

L'astronomie dans le monde

Hubble : le bilan d'un an

D'après Note Info ESA 04-95 du 20/02

Un an après avoir été remis en état, le télescope spatial Hubble continue de scruter l'espace et fournit des images d'une netteté encore jamais atteinte par aucun autre instrument ; les résultats obtenus ne sont pas tout à fait ceux qu'attendaient les astronomes.

Selon le Dr Duccio Macchetto de l'ESA, chef des programmes scientifiques à l'Institut scientifique du télescope spatial (STScI) de Baltimore, Maryland, « Nous commençons à nous rendre compte que ces observations vont nous obliger à modifier notre vision de l'univers ».

L'Agence spatiale européenne joue un rôle important dans le programme du télescope spatial Hubble. C'est elle en effet qui a fourni l'un des quatre principaux instruments du télescope, à savoir la caméra pour objets faiblement lumineux, ainsi que deux ensembles de réseaux solaires assurant l'alimentation en électricité. En outre, 15 membres du personnel scientifique et technique de l'ESA travaillent au STScI. En échange de cette participation, les astronomes européens ont droit à 15 % du temps d'observation du télescope, même si actuellement ils réalisent 20 % de l'ensemble des observations.

« C'est la preuve du haut niveau atteint par la communauté scientifique européenne », a déclaré le Dr Roger Bonnet, Directeur du programme scientifique de l'ESA. « Alors que l'on ne nous garantissait que 15 % du temps d'utilisation du télescope, nous bénéficions d'une proportion nettement plus importante. »

Des astronomes appartenant à des universités, des observatoires et des instituts de recherche répartis dans toute l'Europe dirigent plus de 60 expériences prévues au cours du cinquième cycle d'observation du télescope, qui débutera cet été. Un nombre encore plus important d'Européens sont intégrés à des équipes dirigées par d'autres astronomes.

Retour sur les débuts de l'univers

Le Dr Peter Jakobsen, astronome européen, s'est servi de la caméra pour objets faiblement lumineux de l'ESA pour confirmer la présence d'hélium lors de la formation de l'univers. Selon les hypothèses retenues depuis longtemps par les astronomes, 90 % de l'univers se composait, au moment de sa formation, d'hydrogène, le reste étant constitué d'hélium. Avant la réparation de Hubble, il était facile de détecter l'hydrogène, mais l'hélium primitif restait indécélable. Les capacités d'observation du télescope dans l'ultraviolet, jointes à l'amélioration de la résolution spatiale après sa réparation, ont permis au Dr Jakobsen d'obtenir une image d'un quasar situé à la limite de l'univers connu. L'analyse spectrale de cette image a révélé que la lumière du quasar, qui a mis 13 milliards d'années à atteindre le télescope, avait bien traversé de l'hélium et que, de surcroît, l'hélium en question appartenait précisément à la catégorie correspondant à la théorie formulée.

Le Dr Jakobsen a passé plus de 20 ans à travailler sur ce sujet. Récemment, il a concentré ses efforts sur la recherche d'un quasar qui ne soit pas obscurci par des nuages d'hydrogène, ceux-ci ayant pour effet de rendre indécélable la signature de l'hélium. Ses recherches l'ont conduit à s'intéresser au projet de télescope spatial et, au cours des premières années de fonctionnement du télescope en orbite, il a étudié 25 quasars susceptibles de répondre à ses attentes avant de trouver un candidat prometteur. Le Dr Jakobsen a ensuite dû attendre le remplacement de l'optique du télescope afin d'obtenir la qualité de données dont il avait besoin pour prouver l'existence de l'hélium.

« Nous recherchons, si l'on peut dire, une trouée dans la couverture nuageuse, » a déclaré l'astronome. « Nous avions eu un premier aperçu du quasar, qui restait frustrant du fait de l'optique défectueuse du télescope, mais nous ne pouvions obtenir de réponse

claire à nos questions qu'après en avoir fixé l'image. Lorsque l'optique correctrice a été mise en place, l'une de nos premières tâches a été d'observer cet objet et nous y avons trouvé exactement ce que nous espérions. »

Mesurer l'univers

Lorsqu'il s'agit d'étudier l'expansion de l'univers, le télescope pose toutefois plus de questions qu'il n'en résout. Si l'on détermine la vitesse à laquelle se produit l'expansion de l'univers, les astronomes pourront mieux estimer son âge et sa taille. Il pourrait alors s'avérer possible de découvrir quelle sera la destinée ultime de l'univers : va-t-il simplement poursuivre son expansion jusqu'à ce qu'il s'évapore ? L'expansion va-t-elle s'arrêter complètement ? Ou bien l'univers va-t-il arrêter son expansion, commencer à se contracter et finir en s'effondrant sur lui-même ?

