

LA LUMIERE

1/ En 1609, il fût le premier à pointer une lunette en direction des orbes et observa la Voie Lactée, les phases de Vénus, les montagnes de la Lune.... Qui est-il ?

*En 1608, **Galilée** apprend qu'un artisan opticien, Hans Lippershey, a fabriqué une nouvelle lunette propre à observer les astres et grossir les objets. Il fait venir cet objet à Padoue et surtout l'améliore. Pour arrondir ses fins de mois difficiles, Galilée vend sa lunette aux militaires en présentant ses nombreux avantages. Galilée est né en février 1564 et suit ses études au monastère à Florence. Il ouvre les portes aux lois de la mécanique classique de Newton (lois du pendulaire, de la chute des corps), invente le compas pour calculer les distances et les racines carrés. En 1609, il pointe sa lunette en direction du ciel et découvre la multitude d'étoiles distinctes de la Voie lactée, les montagnes sur la Lune, les phases de Vénus, les tâches du Soleil et les satellites galiléens. Sa lunette est composée de deux lentilles : l'une est convergente (lentille bombée) et l'autre – constituant l'oculaire – est divergente (lentille creuse).*

2/ Durant des siècles, les hommes se sont questionnés sur l'arc-en-ciel. Regardez la vidéo à la borne « interactions matière – lumière ». En 1666, il décompose la lumière du Soleil. Qui est-il ?

*Il a 18 ans. Il passe son temps enfermé dans une pièce très sombre dans laquelle il y a un volet percé par lequel la lumière du Soleil passe. **Newton** promène une feuille de papier pour attraper la lumière tantôt sur la feuille, tantôt sur sa main ou sur le mur opposé. S'amuse-t-il? Non, il travaille.*

3/ Quel élément en verre, taillé en forme de triangle, utilise-t-il ?

*Dans sa main, il tient **un prisme** de verre triangulaire possédant trois faces égales. Quand il place son prisme sur le faisceau lumineux, il voit la tâche disparaître pour laisser apparaître une bande comportant les couleurs de l'arc-en-ciel. Au terme d'une très longue réflexion, Newton conclut que la lumière blanche est en réalité constituée de rayons multicolores qui engendrent ensemble la lumière blanche. La lumière blanche est une lumière polychromatique (plusieurs couleurs). La Lumière d'un LASER est une lumière monochromatique.*

A l'aide d'un prisme, le rayonnement rouge est plus dévié que le violet.

4/ Comment appelle-t-on l'ensemble des couleurs observées ?

*L'ensemble des couleurs observées constitue **le spectre de la lumière blanche**. Dans le langage populaire, on les appelle les couleurs de l'arc-en-ciel.*

5/ Observez le schéma de la décomposition de la lumière blanche dans une goutte d'eau. Remettez dans l'ordre les sept couleurs dites de l'arc-en-ciel : jaune, indigo, orange, bleu, rouge, violet et vert.

Violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange, rouge

6/ Le spectre de la lumière blanche n'est pas discontinu comme indiqué par le schéma de la goutte d'eau. Il y a une continuité entre les différentes couleurs. Newton l'a constaté comme vous. Selon ce savant anglais, quelle était la nature de la lumière ?

X Selon Newton, il s'agissait d'un faisceau de particules de poussières

Dans une zone de poussières ou de brouillard, un faisceau de lumière peut être vu de différents endroits. Les particules de poussière diffusent la lumière reçue jusqu'aux yeux de l'observateur. Pour Newton, les petits grains de lumière « diffusent » à l'image des poussières les informations captées par nos yeux. Il affirme que lorsque la lumière passe dans un milieu plus dense, elle est réfractée par son accélération. Seulement dans une autre partie de son traité « Opticks », publié en 1704, Newton aborde le problème de la diffraction et il associe alors la lumière à une onde.

7/ En 1802, Fraunhofer observe le spectre de la lumière du Soleil. Qu'observe-t-il dans ce spectre ?

