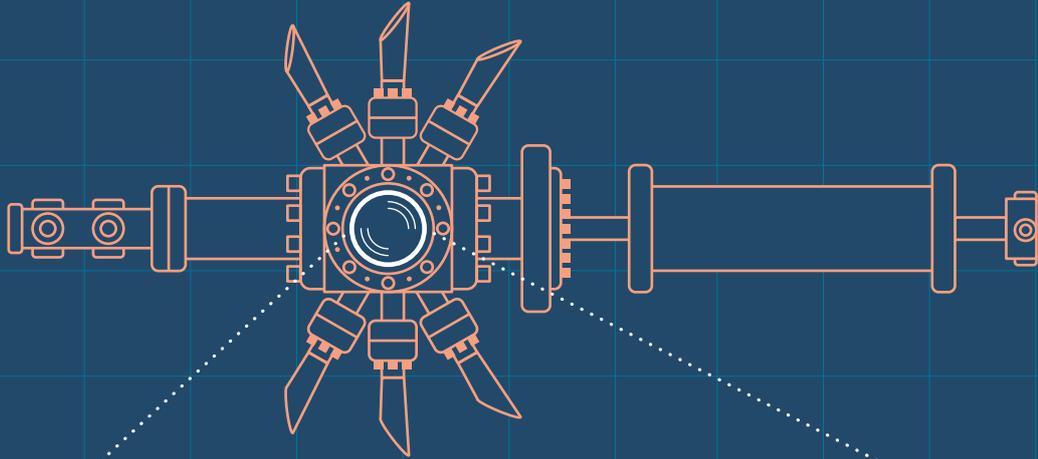


MODE D'EMPLOI POUR FABRIQUER UNE SECONDE



<p>A Former une boule d'atomes.</p>	<p>B La laisser tomber dans des micro-ondes.</p>	<p>C Détecter si les atomes sont excités.</p>	<p>D Fabriquer la seconde pour que l'onde qui excite les atomes contienne 9 192 631 770 oscillations par seconde.</p>
--	---	--	--



55
Cs

Atomes de Césium

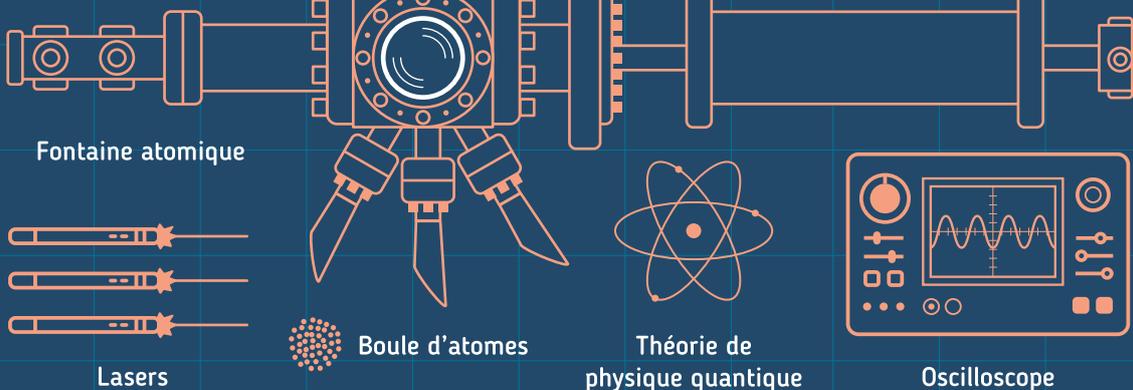
$$\Delta\nu(^{133}\text{Cs}) = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$$

fréquence atomique du Césium 133

Constante fondamentale



Micro-ondes



MATÉRIEL POUR FABRIQUER UNE SECONDE

Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



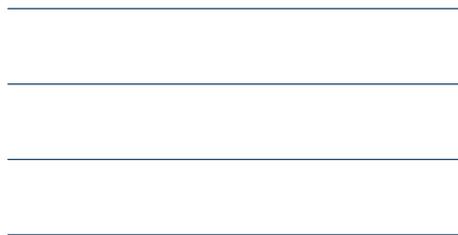
Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



