

L'UNIVERS EN ABSORPTION

LES SYSTÈMES D'ABSORPTION DANS LE SPECTRE DES QUASARS

Une des techniques les plus efficaces pour étudier l'Univers lointain, exploitée à l'IAP, consiste à étudier les raies d'absorption dans les spectres de quasars lointains. En effet, les quasars sont des objets extrêmement brillants que l'on arrive à détecter à des distances cosmologiques. Toute matière baryonique située entre le quasar et l'observateur produit des raies d'absorption dans le spectre du quasar. Il est alors possible d'étudier les caractéristiques du gaz traversé, comme sa composition chimique, sa température ou sa densité, et de découvrir ainsi des galaxies qui seraient bien trop faibles pour être détectées en émission. Il s'agit de plus de l'unique manière de mettre en évidence le gaz intergalactique très ténu, qui n'émet qu'une faible lumière.

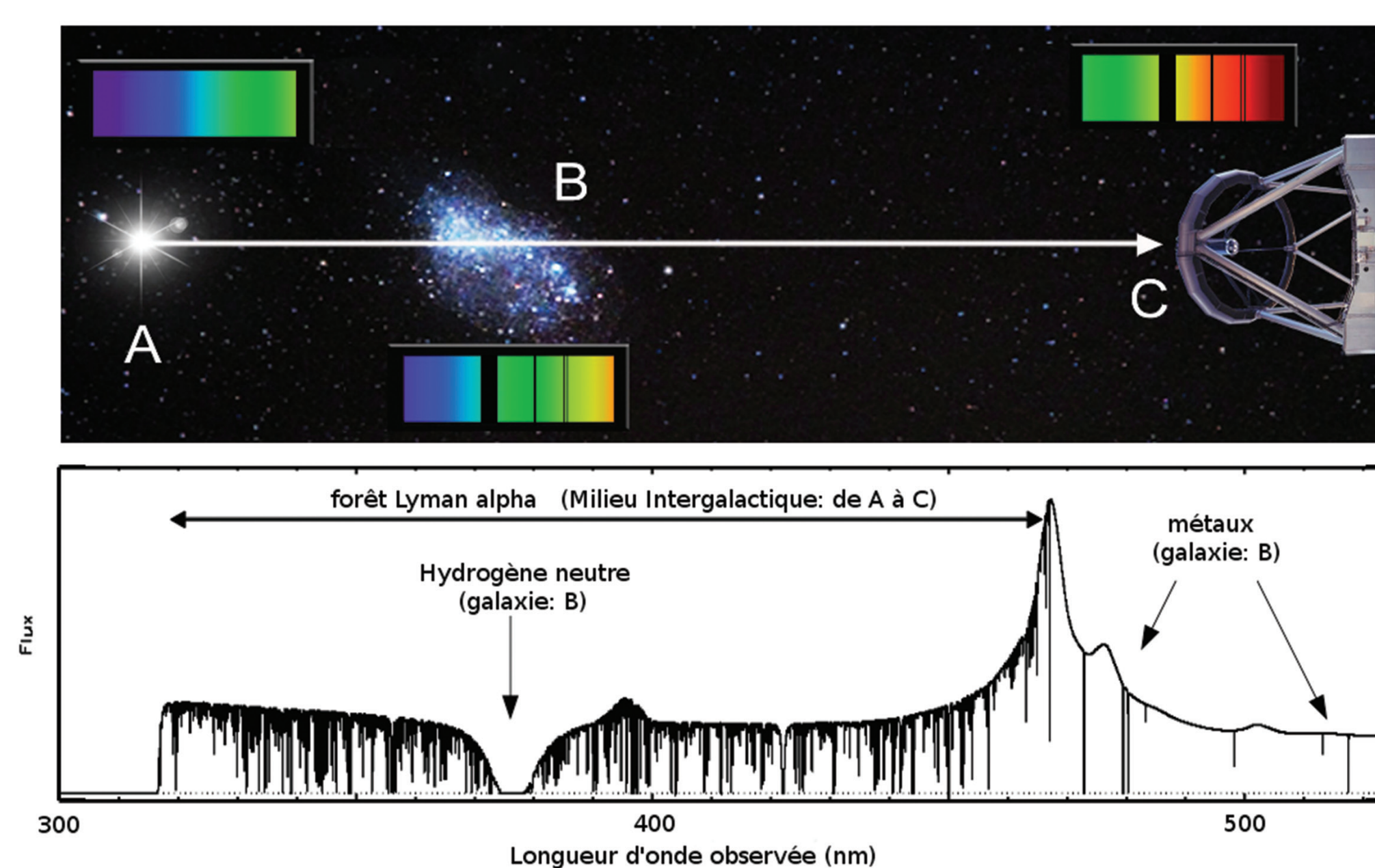


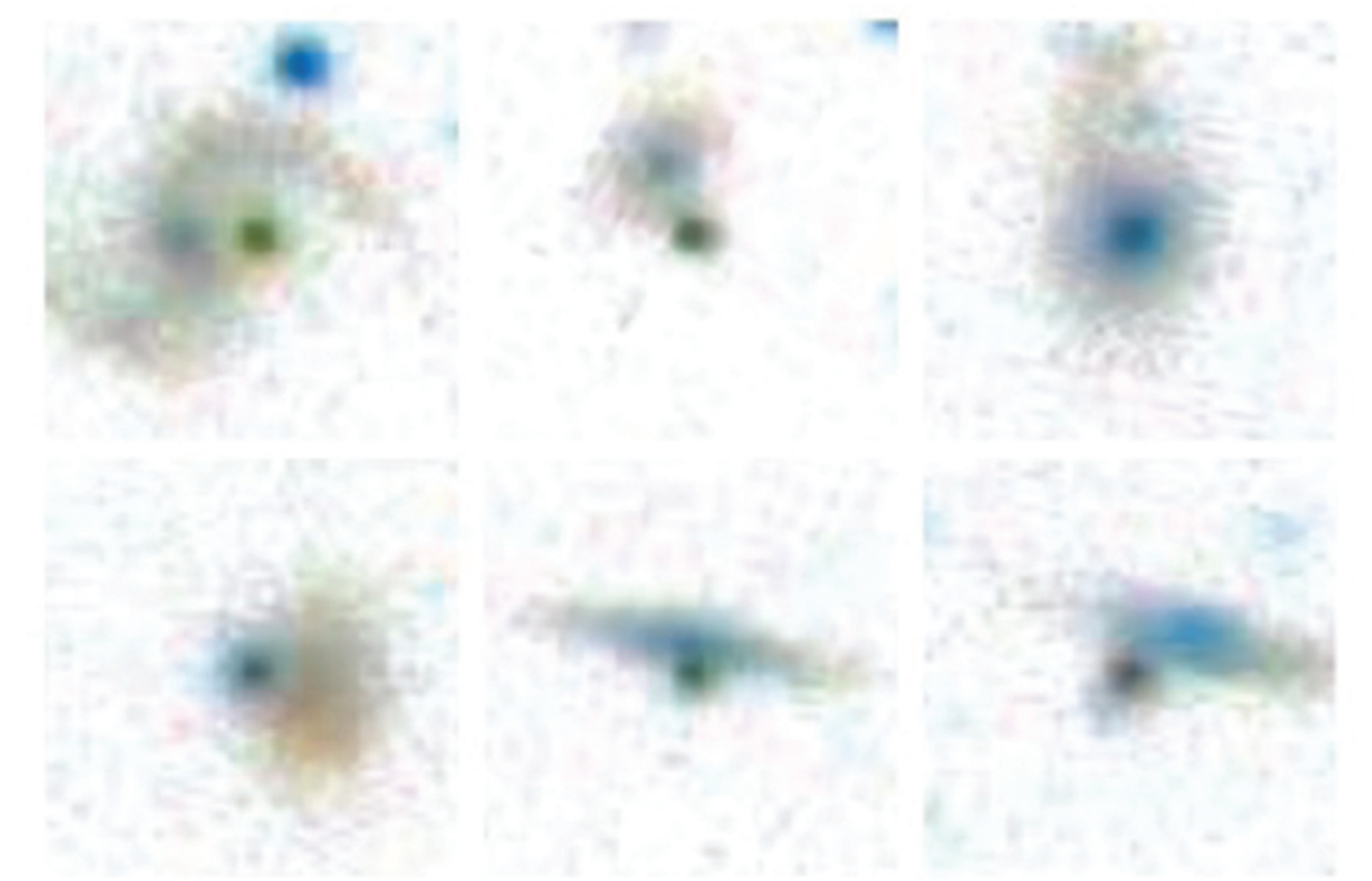
Illustration de l'utilisation des quasars pour sonder l'Univers lointain. La lumière provenant d'un quasar lointain (A) passe au travers du milieu interstellaire d'une galaxie (B) qui produit des raies d'absorption (hydrogène neutre et métaux principalement) dans le spectre du quasar, observé décalé vers le rouge plusieurs milliards d'années plus tard au télescope (C). De même, le gaz intergalactique, bien qu'extrêmement ténu, produit toute une série d'absorption que l'on appelle forêt Lyman-alpha. Le quasar le plus lointain connu actuellement est à un décalage spectral de 7. Nous le voyons tel qu'il était, il y a 13 milliards d'années.

