



FESTIVAL INTERNATIONAL DU CIEL ET DE L'ESPACE

Le 8^{ème} Festival international du ciel et de l'espace de Fleurance, parrainé par Hubert Reeves, se déroulera du 1^{er} au 8 août.

Il propose un arrêt sur les extraordinaires découvertes réalisées ces dernières années sur les planètes. Programmes d'exploration du Système solaire, traces d'eau sur la Lune, soupçon de vie sur Mars, nouvelles planètes autour d'autres étoiles, autant de découvertes qui nous apprennent beaucoup sur notre propre histoire et modifient notre vision de l'Univers.

- Un cycle de conférences sur le thème des planètes et de la vie avec des astrophysiciens et des biologistes.
- Des cours, stages pratiques et ateliers pour découvrir et pratiquer l'astronomie.
- Des animations tous publics (micro-fusées, cadrans solaires, observations, etc.)
- De merveilleuses veillées aux étoiles musicales sous le ciel de Gascogne.
- Des expositions.

Renseignements et réservations :
60 bis, rue Gambetta
32500 Fleurance

Tél. : 05 62 06 62 76
Fax : 05 62 06 24 99
E. mail :
Etoiles.Fleurance@mipnet.fr

croît, au stade de l'embryon et au-delà, on pourrait effectuer des simulations numériques afin de reconstruire, pour chaque patient, le reste de l'arbre. Mais on ne connaît pas ces principes ; aussi utilise-t-on les principes de croissance des fractals.

Heinz-Otto Peitgen et ses collègues, du Centre de diagnostic médical et d'imagerie de l'Université de Brême, font l'hypothèse que la structure en arbre des vaisseaux du foie, depuis la souche de cet arbre jusqu'à la périphérie du foie, est semblable à celle d'une décharge électrique entre une électrode centrale et une électrode périphérique entourant un isolant. L'équipe de Brême a effectué des simulations numériques utilisant l'équation mathématique correspondante, une équation différentielle de Laplace. Celle-ci décrit la diffusion d'un grand nombre de particules dans un milieu hétérogène, sous l'effet d'un champ : individuellement, les particules se déplacent au hasard jusqu'à ce qu'elles rencontrent la souche ou l'une des branches déjà construites, puis y restent collées.

Ce processus, nommé agrégation limitée par diffusion (en anglais *diffu-*

sion-limited aggregation, ou DLA), est l'un des mécanismes de croissance fractale les plus fréquents dans la nature inanimée : cristaux de glace, décharges électriques, électrolyse, etc.

L'analogie entre ce type de croissance fractale et la croissance des vaisseaux sanguins hépatiques est pour l'instant purement spéculative. L'équipe de Brême a néanmoins réussi, grâce aux simulations fondées sur cette analogie, à localiser très précisément les différents segments de foies humains destinés aux expériences. La mise en œuvre clinique du procédé a démarré. Déjà, des chirurgiens de l'Université de Hanovre utilisent l'algorithme de reconstruction pour connaître, avant une opération du foie, la position des vaisseaux irriguant la tumeur.

Peut-on en conclure, inversement, que l'agrégation limitée par diffusion soit un principe fondamental de la croissance des vaisseaux sanguins ? Il semble que non : le groupe de H. Peitgen a essayé également un procédé mathématique plus simple, qui associe à chaque point du foie la branche la plus proche, et les résultats sont aussi bons.

Christoph POPPE

Sursauts lointains

Nouveaux sursauts, nouvelles hypothèses.

A chaque nouvelle observation astronomique à la une des journaux, les médias clament la remise en cause des théories existantes. Le domaine des sursauts gamma est l'un des rares où cette prétention est justifiée. En 1991, la théorie selon laquelle ces brefs éclairs de rayonnements gamma proviennent du disque de notre Galaxie s'est effondrée : l'instrument *BATSE*, à bord de l'*Observatoire Compton* a montré que les sursauts se répartissaient uniformément sur la voûte céleste, et non le long du plan galactique.

Une autre hypothèse, selon laquelle les sursauts se produisent dans un halo sphérique entourant notre Galaxie, a été balayée en 1997, lorsque la première mesure de distance d'un sursaut le plaça beaucoup trop loin. Bien que les astronomes s'entendent aujourd'hui pour dire que les sursauts sont des sortes d'explosions géantes qui émanent de galaxies lointaines, leur origine demeure l'un des grands mystères de l'astronomie.

