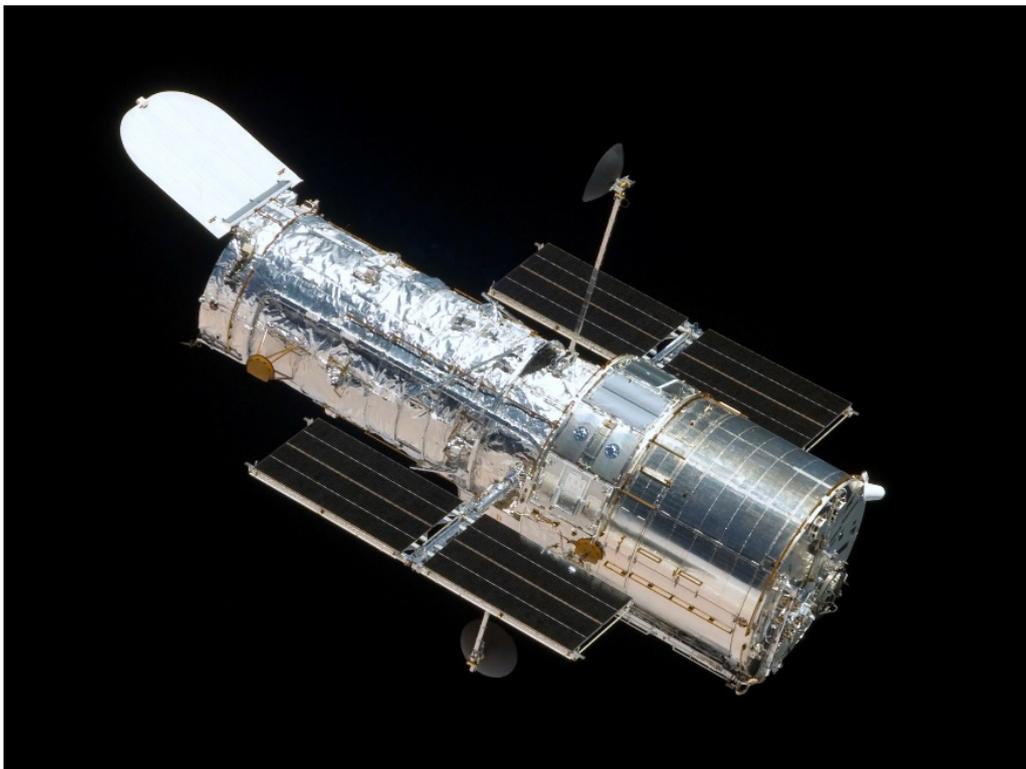


cité
sciences
et industrie

Jumelles, lunette astronomique et télescope

Dossier documentaire pour collégiens



Département Éducation et Formation
educ-formation@universcience.fr

Avril 2020

Jumelles, lunette astronomique et télescope

| | |
|---|-----------|
| Ciel des villes, ciel des campagnes | 3 |
| Pourquoi utilise-t-on des instruments d'optique pour observer le ciel ? | 4 |
| La lunette | 5 |
| Les jumelles | 8 |
| Le télescope | 8 |
| Les oculaires | 13 |
| Les montures | 13 |
| Les accessoires | 14 |
| Que verras-tu avec... | 16 |

Sauf indication contraire, les schémas et les illustrations ont été réalisés par Johan Kieken (Universcience). Photographie de couverture : le télescope spatial *Hubble* photographié depuis la navette spatiale *Atlantis* en 2009, lors de la cinquième et dernière mission d'entretien du télescope.

Ciel des villes, ciel des campagnes

Si tu veux observer le ciel nocturne dans de bonnes conditions, tu dois t'éloigner des lumières des villes. En effet, les villes créent une pollution lumineuse très gênante qui donne au ciel une couleur orangée, délavée et terne. Cette pollution lumineuse « efface » les étoiles les moins lumineuses, car leur éclat est alors dominé par celui du ciel. La pollution lumineuse provient des éclairages publics et publicitaires, des phares des voitures, etc.



Un ciel typique des villes. Très peu d'étoiles sont visibles. Le point le plus brillant est la planète Jupiter.
Crédit : [Jeremy Stanley](#).

Il est amusant de noter que la Lune, un objet pourtant on ne peut plus naturel, peut également être une source de pollution lumineuse intense lorsqu'elle est pleine ou proche de sa plénitude.



Si la Lune n'est pas là pour gâcher le spectacle, loin de la pollution lumineuse des villes, à la campagne ou en haute montagne par exemple, tu peux voir 3 000 étoiles environ. Oh ! tu ne les verras pas tout de suite si tu sors d'une pièce éclairée, car ta vision peut mettre jusqu'à une heure pour s'habituer complètement à l'obscurité. Mais une fois que cela est fait... quelle féerie !