MODE D'EMPLOI POUR FABRIQUER UN MÈTRE



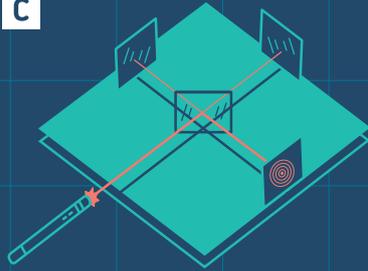
A Mesurer la période T d'un laser.



B Calculer la longueur d'onde en imposant la vitesse de la lumière (c) à 299 792 458 $m.s^{-1}$.



C



Envoyer le laser dans un interféromètre et déplacer un des miroirs, vous verrez les franges changer puis revenir à leur position : faites-le deux fois et vous aurez déplacé le miroir de 632,8 nm.

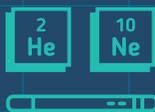


Interféromètre de Michelson



seconde

Unité



Laser



Invention des lasers

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Formule mathématique

$$E = mc^2$$

Théorie de la relativité restreinte



Oscilloscope



Calculatrice



Règle



Crayon

$c = 299\,792\,458\,m.s^{-1}$
vitesse de la lumière

Constante fondamentale



MATÉRIEL POUR FABRIQUER UN MÈTRE

Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



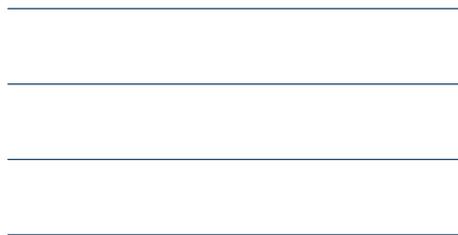
Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



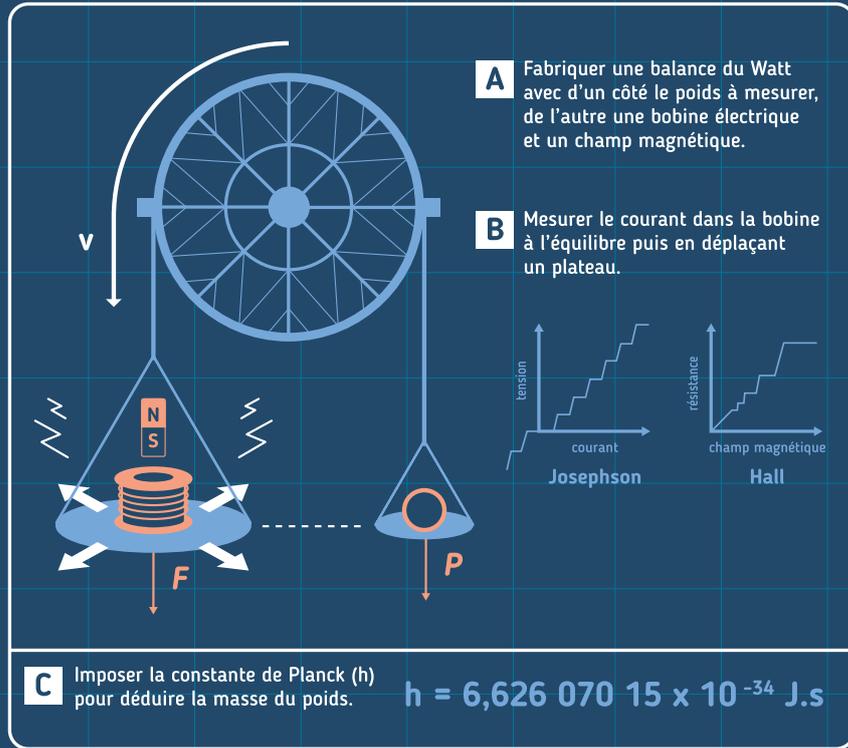
Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