Les astronomes ont mesuré récemment la distance de deux nouveaux sur-

sauts. Le premier, enregistré le 14 décembre 1997 par le satellite italien *Beppo-Sax*, émane d'une galaxie distante de 12 milliards d'années-lumière. La luminosité enregistrée était si grande que, situé à une telle distance, ce sursaut est l'événement cosmique le plus énergétique jamais observé depuis le Big Bang.

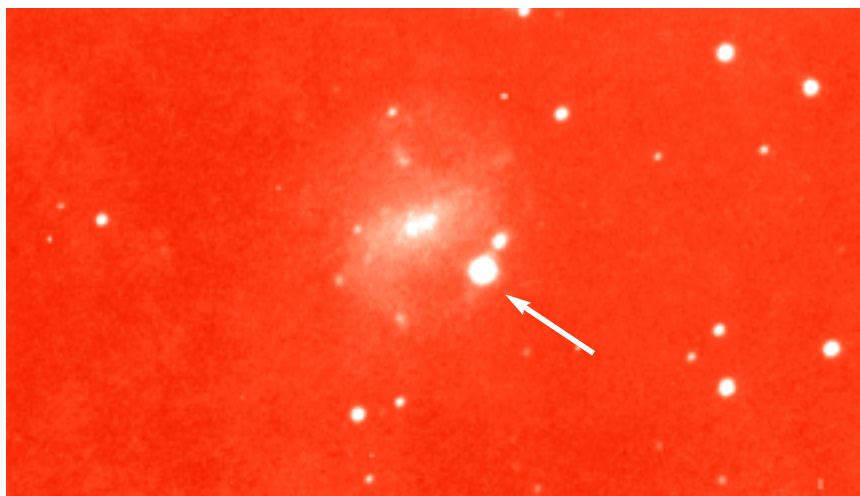
Alors que les astronomes s'accordaient sur la distance et la luminosité incroyables de ce sursaut, le satellite *Beppo-Sax*registra le 25 avril 1998, un sursaut 100 fois plus proche et 100 000 fois moins brillant que le sursaut de décembre. Pour ajouter à la confusion, ce dernier fut suivi, non par l'émission rémanente habituelle, mais par une supernova. C'était la première fois qu'un sursaut gamma et une supernova étaient associés. Là encore, il ne s'agissait pas d'une supernova ordinaire : sa luminosité a diminué plus lentement que celles des supernovae aux caractéristiques spectrales identiques, et elle a émis plus d'énergie dans le domaine radio que toutes les supernovae connues.

Dans une supernova, l'énergie provient de l'explosion thermonucléaire d'une petite étoile, nommée naine blanche, ou de l'implosion d'une étoile massive. Toutefois, ces événements n'engendrent pas de sursauts gamma, car les couches externes de la supernova en expansion bloquent les éventuels rayons gamma émis

au centre. Les sursauts émanent de régions de faible densité ; pourtant, leur énergie résulte d'événements cataclysmiques qui se produisent dans des régions denses, dont la taille est inférieure à 100 kilomètres : sinon ils n'émettraient pas de sursauts si brefs. Ces deux impératifs indiquent un scénario en deux étapes : production d'énergie, suivie de l'émission du rayonnement gamma.

La seconde étape a été expliquée par Martin Rees, de l'Université de Cambridge, et par Peter Mészáros, de l'Université de Pennsylvanie. Un jet de rayonnement et d'électrons, émis à une vitesse proche de celle de la lumière, ne serait pas gêné par les débris de la supernova. Après que cette boule de feu a grossi, des ondes de choc produites par l'interaction avec le gaz environnant déclencheraient l'émission du rayonnement gamma ; plus tard, des collisions avec le milieu interstellaire produiraient l'émission rémanente observée.

D'où provient ce jet énergétique ? Deux scénarios s'opposent : l'un met en jeu la coalescence de deux étoiles à neutrons, ou d'une étoile à neutron et d'un trou noir, l'autre suggère une supernova d'un type particulier qui se produit avec une étoile très massive, une hypernova. Malgré les affirmations initiales de nombreux observateurs, l'intensité des sursauts ne suffirait pas à discriminer entre ces deux hypothèses, car elles aboutissent toutes deux au même type d'objet :



TITUS J. GALAMIA European Southern Observatory

Une supernova inhabituelle est apparue (flèche) juste après qu'un sursaut gamma a été détecté. Les deux événements sont vraisemblablement liés.

un trou noir entouré d'un disque de débris.