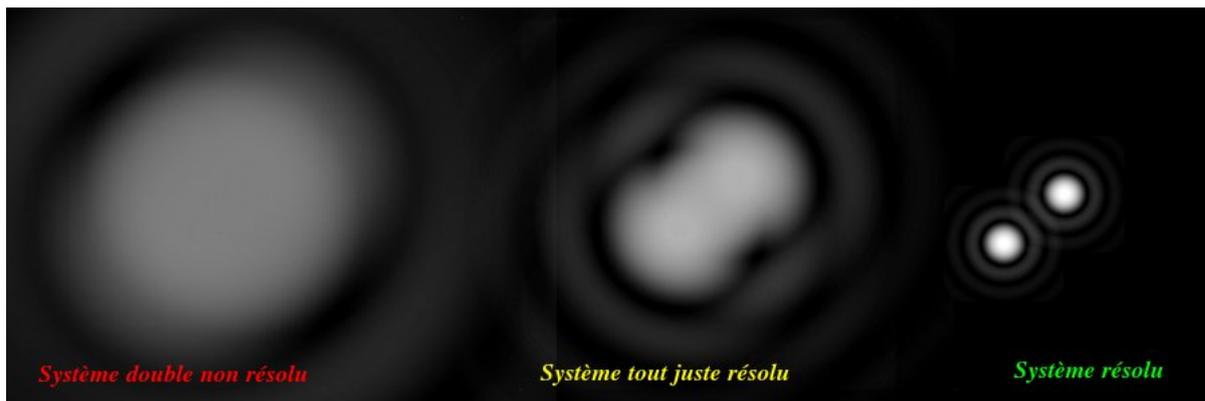
La même région du ciel photographiée depuis un petit village rural. Jupiter resplendit.

Crédit : [Jeremy Stanley](#).

Pourquoi utilise-t-on des instruments d'optique pour observer le ciel ?

Nos yeux sont des instruments incroyables, capables de grandes prouesses. Ils atteignent toutefois rapidement leurs limites en astronomie, domaine dans lequel ils présentent deux défauts bien embêtants.

Premièrement, la quantité de lumière qu'ils sont en mesure de collecter est faible. On ne peut pas voir les astres les moins lumineux. Deuxièmement, ils ne peuvent discerner les détails les plus fins. Les instruments d'optique – jumelles, lunette, télescope – permettent de dépasser ces limites. Ce sont de véritables « entonnoirs » à lumière. Plus ils sont grands, plus ils dévoilent de détails et plus ils captent de lumière et permettent de découvrir des astres faibles.

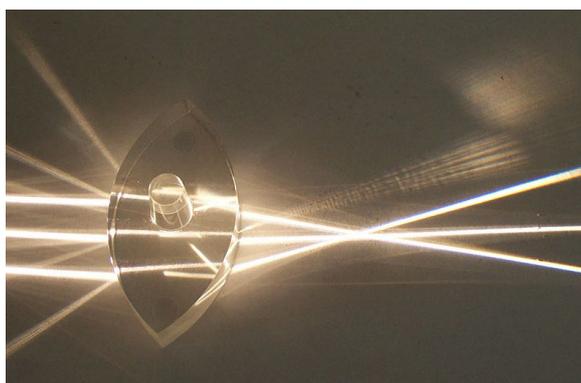


À gauche, une étoile est observée avec un petit télescope. Elle semble unique. Avec un télescope un peu plus grand, surprise ! Cette étoile serait-elle double ? Notre impression est confirmée par un télescope encore plus grand : ce que nous prenions pour une seule étoile est en réalité une étoile double. On dit que le grand télescope a « résolu » l'étoile double. Crédit : ASM / [Benjamin Mollier](#).

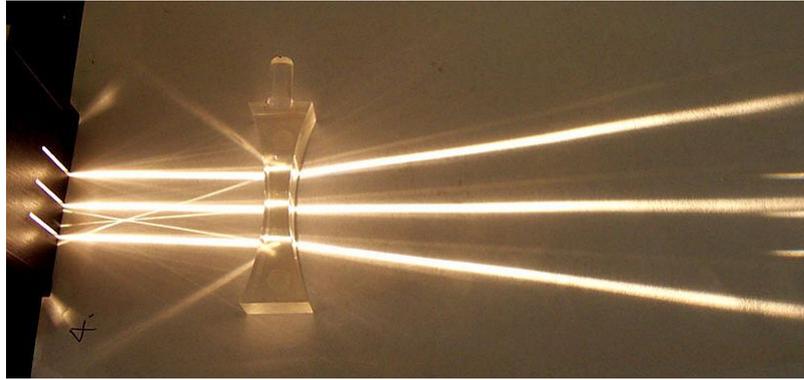
La lunette

La lunette a été inventée au début du XVII^e siècle aux Pays-Bas. C'était alors plus un jouet qu'un instrument scientifique. Le célèbre savant Galilée (1564 – 1642) la perfectionna et l'utilisa pour observer le ciel à partir du mois d'août 1609.

