

VRAI OU FAUX

Peut-on avoir une acuité visuelle supérieure à 10/10 ?

Oui : 10/10 est une norme et non un maximum. Les jeunes atteignent souvent 16/10, et les rapaces plus de 30/10.

Laurent et Julia Laloum



Lors d'un examen de la vision, l'ophtalmologiste attribue une note d'acuité visuelle en dixièmes. Que signifie cette note ? La valeur de dix dixièmes est-elle un maximum, comme on pourrait le croire ?

L'acuité visuelle caractérise la capacité à distinguer un petit objet. En pratique, on utilise deux types de tests. Ceux du premier type évaluent la reconnaissance des formes, ceux du second quantifient le pouvoir séparateur de l'œil (la capacité à voir que deux points plus ou moins distants sont séparés).

Dans l'œil, les rayons lumineux issus d'un point extérieur sont focalisés par la cornée et le cristallin. Quand ce système optique est sans défaut, ils convergent sur la rétine, où se trouvent les cellules photoréceptrices. Pour que l'on distingue deux points lumineux, il faut que leurs images se forment sur deux photorécepteurs non contigus, c'est-à-dire séparés par au moins un photorécepteur non stimulé. Dans le cas contraire, on ne perçoit qu'une tache indifférenciée.

Dans le système de notation français, l'acuité visuelle est l'inverse de l'angle minimal formé avec l'œil par deux points séparables. Cet angle est mesuré en minutes d'arc (une minute est égale à un soixantième de degré). La notation en dixièmes est une convention, qui varie selon les pays. Une acuité de 1/1 (ou 10/10) correspond à la capacité de distinguer deux points séparés de une minute d'arc. Cette échelle n'est donc pas linéaire : il y a bien moins d'écart

entre 10/10 et 9/10 (soit environ 1/1,11, c'est-à-dire que deux points doivent être séparés d'au moins 1,1 minute d'arc pour être distingués) qu'entre 1/10 (points séparés d'au moins 10 minutes d'arc) et 2/10 (soit 1/5, donc des points séparés d'au moins 5 minutes d'arc).

Une méthode pour diagnostiquer les maladies visuelles

L'acuité visuelle de 10/10, souvent comprise comme un maximum, est en fait juste une norme médicale : au-dessous, on considère qu'il y a un risque non négligeable pour que le sujet souffre d'une pathologie et qu'il faut la rechercher.

Les causes de mauvaise vision se comptent par centaines. Ce peut être juste une anomalie du système optique de l'œil, telle une myopie, corrigée par des lunettes, ou une « vraie » maladie, qui peut toucher la rétine, le nerf optique, le cerveau... Dans ce dernier cas, la vision reste mauvaise quelles que soient les lunettes. Quand un sujet est myope, par exemple, son acuité visuelle doit être mesurée avec correction pour diagnostiquer s'il souffre en plus d'une telle pathologie.

Notons qu'une note supérieure ou égale à 10/10 ne signifie pas forcément une absence de maladie. En effet, les tests d'acuité ne concernent que le champ visuel central, car on oriente automatiquement son œil pour y placer ce qu'on veut voir.

Cela permet de mieux distinguer les objets, l'acuité étant très faible dans le champ visuel périphérique : elle permet juste de compter le nombre de doigts à une distance de un mètre. Une différence notable entre un œil et un appareil photo est d'ailleurs que l'« acuité visuelle » de ce dernier reste souvent très bonne en périphérie.

Dès lors, les tests d'acuité ne détectent pas les maladies touchant les zones du système visuel responsables de la vision périphérique. Ainsi, un glaucome (une dégénérescence du nerf optique) ne perturbe la vision centrale qu'à un stade très avancé, où la cécité est proche. Avant ce stade, il est indétectable par les tests d'acuité.

