

Paris, le 9 octobre 2002

**Communiqué de presse (Embargo : 10 octobre, 15h)**

## **Archeops améliore notre compréhension de la naissance de l'Univers**

---

Une équipe internationale de chercheurs participant à l'expérience Archeops vient d'obtenir les mesures les plus précises jamais obtenues sur une grande gamme d'échelles angulaires du rayonnement fossile émis par l'Univers, peu de temps après le Big Bang. Cette équipe, à forte contribution française du CNRS<sup>1</sup> et du CEA<sup>2</sup>, est dirigée par Alain Benoît, du Centre de recherche sur les très basses températures (CRTBT, CNRS). Les résultats ont été obtenus à partir des mesures prises lors d'un vol assuré le 7 février 2002 par le CNES\*, depuis la base de Kiruna (Suède). Ils confirment que l'Univers est spatialement plat et apportent des précisions sur le contenu de l'Univers en matière ordinaire, en parfait accord avec la théorie du *Big Bang*.

La mesure du rayonnement fossile est essentielle pour obtenir des informations précises sur l'évolution de l'Univers : densité, taux d'expansion, âge, etc. Elle est réalisée au moyen d'un télescope doté de détecteurs très sensibles permettant des mesures à des températures proches du zéro absolu (0,1 kelvin)<sup>3</sup>. Ce télescope est suspendu sous un ballon stratosphérique permettant de s'affranchir en grande partie du rayonnement parasite de l'atmosphère. L'expérience Archeops est conçue comme un prototype de l'instrument à haute fréquence qui sera installé à bord du futur satellite Planck de l'Agence spatiale européenne, dont le lancement est prévu en 2007.

### **Le rayonnement fossile**

Le rayonnement fossile a été émis environ 300 000 ans après le *Big Bang*. A cette époque, l'Univers était constitué d'un gaz chaud (environ 3 000 kelvins) et homogène. La lumière émise par ce gaz (à une température proche de celle de la surface du Soleil) était donc une lumière visible avec une longueur d'onde de l'ordre du micron. Par suite de l'expansion de l'Univers, cette lumière a vu sa longueur d'onde augmenter jusqu'à être aujourd'hui proche du millimètre. Le fond du ciel apparaît donc comme le rayonnement d'ondes radio d'un corps noir à une température voisine de 3 kelvins.

### **Les résultats d'Archeops dans le contexte international**

Les premières observations de ce rayonnement ont été effectuées par des techniques radio et à une longueur d'onde voisine du centimètre par Penzias et Wilson en 1965, ce qui leur a

---

<sup>1</sup> Département des sciences physiques et mathématiques, Institut national des sciences de l'Univers, Institut national de physique nucléaire et de physique des particules.

<sup>2</sup> DAPNIA

<sup>3</sup> 0 Kelvin = -273,15°C

valu de recevoir le prix Nobel en 1978. Le satellite Cobe (1992) a montré que, si ce rayonnement était très isotrope, il existait des variations relatives d'intensité de quelques millièmes de l'intensité moyenne sur des échelles de quelques degrés. Depuis, les expériences américano-européennes BOOMERanG (2000) et Maxima (2000) et américaine Dasi (2001) ont confirmé ces mesures sur des échelles angulaires de quelques dizaines de minutes d'arc, ce qui leur a permis d'établir l'un des résultats les plus marquants de la cosmologie du vingtième siècle.

Grâce aux résultats présentés aujourd'hui, Archeops permet, avec une précision inégalée de confirmer que l'Univers est spatialement plat à très grande échelle. Ce résultat implique que la densité de matière-énergie contenue dans l'Univers est extrêmement proche de la valeur critique séparant un univers « ouvert » (spatialement infini) d'un univers « fermé ». Une partie seulement (environ 5 %) de cette densité est due à la matière ordinaire, ou matière baryonique, 25 % étant associé à d'autres formes exotiques de matière dont la nature est encore inconnue ; une des conséquences de ces mesures est de confirmer l'accélération de l'expansion de l'Univers qui avait été mise en évidence par les observations utilisant les supernovae de type I-a comme indicateurs de distance.

### **L'instrument Archeops**

Archeops est né des réflexions qui ont eu lieu lors de la définition de l'instrument haute fréquence du satellite Planck de l'Agence spatiale européenne (ESA). Il est conçu pour cartographier une grande portion du ciel, ce qui lui donne une sensibilité sans précédent aux grandes échelles angulaires. Pour cela, le télescope (un miroir de 1,5 m de diamètre) est pointé vers le haut à 49° de la verticale, et l'ensemble, suspendu sous un ballon. Une stratégie de cartographie originale a permis d'observer 30 % de la voûte céleste en seulement 12 h d'observations. L'unique inconvénient de cette technique est la nécessité de voler par une longue nuit sans lune afin d'éviter le rayonnement du Soleil et de la Lune. C'est pourquoi Archeops a volé durant la nuit polaire à Kiruna au nord du cercle arctique. Le vol, d'une durée totale de 19 h, a permis de collecter des mesures pendant 12 h à une altitude de 33 km, correspondant à la couverture de 30 % du ciel. Dans le domaine de longueurs d'onde de 400 microns à 2 mm, les détecteurs les plus sensibles sont les bolomètres : on mesure l'élévation de température d'un cristal refroidi à une température d'un dixième de degré au-dessus du zéro absolu (0,1 kelvin). Un système de refroidissement très sophistiqué a été développé en vue d'applications spatiales au Centre de recherches sur les très basses températures (CRTBT-CNRS), de Grenoble. Ce système, prévu pour le refroidissement des détecteurs du satellite Planck de l'ESA, a été testé pour la première fois et avec succès lors des vols du ballon Archeops.