Une lunette est constituée d'un tube fermé de part et d'autre duquel on trouve deux lentilles. Qu'est-ce qu'une lentille ? Il s'agit d'un composant en verre, transparent, qu'on taille de manière à ce qu'il fasse converger ou diverger la lumière.



Une lentille convergente fait converger les rayons lumineux. Les rayons qui se propagent parallèlement à l'axe optique de la lentille convergent en un point appelé *foyer image*. Crédit : [Fir0002](#).



Une lentille divergente fait diverger les rayons lumineux. Les rayons divergents semblent provenir d'un point appelé également *foyer image*. Crédit : [Fir0002](#).

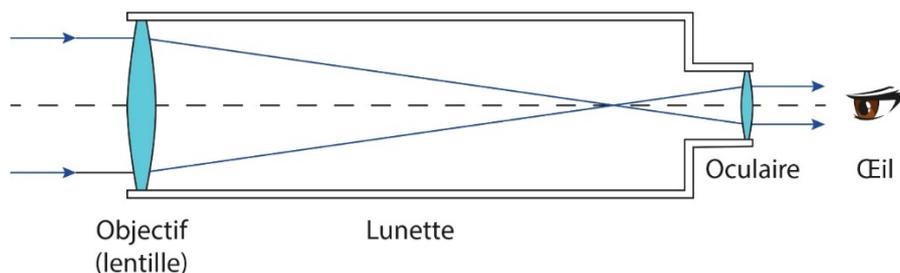
La distance entre le centre de la lentille et le foyer image s'appelle la *distance focale de la lentille*. Il s'agit d'une notion très importante qui te permettra de calculer le grossissement proposé par un instrument d'optique.

Revenons à notre lunette. La lumière pénètre par la plus grande des deux lentilles, qui porte le nom d'**objectif**. Son rôle est de collecter le plus de lumière possible. L'autre lentille est l'**oculaire**. Il a pour rôle d'agrandir l'image produite par l'objectif.

Galilée se servit d'une lentille divergente en guise d'oculaire. La lunette ainsi construite lui donnait directement une image droite (non inversée) mais impliquait un faible grossissement et un petit champ visuel. Il avait l'impression d'observer le ciel à travers le trou d'une serrure !

Il revint au grand astronome Johannes Kepler (1571 – 1630) d'expliquer le fonctionnement de la lunette de... Galilée. Kepler proposa en outre une amélioration : remplacer la lentille divergente de l'oculaire de la lunette par une lentille convergente. Certes, l'image ainsi formée est inversée – ce qui, tu en conviendras, n'est finalement pas gênant lorsqu'on observe le ciel – mais l'on gagne nettement en confort visuel avec un champ visuel plus important et un grossissement moins limité.

Comme l'objectif, l'oculaire possède une distance focale, plus petite. **Le grossissement proposé par une lunette se calcule en divisant la distance focale de l'objectif par celle de l'oculaire.**