ABSORBANTS ET GALAXIES

L'origine cosmologique des absorptions observées dans le spectre des quasars et le fait qu'elles révèlent du gaz (soit le milieu intergalactique, soit du gaz associé aux galaxies) se trouvant entre le quasar et l'observateur, n'a pas été admise facilement. D'une part, certains observateurs n'admettaient pas que le grand décalage spectral des quasars était dû à leur éloignement, représentant des distances considérables. D'autre part, beaucoup pensaient que si les absorbants étaient dus à du gaz, ce gaz devait être associé au quasar lui-même.

La seule façon irréfutable de démontrer que les absorbants étaient des objets indépendants du quasar, se trouvant interposés sur la ligne de visée, étaient de détecter directement l'objet dont fait partie le gaz. Ceci a été fait pour la première fois en 1986 par Jacqueline Bergeron de l'IAP, qui a pu mesurer le décalage spectral d'une galaxie se trouvant dans le champ d'un quasar et montrer que la galaxie avait exactement le même décalage qu'un absorbant MgII détecté dans le spectre du quasar.

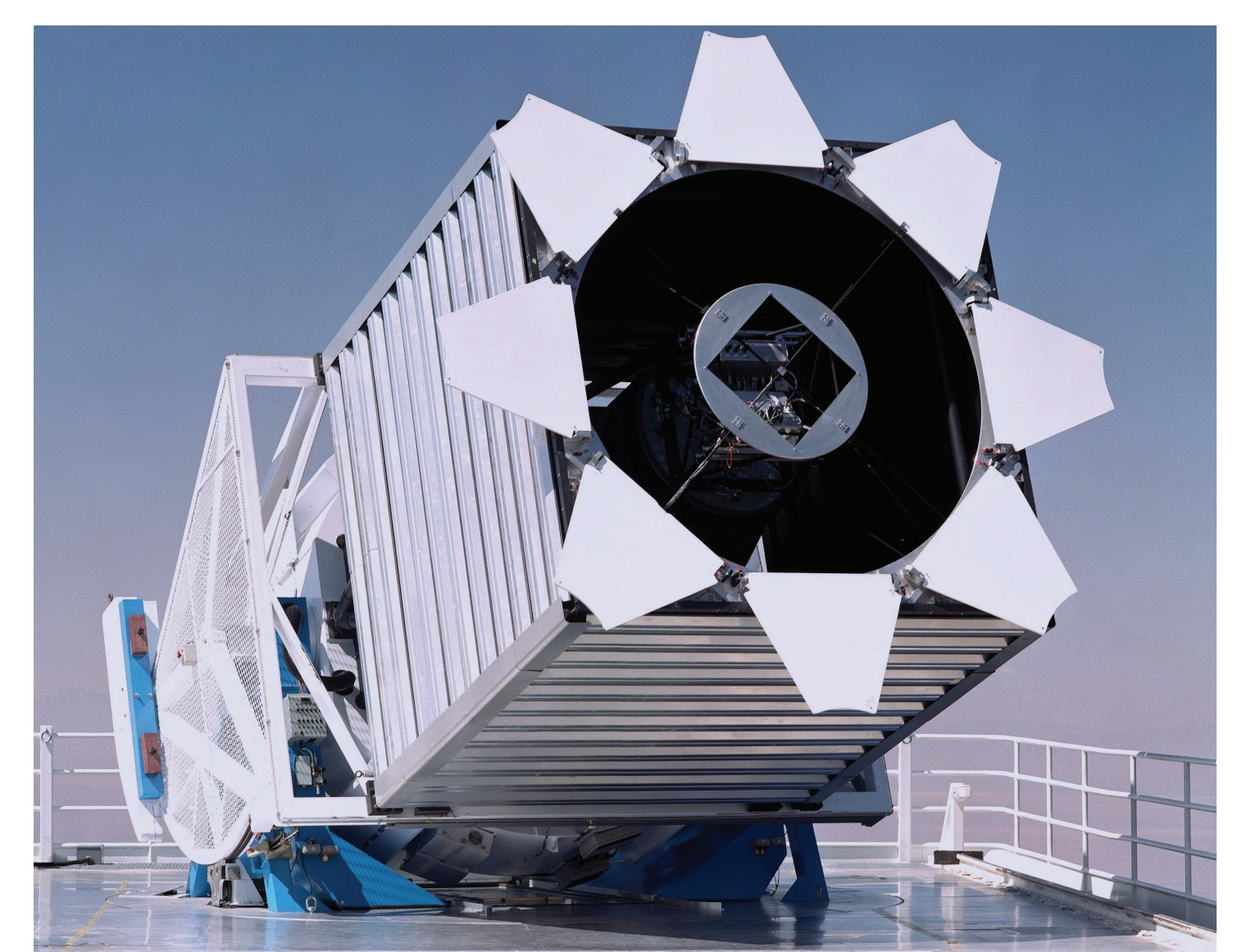
Les chercheurs de l'IAP étudient maintenant les associations entre galaxies et absorbants de manière systématique et parviennent même à détecter à la fois les absorbants et les galaxies associés à des distances de l'ordre de la dizaine de milliards d'années-lumière.



