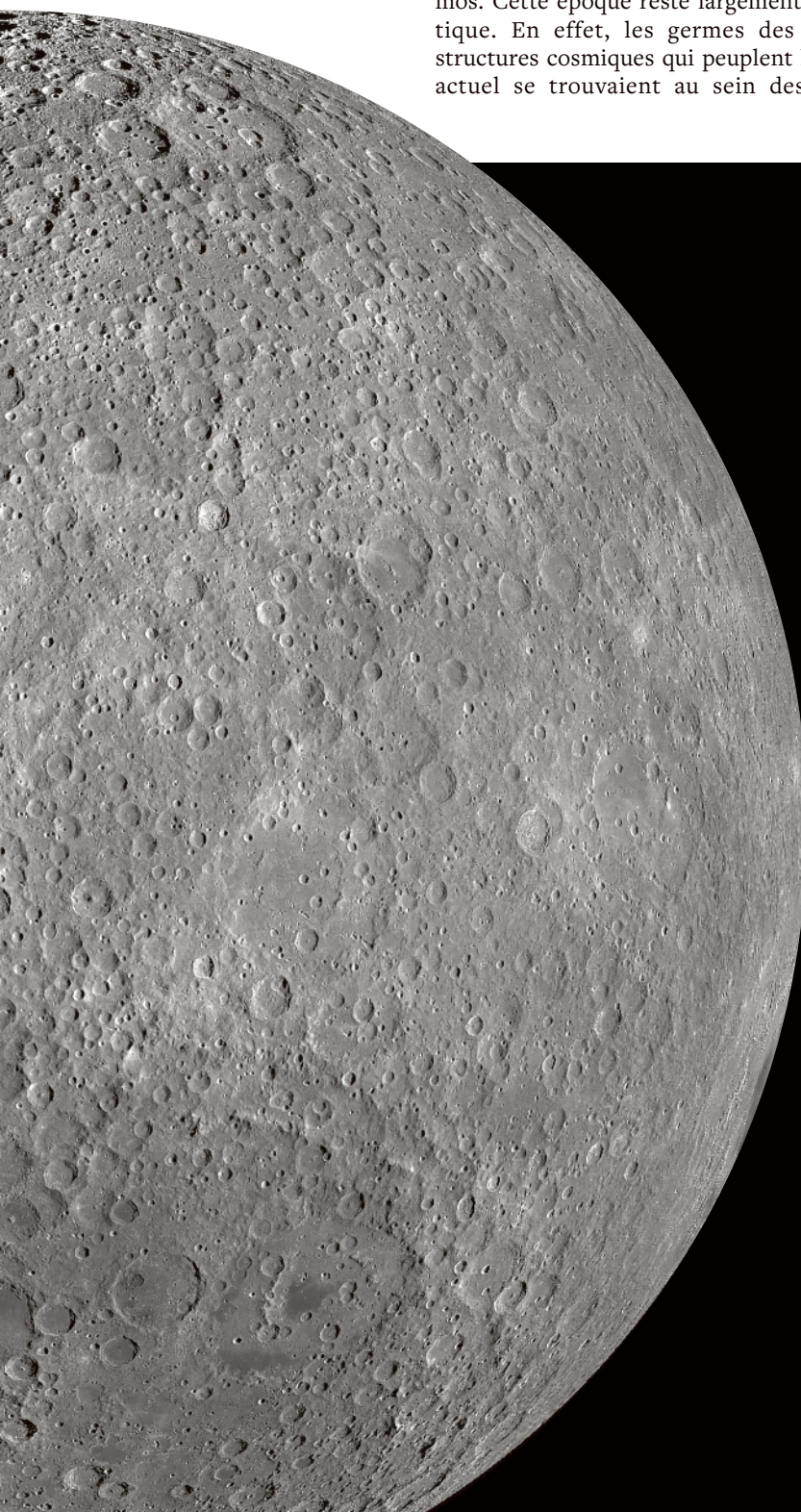


La Lune tourne sur elle-même de façon synchrone avec la Terre, et nous présente toujours la même face. Sa face cachée, visualisée ici, a un relief plus irrégulier que celui de la face visible.



photons piégés dans le plasma ont pu s'échapper, ce qui a produit un flash intense de rayonnement dont le « fond diffus cosmologique » observé aujourd'hui constitue le vestige. Après ce flash, le cosmos est devenu obscur: c'était le début des « âges sombres » de l'Univers.