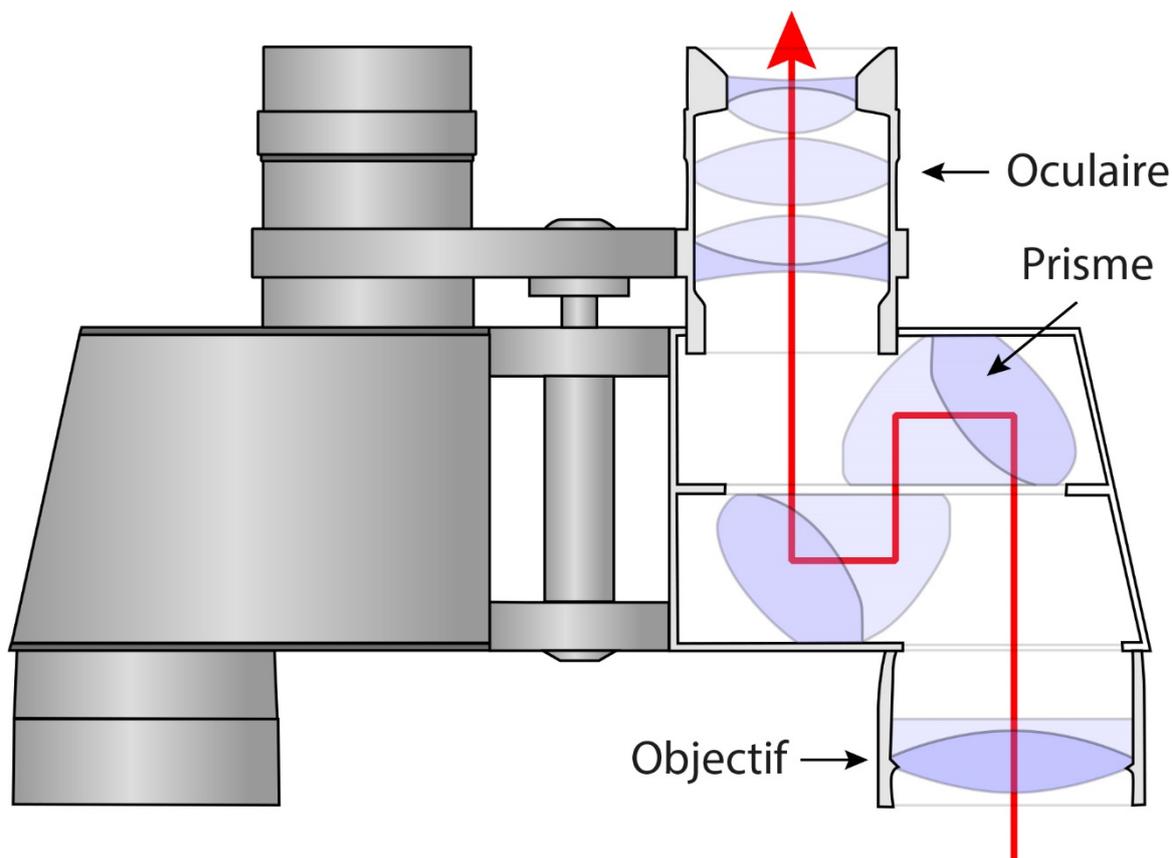
Une lunette d'initiation valant une centaine d'euros.
Le diamètre de son objectif est de 70 mm et sa focale de 700 mm.



Une lunette haut de gamme d'une valeur de 7000 €. Le diamètre de son objectif est de 150 mm et sa focale de 1050 mm. La monture, très stable, est motorisée et bénéficie d'un système de pointage automatique.

Les jumelles

Les jumelles ne sont rien d'autre qu'un ensemble de deux lunettes symétriques montées en parallèle. Grâce à un dispositif composé de prismes, on redresse les images inversées fournies par les lunettes tout en limitant l'encombrement de l'instrument.



Crédit : d'après [Antilver](#).

Sur les jumelles, tu trouveras toujours deux nombres a et b écrits sous la forme $a \times b$, comme, par exemple, 7×50 ou 10×60 . Le premier nombre te donne le grossissement et le second, le diamètre de l'objectif exprimé en millimètres. Des jumelles 10×50 grossissent ainsi dix fois et sont pourvues d'objectifs de cinquante millimètres de diamètre. Les jumelles 7×50 et 10×50 sont idéales pour l'observation du ciel car bien lumineuses et pas trop lourdes.

Le télescope

Le grand scientifique Isaac Newton (1643 – 1727) s'engagea dans la construction d'un nouvel instrument d'optique, le télescope. Le télescope de Newton fut opérationnel dès 1668 et sa présentation à la *Royal Society* en 1671 déclencha des réactions enthousiastes.

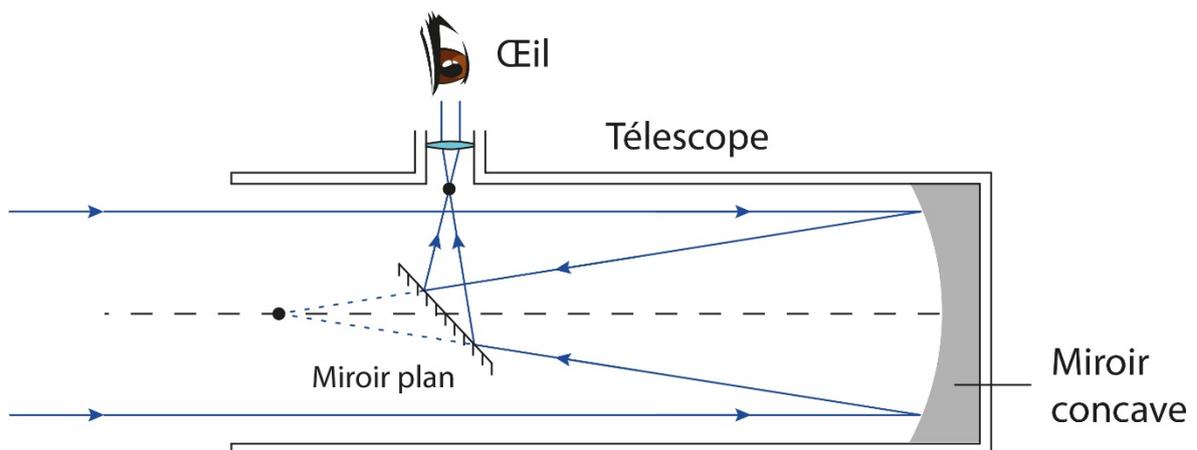
À la différence d'une lunette, **un télescope possède un miroir comme objectif et utilise la réflexion de la lumière** pour fonctionner. Toutefois, comme pour la lunette, le dispositif permettant d'agrandir l'image produite par l'objectif reste une lentille, l'**oculaire**. **Le grossissement d'un télescope se calcule également en divisant la distance focale de l'objectif par celle de l'oculaire.**