MODE D'EMPLOI POUR FABRIQUER UN KILOGRAMME



seconde



mètre

Unités



Invention de l'électricité et de l'induction



Théorie de mécanique classique



Effet Josephson



Théorie de physique quantique



Effet Hall quantique

Effets quantiques présentant des paliers

$$h = 6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

constante de Planck

Constante fondamentale



Balance du Watt

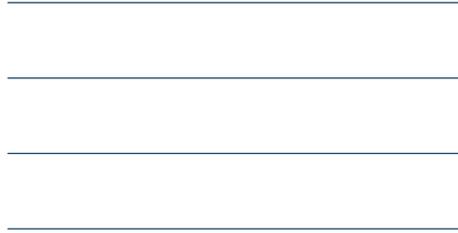


MATÉRIEL POUR FABRIQUER UN KILOGRAMME

Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



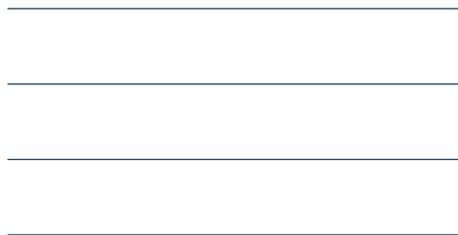
Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



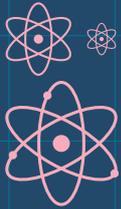
Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



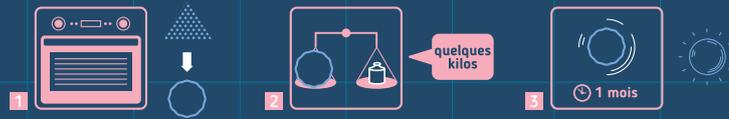
Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



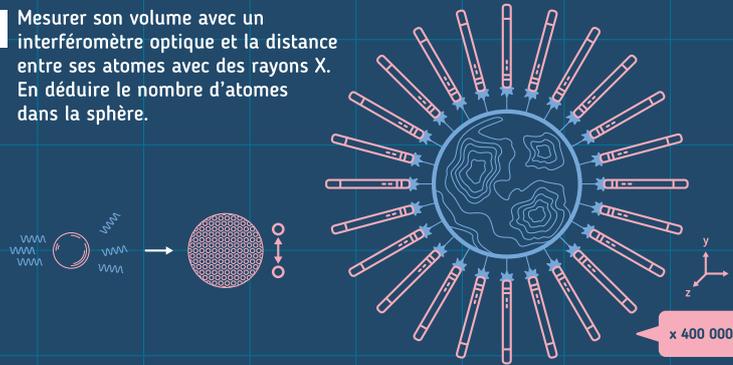
MODE D'EMPLOI POUR FABRIQUER UNE MOLE



A Fabriquer la sphère de silicium la plus parfaite possible.



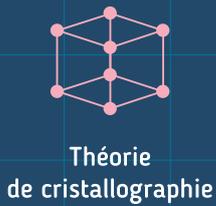
B Mesurer son volume avec un interféromètre optique et la distance entre ses atomes avec des rayons X. En déduire le nombre d'atomes dans la sphère.



C Diviser par la constante d'Avogadro $N_A = 6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ et vous obtenez le nombre de moles dans la sphère.

