

LES EXOS D'ASTRO DE L'ESA/ESO

Une série d'exercices d'astronomie
à partir d'images du télescope
spatial Hubble (NASA/ESA)
et des télescopes terrestres de l'ESO



INTRODUCTION GÉNÉRALE



Les Exos d'Astro de l'ESA/ESO

L'astronomie est une science accessible et visuelle, faisant d'elle un outil pédagogique idéal pour l'éducation. Au cours des dernières années, le télescope spatial Hubble (projet international mené en coopération par la NASA¹ et l'ESA²) ainsi que les télescopes terrestres de l'ESO³ (situés à La Silla et à Paranal au Chili) nous ont présenté des vues nouvelles et toujours plus spectaculaires de l'Univers. Ces instruments n'ont pas simplement fourni des images étonnantes, ils sont aussi devenus d'incalculables outils pour les astronomes. Grâce à leur excellente résolution spatiale/angulaire (finesse de l'image), ils permettent de voir plus loin que jamais dans l'univers et de répondre à des questions restées jusque-là non élucidées.

Si l'analyse de ces observations est souvent très sophistiquée, il arrive que son principe soit suffisamment élémentaire pour que de jeunes étudiants de niveau secondaire puissent en faire une exploitation simple.

C'est dans cette optique que l'ESA (Agence Spatiale Européenne) qui dispose de 15% du temps d'observation sur Hubble et l'ESO (Observatoire Austral Européen) ont élaboré conjointement cette série d'exercices.

L'objectif de cette série est de présenter quelques projets relativement courts, sélectionnés pour l'engouement et la découverte scientifique qu'ils suscitent : en utilisant des notions simples de Géométrie et de Physique, les élèves pourront retrouver par eux-mêmes des résultats scientifiques obtenus avec des méthodes d'analyse plus précises décrites dans la littérature scientifique.

Dans cette introduction générale, et pour clarifier le type d'observations présentées plus loin, nous donnerons un aperçu des intérêts de Hubble et des télescopes de l'ESO, ainsi qu'un bref descriptif de leur composition, de leur instrumentation et de leur mode d'opération.

La série d'exercices était à l'origine proposée seulement en anglais, langue communément employée dans le milieu scientifique. Pour l'utiliser dans un contexte interdisciplinaire, qui renforce la motivation et la connaissance des élèves, vous pouvez la télécharger sur le site <http://www.astroex.org>. Dans un esprit d'ouverture, l'ESA a aussi édité la série dans d'autres langues. Toutefois, les sigles — tous pensés en anglais — deviennent souvent illogiques après traduction : nous avons donc décidé de les expliciter en anglais et de décrire sommairement leur signification en français.

Tous les exercices suivent le même schéma : un texte principal puis une série de questions, de mesures et de calculs. Ils peuvent être utilisés soit pour étayer un cours classique, soit en tant que projets à part entière, pour un travail en petits groupes.

Les exercices sont indépendants les uns des autres et une sélection pourra être effectuée suivant le temps disponible. Nous recommandons toutefois l'étude du livret 'Outils' avant la réalisation des exercices, à moins que les élèves ne soient déjà familiers avec les notions qui y sont présentées.

¹National Aeronautics and Space Administration

²European Space Agency

³European Southern Observatory



Le télescope spatial Hubble

Hubble fut déployé de la navette spatiale "Discovery" le 26 avril 1990. Soixante-sept ans plus tôt, l'allemand Hermann Oberth, spécialiste des fusées et précurseur de l'astronautique, annonçait déjà les avantages potentiels de l'observation hors atmosphère terrestre.

La première proposition sérieuse concernant un grand observatoire spatial remonte au début des années 60 et fut proposée à la NASA. Après les études de faisabilité, un programme commun NASA/ESA vit le jour en 1977. Malgré le respect que l'on doit à la résolution de Hubble — loin devant celle des télescopes terrestres — il ne s'agit pas à proprement parler d'un grand télescope, son miroir primaire ne mesurant que 2,4 m de diamètre.

Les images prises par les télescopes terrestres sont toutes affectées par des distorsions dues au passage de la lumière à travers les couches turbulentes de l'atmosphère terrestre. Présente même dans les grands instruments, cette inévitable dégradation de l'image limite considérablement la résolution des télescopes terrestres à environ une demi-seconde d'arc ($1'' = 1/3600^\circ$). En revanche, dans l'espace, la lumière se propage librement (les étoiles ne scintillent qu'à cause de l'atmosphère) et la performance d'un télescope n'y est limitée que par la précision de l'optique et du pointage vers l'objet stellaire photographié. Ainsi, les photos prises par Hubble sont cinq fois plus détaillées que celles prises du sol. La résolution au niveau du sol est en

gros équivalente à celle nécessaire pour lire les gros titres d'un journal à un kilomètre, mais grâce à Hubble, il est aussi possible d'en lire le texte !

