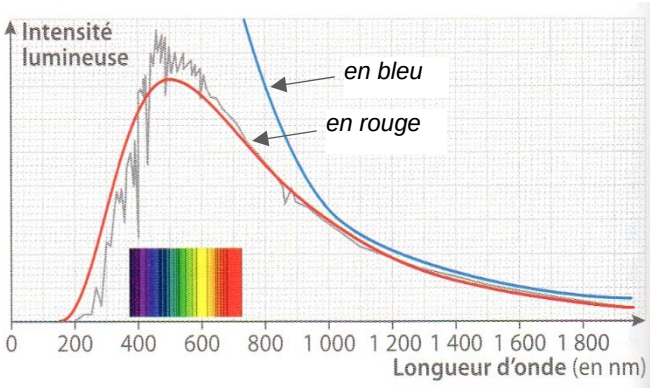
ACTIVITE 1 : UNE BREVE HISTOIRE DU PHOTON

Pendant la quasi-totalité du XIXème siècle, la lumière est assimilée à une onde. Au début du XXème siècle, de nombreux faits expérimentaux inexpliqués par le modèle ondulatoire conduisent à l'émergence d'un nouveau modèle de la lumière, le modèle particulaire.

Document 1 : Le rayonnement du corps noir

Un corps noir* ne réfléchit aucune radiation, il les absorbe toutes. Mais il peut émettre un rayonnement thermique, appelé *rayonnement du corps noir*. C'est le cas du Soleil, dont l'intensité spectrale* est tracée en gris sur la figure. Le modèle ondulatoire de la lumière donne une intensité spectrale théorique tracé en bleu : alors que ce modèle convient bien pour les grandes longueurs d'ondes, il s'écarte fortement de la courbe expérimentale pour les longueurs d'ondes plus courtes. En 1901, le physicien allemand Max Planck postule que l'énergie est quantifiée, c'est-à-dire que les échanges entre la lumière et la matière ne peuvent se faire que par « paquets », qu'il nomme *quanta* d'énergie. Il obtient alors un spectre



théorique tracé en rouge remarquablement en accord avec le spectre expérimental. Dans sa démonstration, il fait intervenir une constante h qu'on appelle la constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ unité SI.

Document 2 : La lumière, une onde

Une **onde électromagnétique** est caractérisée par sa **fréquence** ν (nu), en hertz, ou par sa **longueur d'onde** λ (lambda) **dans le vide**, en mètre. Ces deux grandeurs sont liées par : $\lambda = \frac{c}{\nu}$

c est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide encore appelée **célérité** : $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,m \cdot s^{-1}$.

Document 3 : La naissance du photon

En 1905, Albert Einstein reprend l'idée de Planck, à savoir que les échanges d'énergie entre la lumière et la matière ne peuvent se faire que par « paquets » et émet l'hypothèse que ces quantas d'énergie sont portés par des particules se déplaçant à la vitesse de la lumière et transportant une énergie $h \times \nu$.

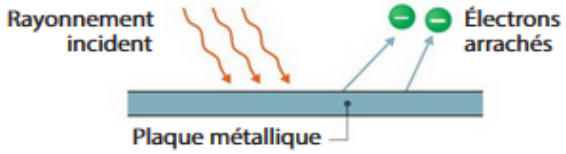
En 1926, Gilbert Newton Lewis invente le mot « photons » pour nommer ces quanta.

$$E_{photon} = h \times \nu$$

où E_{photon} est l'énergie exprimée en joule (J)
ν ets la fréquence exprimée en hertz (Hz)
h est la constante de Planck ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s

Document 4 : L'effet photoélectrique

Lorsqu'un métal est éclairé par une onde électromagnétique de petite longueur d'onde, des électrons sont arrachés de sa surface. En revanche, si on utilise *une onde électromagnétique de plus grande longueur d'onde, donc de moins grande énergie*, les électrons ne sont pas arrachés, même avec une durée d'exposition plus longue.



La description de la lumière par un ensemble de photons permet d'expliquer ce phénomène appelé **effet photoélectrique**. Un électron n'est arraché que si l'énergie de chaque photon est égale ou supérieure à l'**énergie d'ionisation** des atomes de la plaque métallique.

L'énergie d'un photon sert en partie à arracher un électron du métal, le reste étant emporté par cet électron sous forme d'énergie cinétique.

Questions

1) Quel fait précis a prouvé l'insuffisance du modèle ondulatoire de la lumière ?
2) Comment appelle-t-on une « particule de lumière » ? Exprimer l'énergie de cette « particule » en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation électromagnétique associée. Préciser l'unité de chaque grandeur dans cette relation.
3) L'énergie d'ionisation d'un atome de zinc est 3,36 eV.
   a- Une radiation de longueur d'onde λ = 700 nm permettra-t-elle d'observer l'effet photoélectrique ?
   b- Même question pour une radiation de longueur d'onde de 360 nm ?
   c- En déduire l'énergie cinétique de l'électron arraché.

Donnée :L'unité du système international est le joule (J). Mais en physique des particules, on utilise souvent une autre unité : l'électron-volt (eV).1 eV = 1,60 $\times 10^{-19}$ J