La vitesse d'expansion de l'univers est connue sous le nom de constante de Hubble ou H_0 . Pour mesurer cette valeur, les astronomes doivent calculer à quelle distance se trouve une galaxie et à quelle vitesse elle s'éloigne de nous. La première valeur est difficile à calculer car il faut trouver dans les galaxies des indicateurs de distance fiables, parfois dénommés jalons cosmiques, comme des étoiles variables et des supernovae.

Une équipe internationale d'astronomes s'est servie récemment du télescope spatial Hubble pour procéder à des mesures précises de la distance de M100, une galaxie lointaine située dans l'amas de la Vierge. Ils ont utilisé pour cela un certain nombre de céphéides, étoiles variables rares dont l'éclat varie selon une période régulière. Comme les théoriciens savent qu'il existe un lien direct entre la période de pulsation d'une céphéide et son éclat réel, un simple calcul permet de déterminer la distance de l'objet en comparant son éclat réel avec celui que reçoit Hubble. Les astronomes ont dû étudier plus de 40 000 étoiles avant de retenir les 20 céphéides utilisées pour leurs calculs.

Leurs résultats ont montré que M100 est située à 56 millions d'années-lumière de la

Terre. Partant de ce chiffre, les astronomes ont calculé que l'univers se dilate à la vitesse de 80 km/s par mégaparsec (1 mégaparsec = 3,26 millions d'années lumière). Il s'agit là d'une vitesse nettement supérieure à celle qu'escomptaient les chercheurs. Si l'on prend cette valeur comme constante de Hubble, l'univers serait âgé d'environ 8 à 12 milliards d'années. Mais ce résultat contredit certaines données acquises. On sait en effet que certaines étoiles présentes dans notre univers ont 16 milliards d'années ; or, comment imaginer qu'elles puissent être plus âgées que l'univers où elles se trouvent ? Il pourrait s'avérer que les théories qui expliquent l'évolution des étoiles ou la théorie du Big Bang soient fausses. A moins que les observations elles-mêmes soient incorrectes.

Les astronomes travaillant sur Hubble espèrent pouvoir résoudre bientôt cette énigme en procédant à des mesures complémentaires afin d'affiner leurs résultats.

« Il s'agit là d'un programme qui, nous le savons, apportera certaines réponses définitives au cours des trois à cinq prochaines années, » a déclaré le Dr Macchetto, l'un des 15 astronomes européens travaillant à l'Institut scientifique du télescope spatial. « C'est le temps qu'il nous faudra pour recueillir et analyser une quantité suffisante de données. »

Il manque une partie de l'univers !

Lorsque les cosmologistes connaîtront la vitesse d'expansion de l'univers, il restera une étape à franchir pour connaître sa destinée, mais il s'agit là d'une étape importante, car les astronomes devront calculer la masse de l'univers. Or, selon les théories actuelles, il manque une partie de notre univers !

On constate en effet qu'il n'y a pas assez de matière visible dans notre univers pour expliquer tous les effets gravitationnels connus, notamment la rotation des galaxies. Pas moins de 90 % de notre univers pourrait rester soustrait à l'observation. La seule autre explication plausible serait que notre compréhension des phénomènes gravitationnels soit entachée de graves erreurs.

« C'est une situation très embarrassante

pour les scientifiques. On attend de nous des certitudes, mais le fait est qu'une grande part de la masse de l'univers nous échappe, » a déclaré le Dr Francesco Paresce, astronome de l'ESA basé au STScI. « C'est peut-être là aujourd'hui l'une des questions les plus fondamentales en astronomie. La quantité de matière détermine pratiquement tous les processus qui régissent l'univers ».

Le télescope spatial Hubble a été associé à la recherche de matière dite « obscure » ou « manquante » et a permis jusqu'ici de rejeter l'une des théories envisageables. Deux groupes d'astronomes, dont l'un est dirigé par le Dr Paresce, ont prouvé que la matière manquante n'est pas contenue dans les étoiles de faible luminosité appelées naines brunes, que l'on pensait largement répandues dans l'univers avant la mise en service de Hubble. Les astronomes, qui pensaient découvrir un grand nombre de ces objets faiblement lumineux, n'en ont trouvé, toutes proportions gardées, qu'une poignée.