Paires quasar-galaxies. Sur chacune des six images, le quasar d'arrière plan apparaît comme une source ponctuelle au centre. Les différentes galaxies vues en avant plan produisent des raies d'absorption dans le spectre.

LE MILIEU INTERGALACTIQUE

Une des problématiques actuelles de la cosmologie est de caractériser l'énergie sombre qui remplit l'espace. Cette énergie est à l'origine de la phase d'expansion accélérée dans laquelle se trouve l'Univers actuellement. De nombreuses techniques sont utilisées pour la détermination de l'évolution des oscillations baryoniques qui sont les premières structures à grandes échelles (125 Mpc) de l'Univers et que l'on peut suivre tout au long de son histoire. Mais pour mesurer l'échelle de ces oscillations qui ont pris naissance dans le magma chaud post Big-Bang, on doit localiser des millions de galaxies pour étudier la façon dont elles se regroupent. Une des particularités unique du relevé BOSS (pour Baryonic Oscillation Sky Survey) du Sloan Digital Sky Survey (SDSS) est de faire cette mesure dans le milieu intergalactique grâce à l'observation de centaines de milliers de quasars. Au sein de cette collaboration, l'IAP est chargé de la vérification des données et de la production du catalogue de quasars.

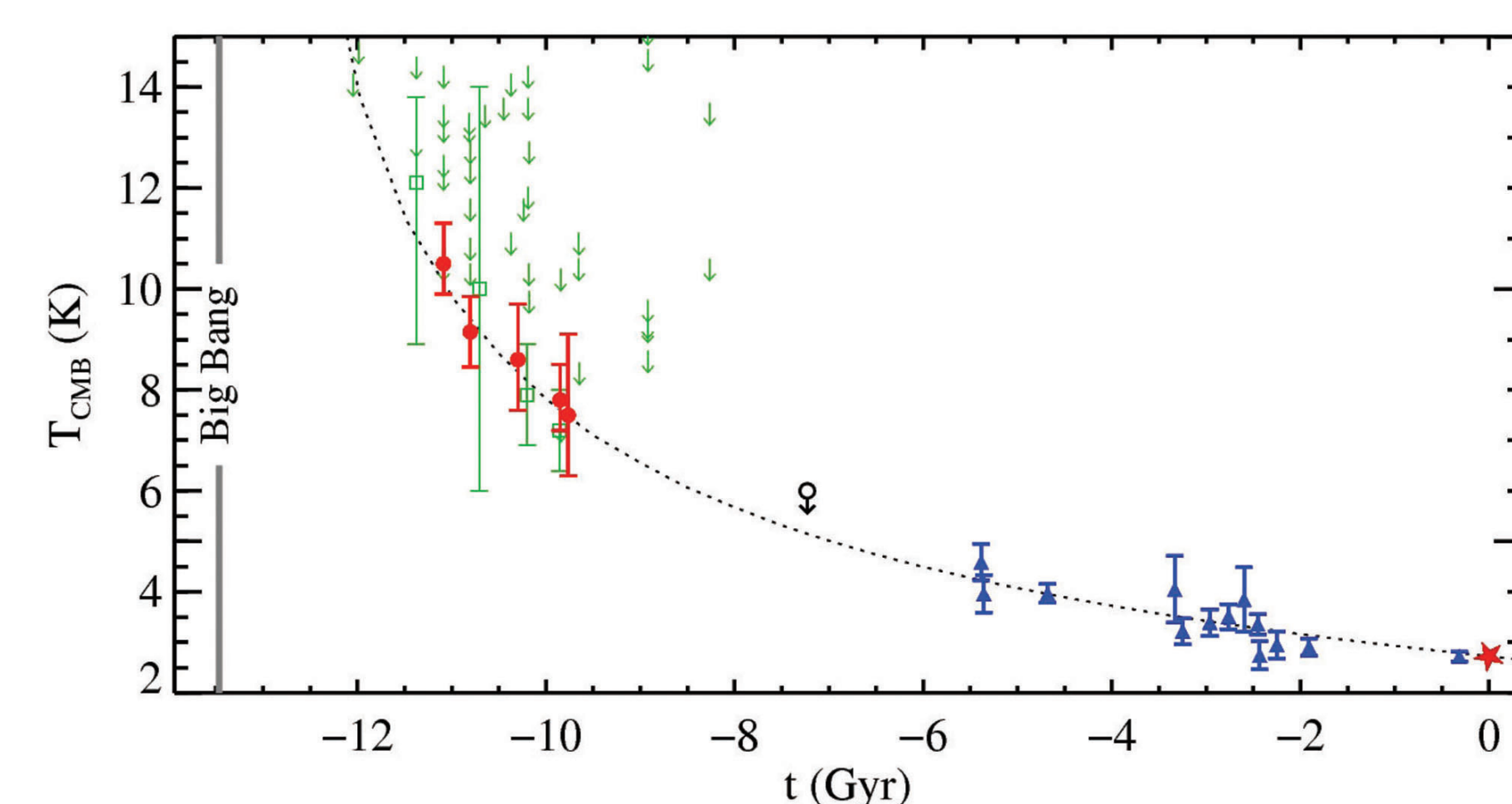


Le télescope de 2,4m de l'observatoire américain Apache Point au Nouveau Mexique est dédié au relevé SDSS-III. Il possède un spectrographe grand champ multi-objet d'une efficacité exceptionnelle puisque 1000 objets peuvent être observés en même temps. L'IAP est impliqué dans l'étude des centaines de milliers de quasars.

COSMOLOGIE ET PHYSIQUE FONDAMENTALE

