

3. Voir plus large

Euclid, cartographe du ciel extragalactique

C'est le mathématicien grec Euclide qui a donné son nom au futur télescope chargé d'explorer la part sombre de l'Univers, celle qui échappe encore à l'observation des chercheurs, à savoir, l'**énergie noire** et la **matière noire** – soit près de 95 % de cet Univers. Cette mission d'étude utilisera comme

données la cartographie du ciel extragalactique. Actuellement en cours d'étude de faisabilité, le projet Euclid a déjà été présélectionné par l'**Agence spatiale européenne (ESA)** dans le cadre de son programme *Cosmic Vision 2015-2025*. S'il est définitivement choisi, son lancement pourrait avoir lieu en 2017.



Les observations

Le projet Euclid part d'une constatation : la matière noire peut se détecter indirectement par ses **effets gravitationnels**, c'est-à-dire par les distorsions qu'elle fait subir à la lumière. Depuis Albert Einstein, les physiciens savent que la matière exerce une **attraction gravitationnelle** sur la lumière et peut ainsi fléchir sa trajectoire. En effet, la matière (visible ou noire), située entre l'observateur et la **galaxie** observée, déforme toujours l'image qui nous parvient de cette galaxie, un peu comme pourrait le faire une lentille. Il s'agit d'un effet connu dit de « cisaillement gravitationnel faible ». Ainsi, en observant des images de galaxies lointaines et en mesurant les déformations subies, les chercheurs peuvent-ils en déduire la distribution de la matière noire intercalée entre notre galaxie et des galaxies plus lointaines. Et procédant en cascade, de la distribution de la matière peut alors se déduire la nature

(1) La fonction de corrélation des galaxies consiste, pour chaque paire de galaxies, à mesurer leur distance pour reconstruire une structure en 2D de la distribution des galaxies.

de l'énergie noire, l'un des moteurs de structuration de l'Univers. Ensuite, en appliquant ce raisonnement à des galaxies situées à différentes distances, il devient également possible de mesurer l'évolution de l'énergie noire avec le temps.

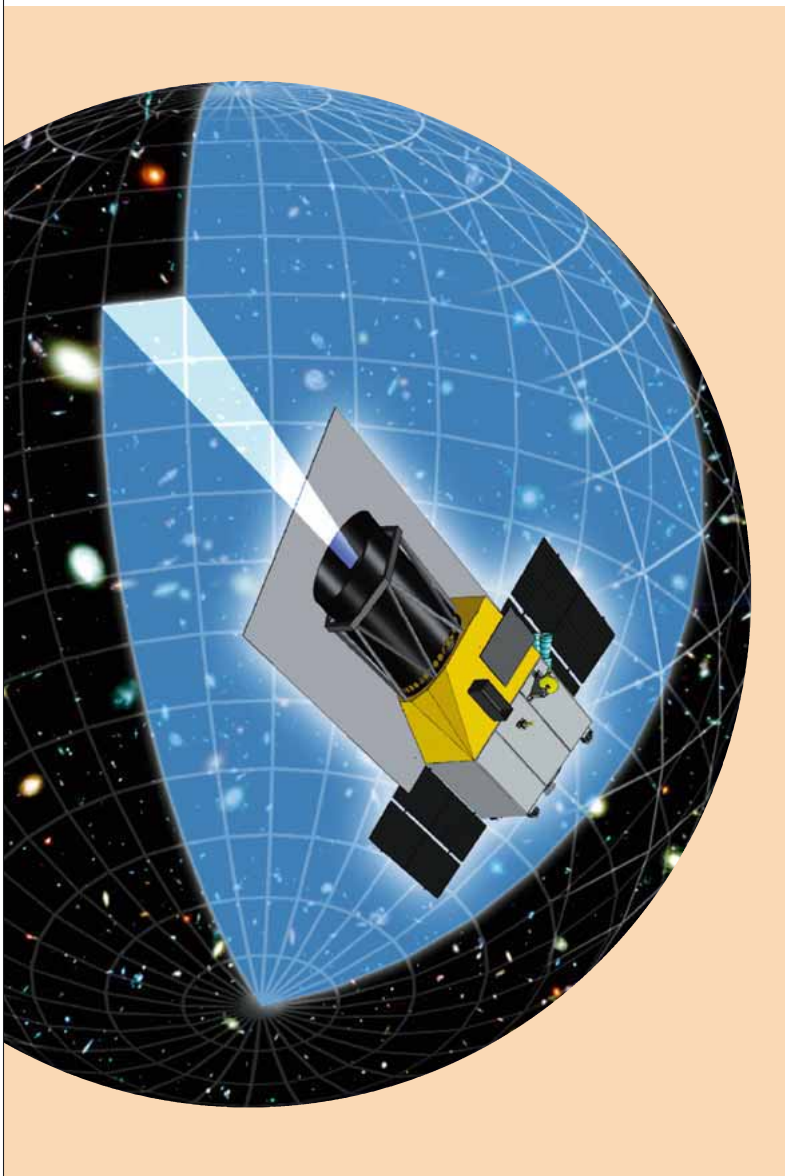
Ce type de mesure a déjà été effectué, depuis l'espace, grâce au télescope Hubble et à ses milliers d'heures d'observation. Il s'agit du plus grand relevé de l'Univers jamais réalisé et il porte le nom de COSMOS (pour *Cosmic Evolution Survey*). Pourtant, ce relevé ne concerne qu'une toute petite partie du ciel avec une taille angulaire de seulement 2 degrés carrés, ce qui correspond, néanmoins, à neuf fois la surface apparente de la Lune. En parallèle, MEGACAM, une des deux plus grandes caméras d'imagerie astronomique au monde, installée au foyer du télescope au sol Canada-France-Hawaii, a réalisé un programme similaire mais sur une surface de ciel couvrant environ 200 degrés carrés. La synthèse des informations obtenues par ces deux observatoires a permis aux astrophysiciens de pouvoir déterminer la distribution spatiale de la matière noire et de la matière visible de cette région du ciel, avec une précision et une étendue inégalées.