« Cela remet en cause beaucoup de choses dans ce domaine car on s'aperçoit subitement qu'il ne peut s'agir de l'explication la plus simple que tout le monde avançait. Les choses vont devenir beaucoup plus compliquées à partir de maintenant, » a déclaré le Dr Paresce.

Les astronomes devront dorénavant trouver une autre explication à la matière manquante. L'une des hypothèses envisageables est que cette matière cachée ne serait pas constituée de matière proprement dite telle que nous la connaissons, mais en fait de mystérieuses particules exotiques.

Sommes-nous seuls dans l'univers ?

Les travaux de Hubble ont également suscité des questions sur la probabilité de rencontrer des formes de vie ailleurs dans l'univers.

Les observations faites sur de jeunes étoiles dans la nébuleuse d'Orion ont montré que plus de la moitié d'entre elles étaient entourées de disques de poussières et de gaz, matériaux à partir desquels pourraient se constituer les planètes. Jusqu'ici, les astronomes ne connaissaient qu'un petit nombre d'étoiles entourées de ces disques protoplanétaires. L'abondance apparente de ce phénomène signifie que le nombre d'étoiles susceptibles de posséder des planètes est beaucoup plus important que ce que l'on pensait à l'origine.

« Cela va changer notre manière d'aborder un certain nombre de problèmes, notamment la formation des étoiles et, ce qui constitue peut-être la question essentielle : existe-t-il une vie dans l'univers ? » a déclaré le Dr Macchetto.

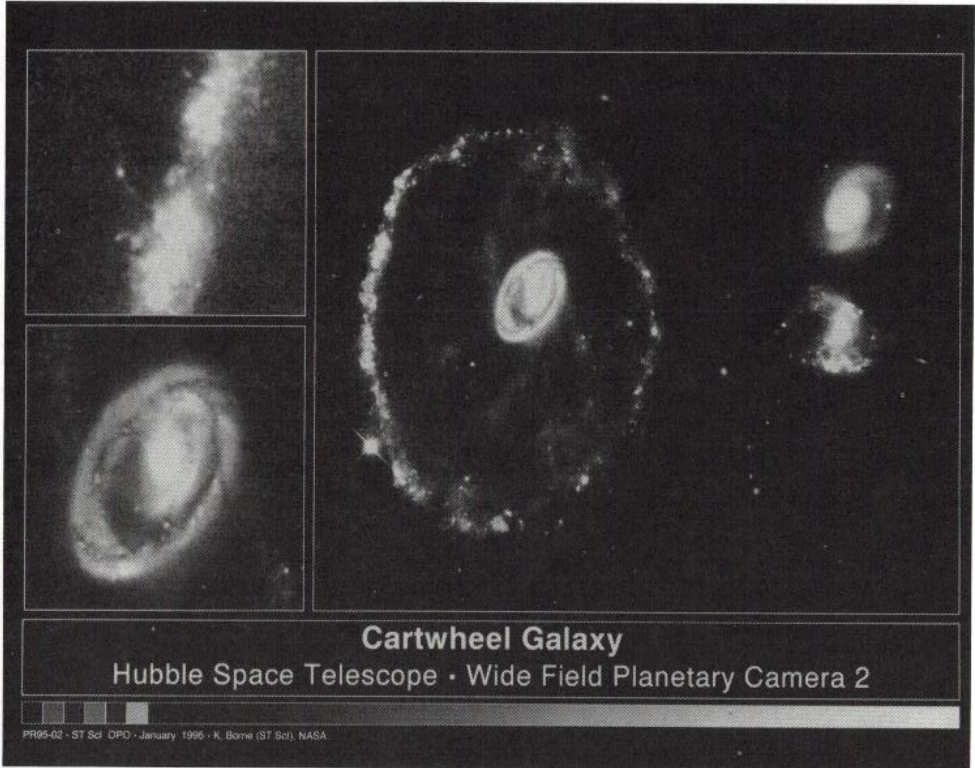
Les utilisateurs du télescope se sont également intéressés à notre système solaire. En juillet dernier, le monde entier a pu observer grâce à Hubble la plongée de la comète Shoemaker-Levy 9 dans l'atmosphère de Jupiter. Le télescope a également fourni les meilleures images jamais obtenues de Mars, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton. Contrairement aux sondes qui ont brièvement survolé certaines de ces planètes, Hubble procède à un suivi régulier, enregistrant les modifications climatiques et améliorant nos connaissances sur ces corps célestes voisins de la Terre.

