
L'astronomie dans le monde

La fin du Monde?

On parle de plus en plus des astéroïdes qui frôlent la Terre. La raison en est que les moyens actuels permettent de les découvrir et de les observer plus efficacement qu'auparavant. C'est ainsi que l'on a assisté en ce mois de décembre au passage très médiatisé de l'astéroïde Toutatis à quelques millions de kilomètres de nous, soit une dizaine de fois la distance de la Lune. Sa distance périhélique est plus petite de dix pour cent que celle de la Terre et il croise l'orbite de la Terre tous les 3,97 ans. C'est tellement proche de quatre ans que les passages actuels sont tous assez serrés. En fait, le minimum sera atteint en 2004, lorsque Toutatis ne sera qu'à quatre fois la distance de la Lune. Certains se sont cependant émus du risque de collision catastrophique, et envisagent de mettre en place un bouclier actif de protection. Les astres dangereux seraient traqués systématiquement, et ils pourraient être déviés s'il s'avérait qu'une rencontre prochaine avec la Terre était inévitable. Ce scénario rentabilise la technologie de la « guerre des étoiles » et, les ogives nucléaires étant pointées sur Adonis plutôt que Moscou ou New

York, les risques pour notre planète sont assez limités. Mais les astéroïdes et autres débris cosmiques présentent-ils un danger réel?

Par ailleurs, la presse vient d'annoncer la possibilité d'une collision entre la comète Swift-Tuttle (actuellement de retour) et notre planète, lors de son prochain passage en août 2126. On a même cité une probabilité d'un dix-millième. Cela voudrait dire que l'on est certain que la comète passerait plus près de

nous que la Lune. L'orbite de la comète n'est pas suffisamment connue pour que l'on puisse donner une probabilité aussi forte. Souvenons-nous que la vitesse de la Terre sur son orbite est de 100.000 kilomètres par heure. Il faudrait donc connaître la position exacte de la comète à quelques minutes près pour avoir la certitude d'une collision. Or on ne la connaît pas au jour près, loin s'en faut. Et il faudrait que son orbite coupe effectivement celle de notre planète, sinon elle passerait à côté. Notons d'autre part que les calculs prédisent le passage de la comète 15 jours trop tôt pour que la catastrophe ait lieu. Ces calculs viennent d'être raffinés, et ne laissent pas le moindre doute quant à l'absence de risque. La comète restera sagement à plus de vingt millions de kilomètres de nous. Ce sera un très beau spectacle, mais sans doute ne restera-t-il plus un seul endroit suffisamment sombre d'où l'admirer.

Et puis, l'histoire de la Terre nous renseigne sur la fréquence de ces catastrophes célestes. Elle est très faible. Comètes et astéroïdes sont de petits astres, généralement de quelques kilomètres de diamètre. Les traces les plus visibles des impacts sont des cratères semblables à ceux de la Lune. Une centaine de cratères ont ainsi été recensés à la surface de notre globe, avec des diamètres de 1 à 140 kilomètres, et des âges de 10.000 à 2 milliards d'années. On évalue la fréquence de ces phénomènes à un par million d'années dans le cas d'astéroïdes d'une taille supérieure à un kilomètre.

La violence de l'impact d'un corps de pareille taille est celle de l'explosion d'une bombe d'une centaine de mégatonnes, voire plus. Une collision avec la Terre pourrait engendrer une terrible catastrophe — version réduite de celle qui a éliminé les dinosaures et de nombreuses autres espèces vivantes il y a quelque 65 millions d'années (voir *Le Ciel*, mai 1991, page 162). Dans ce cas il s'agissait d'un astéroïde d'une dizaine de kilomètres, et l'on pense qu'un tel cataclysme peut avoir lieu en moyenne une fois par cent millions d'années.

La fréquence des collisions avec des corps plus petits est plus élevée, et cela d'autant plus que leur taille est faible. La comète qui a provoqué l'explosion sibérienne de 1908 ne mesurait que quelques dizaines de mètres. Elle

aurait pu avoir des effets désastreux si elle était tombée sur une grosse agglomération. La probabilité pour que cela arrive est très faible puisque ces agglomérations ne recouvrent qu'une toute petite partie de la surface de notre planète. Les météorites de quelques kilos atteignant le sol sont plus fréquentes. L'une d'elles a détruit voici quelques semaines la voiture d'une américaine. On connaît plusieurs cas de chutes sur des habitations, et l'on a recensé des animaux tués dans un pré, et quelques cas de blessures chez des personnes. Le risque est si faible qu'il serait probablement assuré pour le franc symbolique chez toute compagnie.