Au vu des résultats du télescope Hubble, un double objectif chiffré a été fixé à Euclid. D'abord, il s'agira de déterminer le paramètre de l'équation d'état de l'énergie noire avec une précision de quelques pourcents et ensuite, d'établir la variation de ce paramètre, avec le temps, dans une précision de quelques dizaines de pourcents. Ce résultat suppose d'augmenter considérablement le nombre de galaxies mesurées de façon à limiter les erreurs statistiques. D'où la future mission fixée à Euclid d'observer 20 000 degrés carrés, soit la moitié du ciel, pour un total d'environ 3 milliards de galaxies. Quant à la détermination de la relation entre la distance et le décalage spectral, elle reposera sur la mesure des spectres de plus d'une centaine de millions de galaxies, là encore sur la moitié du ciel. L'évolution de la fonction de corrélation des galaxies⁽¹⁾ au vu du décalage spectral renseignera les chercheurs sur l'histoire de l'expansion de l'Univers et, par conséquent, sur la source de cette expansion. Les informations transmises par les deux sondes que sont la cartographie de la matière noire et les oscillations acoustiques baryoniques permettront de contraindre très précisément les paramètres de l'énergie noire.

La charge utile d'Euclid

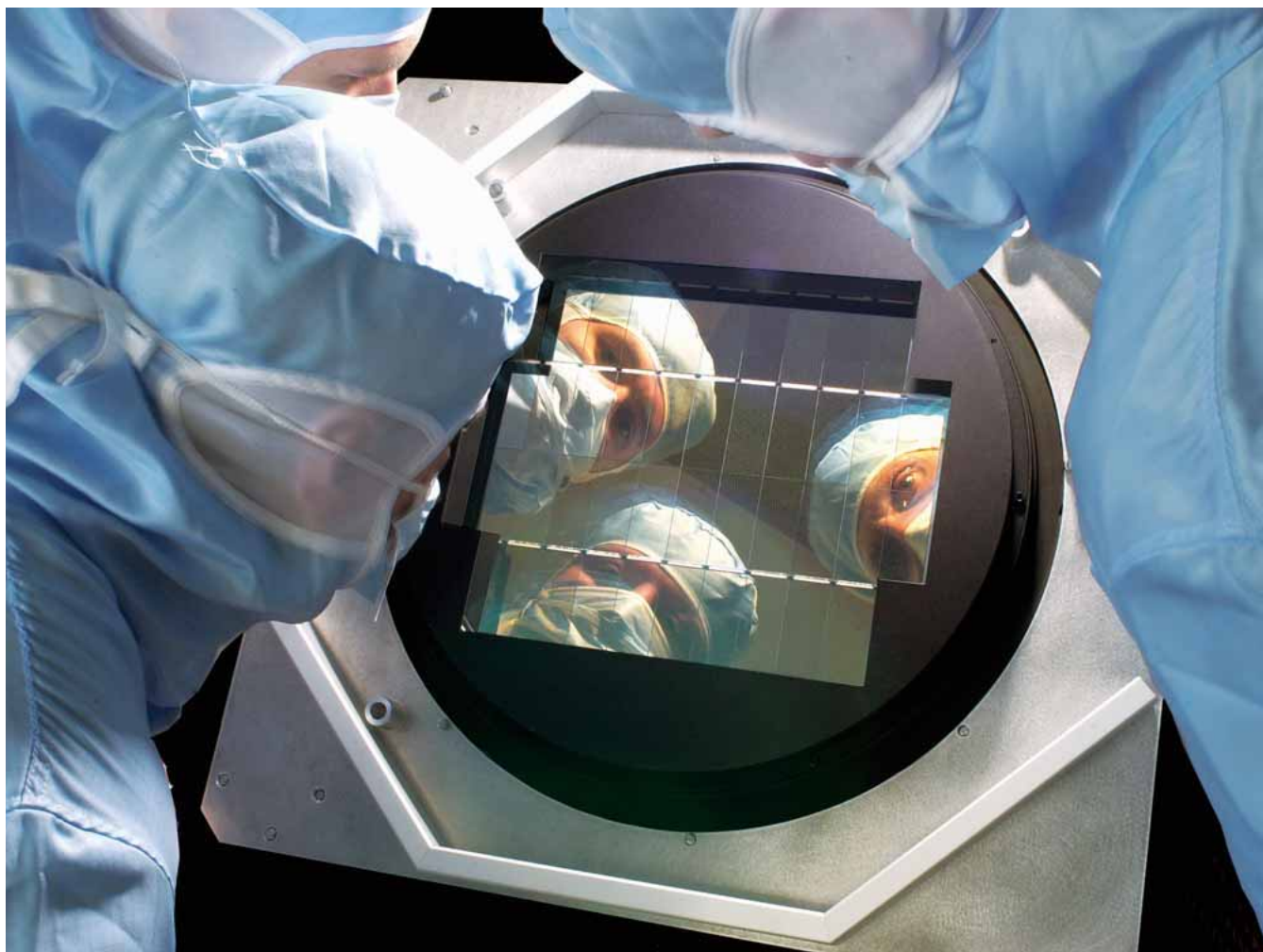
Pour mener à bien ce programme d'observations et de cartographie de la matière noire, Euclid utilisera la technique dite de « l'imagerie grand champ » déjà expérimentée par MEGACAM. Cette technique consiste à réaliser des instruments disposant de détecteurs composés d'un très grand nombre de **pixels**. Chaque observation permet ainsi de prendre une photographie d'une grande surface du ciel, tout en conservant une très bonne résolution spatiale, nécessaire pour mesurer précisément la forme des images des galaxies.