X Il observe des raies noires

En 1802, le chimiste anglais Hyde Wollaston est le premier à observer un certain nombre de bandes noires dans le spectre du Soleil. Cette découverte marque le début de l'ère de la spectroscopie des étoiles. En 1814, le physicien allemand, Joseph Von Fraunhofer redécouvre ces raies et entreprend de les étudier. Il répertorie 570 lignes : ces sont les raies principales de Fraunhofer. Les moyens modernes permettent d'analyser des milliers d'autres raies dans le spectre du Soleil.

8/ Si on brûle du sodium, une lumière qui lui est caractéristique, est produite. Une observation, à l'aide d'un spectroscope, fait apparaître un doublet de deux raies. Quelle est la couleur de ces deux raies ?

X Jaune

Le chimiste Robert Bunsen et le physicien Gustav Kirchhoff découvrent l'association de chaque élément chimique avec une série de raies. Ils déduisent que chaque ligne sombre est due à l'absorption de certaines longueurs d'ondes du rayonnement solaire dans ses couches supérieures. Les atomes agissent comme des filtres à des longueurs d'onde précises.

9/ Comment s'appelle ce type de spectre obtenu en brûlant du sodium ?

X Spectre d'émission

Des atomes ou des molécules excités (par des chocs ou autres moyens) se désexcitent en émettant de la lumière. On peut la décomposer au travers d'un prisme (ou d'un spectroscope). On obtient alors une série de traits lumineux. Un trait constitue une lumière monochromatique (1 seule couleur). Les spectroscopes modernes permettent non seulement de connaître les longueurs d'onde des raies mais aussi les intensités lumineuses respectives en fonction de chaque longueur d'onde. La signature spécifique des atomes et des molécules permet de les identifier. Le sodium produit deux raies d'émission très brillantes et jaunes qui sont caractéristiques de cet élément : une à 589 nm (nm : nanomètre – $1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$) et une autre très proche à 589,6 nm.

10/ Concernant les spectres, que possède chaque composé chimique ?

X Chaque composé chimique possède une signature spectrale qui lui est propre

11/ On constate que ces deux raies jaunes brillantes correspondent exactement à deux raies noires dans le spectre du Soleil. Quels sont les deux chimistes qui étudièrent les signatures spectrales des différents éléments chimiques ?

X Kirchhoff et Bunsen

12/ A quoi correspondent les raies noires observées dans le spectre du Soleil ?

X C'est le spectre d'absorption précisant les éléments chimiques contenu dans l'atmosphère du Soleil

13/ Dirigez-vous à la borne « couleur et température » des étoiles. Réalisez l'expérience consistant à chauffer le filament d'une lampe et à observer le spectre d'émission correspondant. (deux réponses – la notion de chaud et froid est ici relative)

X Un filament qui émet de la lumière bleue est très chaud

X Un filament qui émet de la lumière bleue est plus chaud qu'un filament émettant du rouge.

La couleur d'une source de lumière est comparée à celle d'un corps noir théorique chauffé entre 2000 et 10000 kelvins. Ce corps noir produirait alors dans ce domaine de température une lumière visible.

La couleur rouge correspond à une température d'environ 1500 K alors que le bleu avoisine les 10000 K. Une étoile est rouge si elle est « froide » et bleue si elle est chaude. La notion de chaud et froid est ici toute relative par rapport aux températures de notre quotidien de l'ordre de 300 K !
(Rappel : 0 Kelvin = -273,16° C)

14/ Ce qui est valable pour le filament de la question 13 est généralisable aux étoiles. Classez- les étoiles suivantes de la plus froide à la plus chaude (température de la surface) : le Soleil (jaune), Spica (bleu), Bételgeuse (géante rouge) et Véga (blanche).

La plus froide est Bételgeuse. Cette étoile magnifique, située dans la constellation d'Orion, est bien visible en hiver. Elle est située à 642 al plus ou moins 146 al (al : année-lumière). C'est une supergéante rouge et l'une des plus grande étoiles connues. Elle est 1000 fois plus grosse que le Soleil. Sa température en surface est de 3600 Kelvins environ.

Ensuite, on trouve le Soleil. La température à la surface du Soleil est d'environ 5700 K. Son apparence est jaune-orangé.

Ensuite, Véga est une étoile située dans la constellation de la Lyre. Elle est bien visible l'été. Elle constitue l'un des sommet du célèbre Triangle de l'été. Cette étoile est très claire. Sa température en surface avoisine les 10000 K.

