

DS n°1 de Sciences physiques

Pour chaque exercice, vous prendrez soin :

Durée : 2 heures

- de rappeler les lois de la physique utilisées ou de donner la formule littérale pour chaque calcul,
- d'utiliser les notations proposées dans l'énoncé,
- d'associer à chaque résultat son unité et de réfléchir attentivement au nombre de chiffres significatifs.

Les résultats doivent être encadrés et la copie soignée (propreté, qualité de l'écriture et orthographe).

Les exercices peuvent être traités dans l'ordre de votre choix.

Les durées estimées de chaque exercice sont indiquées (avec la durée pour les étudiants bénéficiant d'un 1/3 temps entre parenthèses) ainsi que l'heure conseillée pour débiter chaque exercice, afin de vous aider à gérer votre temps.

PHYSIQUE

Exercice 1 : Construire une échelle de distances

8h00

durée conseillée : 15 min (20 min)

« Ce qui nous frappe, c'est l'extravagance de ce qui nous entoure. Les dimensions d'abord. Les étoiles que nous regardons la nuit, à l'œil nu, sont à des centaines de milliers de milliards de km. Certaines galaxies observées par nos télescopes sont un milliard de fois plus loin encore... A ce niveau, bien sûr, les chiffres ne parlent plus à l'imagination.

Si l'humanité doit à l'astronomie une riche moisson d'images célestes, elle doit à la biologie le spectacle de la vie microscopique. Nos corps humains sont constitués d'une centaine de milliards de milliards de milliards d'atomes (il n'y a pas qu'en astronomie que l'on rencontre des nombres extravagants). Toutes ces particules sont impliquées dans une organisation d'une complexité époustouflante. Pour pouvoir dire « je », il faut que des myriades de molécules d'oxygène d'à peine un milliardième de mètre de diamètre, en provenance de l'atmosphère, soient pompées dans mes poumons, véhiculées par les globules rouges jusque dans mon cerveau, et là, distribuées à des milliards de neurones qui se chargent et se déchargent plusieurs fois par seconde. »

Hubert Reeves, *Poussière d'étoile*, Points Sciences, Edition du Seuil, 1994.

1. Traduire les extraits en italique dans le texte par des nombres exprimés en puissances de 10.
2. Associer les longueurs du tableau ci-dessous aux valeurs de la colonne de droite
(Exemple : 6 - J)
3. Exprimer les valeurs A, D, E, H et I du tableau ci-dessous en m à l'aide de puissances de 10.

Longueurs	Valeurs
1. distance Terre - Lune	A. 6 mm
2. distance Terre - Proxima du Centaure (étoile la plus proche du système solaire)	B. 4×10^5 km
3. distance Terre - galaxie d'Andromède	C. 2×10^{19} km
4. diamètre d'un atome	D. 0,001 pm
5. diamètre d'un globule rouge	E. 0,1 μ m
6. hauteur d'un homme	F. $1,5 \times 10^8$ km
7. diamètre d'un noyau d'atome	G. 10 μ m
8. distance Paris - Marseille	H. 8×10^2 km
9. diamètre d'un virus	I. 0,1 nm
10. longueur d'une fourmi	J. 2 m
11. diamètre de la Terre	K. 10^4 km
12. distance Terre - Soleil	L. 4×10^{16} m

Exercice 2 : Nébuleuse d'Orion

8h15 (8h20)

durée conseillée : 20 min (30 min)

La nébuleuse d'Orion se situe à une distance de 1 300 années-lumières de la Terre.
Son diamètre est de 10 années-lumières.

1. Combien de kilomètres représente une année lumière ? (Donner le détail du calcul et expliquer celui-ci. On donnera le résultat avec 3 chiffres significatifs.)
2. Donner, en km, le diamètre de la nébuleuse d'Orion.

On suppose que la distance de la nébuleuse à la Terre est équivalente à $1,2 \times 10^{16}$ km.

3. Combien d'années faudrait-il à une fusée se déplaçant à une vitesse de $10\,000 \text{ m.s}^{-1}$ pour atteindre cette nébuleuse ?
4. Donner la valeur de la vitesse de la fusée en km.h^{-1} .
5. Pourquoi peut-on dire lorsqu'on observe cette nébuleuse, qu'on regarde dans le passé ?
6. Si l'on observe la nébuleuse d'Orion en 2023, en quelle année la lumière reçue a-t-elle été émise ?
7. BONUS ! Quel est l'âge de l'Univers ?