L'intérêt principal d'Hubble réside dans cette amélioration considérable des images. Hubble permet non seulement aux astronomes d'étudier des objets familiers avec plus d'acuité, il permet aussi la détection et l'étude d'objets trop faibles pour un télescope terrestre. En ce sens, Hubble a augmenté le volume d'espace observable.

Le télescope spatial est en outre capable de collecter de la lumière dans un domaine de longueurs d'onde bien plus large que les instruments au sol, limités par l'atmosphère qui filtre certaines longueurs d'ondes (cf. Fig. 1).

En effet, Hubble est non seulement capable de discerner des objets dans le domaine visible, mais aussi dans l'ultraviolet et l'infrarouge. La région de l'ultraviolet est d'une importance capitale pour les astronomes puisqu'elle contient la plupart des "transitions atomiques" des principaux éléments présents dans l'espace. Chaque élément possède sa propre signature spectrale puisqu'il absorbe et émet de la lumière à des longueurs d'onde bien précises. En reconnaissant les différentes signatures qui composent le spectre d'un objet céleste, on peut alors déterminer sa composition chimique, sa température et ses propriétés physiques.

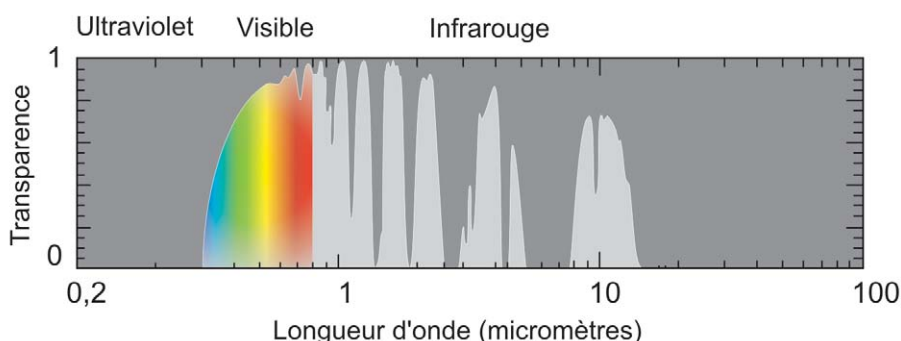
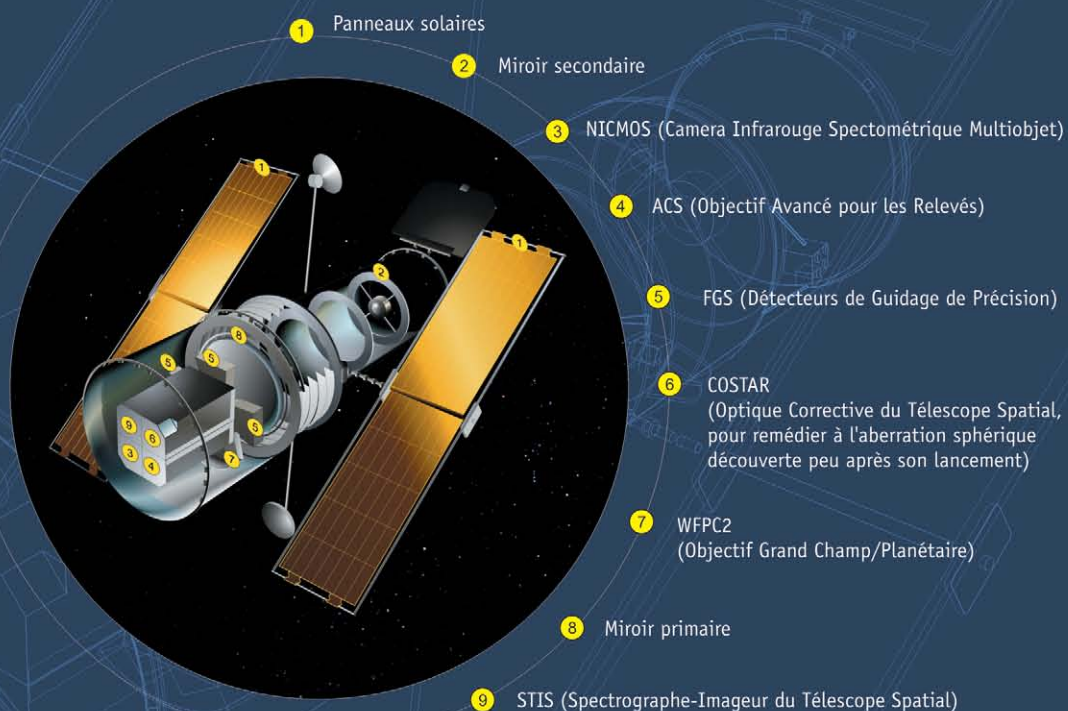


Figure 1 : Absorption due à l'atmosphère terrestre

Les objets astronomiques émettent de la lumière dans un large spectre, mais seules certaines gammes de longueurs d'ondes peuvent traverser l'atmosphère terrestre. Les autres sont absorbées et diffusées par celle-ci. Le schéma montre la transparence de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde. On s'aperçoit que les ultraviolets sont presque totalement absorbés, ainsi qu'une grande partie de l'infrarouge.