On le voit, les collisions ayant une probabilité non négligeable de se produire durant une période comparable à la vie humaine sont dues à de très petits astéroïdes — de grosses météorites —, et leur effet destructeur est très localisé. Il va sans dire que la détection de ces minuscules objets dans l'immensité du système solaire présente de sérieuses difficultés. La mise en place de nombreux télescopes coûterait cher. Et que penser de la construction et de l'entretien d'un arsenal qui servira peut-être dans 20 millions d'années? Il ne manque pas de risques naturels bien plus importants, et plus réels, qui mériteraient davantage l'attention des hommes.

Hubble se sert d'une lentille gravitationnelle pour expliquer l'univers

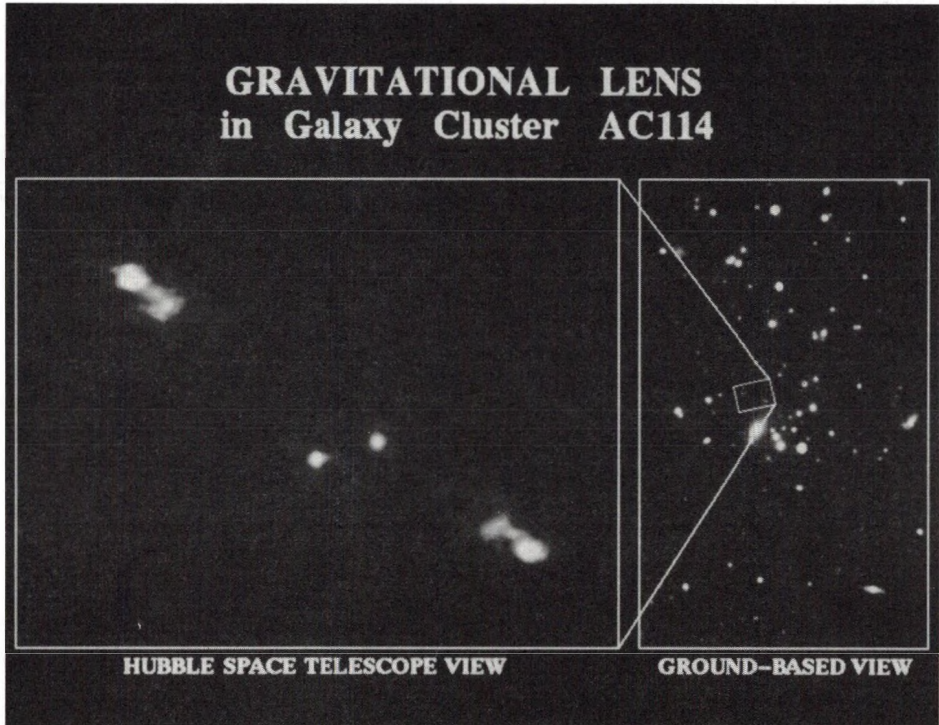
Note d'information ESA n° 21
du 12 octobre 1992

Le télescope spatial Hubble (HST) ESA/NASA a pris une image spectaculaire d'une galaxie très lointaine. Ces observations pourraient dévoiler les secrets du mystère de la matière obscure qui intrigue les astronomes depuis des décennies.

Cette image a été prise à travers un énorme amas de galaxies plus proche, situé néanmoins

à 4 milliards d'années-lumière. La pesanteur de cet amas produit l'effet d'une « loupe » naturelle, courbant, concentrant et focalisant la lumière de la galaxie lointaine en donnant plusieurs images dont chacune est plus grande et plus brillante que si celle-ci était observée directement.

Cette rare combinaison des puissants miroirs du télescope Hubble et de ce « téléobjectif » naturel fournit aux astronomes des informations neuves sur la nature des galaxies lointaines.



Effet de lentille gravitationnelle dans l'amas de galaxies AC114. L'image obtenue par Hubble, à gauche, montre avec beaucoup de détails le petit champ encadré dans l'image de droite obtenue du sol. Les deux sources les plus écartées sont deux images d'une même galaxie très lointaine. Les deux objets au centre du cliché de gauche sont, semble-t-il, des galaxies de l'amas AC114. (Cliché Richard Ellis, Durham University / NASA.)

L'étude de la façon dont la lentille courbe la lumière permet également aux chercheurs d'en déduire la quantité et l'emplacement de la mystérieuse « matière obscure » qui, pense-t-on constitue l'essentiel de la masse de l'amas.