$$\text{Nombre de mole} = \frac{\text{Nombre d'atomes}}{N_A}$$

$$M_{\text{mol}} = \frac{m_{\text{sphère}}}{\text{Nombre de mole}}$$



$N_A = 6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$
nombre d'Avogadro

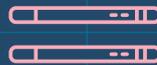
Constante fondamentale



Balance



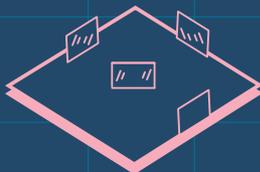
Four



Lasers

$$M_{\text{mol}} = \frac{m_{\text{TOT}}}{\text{Nombre de mole}}$$

Formule de chimie



Interféromètre optique

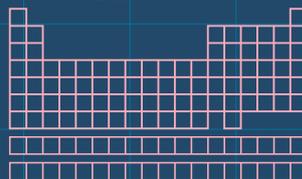
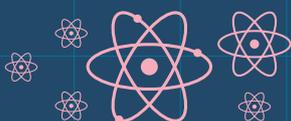


Tableau périodique des éléments



Atomes de Silicium (sable)

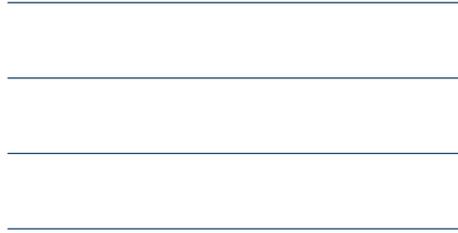


MATÉRIEL POUR FABRIQUER UNE MOLE

Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



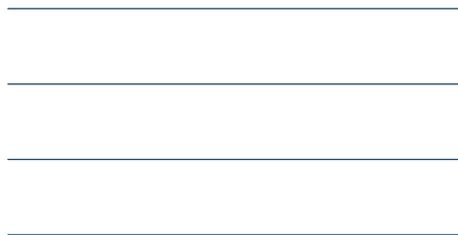
Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



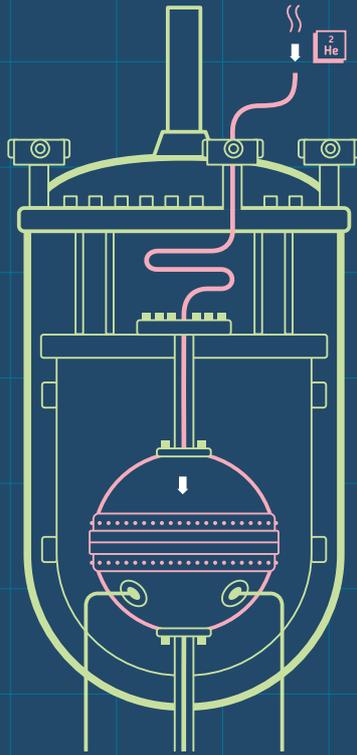
Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



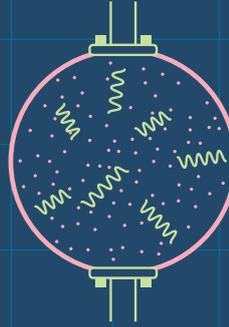
Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



MODE D'EMPLOI POUR FABRIQUER UN KELVIN



A Fabriquer un thermomètre acoustique. Remplir une sphère d'hélium et mesurer ses vibrations. En déduire la vitesse du son (v) dans ce gaz.



B Imposer la constante de Boltzmann (k_B) soit $1,380\ 649 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$. En déduire la température du gaz :

$$v^2 = \frac{\gamma k_B \times T}{m}$$

(m : la masse des atomes du gaz)

