques de la physique dans certains domaines et constitua une des motivations pour la conception de la physique quantique : en 1900, Max Planck en jeta les prémisses, permettant de résoudre le problème du [rayonnement](#) du corps noir avec sa [loi de Planck](#).