Une acuité supérieure à 10/10 correspond donc simplement à une meilleure capacité à distinguer de petits objets que celle considérée comme la valeur standard d'un système visuel sain. Dans le test, les points peuvent être choisis aussi proches que l'on veut, et les distinguer correspondrait à une acuité visuelle de plus en plus grande. En pratique, il existe une limite physiologique liée à la taille et à la densité des photorécepteurs de l'œil. À partir de l'analyse de ces paramètres, on estime que de nombreux rapaces ont une acuité supérieure à 30/10. Chez l'homme, l'acuité visuelle des jeunes atteint souvent 12/10, et assez régulièrement 16/10. ■

Laurent LALOUM est neuro-ophtalmologiste et strabologue à Paris.
Julia LALOUM est ingénieure en électronique.
www.strabisme.fr

Les couleurs des exoplanètes

Frédéric Pont et Thomas Evans

La Terre est bleue, Mars est rouge... Et les planètes extrasolaires ? Isis est la première d'entre elles à avoir révélé sa couleur, livrant ainsi de précieux indices sur la composition de son atmosphère.

Le 20 décembre 2012, comme à chacune de ses révolutions, la planète Isis (surnom que nous avons donné à la planète HD 189733B) disparaît brièvement derrière son étoile, un soleil orange. Mais ce jour-là, elle le fait sous l'œil attentif du télescope spatial *Hubble*. Des astrophysiciens ont profité de cette éclipse pour déterminer la couleur de la planète : l'astre serait bleu profond, « bleu océan ». Cette teinte plus souvent associée à la Terre aurait une origine bien différente. Isis est une planète géante gazeuse, à l'image de Jupiter, et ne contient donc pas d'eau liquide. Et si l'or bleu n'est pas responsable de la couleur d'Isis, d'autres composés le sont. Une couche nuageuse à haute altitude composée de gouttes de verre serait la cause du bleu océan de cette planète. Plus généralement, les astrophysiciens espèrent exploiter la teinte des exoplanètes – les planètes situées hors du Système solaire – pour déterminer la composition de leur atmosphère et de leur surface.

Depuis une vingtaine d'années, grâce à différents télescopes, les chercheurs ont découvert plus de 1000 exoplanètes ; et plus de 3500 candidates sont en attente de confirmation. Ces corps sont nombreux dans la Voie lactée. Mais au-delà de leur simple recensement, les astrophysiciens veulent établir leurs caractéristiques (taille, densité, température, composition, climat) et comprendre leur formation. L'une des premières conclusions qu'il est possible de tirer de ces travaux est que les exoplanètes existent sous de nombreuses formes, dont certaines sont

1. CETTE EXOPLANÈTE BLEUE (vue d'artiste) pourrait ressembler à Isis, une géante gazeuse chaude dont la couleur est probablement due à des nuages de minuscules gouttes de verre.

inconnues dans le Système solaire. Les chercheurs s'attendent à observer une grande variété de couleurs, reflet de cette diversité. Ainsi, certaines planètes seraient noires ou presque, d'autres mauves, d'autres encore bleues, etc. Or la couleur des exoplanètes commence à être accessible aux astrophysiciens, lesquels peuvent alors exploiter cette information pour mieux connaître ces corps célestes.

La couleur d'une exoplanète est une sorte d'empreinte digitale de l'atmosphère planétaire, puisqu'elle résulte de l'interaction de cette atmosphère avec la lumière de l'étoile. Comme nous l'expliquerons, la teinte d'une planète permet de déterminer la composition de son atmosphère et trahit la présence ou l'absence de nuages. Et les astrophysiciens espèrent améliorer les capacités de leurs instruments pour en tirer encore plus d'informations : détecter la présence d'une activité tectonique, d'eau liquide et même de vie, par exemple sous la forme d'une végétation capable de photosynthèse. Nous présenterons aussi les techniques mises en œuvre pour mesurer la couleur d'une exoplanète et les premiers résultats obtenus sur un type particulier de planètes, comparables à Isis. Nous évoquerons enfin les pistes de recherche pour les années à venir.