$$v^2 = \frac{\gamma k_B \times T}{m}$$

Loi physique



Atomes d'Hélium



seconde

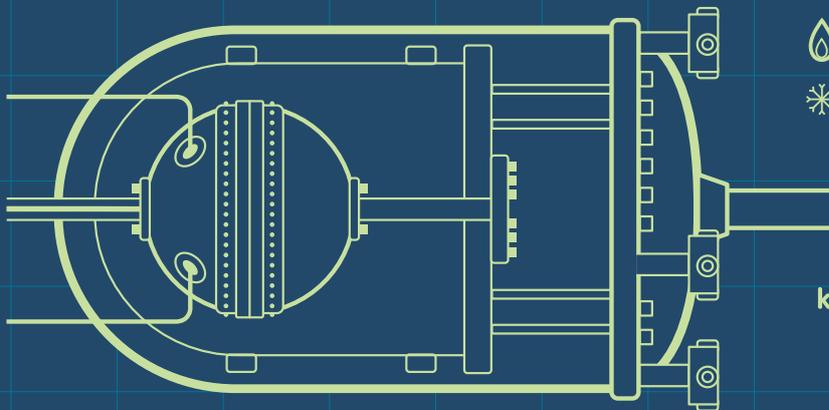


mètre



kilogramme

Unités



Théorie
thermodynamique

Thermomètre acoustique

$k_B = 1,380\ 649 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$
constante de Boltzmann

Constante fondamentale

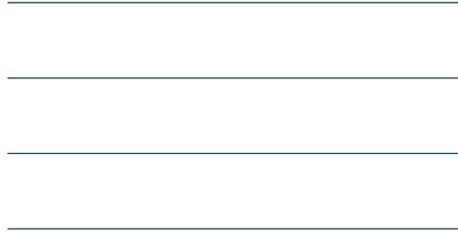


MATÉRIEL POUR FABRIQUER UN KELVIN

Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



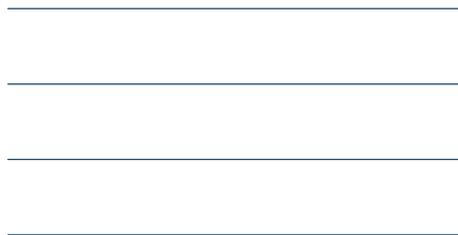
Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



MODE D'EMPLOI POUR FABRIQUER UN AMPÈRE



A

Champ magnétique ↑

Mesurer la résistance (R) grâce aux paliers ultra-précis de l'effet Hall quantique.

Hall

$$R_H = \frac{h}{e^2}$$

B

Mesurer la tension (V) grâce aux paliers ultra-précis de l'effet Josephson quantique.

Josephson

$$V_J = \frac{h\nu}{2e}$$

C Imposer la charge de l'électron $e = 1,602\ 176\ 634\ 10^{-19}\text{ C}$ et en déduire un courant en ampère grâce à la loi d'Ohm.

$$i = \frac{V_J}{R_H} = \frac{e\nu}{2}$$

Effet Hall quantique,
Von Klitzing 1985
Effet Josephson,
Josephson 1973

Prix Nobel

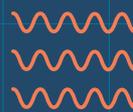
Ω
 $U = R \times i$

Loi d'Ohm

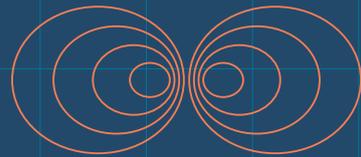


seconde

Unité

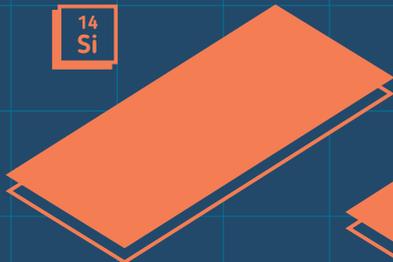


Ondes
électromagnétiques

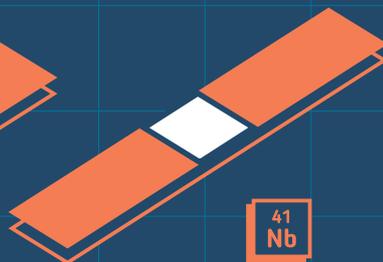


Champ magnétique

14
Si



Transistor



Jonction Josephson supraconductrice

41
Nb

$e = 1,602\ 176\ 634\ 10^{-19}\text{ C}$
charge électrique de l'électron

Constante fondamentale

$$R_H = \frac{h}{e^2} \quad V_J = \frac{h\nu}{2e}$$

Formules de physique

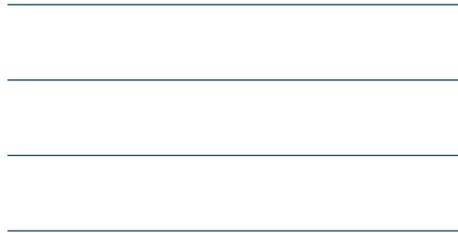


MATÉRIEL POUR FABRIQUER UN AMPÈRE

Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.
Découvrez tout le projet sur www.vulgarisation.fr