Selon la théorie du Big-Bang, l'état initial de l'Univers est dense et chaud. La théorie prévoit que 400 000 ans environ après le Big-Bang, lorsque la température de l'Univers était de 3000 degrés K [kelvins], la matière et le rayonnement se sont découplés. Depuis, la température de l'Univers décroît régulièrement avec le temps du fait de son expansion. La température actuelle est de 2,725 K.

Certaines espèces chimiques, comme le carbone, possèdent des niveaux de structure fine dont l'excitation dépend de la température du rayonnement ambiant et peuvent donc être utilisées pour contraindre la température du rayonnement fossile à différentes époques de l'évolution de l'Univers. Plus récemment, l'équipe de l'IAP a utilisé un spectromètre à haute résolution sur le Very Large Telescope pour étudier la rotation de molécules de monoxyde de carbone CO détectées dans des galaxies lointaines. Ces molécules agissent comme des thermomètres du rayonnement ambiant, ce qui permet d'obtenir des mesures simples, directes et précises de la température de l'Univers, il y a plus de 10 milliards d'années. Ces mesures sont en parfait accord avec la théorie standard du Big-Bang. Le défi observationnel réside surtout dans le fait que la détection de CO devant un quasar est extrêmement rare (1/100000). Il s'agit véritablement de chercher une aiguille dans une botte de foin, et pourtant, on les trouve!



Température du fond diffus cosmologique en fonction du temps. La température de l'Univers aujourd'hui (à t=0) est indiquée par une étoile rouge. Les triangles bleus correspondent à des mesures utilisant Jeffrey Surajev-Zeldovich dans des amas, les limites et points verts correspondent à des mesures basées sur CO tandis que nos récentes mesures utilisant des molécules de CO sont représentées en rouge. La ligne pointillée indique la relation prédite par la théorie.