Les astronomes estiment qu'au moins 90 pour cent de l'univers sont constitués de matière qui n'émet aucune radiation pouvant être détectée au moyen des instruments actuels. Même si la matière ne peut être observée directement, le phénomène de lentille gravitationnelle constitue un instrument puissant dans la recherche de la matière obscure.

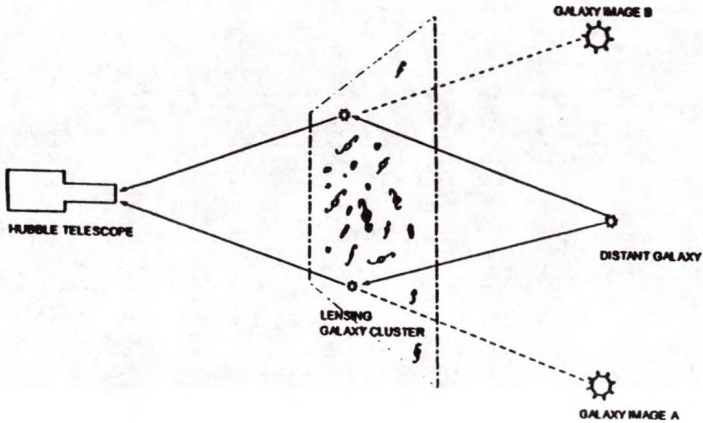
« Les images prises au sol nous avaient déjà enseigné que cet amas de galaxies pouvait produire l'effet d'une lentille gravitationnelle, » nous a dit M. Richard Ellis, de l'université de Durham, Angleterre. « L'élément remarquable de ces nouvelles données réside dans le fait que nous pouvons

étudier de façon détaillée les galaxies en arrière-plan en combinant le phénomène de lentille et l'excellente qualité d'image qu'autorise le HST. Cette combinaison particulière nous a permis de mesurer très précisément l'effet de courbure de la lentille et d'établir ainsi la répartition de la matière dans l'amas, que celui-ci émette ou non de la lumière ».

M. Ellis et les chercheurs qui lui sont associés, le Dr Warrick Couch (Université des Nouvelles Galles du Sud, Australie), le Dr Ray Sharples et M. Ian Smail (Université de Durham), ont fait cette découverte en observant l'amas dénommé AC114 au cours de l'une des premières expositions de longue durée de la caméra à grand champ du HST.

Deux expositions de six heures ont fait apparaître une paire surprenante d'objets faiblement lumineux à proximité du centre de l'amas. A chaque image est associée une structure à peine visible.

La gravitation de l'amas de galaxies AC114 agit comme une gigantesque lentille, courbant et focalisant les rayons lumineux provenant d'une source plus éloignée.



Ces structures présentent une symétrie en miroir parfaite, prévisible s'il s'agit de deux images de la même source passant par une lentille. Les images sont inhabituellement éloignées l'une de l'autre pour un système à lentille, ce qui donne à penser qu'AC114 a un noyau massif et dense.

« En dépit de leur important éloignement, le haut niveau de symétrie et les couleurs quasi identiques des objets témoignent avec une forte probabilité qu'il s'agit d'images de la même source, ce qui conforte l'hypothèse que nous avons découvert une lentille très massive », selon les explications de M. Ellis. « Nous pensons que nous observons une galaxie lointaine, très faiblement lumineuse, traversant une période énergétique de formation stellaire. Nous avons cru tout d'abord que nous avions une chance exceptionnelle de pouvoir observer un phénomène aussi spectaculaire lors de la première exposition de longue durée faite avec Hubble, mais nous pensons désormais que nous pourrions observer des images multiples, fortement grossies, du même ordre lorsque le véhicule spatial sera pointé sur le centre d'autres amas massifs ».

Un zoom dans l'Espace

Albert Einstein a été le premier à observer que les champs gravitationnels infléchissent la lumière aussi bien que la matière. « Le champ gravitationnel d'un objet massif... comme un amas de galaxies... courbera les rayons lumineux de sources plus lointaines observées à proximité du centre de l'amas ».

Ce phénomène a pour effet de déplacer leurs positions apparentes et de modifier en les grossissant leurs formes et leur éclat. Plus grande est la masse de l'amas, plus important sera son effet. Si l'amas est suffisamment dense, il peut donner plusieurs images d'un seul objet lointain.

Les systèmes à lentilles multiples donnent aux astronomes un puissant moyen d'étudier la forme du champ gravitationnel de la lentille. M. Ellis et ses associés ont mis au point des modèles numériques basés sur la théorie d'Einstein.