Le principal avantage du télescope sur la lunette est qu'il est plus facile de construire et de polir un grand miroir qu'une grande lentille.

Il existe deux grands types de télescope, les « Newton » et les « Cassegrain ». D'autres modèles, comme les « Schmidt-Cassegrain », les « Maksutov-Cassegrain » ou les « Ritchey-Chrétien » en sont dérivés.

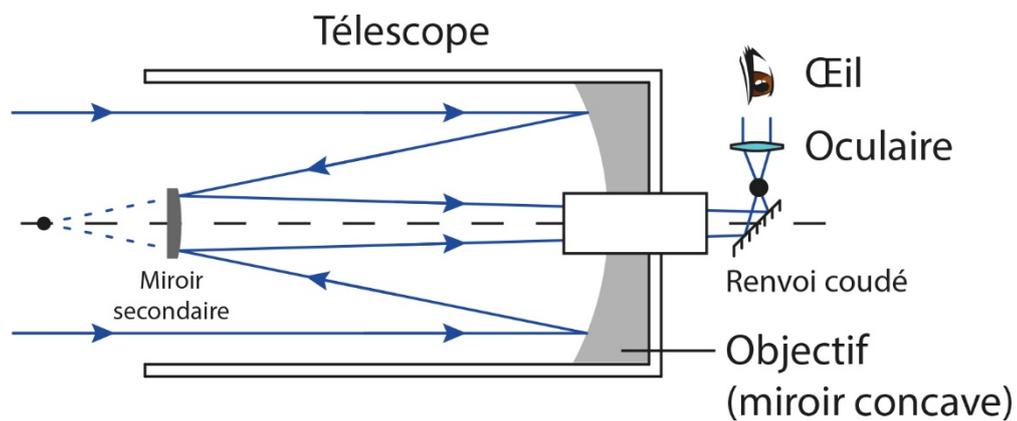
Le télescope « Newton »

Voici comment il fonctionne. Le miroir primaire collecte la lumière et la réfléchit vers un miroir secondaire incliné de 45°. La fonction de ce dernier est de dévier la lumière hors de l'axe optique pour éviter, bien évidemment, que ta tête ne masque les rayons lumineux qui entrent dans le télescope ! La lumière est ensuite récupérée par un oculaire et donc par ton œil.