Le satellite Euclid embarquera un télescope doté d'un miroir primaire de 1,20 mètre de diamètre. Au foyer de ce télescope, prendront place deux caméras.



Vue d'artiste du satellite Euclid cartographiant l'Univers extragalactique.

Frédéric Durillon/CEA



J.J. Bigot/CEA

Caméra MEGACAM : la mosaïque de 40 CCD en fin de montage. Cette caméra, réalisée par l'Irfu, est opérationnelle au foyer du télescope Canada-France-Hawaii depuis 2003.

La première caméra, dédiée à la **lumière visible**, se compose de 36 détecteurs de type *Charge coupled device* (CCD) pour un total de 600 millions de pixels. Elle réalisera la mesure de la forme des images de galaxies. Une deuxième caméra, travaillant celle-là en **lumière infrarouge**, composée d'environ 50 millions de pixels, fera des observations complémentaires pour mesurer la distance des galaxies. Enfin, un troisième instrument, indépendant des deux caméras d'imagerie, obtiendra les spectres de plus de 100 millions de galaxies, destinés à mesurer la relation entre la distance et le décalage spectral de ces objets.

La mission Euclid

La principale difficulté des observations de type « cisaillement gravitationnel faible » provient des erreurs de mesures systématiques. D'où la nécessité d'optimiser la conception des instruments, du télescope et du satellite, de façon à ce que les erreurs instrumentales s'avèrent plus faibles que les erreurs statistiques. Pour cette raison, le satellite Euclid sera placé en orbite autour du **point de Lagrange L2**, situé à 1,5 million de kilomètres de la Terre, dans la direction opposée au **Soleil**, où l'environnement thermique du satellite restera très stable. Les chercheurs espèrent que les instruments d'Euclid, prévus pour cinq à six années d'observation, donneront

une qualité d'image très stable, autant spatialement dans tout le champ de vue du télescope que temporellement, pour que la qualité des données soit homogène. Quant à la conception de la charge utile, elle tient compte de la dégradation des performances des détecteurs du fait des **radiations** dans l'espace. Aujourd'hui, l'Irfu dirige un consortium de laboratoires, composé d'une demi-douzaine de pays européens et d'un laboratoire américain, pour étudier l'instrument d'imagerie en charge des mesures de « cisaillement gravitationnel faible ». L'enveloppe financière actuellement impartie à cette mission spatiale s'élève à 450 millions d'euros apportés par l'ESA, un budget complété par la contribution des différentes agences spatiales nationales. Quatre autres missions demeurent à l'étude, dont deux seront sélectionnées début 2010. Il faudra attendre 2011 pour connaître le projet finaliste et 2017 pour son lancement.

> Olivier Boulade et Alexandre Refregier

Service d'astrophysique (SAp)
 Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu)
 Unité mixte de recherche astrophysique interactions multi-échelles
 (CEA-Université de Paris 7-CNRS).
 Direction des sciences de la matière (DSM)
 CEA Centre de Saclay (Orme des Merisiers)