Enfin, la plus chaude, Spica. Sa température est de l'ordre de 20000 K. Elle se situe dans la constellation de la Vierge, bien visible en été. Cette étoile est appelé aussi l'épi de la Vierge.

15/ La vitesse de la lumière. Comment s'est-on rendu compte que la lumière avait une vitesse finie ?

X En mesurant le décalage temporel entre la position réelle du satellite Io et la position établie par les éphémérides

16/ Qui le prouve en 1676 ?

X Röemer

Röemer étudie le cycle des éclipses de Io, un satellite découvert par Galilée. Sur 40 révolutions observées lors d'une quadrature entre Jupiter et la Terre, il découvre que 40 autres révolutions sont décalées dans le temps de 22 minutes lorsque Jupiter et la Terre sont au plus proche l'un de l'autre. Cette différence de temps est due, selon Röemer, au parcours supplémentaire lié au déplacement de la Terre et de Jupiter sur leur orbite respective.

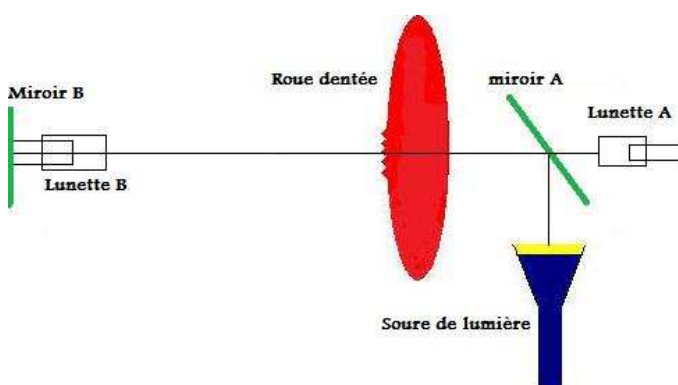
En septembre 1676, il prédit pour le 9 novembre suivant, l'émergence de Io avec 10 minutes de retard par rapport aux tables établies par Cassini. C'est Delambre, après l'étude de milliers d'éclipses, recensées sur 140 ans, qui détermina une durée de propagation de la lumière du Soleil vers la Terre à 8 min 19 s. Ce n'était pas si mal pour l'époque !

17/ Quelle est la valeur avancée en 1676 pour la vitesse de la lumière ?

X 212 000 km/s

18/ Qui effectue une mesure de la vitesse de la lumière en utilisant un système comportant une roue dentée en 1849 entre Suresnes et Montmartre ?

X Fizeau



Fizeau réalise l'expérience en 1849 entre Montmartre et le mont Valérien situé à Suresnes. Ces deux points sont distants de 8633 mètres. La lumière arrive sur une lame semi-réfléchissante inclinée à 45°. Cette lame réfléchit la lumière qui passe au travers d'une des échancrures d'une roue dentée. Cette lumière se dirige vers une seconde lunette à 8633 m de là. Cette seconde lunette possède un miroir qui réfléchit l'intégralité de la lumière reçue. Cette lumière repart d'où elle vient et, forcément repasse par une des échancrures de la roue dentée ou est stoppée sur une dent de la roue selon sa

vitesse de rotation. Elle est récupérée dans l'oculaire d'une autre lunette. Grâce à des compteurs, Fizeau a pu déterminer la vitesse de rotation de la roue dentée qui permet à la lumière de passer au travers d'une des échancrures à l'aller et être stoppée par une dent au retour. En liant vitesse de rotation de la roue aux distances parcourues par la lumière, il a pu déterminer le temps que met la lumière pour faire ce trajet.

19/ Quelle valeur déduit-il de son expérience ?

X 313 214 km/s

20/ Qui effectue une mesure de la vitesse de la lumière en utilisant un système de miroirs tournants en 1862 ?

X Foucault

21/ En 1983, la conférence générale des Poids et Mesures entérina de manière conventionnelle et définitive la valeur de la vitesse de la lumière. Cette valeur est :

X 299 792 458 m/s

22/ La vitesse de la lumière est une constante qui sert à définir une unité. Laquelle ?

