

1

D'OÙ SAVONS-NOUS TOUT CELA ?

Sur les épaules de géants

Gaßner: Ce fut une de ces journées mémorables et rarissimes, où l'image d'un monde, d'un coup, s'écroule. Ironie du sort, ce fut un ex-boxeur à gages qui porta le coup de poing décisif du K.-O. Edwin Hubble avait en effet observé, pendant des années, une catégorie singulière d'étoiles appelées *Céphéides*. Elles ont pour particularité de modifier leur énorme luminosité extrêmement régulièrement, pendant une période caractéristique de quelques jours, ce qui permit ainsi à Hubble de les traquer, depuis des millions d'années-lumière jusqu'au centre de notre galaxie la plus voisine. Sur la base des théories existantes alors concernant ce genre de variation lumineuse, il réussit à rassembler en un même diagramme l'éloignement d'une part, et la vitesse de ces objets d'autre part.



1.4 Edwin Powell Hubble
(1889 – 1953)

Lesch: Pas si vite ! Pourquoi Hubble a-t-il donc choisi des objets extrêmement lumineux ? C'est parce qu'ils restent observables même à très longue distance. Les Céphéides sont très claires, et présentent de surcroît une particularité très utile : leur luminosité absolue, c'est-à-dire leur luminosité à l'endroit où elles se trouvent, se laisse calculer théoriquement.

Gaßner: Et c'est à Henrietta Leavitt que nous devons la théorie appropriée.

Lechs: Enfin apparaît une femme dans toute cette histoire ! La Bible, sur ce point, passait plus rapidement !

Gaßner: Assurément, mais la version de la création que nous racontons ici « Le Big Bang, le cosmos et la vie » est en comparaison sensiblement moins volumineuse. Mais arrête de nous déconcentrer Harald ! Ça devient captivant justement ! Henrietta Leavitt fut véritablement une figure tragique. Dans ses années de jeunesse, une maladie dégrada tellement son ouïe, qu'elle dut abandonner son rêve : devenir pianiste de concert. En plus de ses études musicales, elle avait choisi en option l'astronomie : cela passait idéalement dans son emploi du temps hebdomadaire. Son handicap s'accroissant, elle fit de nécessité vertu, et gagna bientôt sa vie à



1.5 Henrietta Swan Leavitt
(1868 – 1921)

l'observatoire de Harvard en analysant des plaques photographiques. Sa minutie et sa capacité de concentration devinrent bientôt légendaires et en 1912, après avoir analysé des milliers de plaques photographiques, elle découvrit la relation de type logarithmique qui existe entre la périodicité avec laquelle les Céphéides rayonnent et leur luminosité absolue. En un mot, plus la luminosité d'une Céphéide varie lentement, plus elle est lumineuse localement. Au passage, on les baptisa Céphéides d'après Delta-Céphéi, la première observée de ces géantes variables, dans la constellation de Céphée.

Lesch: Hubble sut alors avec quelle puissance cette étoile rayonnait à l'endroit où elle se trouvait. Il la compara alors avec l'intensité du rayonnement qui parvient jusqu'à nous. Partant de cette relation, il put ainsi déterminer la distance.

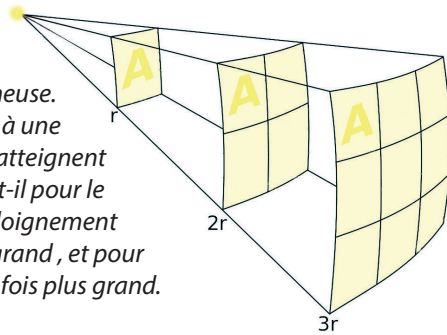
Gaßner: Ce principe, c'est celui du feu de camp, que nous connaissons tous. Plus l'on s'éloigne d'un feu, plus l'intensité du rayonnement de chaleur qui parvient jusqu'à notre corps diminue. Plus près du feu de nouveau, il fait plus chaud.

Lesch: À une distance double, je ne reçois seulement qu'un quart du rayonnement. À une distance triple, un neuvième. L'intensité décroît avec le carré de la distance. Partant de là, on peut donc calculer notre éloignement par rapport à l'étoile.



1.6 La luminosité apparente décroît avec le carré de la distance. Cela est représenté par quatre bougies identiques placées à des distances différentes.

1.7 L'évolution d'une source lumineuse. On mesure le nombre de photons à une distance r par unité de temps qui atteignent un écran de grandeur A , aussi faut-il pour le même nombre de photons à un éloignement double un écran quatre fois plus grand, et pour une distance triple, un écran neuf fois plus grand.