Au cours de ces dernières années, les observations réalisées avec le télescope spatial Hubble ont plus que doublé, à mesure que les opérations au sol devenaient plus efficaces. Les travaux de cet observatoire spatial devaient se poursuivre au siècle prochain. A cette occasion, des réponses seront apportées aux questions que se posent les astronomes, mais il est à prévoir qu'un nombre encore plus grand de questions nouvelles surgiront.

* * *

Galaxies en collision

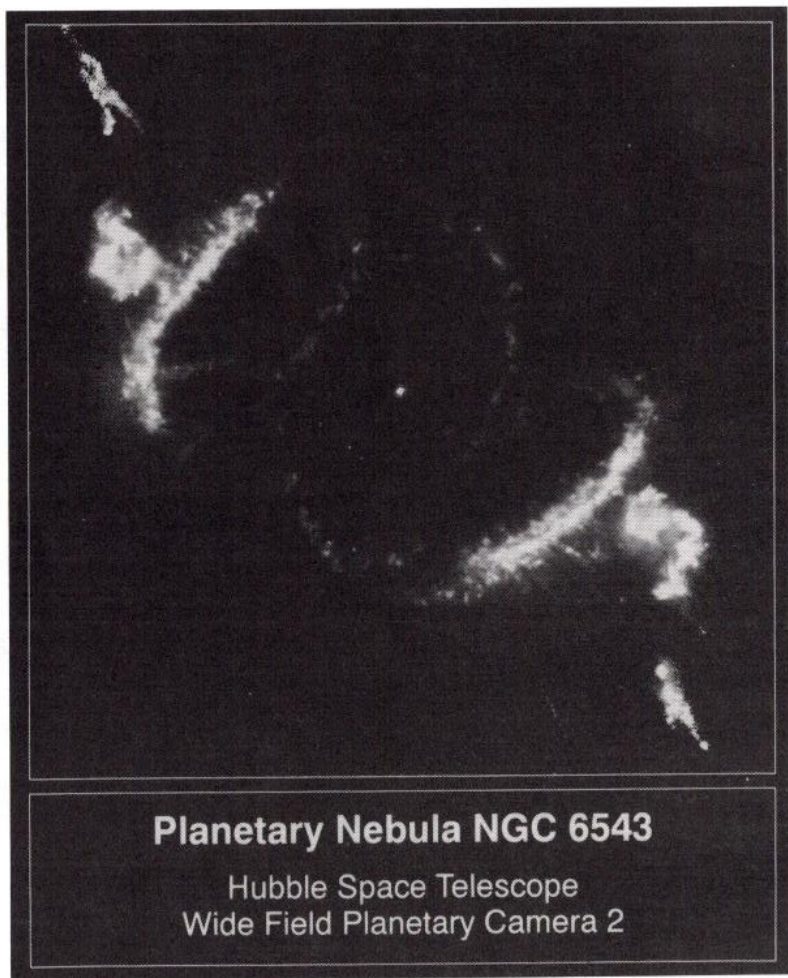
D'après NASA PRC95-02



La photo de droite montre la grande galaxie « Roue de Charrette » et ses deux petites voisines. La structure curieuse de la grande galaxie est le résultat de la collision de l'une des deux petites (peut-être est-ce celle du bas qui présente une forme irrégulière, mais l'absence de gaz dans l'autre est aussi un signe d'une collision récente) avec une grande spirale. Les mouvements violents des nuages de gaz sous l'effet du choc ont entraîné des épisodes de formation d'étoiles. L'anneau extérieur contient ainsi des milliards d'étoiles nouvelles. La photo en haut à gauche montre un agrandissement d'une portion de l'anneau. Celle du bas, montre le centre de la grande galaxie, siège également d'une intense activité. (Crédit : Kirk Born, NASA)

Une nébuleuse planétaire bien complexe

D'après NASA PRC 95-01



NGC 6543 a été appelée l'« œil de chat ». L'image qui en a été prise par Hubble montre une structure bien compliquée, avec des enveloppes concentriques, des jets radiaux, et des condensations brillantes indiquant la présence d'ondes de choc. La théorie concoctée pour expliquer tout cela fait appel à une étoile centrale double dont les composantes sont très rapprochées l'une de l'autre, et que l'on ne voit donc que comme un simple point sur cette photo. (Crédit : J.P. Harrington et K.J Borkowski, NASA)

Une dynamo dans une petite étoile rouge

D'après NASA Press Release 95-03

Le télescope spatial Hubble a montré que les étoiles les moins lourdes de l'univers — à peine assez massives pour pouvoir entretenir des réactions nucléaires — sont sans doute le siège d'un puissant champ magnétique. Ceci est contraire aux idées actuelles selon lesquelles ces petits astres ne devraient avoir qu'un champ très faible, ou même pas de champ du tout.