### **Un précurseur du satellite Planck**

L'expérience Archeops a permis de tester pour la première fois et avec succès un certain nombre d'éléments à la pointe de la technologie qui seront utilisés sur le satellite Planck. Les résultats d'Archeops ont été obtenus avec deux détecteurs ayant fonctionné pendant 12 h. Par comparaison, Planck prendra des données sur le ciel pendant un an avec 94 détecteurs, ce qui lui permettra d'obtenir une précision plus de 100 fois meilleure que celle d'Archeops.

### **Une collaboration internationale**

L'expérience Archeops est en France le fruit de la collaboration de nombreux laboratoires de recherches ; elle a bénéficié du soutien du programme national de cosmologie, du CNES et de la région Rhône-Alpes. Cette collaboration internationale réunit des chercheurs venant de laboratoires français, italiens, britanniques et américains. Le système de refroidissement a été développé au CRTBT de Grenoble ; l'optique froide a été fabriquée à l'université de Cardiff ; le capteur stellaire a été construit à l'université de Rome, La Sapienza ; les

bolomètres ont été fournis par le laboratoire NASA/JPL en collaboration avec Caltech ; le télescope a été développé à l'université du Minnesota ; l'intégration et l'étalonnage de l'instrument d'un côté, les campagnes de lancement et l'analyse des données de l'autre, ont été assurés par l'ensemble des laboratoires français provenant des trois communautés : physique du solide, astrophysique et physique des particules.

Un complément d'information (illustrations et commentaires) est disponible sur la page web de l'expérience Archeops :

**[www.archeops.org](http://www.archeops.org)**

**Contacts chercheurs :**

- *SPM : Alain Benoît, directeur de recherche au CNRS et coordinateur de l'expérience, Centre de recherche sur les très basses températures (CNRS-Grenoble).  
Mél : [benoit@grenoble.cnrs.fr](mailto:benoit@grenoble.cnrs.fr)*
- *IN2P3 : Yannick Giraud-Héraud, directeur de recherche au CNRS, Laboratoire de physique corpusculaire et cosmologie ( Collège de France, Université Paris7, CNRS – Paris)  
Mél : [giraud-heraud@cdf.in2p3.fr](mailto:giraud-heraud@cdf.in2p3.fr)*
- *INSU : François-Xavier Désert, Laboratoire d'astrophysique de l'Observatoire des sciences de l'univers de Grenoble (CNRS, Université Grenoble 1)  
Mél : [Francois-Xavier.Desert@labs.polycnrs-gre.fr](mailto:Francois-Xavier.Desert@labs.polycnrs-gre.fr)*
- *CEA/Dapnia : Dominique Yvon, ingénieur au CEA, Dapnia/SPP  
Mél : [yvon@hep.saclay.cea.fr](mailto:yvon@hep.saclay.cea.fr)*

**Contacts presse :**

- *CNRS : Martine Hasler. Tél : 01 44 96 46 35 – Mél : [martine.hasler@cnrs-dir.fr](mailto:martine.hasler@cnrs-dir.fr)*
- *CNES : Sandra Laly. Tél : 01 44 76 77 32 - 06 08 48 39 31*
- *CEA : Anne Guichard. Tél : 01 40 56 21 56 – Mél : [anne.guichard@cea.fr](mailto:anne.guichard@cea.fr)*

Liste des laboratoires participant à Archeops : Centre de recherches sur les très basses températures de Grenoble (CNRS) ; Centre d'étude spatiale des rayonnements de Toulouse (CNRS-université Joseph Fourier) ; Département d'astrophysique, de physique des particules, de physique nucléaire et de l'instrumentation associé du CEA (CEA-Dapnia) ; Institut d'astrophysique de Paris (CNRS-université Paris VI) ; Institut d'astrophysique spatiale d'Orsay (CNRS-université Paris 11) ; Institut des sciences nucléaires de Grenoble (CNRS-université Joseph Fourier) ; Laboratoire de l'accélérateur linéaire d'Orsay (CNRS-université Paris 11) ; Laboratoire d'astrophysique de l'observatoire de Grenoble (CNRS-université Joseph Fourier) ; Laboratoire d'astrophysique de Toulouse (CNRS-université Paul Sabatier) ; Laboratoire de physique corpusculaire et cosmologique du Collège de France de Paris (CNRS-Collège de France-université Paris 7) ; Université de Rome 1, La Sapienza ; Université de Florence ; Université de Cardiff, JPL/Caltech de Pasadena ; Université du Minnesota.

Le programme ballons du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)

*Le CNES met en œuvre un service de lancement de ballons à la disposition des scientifiques ou d'autres utilisateurs. Les ballons constituent un moyen relativement peu coûteux de mener des expérimentations spatiales scientifiques ou des démonstrations technologiques.*

*Ils sont capables d'évoluer jusqu'à 45 000 mètres d'altitude, pour des durées de quelques heures à plusieurs mois. Le ballon stratosphérique est aujourd'hui le seul vecteur capable d'explorer toutes les couches de la stratosphère et d'y rester un temps suffisant pour pratiquer différents types de mesures.*

*Les domaines d'utilisation scientifique sont l'astronomie, l'étude des plasmas spatiaux, la physique du globe et surtout l'étude de l'atmosphère. Plusieurs types de ballons sont disponibles dont les Montgolfières InfraRouge (MIR) et les Ballons Stratosphériques Ouverts (BSO).*