Partant de l'emplacement et des formes des deux premières images, ils peuvent prédire l'existence et l'emplacement d'images supplémentaires. La couleur singulièrement bleue et la morphologie peu commune de la source leur ont permis de découvrir une troisième image plus pâle. Cette observation et celle d'éventuelles images supplémentaires ayant des positions similaires permettront au groupe d'affiner son modèle de lentille. Son objectif est de le rendre suffisamment précis afin d'établir les distances et les particularités de centaines de galaxies très faiblement lumineuses observées à travers l'amas.

Ces objets ne sont pas, et de loin, suffisamment lumineux pour que l'on puisse leur appliquer les techniques traditionnelles de télémétrie, mais ils promettent de révéler la nature des tout premiers temps de l'Univers. « Exactement comme en optique scolaire, lorsque vous connaissez les propriétés de base d'une lentille, vous pouvez étudier les images qu'elle produit et en déduire la distance des sources » poursuit M. Ellis.

La quête de la matière obscure

Même si l'on ne peut voir la matière obscure, son existence a été déduite de son influence gravitationnelle sur les mouvements de galaxies en amas. Les amas comme AC114 ne sont pas seulement des outils d'observation très précieux des galaxies situées aux limites de l'univers, leurs caractéristiques en tant que lentilles montrent également combien de matière obscure ils contiennent.

Ce qui est plus important, c'est que cette quantité peut être mesurée directement par l'effet de lentille gravitationnelle. Le modèle d'Ellis pour AC114 constitue une nouvelle mesure importante de la quantité de matière obscure, mesure qui concorde avec les estimations antérieures fondées sur les mouvements des galaxies qui le composent.

Toutefois, cela donne également à penser que la matière obscure est plus concentrée au centre de l'amas que les galaxies prises individuellement. Cette observation est en contradiction avec les prévisions des modèles selon lesquels la matière obscure est constituée de particules subatomique sans interaction entre elles.

Le groupe de chercheurs projette d'élargir ces travaux à d'autres amas situés à des distances différentes. Cela permettra de sonder l'univers à des moments différents du passé lointain (en raison de la durée de parcours de la lumière). De telles observations permettront de suivre l'évolution de la matière obscure et de la matière visible de façon indépendante.

« Nous nous proposons de tirer parti de la qualité exceptionnelle des images du HST pour rechercher des systèmes de lentille similaires dans d'autres amas richement fournis », conclut M. Ellis. « Par ce moyen, nous serons en mesure d'observer directement les modifications de structure des amas au cours de leur évolution et de leur croissance dans l'univers ».

L'Institut scientifique du Télescope spatial est géré par l'AURA (Association d'Universités pour la Recherche en Astronomie, Inc.) pour le compte de la NASA, en vertu d'un contrat passé avec le Goddard Space Flight Center de Greenbelt, Maryland. Le Télescope Spatial Hubble est un projet mené en coopération internationale par la NASA et l'ESA (l'Agence spatiale européenne).

Geminga

D'après le Press Release ESO PR09/92,
du 13 novembre 1992

Des observations faites au NTT (New Technology Telescope) de l'Observatoire Européen Austral ont permis d'identifier avec certitude l'image dans le visible de cet astre mystérieux qu'est « Geminga ». Geminga est l'un des objets célestes les plus intenses dans le domaine des rayons gamma, c'est-à-dire, selon le jargon des astronomes, dans les ondes électromagnétiques des plus hautes énergies. Par contre, dans le domaine optique, son image est extrêmement faible. La nature de Geminga est longtemps restée une énigme, mais les nouvelles observations viennent probablement de lever un coin du voile. Il semblerait que

Geminga soit une étoile à neutrons très proche de nous.