De nouvelles théories devront donc être mises au point pour expliquer ce phénomène. On s'accorde toutefois à penser que c'est un effet de dynamo qui est la cause de l'amplification du champ.

Avant les observations du télescope Hubble, on croyait que les champs magnétiques stellaires étaient produits par ce phénomène de dynamo que l'on sait être la cause du champ magnétique solaire. Dans le modèle classique du Soleil, la chaleur libérée par les réactions nucléaires qui ont lieu en son cœur se propage vers l'extérieur en traversant une zone dite *radiative*, puis une zone *convective*. Cette dernière couche est comme en ébullition, avec des mouvements montants et descendants de matière.

Une dynamo, qui crée un champ magnétique en accélérant les électrons, ne peut opérer que si l'intérieur de l'étoile tourne plus vite que la surface. Les études récentes du Soleil indiquent que la zone convective tourne à peu près à la même vitesse dans toute son épaisseur. Cela signifie que la dynamo solaire fonctionne plus bas, dans la zone radiative, et que celle-ci tourne plus vite que la zone convective.

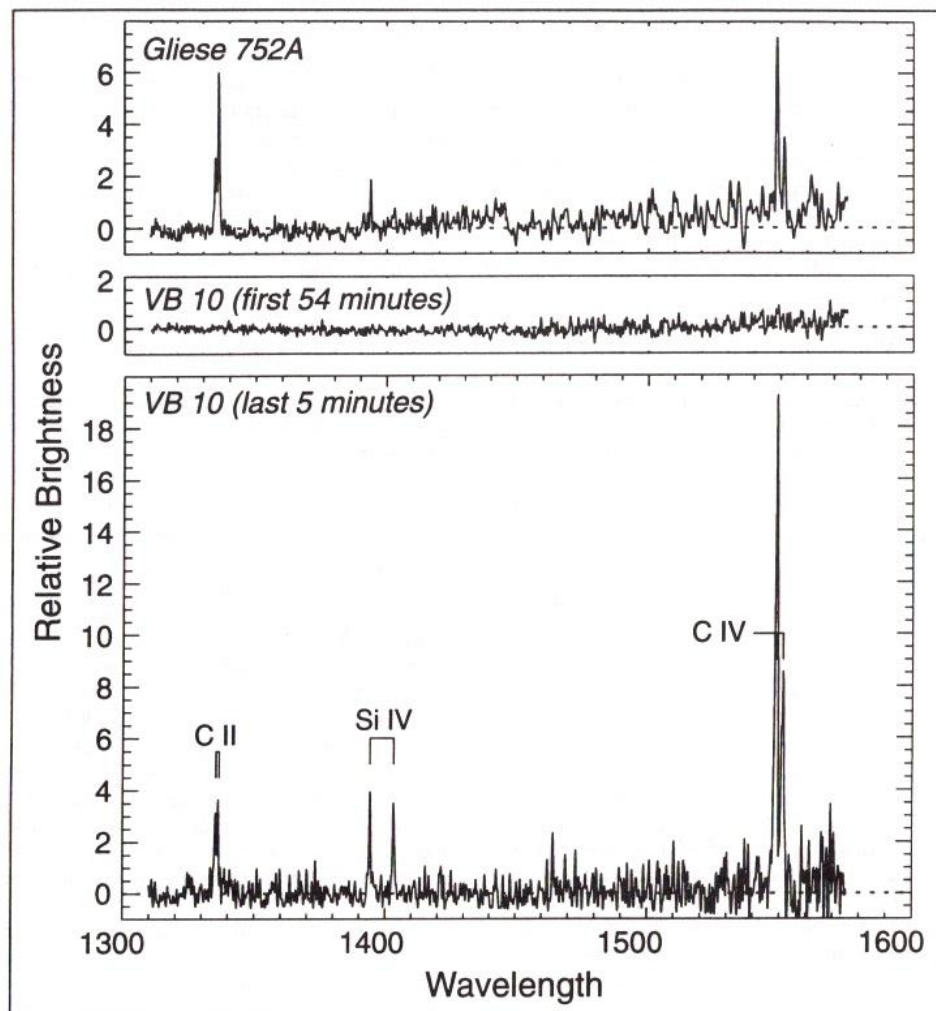
Les étoiles qui sont au moins cinq fois plus légères que le Soleil n'ont pas de noyau convectif. Elles ne transportent la chaleur que

par le mécanisme de convection. Une dynamo de type solaire ne peut donc y fonctionner. Et les nouvelles données obligent les astronomes à revoir une fois encore leurs théories.