Gaßner: À condition bien sûr de connaître la puissance du rayonnement au feu de camp, ou dans notre cas, sa puissance directement à la surface de l'étoile. C'est Henrietta Leavitt qui réussit cette percée décisive. Avec le calcul de la puissance lumineuse des Céphéides, ce sont autant de phares standardisés qui furent mis à la disposition de l'observateur, et qui sont utilisables jusqu'à une distance de dix millions d'années-lumière. Auparavant, l'efficacité des mesures de distance par triangulation restait limitée. Elles consistaient à viser un objet selon des angles différents et à mesurer ses changements de position par rapport à la voûte céleste fixe. On constate le même effet en fermant un œil et en fixant le pouce de la main tendue. Si l'on regarde de l'autre œil, alors la position apparente du pouce varie relativement à l'arrière-fond plus lointain. Plus la ligne de base est longue – ici la distance entre nos yeux – plus l'effet sera grand. Comme le nom même de triangulation le trahit, il est possible ainsi de construire des triangles et de calculer leurs mesures respectives. Malheureusement cette méthode est limitée par la longueur de la ligne de base. C'est la raison pour laquelle, même pour des observations décalées d'une demi-année, c'est-à-dire

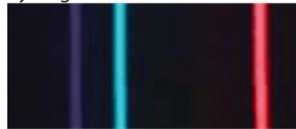
effectuées à des positions opposées de notre orbite terrestre, elle n'autorise des mesures que sur des distances inférieures à 100 années-lumière. En conséquence, avant Leavitt, il n'était même pas possible de déterminer avec assurance si le nuage de Magellan ou la galaxie d'Andromède appartenait bel et bien ou non à notre Voie lactée.

Lesch: Leavitt venait en fait d'inventer de son propre chef un nouveau procédé de mesure, auquel elle ne donna pas même son nom, puisqu'il reçut la désignation de *Harvard-Standard*. Au début du siècle dernier en effet, la condition des femmes dans la recherche scientifique était alors très dure.

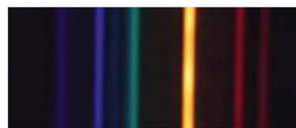
Gaßner: Et ce n'est que bien plus tard, que le comité du prix Nobel songea à sa prestation révolutionnaire ; au bout du compte, Leavitt avait découvert plus de 2 400 étoiles variables et observé quatre supernovæ. Malheureusement, elle décéda à l'âge de 53 ans des suites d'un cancer, quatre ans avant sa nomination, et comme chacun sait, la distinction suprême n'est point attribuée à titre posthume. Nous l'avions mentionné auparavant : Henrietta Leavitt eut véritablement, et de tous les points de vue, un destin tragique. Habités que nous sommes à la gloire rayonnante des grands noms des sciences de la nature, nous oublions trop facilement les nombreuses destinées particulières, dissimulées à l'arrière-plan.

Lesch: À propos de grands noms, passons à nouveau à Edwin Hubble, si tu le veux bien. En plus de la distance, il détermina également la vitesse de fuite des objets célestes. Pour mieux le comprendre, jetons un œil dans l'atelier de l'analyse spectrale. Les atomes des divers éléments chimiques émettent des portions définies de rayonnement, lesquelles sont déterminées très précisément par les niveaux énergétiques des enveloppes électroniques. Les lignes spectrales sont en quelque sorte leurs empreintes digitales, et se laissent mesurer en laboratoire pour chaque type d'atome.