DE GIGANTESQUES NUAGES FROIDS D'HYDROGÈNE

On nomme ainsi les centaines de millions d'années durant lesquelles seuls de gigantesques nuages d'hydrogène froid, donc n'émettant pas de lumière, emplissaient le cosmos. Cette époque reste largement énigmatique. En effet, les germes des grandes structures cosmiques qui peuplent l'Univers actuel se trouvaient au sein des nuages

d'hydrogène des âges sombres, nuages qui, plongés dans l'obscurité, sont restés jusqu'à aujourd'hui impossibles à sonder dans le spectre du rayonnement visible.

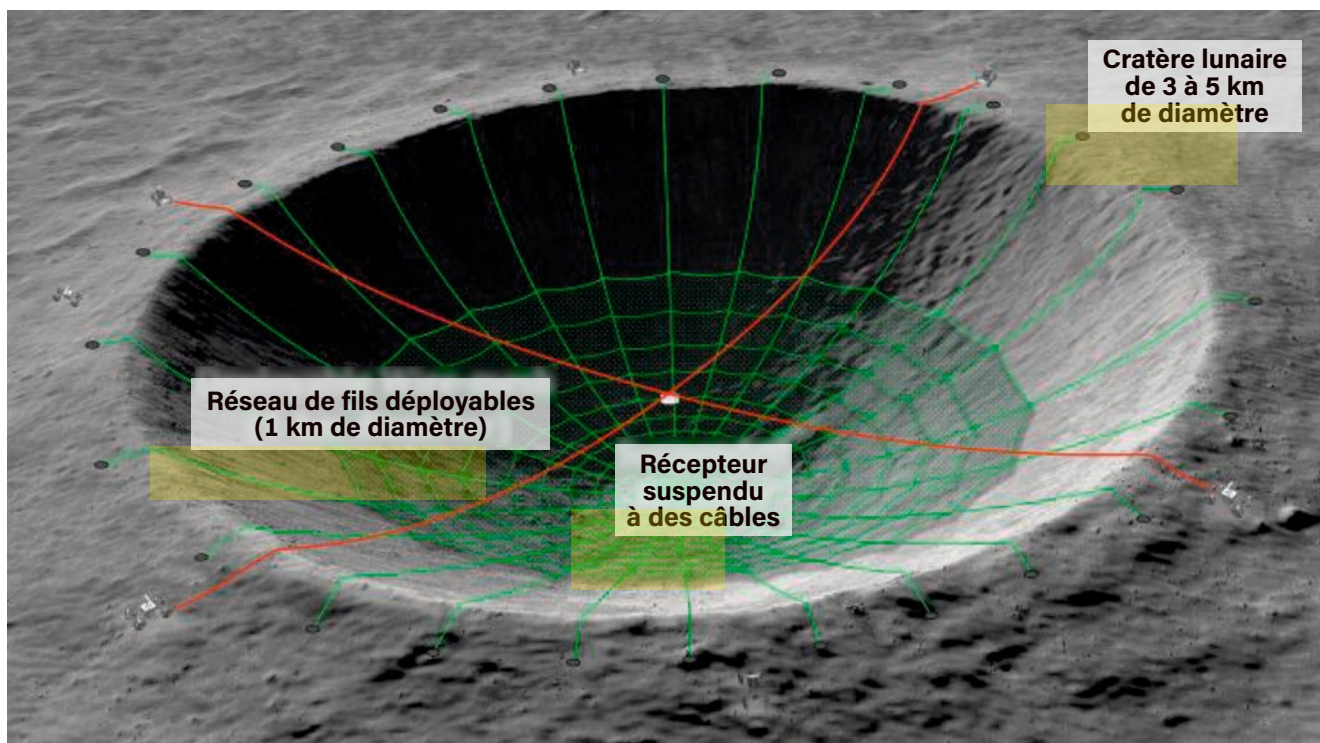
Cependant, les nuages froids d'hydrogène atomique ne sont pas indétectables. Comme on le verra plus loin, ils émettent un rayonnement dans le domaine radio, à une longueur d'onde de 21 centimètres, ou une fréquence de 1420 mégahertz. Cependant, en raison de l'expansion de l'Univers, la longueur d'onde observée est décalée « vers le rouge », c'est-à-dire augmentée, et cela d'autant plus que le nuage d'hydrogène est lointain dans l'espace, donc dans le temps.