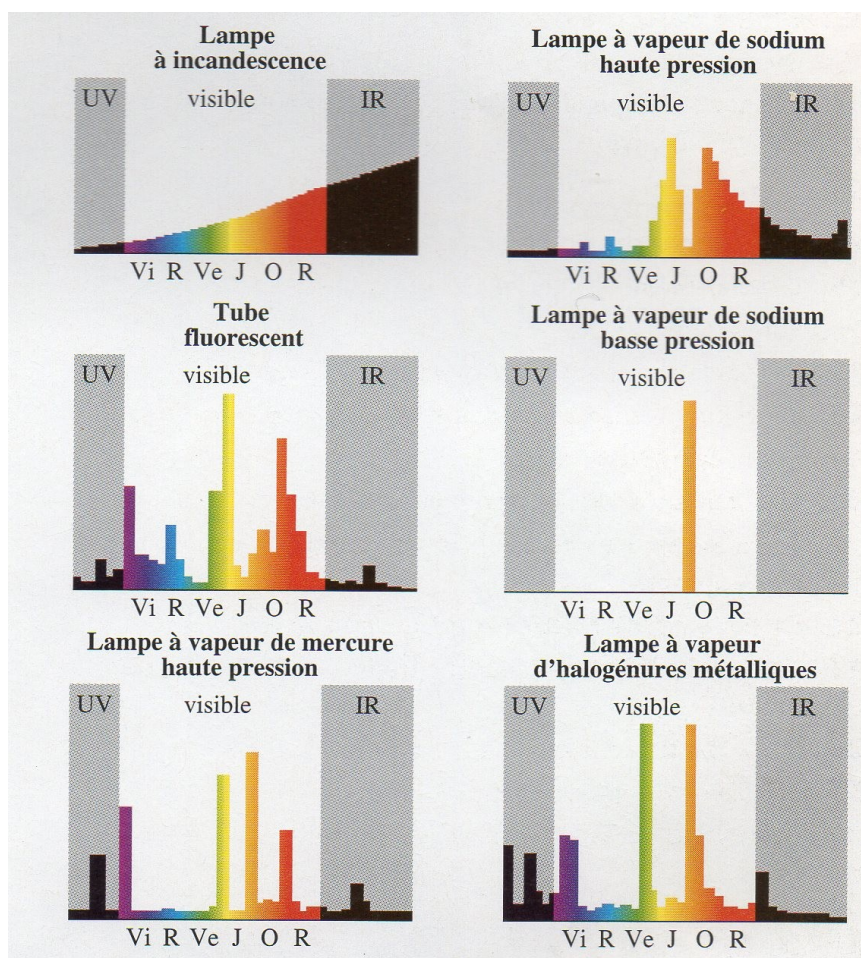


Exercice 3 : Spectres de lumière

8h35 (8h50)

durée conseillée : 25 min (35 min)

A. Lumière émise par des lampes



« Chaque type de source lumineuse a sa propre répartition spectrale en longueur d'onde. Les lumières incandescentes couvrent toutes les couleurs de l'arc-en-ciel alors que les lumières à décharge gazeuse ne couvrent qu'une partie du spectre, provoquant ainsi parfois de la distorsion dans les couleurs. Par exemple, la couleur rouge peut sembler brune sous un éclairage au sodium à basse pression.

Certains types de lampes émettent de la lumière « invisible » (UV, IR) qui ne sert à rien pour l'éclairage ; cette lumière indésirable pollue les observations astronomiques et peut abîmer la vue ; elle doit donc être filtrée.

Les graphiques du document 1 ci-contre représentent l'intensité des radiations émises en fonction de la longueur d'onde pour différents types de lampes. On peut y voir que les ampoules les moins nuisibles pour l'astronomie professionnelle sont celles au sodium à basse pression, car elles émettent dans une bande étroite du spectre visible. Leur lumière peut ainsi être totalement éliminée des observations astronomiques à l'aide de filtre adéquat. »

D'après Philippe Demoulin

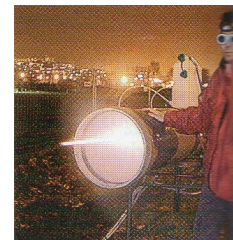
<http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/pollum/lampes.htm>

1. Caractériser le spectre de la lampe à incandescence et celui de la lampe à vapeur de mercure haute pression.
2. Comment évolue le spectre de la lampe à incandescence lorsque l'on diminue la tension à ses bornes et que le filament baisse en température ? (Représenter le graphique de l'intensité de ses radiations en fonction de la longueur d'onde).
3. Quelle est la couleur apparente de la lumière émise par le tube fluorescent ?
4. Dans quel domaine de longueur d'onde trouve-t-on les rayonnements ultra-violet ?
5. Donner un exemple de filtre simple que l'on peut utiliser pour éliminer la lumière d'une lampe à vapeur de sodium à basse pression.