Le télescope spatial Hubble



Les instruments

La totalité des instruments à bord d'Hubble — 2 objectifs, 2 spectrographes-imageurs et un ensemble de 3 détecteurs de guidage — permettent une grande richesse d'observations.

L'objectif grand champ/planétaire est l'instrument vedette du télescope. Il est capable d'imager le ciel à travers une pléiade de filtres, allant d'une longueur d'onde de 1000 nm dans le proche infrarouge à 115 nm dans l'ultraviolet.

Le télescope

Miroir primaire	optique Ritchey-Chrétien	2,4 m
Longueur totale		15,9 m
Diamètre (panneaux solaires repliés)		4,2 m
Dimensions des panneaux solaires		12,1 m
Masse		11,11 tonnes
Précision du pointage		7 millisecondes d'arc pour 24 heures

L'orbite

Altitude	598 km
Inclinaison par rapport à l'équateur	28,5°
Durée de vie de la mission	20 ans (jusqu'en 2010)

Des informations plus générales ou plus techniques concernant le télescope Hubble (NASA/ESA) sont disponibles sur le site <http://hubble.esa.int>.

Le VLT (Very Large Telescope) de l'ESO

Le VLT est le télescope infrarouge/visible le plus grand au monde. Les premières initiatives pour la réalisation d'un grand télescope européen remontent à la fin des années 70 et les astronomes en ont élaboré les plans tout au long des années 80. Une fois les détails de la construction et le projet de financement réunis, le Conseil de l'ESO donna son feu vert en décembre 1987.

L'ESO, un organisme international de recherche, a été fondé en 1962 par l'Allemagne, la Belgique, la France, les Pays-Bas et la Suède, tous *"désireux de construire un observatoire basé dans l'hémisphère Sud, doté d'instruments puissants, afin d'encourager la coopération scientifique en Astronomie"*. Depuis, le Danemark, l'Italie, le

Portugal et la Suisse ont rejoint ce projet. Le Royaume-Uni fera de même en 2002. Plus récemment, d'autres pays ont aussi exprimé leur volonté de devenir membre de l'ESO.

L'ESO gère deux observatoires ultra-modernes, à Paranal et La Silla. Cerro Paranal, à 2635 m d'altitude ($24^{\circ}37'$ Sud, $70^{\circ}24'$ Ouest), est situé dans la partie septentrionale du Chili : à 12 km de la côte pacifique, 130 km au sud d'Antofagasta, 1200 km au nord de Santiago du Chili et 600 km au nord de La Silla. Le site est dans l'une des régions les plus arides du monde, le désert d'Atacama. Le mauvais temps étant l'ennemi numéro un des astronomes, l'ESO a choisi cet emplacement après une étude climatologique complète : l'observatoire dispose de 350 nuits claires par an.

Le VLT est constitué de quatre unités, nommées UT (*Unit Telescopes*). Chaque miroir primaire mesure 8,2 m de diamètre, les miroirs secondaires et tertiaires étant plus réduits. Comme on l'a vu, en traversant l'atmosphère, la lumière subit une distorsion : voilà pourquoi les étoiles scintillent. Un système à Optique Adaptative a été développé pour corriger cet effet gênant. Les images obtenues par le télescope retrouvent alors toute leur finesse, comme si le VLT était dans l'espace.

Le VLT est équipé de nombreux instruments high-tech. Les quatre télescopes de 8,2 m furent opérationnels à la fin de l'année 2000. Des résultats impressionnants ont déjà été obtenus.

En outre, trois télescopes auxiliaires (AT ou *Auxiliary Telescopes*) de 1,8 m sont en construction. Il est possible d'utiliser chaque télescope indépendamment ou, une fois les AT disponibles, de les combiner pour aboutir à un interféromètre : le VLTI (*VLT Interferometer*). Le VLTI aura le même pouvoir de résolution qu'un télescope de 200 m de diamètre. Les premières observations se sont déroulées en 2001.



Figure 2 : Carte du Chili
Sont indiqués les deux sites de l'ESO : La Silla et Paranal.