X le mètre

La 17^{ème} conférence des Poids et Mesures, en 1983, définit le mètre : « 1 mètre est la longueur du trajet parcouru par la lumière dans le vide pendant une durée de 1/299 792 458 seconde. »

23/ Lorsqu'on parle de « lumière », on pense de suite à la lumière visible. Or l'astronomie, aujourd'hui, fait des pas de géants dans les découvertes par l'analyse des lumières que l'on ne voit pas. L'ensemble de ces « lumières » visibles et invisibles à nos yeux constituent le spectre électromagnétique. Ce spectre est divisé historiquement et conventionnellement en différents intervalles : Infrarouge, Rayons X, Ondes Radio, Ultra-Violet, Rayons Gamma, Micro-Ondes et la Lumière Visible.

Remettre ces différents intervalles dans l'ordre.

Gamma, Rayons X, UV, visible, IR, micro-ondes, ondes radio

24/ Le rayonnement UV a permis d'analyser quel type d'événements ?

X La formation d'étoiles dans les galaxies

Les étoiles chaudes émettent essentiellement leur rayonnement dans l'UV. Ce domaine est très important pour étudier la formation des étoiles et leur évolution.

25/ Le rayonnement IR a permis d'analyser quel type d'objets célestes ?

X Les corps froids et lointains

C'est dans ce domaine que les objets froids émettent leur rayonnement. On y observe des étoiles en cours de formation ou en fin de vie. Ce sont, en général, les nuages de poussière qui les entourent qui produisent ces radiations IR résultant du « chauffage » des étoiles dans ce voisinage.

26/ Un satellite a étudié particulièrement l'espace en IR. Il a le nom d'un célèbre personnage anglais.

X William Herschel

Le satellite Herschel, lancé en 2008, observe dans l'infra-rouge lointain et étudie particulièrement la formation des galaxies et le milieu interstellaire.

27/ Le rayonnement gamma permet d'étudier les événements les plus violents de l'Univers.

Quels objets célestes ce rayonnement a-t-il permis d'étudier ?

X Les supernovæ

X Les étoiles à neutrons

X Les pulsars

Dans le domaine gamma, on étudie les phénomènes les plus violents de l'Univers. Ce rayonnement est très énergétique. Il résulte des cataclysmes qui se produisent. On étudie les phases ultimes de l'évolution des étoiles comme les pulsars, les étoiles à neutrons, les trous noirs...

28/ Le rayonnement 3 K, dit « fossile » est étudié dans un domaine particulier : lequel ?

X Les ondes radio

Prédit par la théorie du Big Bang, le fond diffus cosmologique est actuellement étudié par un satellite Planck. Les premiers résultats ont été présentés le 11 Janvier 2011. Planck a mis en évidence une population de galaxies, invisibles par les moyens classiques, au sein desquelles les étoiles se sont formées à un rythme dix fois supérieur à celui que connaît Notre Galaxie.

Il a révélé aussi un luxe de détails sur les premières structures de l'Univers liées à ce fond diffus cosmologique.

29/ Les études réalisées dans le rayonnement X ont confirmé l'existence d'objets particuliers. Lesquels ?

X Les trous noirs au cœur des galaxies

On ne peut pas voir directement un trou noir mais les effets violents qu'ils engendrent à leur proximité sont étudiés dans ce domaine.

30/ Le Soleil produit des protubérances qui sont suivies à l'aide d'un filtre spécial laissant passer la raie rouge de l'hydrogène. Comment s'appelle cette raie ?

X Raie H α

Les atomes d'hydrogène du Soleil absorbent et émettent des photons à des longueurs d'onde caractéristiques de cet élément, dont la fameuse raie rouge H α , une raie de la série de Balmer. Sa longueur d'onde vaut 656,3 nanomètres. La région du Soleil étudiée est la chromosphère. Les protubérances solaires sont visibles correctement. Le bouillonnement à la surface du Soleil apparaît et les tâches du Soleil sont plus contrastées. Les appareils type Coronado PST, vendus aux amateurs, sont munis d'un interféromètre Pérot-Fabry qui sélectionne la raie désirée.

Questionnaire, version corrigée, proposé par Bruno Evrard, enseignant détaché au PLUS

Contact : bruno.evrard@ac-lille.fr

Sur le site du PLUS : www.le-plus.fr