Le principe du lien entre la couleur d'une planète et sa composition n'est pas récent. Par une nuit dégagée, on peut facilement observer la couleur de Mars, la « planète rouge ». Les Grecs et les Romains ont associé cette couleur au feu et au sang, d'où l'attribution de la planète au dieu de la guerre. Nous savons aujourd'hui que cette couleur est due à la réflexion de la lumière solaire sur des roches « rouillées », riches en fer oxydé (Fe_2O_3), à la surface de Mars. Si le feu n'a rien à voir avec Mars, qui est une planète froide, le parallèle avec le sang est plus approprié : dans le sang oxygéné, l'hémoglobine qui contient du fer se transforme en oxyhémoglobine qui confère au sang sa couleur rouge intense.

De même, l'éclat blanc de Vénus, l'« étoile du Berger », juste après le coucher du Soleil, provient des épais nuages d'acide sulfurique qui la recouvrent entièrement. Ces nuages renvoient la lumière solaire, dans tout le spectre du domaine visible, vers l'espace.

Enfin, nous vivons sur la « planète bleue », un point bleu pâle sur la photographie prise en 1990 par la sonde *Voyager 1* depuis les confins du Système solaire, à une distance de 6,4 milliards de kilomètres. Ce bleu pâle de la Terre est dû à la combinaison de deux effets : le bleu profond des océans, qui absorbent

plus efficacement les composantes verte et rouge de la lumière, et le blanc brillant des nuages, qui réfléchissent la lumière solaire blanche vers l'espace. L'analyse d'un spectre électromagnétique détaillé de la Terre révèle aussi la présence d'ozone, d'oxygène, de vapeur d'eau et de végétation.

De telles analyses s'appliquent à toutes les planètes et satellites du Système solaire, car il est possible de les observer directement et d'en mesurer le spectre. Ce n'est hélas pas le cas des exoplanètes. En effet, celles-ci sont pour la plupart très proches de leur étoile. La lumière réfléchie par la planète est alors noyée dans l'éclat intense de l'étoile. Cependant, les chercheurs ont développé des techniques pour observer de façon indirecte les exoplanètes et déterminer leur couleur.

L'exoplanète Isis est bien connue des spécialistes, et les observations que nous avons effectuées s'inscrivent dans une longue série qui a commencé en 2005 avec la découverte de cette planète, à l'Observatoire de Haute-Provence. Les mesures permettent d'en dresser un portrait de plus en plus détaillé. Lors de l'éclipse de l'exoplanète observée par *Hubble* en 2012, nous avons utilisé le spectrographe STIS, l'un des instruments embarqués, pour analyser le spectre d'émission lumineuse du système stellaire (étoile-planète). Le télescope spatial a fixé l'étoile pendant six heures, tandis que la planète s'éclipsait derrière elle et réémergeait de l'autre côté. La période orbitale d'Isis, son « année », est de deux jours et cinq heures seulement, et son éclipse dure une heure et demie.

Notre équipe a observé une variation faible, mais mesurable, de l'intensité lumineuse durant l'éclipse. En effet, la lumière émise par le système stellaire est dominée par le rayonnement de l'étoile, mais une petite partie provient de la planète qui réfléchit celle reçue de son soleil. Durant l'éclipse, cette contribution disparaît, d'où la baisse de luminosité mesurée. Mais la diminution n'est pas la même pour toutes les longueurs d'onde : alors que la luminosité du système ne change pratiquement pas dans le vert et le rouge, un déficit dans le bleu a été constaté. Cela signifie que la planète émet principalement de la lumière bleue, ce qui correspond à sa couleur.

Nos mesures récentes avec le télescope *Hubble* suggèrent que la couleur d'Isis est similaire à celle des océans profonds sur Terre. La similarité s'arrête là : la présence d'eau liquide à la surface d'Isis est exclue. Il s'agit d'une planète géante gazeuse, dont l'atmosphère

L'ESSENTIEL

- Les télescopes spatiaux permettent de mesurer la couleur d'une exoplanète par des méthodes indirectes.
- Cette couleur fournit des renseignements sur la composition de l'atmosphère de la planète.
- Les planètes gazeuses de type jupiter chaud sont les plus simples à étudier, en raison de la proximité de leur étoile.
- Les astrophysiciens ont montré que la planète Isis est bleue, et que cela est dû à la présence de nuages de gouttelettes de verre dans son atmosphère.

© ESO/L. Calçada/P. Delorme/R. Sato/VVV Consortium