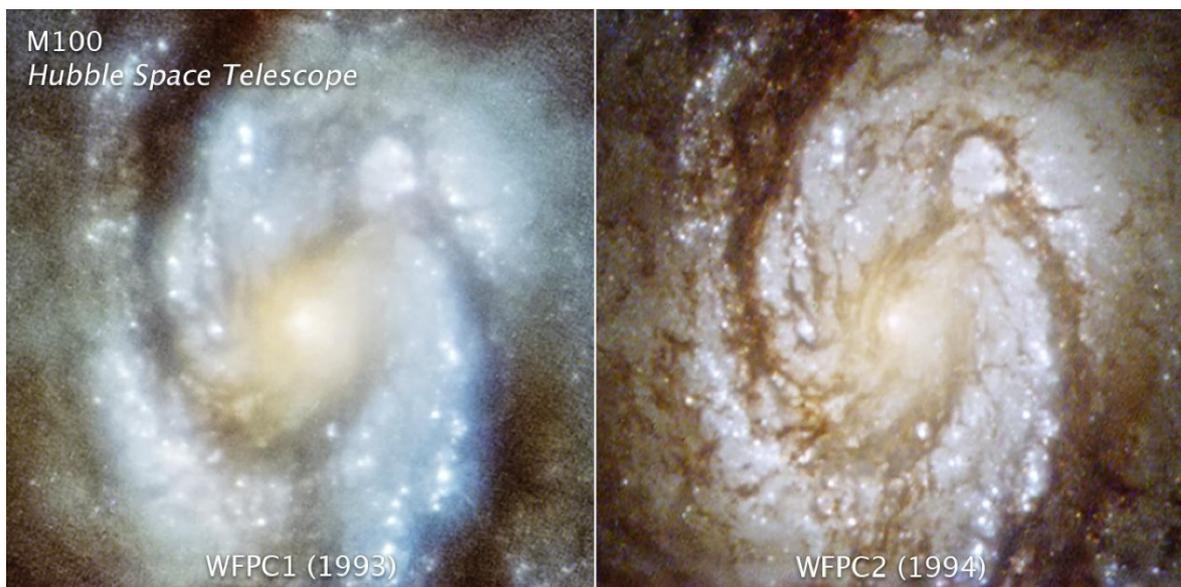


Le télescope « Cassegrain »

Dans ce type de télescope, le miroir secondaire n'est plus plan : on lui donne une forme convexe, c'est-à-dire bombée. Le miroir primaire est percé en son centre et les axes optiques des deux miroirs coïncident. Le miroir secondaire renvoie la lumière à travers le trou du miroir primaire vers l'oculaire. La présence d'un renvoi coudé sur notre schéma rend l'observation plus confortable.



Aussi incroyable que cela paraisse vu son prix (un milliard de dollars !) et le nombre de personnes impliquées dans sa conception et sa construction, le télescope spatial *Hubble*, lancé en 1990, souffrait d'un grave défaut optique : son miroir primaire de 2,4 mètres était trop plat. De beaucoup ? Non, de 2,2 millièmes de millimètres, soit l'équivalent d'un cinquantième de l'épaisseur d'un cheveu ! Mais cela suffisait pour rendre ses images floues. Dans le cadre d'une mission de maintenance assurée par la navette spatiale *Endeavour* en 1993, on corrigea le défaut via un dispositif optique baptisé COSTAR. *Hubble* put alors atteindre son plein potentiel.



Le cœur de la galaxie spirale M100 observée par le télescope spatial *Hubble* avant correction de son optique (à gauche) et après l'installation du système correcteur COSTAR (à droite).

Crédit : NASA / ESA / STScI / Judy Schmidt.

Les miroirs des plus grands télescopes terrestres font 8,4 m. Au-delà, on utilise des miroirs segmentés : on juxtapose des miroirs plus petits avec une précision stupéfiante pour simuler un très grand miroir.

Ainsi, le miroir du futur ELT (*Extremely Large Telescope*) européen de 39,3 m de diamètre sera composé de 798 miroirs hexagonaux de 1,45 m de « diamètre ». Il sera soutenu par 30 000 supports qui corrigeront en temps réel les efforts dus aux déformations générées par le vent et la rotation du miroir. Situé au nord du Chili, sur le Cerro Armazones (3060 mètres d'altitude), il devrait voir sa première lumière en 2025.



Les télescopes européens ELT et VLT comparés à l'Arc de Triomphe. Le VLT (pour *Very Large Telescope*) est un ensemble de quatre télescopes de 8,20 m de diamètre chacun, situé dans le désert d'Atacama au Chili.
Crédit : Observatoire européen austral.

On construit les plus grands observatoires là où les conditions d'observation sont optimales. On cherche donc des lieux sans pollution lumineuse, secs, avec un ciel très souvent dégagé et dans lesquels la turbulence atmosphérique est minimale pour ne pas altérer les images. Les meilleurs sites se trouvent en haute montagne. On peut citer le Mont Graham en Arizona (États-Unis), le sommet du volcan éteint Mauna Kea sur l'île d'Hawaï (États-Unis), l'île de La Palma dans les Canaries (Espagne) ou encore les montagnes Cerro Paranal, Cerro Tololo et Cerro Armazones dans les Andes chiliennes.



Un télescope d'initiation de type Newton. Avec 114 mm d'ouverture et 900 mm de focale, il est sans doute le télescope le plus connu des amateurs.



Un télescope haut de gamme d'une valeur supérieure à 10 000 €. Le diamètre de son objectif est de 355 mm et sa focale de 3 910 mm. La monture, très stable, est motorisée et bénéficie d'un système de pointage automatique.

Les oculaires

Les oculaires sont constitués de lentilles. Ils sont interchangeables et il n'est pas rare que les astronomes amateurs en possèdent une dizaine, en fonction de l'objet à observer.



Trois oculaires de focale 4 mm, 7 mm et 16 mm. Montés sur un télescope classique du commerce de 203 mm de diamètre et 2032 mm de focale, ils donnent accès à des grossissements respectifs de 508, 290 et 127 fois.