Ainsi, la longueur d'onde initiale de 21 centimètres est multipliée par un facteur compris entre 100 et 1000 pour de l'hydrogène froid des âges sombres. En d'autres termes, les signaux issus de cette période devront être détectés avec des radiotélescopes opérant dans le domaine des longueurs d'onde comprises entre 20 et 200 mètres (ou des fréquences comprises entre 1,4 et 14 mégahertz). Or cela n'est pas possible depuis la Terre, car l'ionosphère gêne trop la propagation de ces ondes, sans compter les perturbations dues aux émissions radio des activités humaines.

C'est pourquoi les astronomes rêvent depuis longtemps d'étudier les âges sombres du cosmos depuis la face cachée de la Lune. Leurs instruments s'y trouveraient à l'abri des émissions terrestres et l'atmosphère presque inexistante de notre satellite naturel ne gênerait pas les observations. « Il faudra faire des observations astronomiques avec des antennes radio décamétriques ou hectométriques depuis un site le mieux abrité des interférences terrestres: la face cachée de la Lune », explique ainsi Bernard Foing, astrophysicien à l'Agence spatiale européenne et directeur du Groupe de travail international sur l'exploration lunaire (International lunar exploration working group ou ILEWG), un forum public parrainé par les agences spatiales du monde entier visant à soutenir la coopération internationale en vue de l'exploration et de l'utilisation de la Lune.

ÉTUDIER LA RAIE D'ÉMISSION À 21 CENTIMÈTRES DE L'HYDROGÈNE

L'idée que des radiotélescopes puissent détecter la présence d'hydrogène neutre dans l'espace remonte aux années 1940, lorsque le futur astronome néerlandais Hendrik Christoffel van de Hulst (il était alors encore étudiant) a prédit l'existence de la « raie d'émission » à 21 centimètres de longueur d'onde. À basse température, un atome d'hydrogène peut en effet, avec une faible probabilité, absorber et réémettre spontanément un



photon correspondant à une onde de fréquence 1420 mégahertz (21 centimètres de longueur d'onde). Le phénomène se produit lorsque l'atome passe de son état fondamental (l'état de plus basse énergie) à un certain état excité dit « hyperfin », où le spin (moment cinétique intrinsèque) de l'électron est orienté dans le même sens que le spin du proton, alors qu'il a l'orientation opposée dans l'état fondamental.

La raie d'émission à 21 centimètres est le signal dû aux émissions d'un grand nombre d'atomes d'hydrogène. Ce signal est détectable pour de grands nuages d'hydrogène, d'échelle astronomique.

Un tel signal est censé être apparu quelque 380 000 ans après le Big Bang avec la formation des atomes d'hydrogène. En plus de fournir la matière première à partir de laquelle se sont formés les autres atomes, et donc toutes les formes de matière, la recombinaison entre électrons et protons a rendu l'Univers transparent, comme on l'a déjà évoqué. Libéré, le rayonnement fossile produit par le Big Bang put dès lors traverser le cosmos et former le fond diffus cosmologique détecté aujourd'hui. Après cet événement, l'hydrogène neutre s'est répandu dans l'Univers sombre pendant les premières centaines de millions d'années, jusqu'à ce que se produise l'aube cosmique, c'est-à-dire l'apparition des premières étoiles et galaxies – et de la lumière émise par ces objets.

« Un aspect très intéressant de l'hydrogène neutre primordial est qu'il ne donne pas

seulement une image instantanée de l'Univers comme le fait le fond diffus cosmologique », explique Kristian Zarb Adami, de l'université d'Oxford. En étudiant avec des radiotélescopes les fluctuations de la raie à 21 centimètres au cours du temps cosmique, on peut retracer l'évolution de l'Univers primitif, lorsqu'il est passé des âges sombres à l'aube cosmique et même au-delà. Après l'aube cosmique est venue l'époque de la réionisation, pendant laquelle le rayonnement des premières étoiles massives et d'autres phénomènes

Le LCRT (*Lunar Crater Radio Telescope*) est une proposition du Niac (Nasa Institute for Advanced Concepts) visant à assembler, à l'intérieur d'un cratère de la face cachée de la Lune, un radiotélescope opérant à très grande longueur d'onde (de l'ordre de 10 mètres). Si ce projet devait un jour être mené à bien, ce radiotélescope serait le plus grand jamais construit.



La Lune est un terrain de jeu où l'on peut tester les théories cosmologiques

astrophysiques violents ont suffisamment chauffé l'hydrogène neutre restant pour l'ioniser et le retransformer en plasma. C'est à cette époque que les signaux correspondant à la raie à 21 centimètres se sont éteints.