

LES OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE L'ELT

L'ELT étudiera avec une grande précision tous types d'objets aussi bien proches que lointains. Grâce à une instrumentation de pointe, ses objectifs scientifiques seront nombreux et concerneront aussi bien le Système solaire, l'atmosphère des exoplanètes et les disques protoplanétaires que les galaxies lointaines, les trous noirs ou la première génération d'étoiles de l'Univers.

SYSTÈME SOLAIRE



Saturne, photographiée par la sonde *Cassini* en 2010.

Avec l'avalanche de missions spatiales destinées à étudier les objets du Système solaire *in situ*, on peut penser qu'un télescope situé sur Terre n'a pas grand-chose de nouveau à apporter. Toutefois, étant donné l'abondance et la diversité des corps, leur variabilité dans le temps et l'éloignement de certains d'entre eux, nombreux sont les aspects qui restent à explorer.

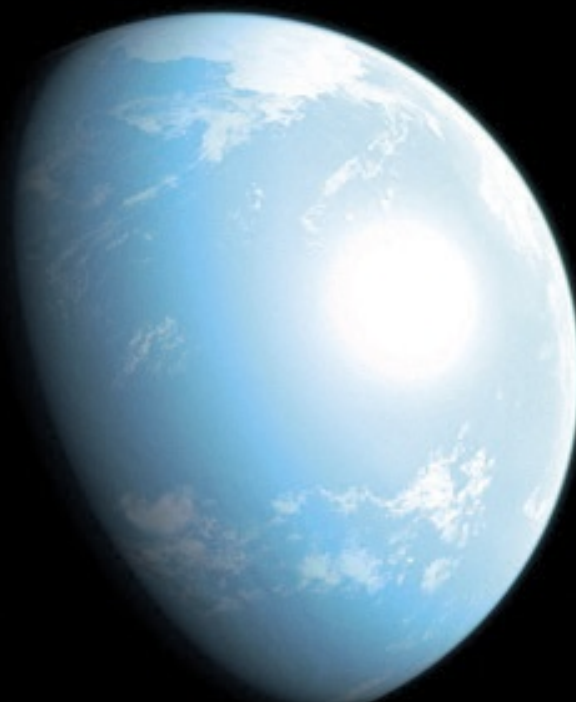
L'étude des corps primordiaux tels que les astéroïdes, les comètes ou les objets transneptuniens révélera de précieuses données sur le passé du Système solaire. Les satellites de certaines planètes sont le siège de phénomènes transitoires que l'ELT suivra en direct et caractérisera. Parmi eux : les nuages, lacs et océans de méthane de Titan (une lune de Saturne), l'activité volcanique d'Io (satellite de Jupiter) ou les geysers et panaches aqueux d'Europe (Jupiter) ou d'Encelade (Saturne) qui sont d'un grand intérêt pour l'astrobiologie.

Par ailleurs, étant donné l'absence de missions spatiales vers Uranus ou Neptune avant au moins 2030, l'ELT étudiera en détail la météorologie, le climat, les vents et l'atmosphère de ces mondes lointains.

EXOPLANÈTES

Plus de 4 000 planètes en orbite autour d'autres étoiles ont été cataloguées depuis la découverte de la première, en 1995. Leur diversité est immense et nous connaissons certaines caractéristiques de leurs orbites ainsi que leurs masses et leurs tailles, ce qui permet parfois d'en déduire s'il s'agit de mondes rocheux, gazeux ou gelés. Cependant, on en sait très peu sur leurs caractéristiques physiques. On a déterminé la présence de certains composés chimiques ou de brumes d'altitude seulement pour certaines des plus grandes exoplanètes. L'ELT accédera aux propriétés physicochimiques des atmosphères de nombreuses exoplanètes. En fait, son objectif le plus ambitieux, et l'une des raisons qui ont motivé sa construction, sera la caractérisation des planètes semblables à la Terre, en particulier celles qui se trouvent dans la « zone habitable » de leur étoile hôte, la région où la présence d'eau liquide à la surface de la planète est possible.

À l'aide de techniques coronographiques (qui masquent la lumière de l'étoile pour mieux discerner celle réfléchie par la planète), comme celles qui seront mises en œuvre par l'instrument *Metis*, l'ELT analysera les atmosphères d'exoplanètes et déterminera leur température à partir de la lumière réfléchie ou de leur rayonnement thermique propre. On pourra aussi rechercher des traces de vapeur d'eau, d'oxygène et d'autres gaz qui sont potentiellement des biomarqueurs, tels le méthane et l'oxyde nitreux, sur des planètes plus petites. La recherche de « signes de vie » sera l'un des principaux objectifs.



Vue d'artiste de l'exoplanète GJ 357 d, distante de 31 années-lumière.

Vue d'artiste du disque protoplanétaire de l'étoile HD 21997, distante de 235 années-lumière.