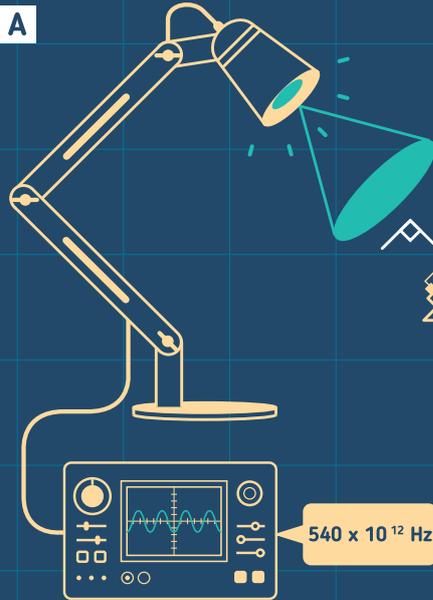
Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



MODE D'EMPLOI POUR FABRIQUER UNE CANDELA



A

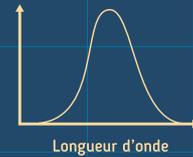
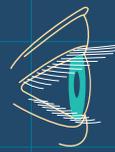


Fabriquer une lampe verte
de fréquence précise de 540×10^{12} Hz.

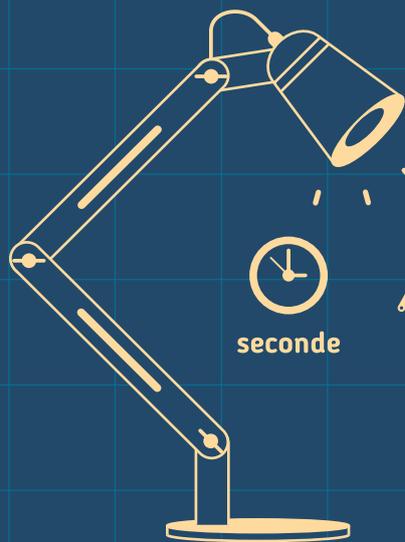


Fabriquer un détecteur d'intensité lumineuse

C Pour les autres couleurs, utiliser une
fonction de luminosité liée à l'œil humain.



B Régler la lampe pour avoir une efficacité
de 683 lumens par Watt. Son intensité
vaut alors 1 candela.

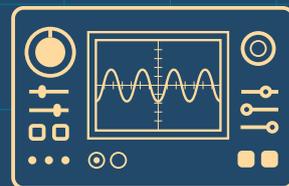


$\text{Kcd} = 683 \text{ lm.W}^{-1}$
efficacité lumineuse
Constante fondamentale

~~~~~  
Théorie de l'électromagnétisme



Unités



Oscilloscope



Yeux  
humains



Détecteur d'intensité lumineuse

Lampe monochromatique de  
fréquence  $540 \times 10^{12}$  Hz (vert)



# MATÉRIEL POUR FABRIQUER UNE CANDELA

**Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.**  
Découvrez tout le projet sur [www.vulgarisation.fr](http://www.vulgarisation.fr)



Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff  
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS



**Unités : mode d'emploi / Les nouvelles façons de définir les unités scientifiques à partir de 2018.**  
Découvrez tout le projet sur [www.vulgarisation.fr](http://www.vulgarisation.fr)



Design graphique : Marie Jamon / Physique - Julien Bobroff  
« La Physique Autrement », Université Paris-Sud, CNRS