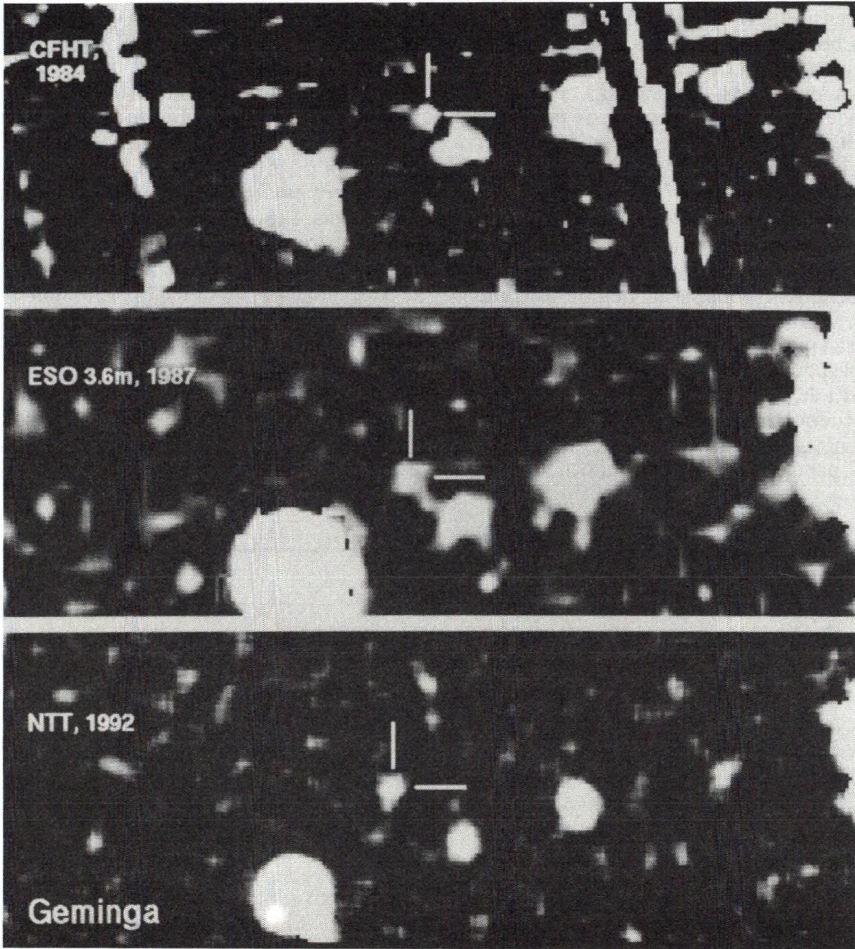
Un astre insaisissable

Geminga fut détecté la première fois en 1972 par les satellites COS-B et SAS-2, sous l'aspect d'une source gamma intense. Le nom curieux donné à cet astre vient de « GAMMA-ray source in GEMINI ». « Geminga » veut aussi dire « ce n'est pas là » en dialecte milanais, ce qui ne laisse guère de doutes sur la perplexité des astronomes ayant réalisé l'étude. En fait, les premières observations gamma ne donnaient qu'une position très imprécise, et l'identification avec un astre visible était impossible. Des milliers d'étoiles de la Voie Lactée se trouvaient dans la zone d'incertitude de l'émission gamma.

Il fallut plus d'une décennie pour que Geminga finisse par être identifié avec une faible source de rayons X observée par le satellite Einstein, et que sa position soit précisée. Le champ à étudier n'était plus que d'une dizaine de secondes d'arc, et des images CCD à longue pose au télescope CFH (Canada-France-Hawaii), puis au 5 mètres du Mont Palomar, permirent de restreindre le groupe des candidats à quelques astres d'aspect stellaire. L'un de ces candidats, de couleur anormalement bleue et de magnitude 25,5 (cent millions de fois plus faible que la limite de visibilité de l'œil nu), était le favori naturel des astronomes. Mais il manquait une preuve décisive.

Pulsations

L'intensité exceptionnelle de l'émission gamma de Geminga, comparée à sa faiblesse dans les rayonnements moins durs, et sa quasi invisibilité dans le domaine optique, en font un astre très anormal. La découverte de variations faibles, mais régulières, dans les rayonnements X et gamma donnèrent du poids à l'hypothèse selon laquelle Geminga serait une étoile à neutrons. Ces étoiles sont des astres extrêmement compacts, ramassant une masse comparable à celle du Soleil dans une sphère de vingt kilomètres de diamètre.



Le mouvement de Geminga est perceptible en comparant ces trois images obtenues en 1984 (télescope CFH de 3m60), 1987 (3m60 ESO) et 1982 (NTT).

Les étoiles à neutrons sont généralement inobservables. Quand elles se manifestent, c'est grâce à un effet de « gyrophare » engendrant un signal périodique : l'astre s'appelle alors un « pulsar ». Un pulsar est une étoile à neutrons en rotation rapide (de quelques tours à quelques centaines de tours par

seconde). Elle émet deux pinceaux étroits de rayonnement dans des directions opposées. La rotation de ces pinceaux dans l'espace leur fait balayer tout un cône. Si la Terre se trouve sur ce cône, elle reçoit une impulsion périodique chaque fois que le faisceau la touche. Le rayonnement observé se situe dans le domaine