B. Lumière laser pour polluants atmosphériques

« Les discothèques ne sont pas les seules à illuminer le ciel. Même si l'objectif est moins festif, les physiciens aussi envoient des faisceaux laser ! Il s'agit pour eux d'analyser la composition de l'atmosphère sans effectuer de prélèvements en altitude.

Un groupe franco-allemand dirigé par Jérôme Kasparian, de l'université Claude-Bernard à Lyon, a mis au point une technique d'analyse quasi exhaustive⁽¹⁾ des polluants présents dans l'atmosphère. Cela grâce à un laser ultra-bref et très puissant, jusqu'à quelques térawatts. Cette puissance est telle que le laser ionise le milieu dans lequel il se propage. A son tour, le milieu modifie la lumière du laser, dont le spectre lumineux s'élargit : « Nous obtenons un « laser blanc » : il garde la cohérence et la directivité du laser mais possède toutes les couleurs visibles, et même des rayonnements infrarouge et ultraviolet. Il est idéal pour analyser de nombreux polluants », souligne Jérôme Kasparian.



Logé dans une installation mobile, ce laser, baptisé TéraMobile, peut mesurer les teneurs en polluants en n'importe quel endroit. Le principe de l'analyse optique des polluants est le suivant : le faisceau laser du TéraMobile pénètre dans l'atmosphère à analyser. On obtient un « laser blanc ». Chaque produit chimique absorbe la lumière de façon spécifique. Le spectre des longueurs d'ondes absorbées équivaut à un code-barres pour une marchandise et signe la présence du produit. L'intensité de l'absorption permet de connaître la concentration. »

D'après Cécile Michaut, *La Recherche*, n°367, sept. 2003

⁽¹⁾ exhaustive = complète

Données : 1 téra = 1000 Giga

1 Giga équivaut à 1 milliard

6. Donner l'ordre de grandeur de la puissance du laser TéraMobile.
7. Caractériser le spectre d'un faisceau laser classique (par exemple, de couleur rouge).
8. Le laser est-il une lumière bien adaptée pour réaliser une expérience permettant d'obtenir un spectre d'absorption ? Pourquoi ?
9. BONUS ! Le téralaser permet finalement d'obtenir une lumière dont le spectre est celui de la lumière blanche. Pourquoi ne pas utiliser directement une source de lumière blanche ?
10. A quoi correspond le « code-barres » auquel il est fait allusion dans le texte ?
11. Caractériser et représenter le spectre de la lumière après propagation dans l'atmosphère pour illustrer la réponse à la question précédente 5.
12. Comment ce spectre peut-il donner des informations sur la composition de l'atmosphère en polluants ?

Le spectre du Soleil est présenté sur la figure 1.

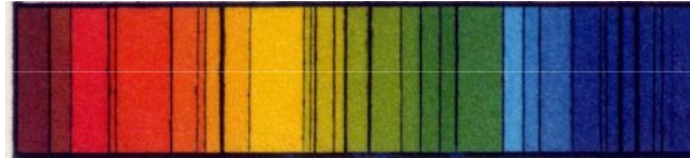


Figure 1 : Spectre du Soleil

1. Quels sont les phénomènes au sein de l'étoile qui permettent d'expliquer la nature de ce spectre ?

Afin de déterminer les longueurs d'onde des raies présentes dans le spectre du Soleil (figure 2 a), on a mesuré simultanément le spectre d'émission de l'Argon (figure 2 b). La raie à 390 nm du spectre de l'Argon est reportée en pointillés sur le spectre du Soleil et va servir de référence pour établir une courbe d'étalonnage de la longueur d'onde.