Le VLT (Very Large Telescope) de l'ESO

ANTU et FORS

La construction à Cerro Paranal débuta en 1991. Six ans plus tard, le premier des quatre miroirs arrivait à destination. La "première lumière" de l'UT1 "ANTU" fut comme prévu détectée dans la nuit du 25 mai 1998 (ANTU signifie "Le Soleil" dans la langue Mapuche). Les trois grands frères d'ANTU firent leurs premières observations respectivement en mars 1999, janvier 2000 et septembre 2000.

Les UT du VLT sont équipés de montures alt-azimutales. Dans ce type de monture, le tube principal du télescope tourne autour d'un axe horizontal (l'axe des hauteurs). Les deux bras qui supportent le tube sont montés sur un support pivotant autour d'un axe vertical (axe de l'azimut), permettant au télescope de pointer dans n'importe quelle direction.

Le 15 septembre 1998, FORS1 (*Focal Reducer and Spectrograph*) monté sur ANTU, donna ses

premières images, d'une qualité d'emblée exceptionnelle. Depuis, FORS1 et les autres instruments du VLT suscitent beaucoup d'espoir de la part des astronomes européens.

FORS1, tout comme son jumeau FORS2, est le produit de l'une des technologies les plus avancées de l'observation terrestre. Les instruments "FORS" sont des instruments multi-modes. Il est par exemple possible d'obtenir des images avec deux grossissements différents. De la même façon, les spectres d'objets simples ou multiples peuvent être obtenus avec différentes résolutions. Ainsi, FORS peut détecter des galaxies très éloignées et enregistrer immédiatement leur spectre, en vue de déterminer le type et la distance des étoiles qui les composent.

Pour plus d'information sur le VLT de l'ESO, vous pouvez consulter le site internet <http://www.eso.org>.

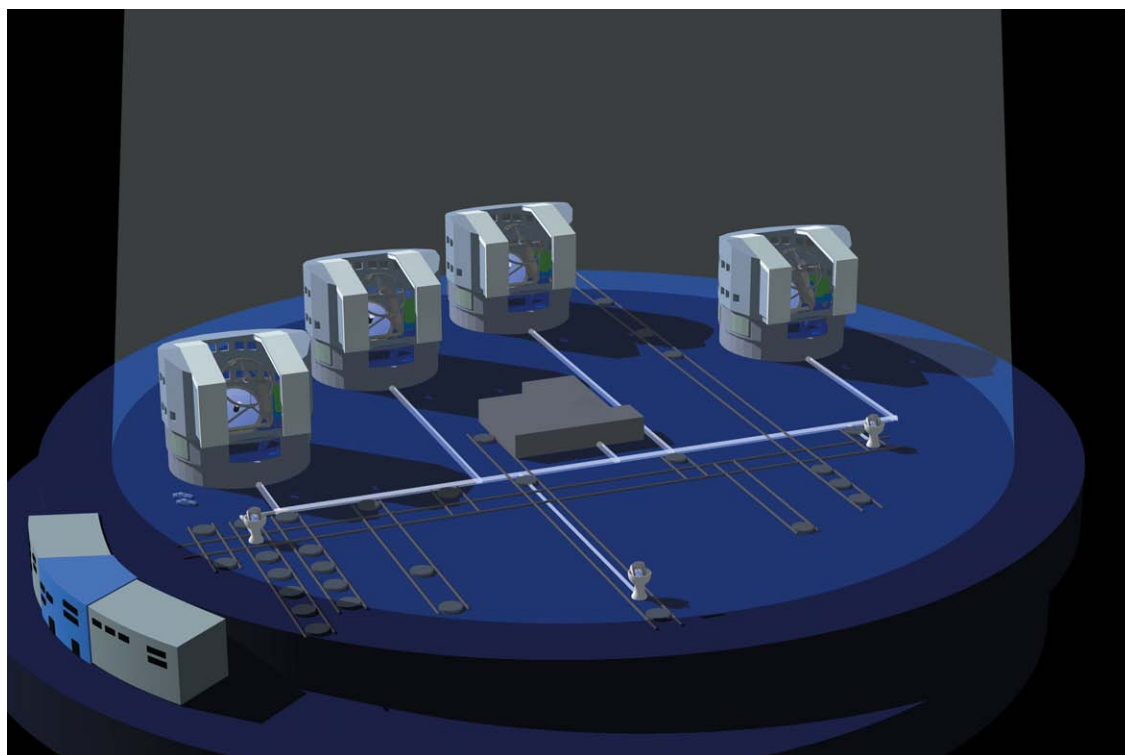


Figure 3 : Vue schématique de l'interféromètre du VLT

www.astroex.org