Les observations dont il est question ont enregistré une violente explosion (un « flare ») où la matière superficielle de l'étoile VB10 (Van Biesbroeck 10, aussi appelée Gliese 752B, une petite étoile rouge et froide dans la constellation de l'Aigle) a atteint de très hautes températures (de l'ordre de 150.000°). Les flares stellaires sont provoqués par les contorsions des lignes de force d'un champ magnétique puissant, qui accélère et confine des nuages de gaz plus chauds que le reste de la surface de l'étoile.

Les flares explosifs sont monnaie courante sur le Soleil, et on s'attend à ce qu'ils existent aussi sur les étoiles de type analogue. Par contre, les petites étoiles du genre de VB10 devraient avoir une structure interne plus simple, incapable d'engendrer les courants électriques requis pour produire des champs magnétiques aussi forts.

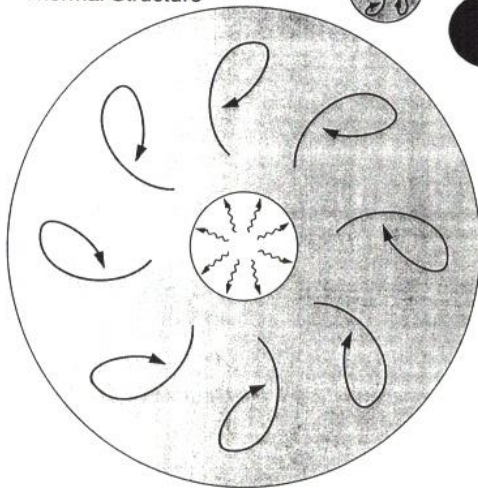
En plus d'apporter des informations sur la structure des plus petites étoiles rouges connues, ces résultats laissent entrevoir l'existence d'astres encore plus légers, et jamais encore observés, les fameuses naines brunes. Ces objets trop peu massifs ne voient pas de réactions nucléaires se développer en leur cœur — réactions qui sont la source de l'énergie rayonnée par le Soleil et les étoiles habituelles. Ils constituent une espèce de chaînon manquant entre les grosses planètes du genre de Jupiter et Saturne, et les petites étoiles comme VB10. Puisque ces dernières ont un champ magnétique important, pourquoi les naines brunes n'en auraient-elles pas un également ? Il faudra de nouvelles observations par Hubble pour répondre à cette question que se posent les astronomes.



Spectres de l'étoile GL752B=VB10 avant le flare (au centre) et pendant le flare (en-bas). Le spectre du haut appartient à l'étoile GI 752A, un compagnon plus massif de GL 752B. On voit l'apparition de raies du carbone (C II et C IV) et du silicium (Si IV) prouvant que des températures élevées ont été atteintes. (Crédit : Jeffrey Linsky, JILA)

Interiors of Binary Star System Gliese 752

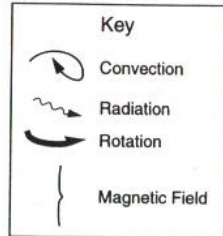
Gliese 752A
Thermal Structure



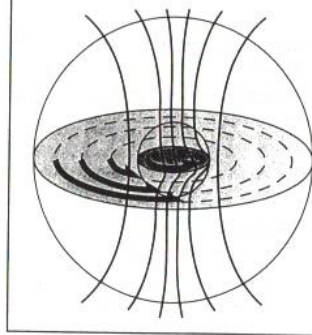
Gliese 752B (VB10)
Thermal Structure



Jupiter
to scale



Gliese 752A
Rotation and Magnetic Dynamo
Standard Model



PR95-03 • ST Sci OPO • January 1995 • J. Linsky (JILA), NASA

Des mouvements de convection dans les étoiles GL 752A et B, schématisés ici, provoquent un effet dynamo et l'apparition d'un champ magnétique. (Crédit : Jeffrey Linsky, JILA)