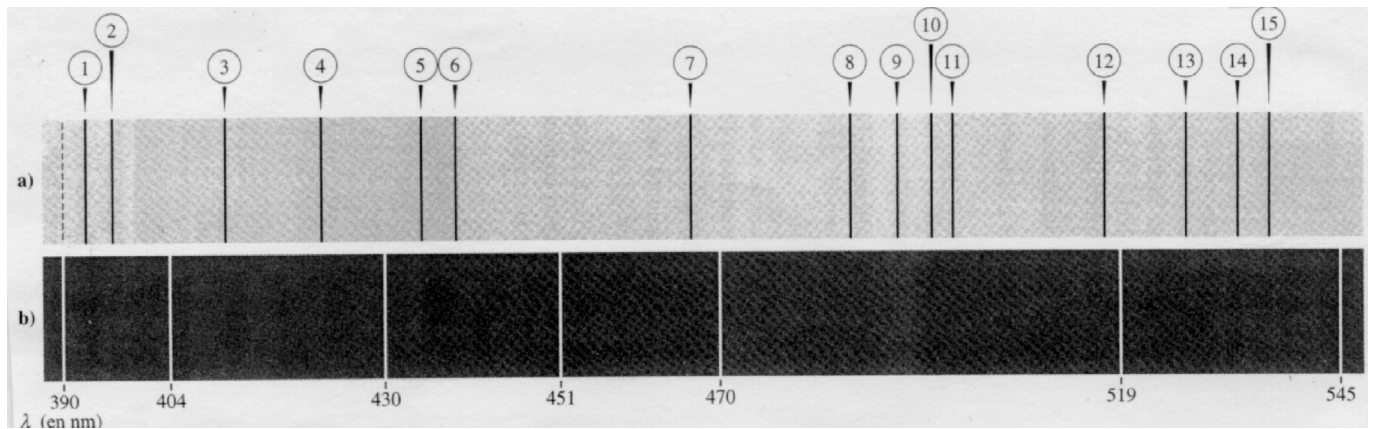


Figure 2 : Spectres du Soleil a) et de l'Argon b)

- Relever dans un tableau les caractéristiques des raies d'émission de l'Argon en associant à chaque longueur d'onde λ (en nm) la distance d (en cm) de la raie correspondante par rapport à la raie de référence à 390 nm.
- Tracer sur une feuille de papier millimétré la courbe d'étalonnage de la longueur d'onde correspondant à $\lambda = f(d)$ pour les raies d'émission de l'Argon.

Conseil : Choisir l'échelle pour occuper toute la page et apporter tout le soin possible

Cette courbe d'étalonnage sert « d'échelle » pour déterminer les longueurs d'onde des raies présentes dans le spectre du Soleil.

- Relever dans un tableau les positions d (en cm) des raies numérotées 4, 7 et 12 du spectre du Soleil, mesurées par rapport à la raie de référence à 390 nm.
- Reporter ces distances d sur la courbe d'étalonnage pour en déduire les longueurs d'onde λ des raies numérotées 4, 7 et 12 du spectre du Soleil (ajouter dans le tableau les valeurs des longueurs d'onde ainsi trouvées).

Le tableau 1 présente les longueurs d'onde des radiations émises par quelques entités chimiques.

- Déterminer à l'aide de ce tableau les entités chimiques présentes dans l'atmosphère du Soleil et responsables des raies numérotées 4, 7 et 12.

Élément		Longueurs d'onde caractéristiques (en nm)					
Hydrogène	H	656,3	486,1	434,0			
Sodium	Na	589,0	589,6				
Magnésium	Mg	470,3	516,7				
Calcium	Ca	422,7	458,2	526,2	527		
Fer	Fe	438,3	489,1	491,9	495,7	532,8	537,1
Titane	Ti	466,8	469,1	498,2			
Nickel	Ni	508,0					

Tableau 1

CHIMIE

Exercice 5 : La famille des alcalino-terreux

9h30 (10h05)

durée conseillée : 20 min (30 min)

Données :
masse d'un électron : $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
masse d'un proton : $m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
masse d'un neutron : $m_n = 1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
masse approchée d'un nucléon : $m_N = 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$
représentation symbolique du magnésium : ${}^{23}_{12} \text{Mg}$

Le strontium, comme le calcium et le magnésium, fait partie de la famille des alcalino-terreux.

Son symbole est ${}^{88}_{38} \text{Sr}$; c'est un solide mou, malléable, gris-jaune.

Il peut être utilisé comme colorant rouge ou pigment, dans les feux d'artifice ou certaines peintures ; les peintures à base d'aluminate de strontium sont phosphorescentes et ont remplacé les peintures radioactives à base de radium pour la fabrication des aiguilles de montres. Associé à certains alliages d'aluminium, le strontium permet l'amélioration de leurs propriétés mécaniques.

1. Déterminer la composition d'un atome isolé de strontium, en justifiant soigneusement.
2. Exprimer puis calculer la masse approchée d'un atome de strontium.

Une aiguille de montre contient en moyenne 5 mg de strontium.

3. Déterminer l'ordre de grandeur du nombre d'atomes de strontium contenus dans une aiguille de montre.
4. Donner la représentation symbolique d'un noyau de calcium Ca qui possède 21 neutrons et dont la charge électrique est de $3,2 \cdot 10^{-18} \text{ C}$.
5. Donner la structure électronique de l'atome de magnésium.

Il vous reste 10 minutes pour vous relire, corriger d'éventuelles fautes et encadrer vos résultats.

Bon week-end !