Les montures

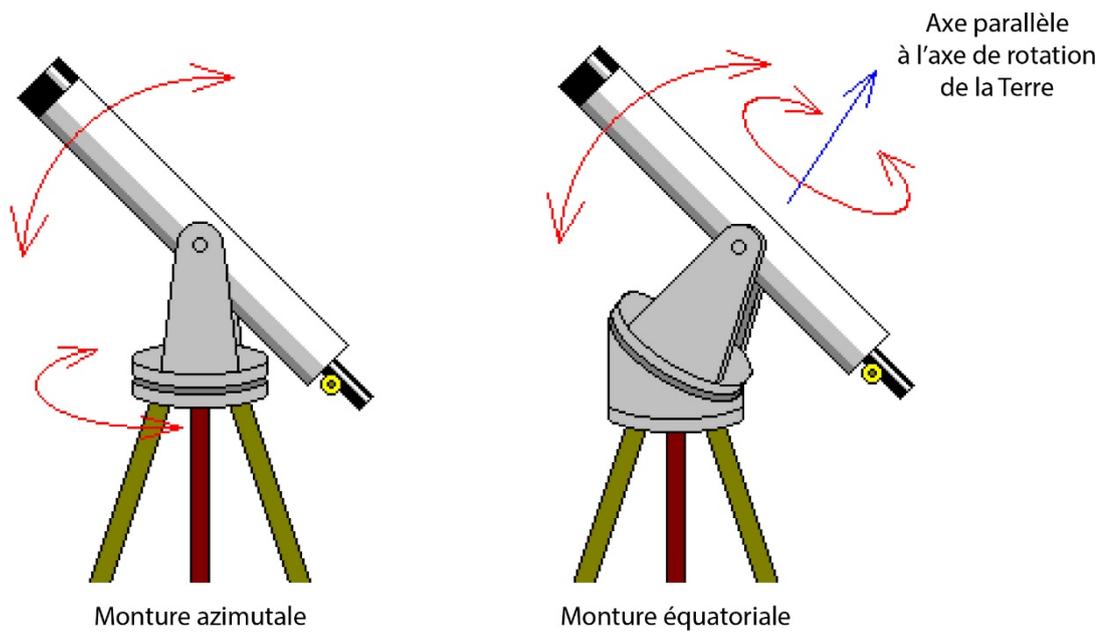
Une monture, c'est la partie mobile qui supporte et permet d'orienter l'instrument. Il en existe deux types principaux : la monture azimutale et la monture équatoriale.

→ la monture azimutale

C'est la monture la plus simple car elle n'a qu'un axe horizontal et un axe vertical. Elle permet de pointer intuitivement les astres qui t'intéresse.

→ la monture équatoriale

Celle-ci est plus complexe. Pour bien en comprendre le principe, tu dois te rappeler que tous les astres (le Soleil, la Lune, les planètes et les étoiles) semblent se déplacer dans notre ciel d'est en ouest. Ils en font un tour complet en une journée. On appelle ce mouvement le *mouvement diurne*. Pour qu'une lunette reste braquée sur une étoile, il suffit donc, après l'avoir orientée une fois, de la faire participer à la rotation d'ensemble du ciel, c'est-à-dire de la faire tourner autour d'un axe parallèle à l'axe des pôles de la Terre, à la vitesse d'un tour par jour. Une monture équatoriale possède un axe de rotation parallèle à l'axe des pôles.



Les deux types de monture peuvent être motorisées pour suivre automatiquement l'astre sur lequel l'instrument est pointé. Certaines sont fournies avec un système Go-To : il est alors possible de sélectionner l'objet de son choix dans une liste. Les moteurs alignent ensuite automatiquement l'instrument sur l'objet et le maintiennent centré dans l'oculaire. Effet garanti !



La monture de gauche, azimutale, est sommaire. La monture de droite, équatoriale, l'est beaucoup moins. Sa raquette de commande sert à piloter le système Go-To.

Les accessoires

🚧 Le trépied

Il accueille la monture et supporte l'instrument. Comme la monture, il doit être solide et suffisamment lourd pour ne pas osciller au moindre souffle de vent ou à la plus petite vibration.

Le chercheur

Il s'agit d'un viseur souvent muni d'une petite croix appelée *réticule*. Il est parallèle au tube de l'instrument et présente l'intérêt de faciliter le pointage grâce à son champ visuel plus important que celui de la lunette ou du télescope sur lequel il est fixé.

Le filtre solaire

Observer le Soleil à l'œil nu sans protection est dangereux, très dangereux !

Tu peux te brûler le fond de l'œil (la rétine), là où se forment les images. Cet effet, bien qu'indolore, peut être irréversible et conduire à une altération définitive de ta vue. Avec un instrument d'optique, dont la fonction est de concentrer la lumière, la situation peut vite devenir dramatique : un simple regard dans l'oculaire peut te mener à la cécité totale en une fraction de seconde !