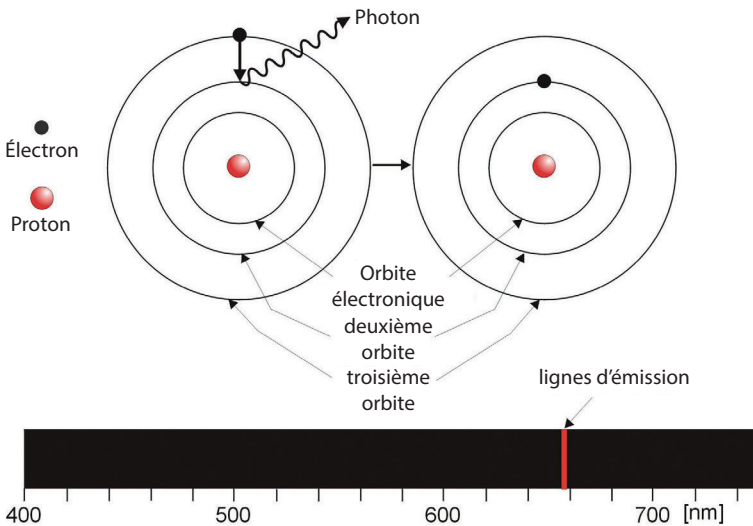
Hydrogène



Hélium



1.8 Deux empreintes digitales caractéristiques: les lignes d'émission de l'hydrogène et de l'hélium.

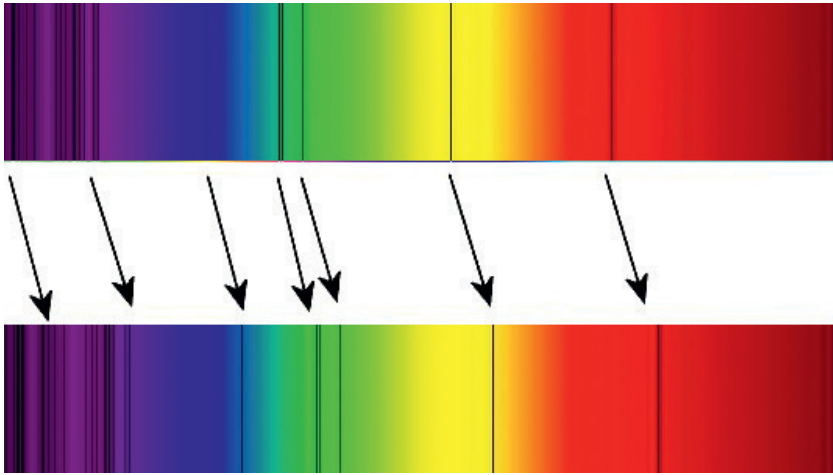


1.9 Un atome avant et après le passage d'un électron du troisième cercle au deuxième autour du noyau atomique. Les électrons des cercles supérieurs possèdent plus d'énergie. En conséquence, cette différence énergétique sera libérée sous la forme d'un photon, visible comme ligne d'émission. Chaque longueur d'onde correspond à une énergie donnée. Des longueurs d'onde courtes signifient une haute énergie, des longueurs d'onde grandes une énergie plus faible.

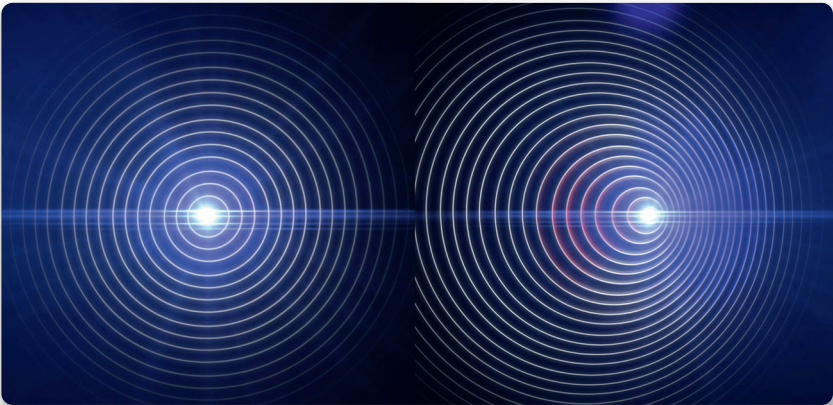
On appelle absorption le processus inverse, par lequel les atomes reçoivent de l'énergie d'un spectre donné, pour la disperser dans leur structure interne. Ce faisant, un électron sera par exemple dévié sur une trajectoire plus haute. L'énergie correspondante manque dans le spectre final. C'est pourquoi on appelle ces lignes noires caractéristiques des lignes d'absorption. Le concept de lignes spectrales rassemble, sous un concept plus général, les lignes d'émission et les lignes d'absorption.

Gaßner: Par rapport à nos données de laboratoire, les longueurs d'onde des lignes spectrales venant d'objets lointains sont déplacées. Cela nous permet d'en déduire une vitesse de fuite, comme l'on dit, encore que, nous le verrons, il faille être très prudent avec ce concept de « vitesse ».

Lesch: Lorsque la sirène d'une ambulance ou d'une voiture de police passe, nous entendons l'*effet Doppler*. La fréquence ou la hauteur de la note du signal croît jusqu'à ce que le véhicule parvienne à notre hauteur. Lorsqu'il s'éloigne au contraire, la note descend brusquement à un niveau plus bas. L'Autrichien Christian Doppler l'avait annoncé dès 1842. Bien entendu, on ignorait à l'époque encore tout des sirènes d'automobiles.



1.10 En haut, le spectre de notre soleil ; en bas, les lignes spectrales du super-amas BAS11, éloigné d'un milliard d'années-lumière. Les lignes des objets lointains sont décalées par rapport aux lignes de référence des laboratoires terrestres.



1.11 Pour une source de rayonnement fixe (à gauche) on obtient une onde circulaire autour du centre, et la distance entre deux ondes concentriques caractérise la longueur d'onde de la lumière émise. Si en revanche, on déplace la source du rayonnement continuellement vers la droite, on obtient l'image de droite. Les longueurs d'onde sont plus courtes dans le sens du mouvement (décalage vers le bleu), dans le sens opposé, elles sont plus longues (décalage vers le rouge).