De surcroît, ces deux modèles laissent sans réponse des questions lancinantes : qu'est-ce qui déclenche la boule de feu ? Le rayonnement est-il émis dans des jets collimatés, ou uniformément ? L'analyse de la position des sursauts dans les galaxies apporterait un premier élément de réponse : les étoiles à neutrons errent sur de grandes distances avant de coalescer, tandis que les étoiles très massives brûlent leur carburant très vite et finissent en hypernova sur le lieu même de leur naissance. Ainsi, des sursauts qui se produiraient près des régions de for-

mation d'étoiles, comme certaines observations le suggèrent, privilégieraient l'hypothèse des hypernovae.

La diversité des sursauts enregistrés laisse penser que plusieurs modèles coexistent. Cependant, les sursauts gamma engendrés par des hypernovae sont particulièrement intéressants d'un point de vue cosmologique, car ils permettraient de sonder les régions de formation d'étoiles des galaxies lointaines : comme ces régions sont généralement dans des cocons de poussières opaques, les sursauts y produiraient des éclairs décelables à de très grandes distances.

Du nouveau pour nos poumons

Des gaz aimantés pour voir l'intérieur des poumons.

L'imagerie par résonance magnétique, ou IRM, outil de diagnostic utilisé dans les hôpitaux depuis une quinzaine d'années, n'est pas adaptée à l'examen des poumons. Une nouvelle méthode, qui combine l'inhalation de gaz polarisés et leur visualisation par résonance magnétique nucléaire, comble cette lacune.

Les protons (les noyaux d'hydrogène) possèdent un moment magnétique : soumis à un fort champ magnétique extérieur, ils s'alignent dans ce champ, comme de minuscules aimants. Or les tissus sont riches en protons, de sorte qu'un tel champ magnétique y crée une petite aimantation. Cette aimantation, ou polarisation, est très faible, mais détectable par la technique

de résonance magnétique nucléaire. Les images obtenues, en deux ou trois dimensions, ont une excellente résolution (inférieure au millimètre) ; on y détecte certaines lésions invisibles par les autres méthodes d'imagerie, et le patient n'est pas exposé à des rayonnements ionisants.

Malheureusement, on ne peut pas obtenir d'images des poumons par cette méthode : les poumons étant des milieux très hétérogènes, où alternent, à l'échelle du dixième de millimètre, de l'air et des tissus, les fortes variations locales du champ magnétique brouillent les signaux de résonance magnétique nucléaire, qui disparaissent trop rapidement pour être détectés.

Pourtant, en 1994, une équipe américaine présenta les premières images par résonance magnétique de poumons de souris remplis d'un gaz polarisé, le xénon 129. Celles de poumons humains furent obtenues indépendamment, fin 1995, par le même groupe et par une équipe allemande, avec un autre gaz rare, l'hélium 3. Des physiciens du Laboratoire Kastler-Brossel de l'École normale supé-

rieure, à Paris, et des physiciens et des médecins de l'Unité de recherche en résonance magnétique médicale de l'Université Paris XI, à Orsay, tentent de perfectionner la méthode.

Pourquoi l'inhalation d'un gaz polarisé améliore-t-elle les images ? Pour obtenir une aimantation détectable, on polarise le gaz avant l'inhalation, par pompage optique : un faisceau laser polarisé est envoyé sur le gaz, dont les atomes absorbent, puis réémettent, des photons. L'énergie absorbée est réémise, mais la polarisation est transférée de la lumière au gaz. Par cette technique, près de 80 pour cent des moments magnétiques s'alignent, contre un sur un million par la méthode classique (l'application d'un champ magnétique intense). Ainsi, bien que la densité du gaz soit faible, la polarisation obtenue est détectable.

Toutefois, le gaz ainsi polarisé n'est pas en équilibre, et perd progressivement sa polarisation : celle-ci disparaît au bout de ce que l'on nomme le temps de relaxation ; ce dernier atteint quelques