SYSTÈMES PLANÉTAIRES

La formation des systèmes planétaires constituera une autre voie de recherche pour l'ELT. L'observatoire *Atacama*, dans le désert de l'Atacama, a déjà observé en détail la structure de disques protoplanétaires autour d'étoiles jeunes. Grâce à sa haute résolution aussi bien spectrale que spatiale, l'ELT analysera la façon dont la matière se regroupe dans ces disques pour former des planètes, déterminera ses mouvements ainsi que la distribution du gaz et de la poussière. Cela permettra de mieux comprendre comment se forment les systèmes planétaires autour des différents types d'étoiles.



La galaxie UGC1810, située à 300 millions d'années-lumière, photographiée par le télescope spatial *Hubble*.

GALAXIES ET TROUS NOIRS

Un autre grand objectif de l'*ELT* sera de démêler les mystères de la formation et de l'évolution des galaxies. Sa résolution spatiale élevée lui permettra d'étudier le trou noir central de la Voie lactée et celui d'autres galaxies proches. Il mesurera les mouvements des étoiles du centre galactique autour de lui, et déterminera comment croissent ces colosses et comment ils influent sur l'évolution des galaxies.

L'*ELT* étudiera aussi les parties plus extérieures des galaxies. La spectroscopie en infrarouge proche de l'instrument *Metis* permettra d'analyser des milliers d'étoiles au sein des amas globulaires, des « essaims » stellaires qui gravitent comme des satellites autour des grandes galaxies. On espère aussi pouvoir étudier la structure et l'évolution chimique des galaxies de l'amas de Virgo et de celui de Fornax, situés respectivement à 54 et 62 millions d'années-lumière.

L'UNIVERS LOINTAIN

Par spectroscopie à haute résolution, l'*ELT* analysera la lumière de supernovæ très lointaines, correspondant à des époques auxquelles l'Univers n'avait qu'entre 1 et 6 milliards d'années (l'âge actuel de l'Univers est estimé à environ 13,8 milliards d'années). Le télescope fournira des informations sur les galaxies de ces époques précoces, leur évolution chimique et les mécanismes de formation stellaire qui y opéraient. L'*ELT* devrait pouvoir remonter encore plus loin dans le temps. Capable de détecter des sources très faibles et lointaines, il devrait être en mesure d'observer l'époque où l'Univers avait entre 200 et 500 millions d'années, lorsqu'il s'est empli de la lumière des toutes premières étoiles, que l'hydrogène a été ionisé et que sont apparues les premières protogalaxies. Les meilleurs télescopes actuels ne peuvent qu'à grand-peine détecter les galaxies les plus lumineuses à des époques où l'Univers avait 500 millions d'années.



CL J10001, l'amas de galaxies le plus lointain que l'on connaisse. À cause de la distance qui nous en sépare, cette image le montre tel qu'il était lorsque l'Univers avait 2,7 milliards d'années, soit 20 % de son âge actuel.

L'ACCÉLÉRATION DE L'EXPANSION COSMIQUE

On sait depuis vingt-cinq ans que l'expansion de l'Univers accélère. Ce résultat inattendu vient de l'observation d'un type particulier de supernovæ dont la luminosité intrinsèque est connue et toujours la même, et dont, par conséquent, la distance est donnée directement par la mesure de l'éclat apparent, indépendamment de leur vitesse de fuite due à l'expansion cosmique. Cette découverte, fondée en partie sur des travaux effectués avec les télescopes de l'ESO, a valu en 2011 le prix Nobel à Saul Perlmutter, Adam Riess et Brian Schmidt. L'étude détaillée de ce phénomène est l'un des objectifs principaux de la cosmologie moderne. L'*ELT* mesurera avec une grande précision les vitesses de fuite de nombreuses galaxies lointaines. En comparant les données correspondant à différentes époques de l'histoire de l'Univers, il fournira une mesure directe de l'accélération de l'expansion cosmique.

Quelques-unes des galaxies les plus lointaines et les plus anciennes que l'on connaisse, photographiées par le télescope spatial *Hubble*.

PHYSIQUE FONDAMENTALE

Pour finir, l'*ELT* devrait fournir des pistes pour répondre à certaines questions ouvertes en physique fondamentale. L'une d'elles est de savoir si la constante dite « de structure fine » (paramètre qui caractérise l'intensité de la force électromagnétique entre les particules élémentaires) ou le rapport entre les masses du proton et de l'électron sont restés toujours les mêmes depuis la naissance de l'Univers ou si, au contraire, ils ont varié au cours de l'histoire cosmique. L'analyse du rayonnement des quasars très lointains fournira des mesures de la constante de structure fine avec une précision de 1 partie pour 10 millions et indiquera si cette valeur dépend de la distance de la source, c'est-à-dire de l'âge de l'Univers au moment où la lumière a été émise.

Le quasar 3C273. Sa lumière a mis 2,5 milliards d'années à nous parvenir.