Si tu souhaites quand même observer notre belle étoile à la lunette ou au télescope, il est **obligatoire** d'utiliser un filtre, à placer avant même l'entrée des rayons lumineux dans l'instrument. Les petits filtres à visser sur les oculaires sont à proscrire impérativement. Demande l'aide d'un adulte. Il pourra installer un filtre spécial en Mylar®. Un tel filtre ne laisse passer qu'une très faible quantité de lumière. Avec lui, l'observation est sans danger et tu pourras admirer les célèbres taches solaires observées par Galilée il y a plus de 400 ans.

Que verras-tu avec...

Des jumelles

Une simple paire de jumelles 7 × 50 ou 10 × 50 t'ouvrira littéralement une fenêtre sur un nouveau monde. Sous un bon ciel, des dizaines de milliers d'étoiles se révéleront et de nombreuses étoiles doubles se dévoileront. Avec un champ visuel beaucoup plus étendu que celui d'une lunette ou d'un télescope, elles sont l'instrument idéal pour observer les amas ouverts d'étoiles, les comètes, les nébuleuses et les galaxies les plus lumineuses comme la célèbre galaxie d'Andromède.

Dans le système solaire, de nouveaux objets seront détectables : les planètes Uranus et Neptune, les astéroïdes Cérès, Vesta et Pallas, le plus gros satellite de Saturne (Titan) et les quatre satellites galiléens de Jupiter (Io, Europe, Ganymède et Callisto) t'apparaîtront sous forme de points. La Lune, elle, te montrera ses cratères les plus imposants.

Une lunette ou un télescope d'initiation

Une lunette ou un télescope d'initiation de 60 à 100 mm de diamètre te donnera accès à de nombreux cratères lunaires. Près du terminateur, au niveau de la frontière entre la partie éclairée et celle plongée dans l'obscurité, les reliefs, accentués par l'éclairage rasant, te surprendront. Un instrument d'initiation te rendra perceptible les phases de la planète Vénus, les bandes équatoriales de Jupiter et les anneaux de Saturne – quelle expérience émouvante ! Mars prendra la forme d'un petit confetti couleur caramel. Plus loin de nous, la Voie lactée resplendira et te présentera des concentrations d'étoiles inattendues.

Un instrument pour amateur confirmé

Avec un instrument plus conséquent (un télescope de 200 mm de diamètre, par exemple), des millions d'astres seront désormais à ta portée. Une vie ne suffirait pas à en exploiter le potentiel. Le pointer vers la Lune te donnera l'impression saisissante de la survoler dans un astronef, l'œil rivé au hublot. Les amas globulaires succéderont aux nébuleuses planétaires, Uranus et Neptune deviendront des petites billes verte et bleue et Mars révélera sans peine ses calottes polaires. Peut-être auras-tu même la chance de découvrir une supernova dans une galaxie lointaine ?

Un instrument « hors norme »

Enfin, si tu as l'opportunité de mettre l'œil à un très gros télescope (600 mm voire plus), demande à ce que l'on te montre la nébuleuse d'Orion si elle est alors levée : cette nébulosité grisâtre dans un 200 mm se parera de bleu, de rouge et de vert. Quant à la galaxie des Chiens de chasse, sa subtile structure spirale sera un régal pour les yeux.

Le plus important, avant de plonger dans l'observation du ciel avec un instrument, est d'apprendre à connaître celui-ci à l'œil nu.

Reconnaître les constellations principales (la Grande Ourse, Orion, Cassiopée, etc.) à l'aide d'une carte du ciel et les cinq planètes visibles à l'œil nu, savoir s'orienter grâce à l'étoile Polaire, être le témoin et comprendre l'origine du mouvement diurne, du mouvement annuel et de la succession des saisons... crois-nous, ces étapes ne sont pas superflues et la progression dans ces domaines est gratifiante.

Si, par la suite, tes parents et toi décidez de sauter le pas et d'investir dans un instrument, ne restez pas seul et faites-vous accompagner ! Combien de lunettes et de télescopes dorment au-dessus des armoires parce que leurs propriétaires, jeunes ou moins jeunes mais laissés à eux-mêmes, s'en sont vite lassés... Internet regorge de forums animés par des astronomes amateurs compétents qui se feront un plaisir de répondre à vos questions et vous apporteront des conseils. Les plus connus sont [Webastro](#) et [Astrosurf](#).

N'hésite pas à demander à tes parents de t'inscrire à un club et à t'y accompagner. L'[Association Française d'Astronomie](#) propose une liste actualisée des clubs et autres lieux d'accueil du public en rapport avec l'astronomie.

Bonnes observations !

