

Vers l'agonie de la cosmologie standard ?

PHILIPPE JAMET

La cosmologie est encore actuellement le seul domaine de l'astrophysique qui n'ait pas encore atteint le statut de science véritable, et les problèmes qu'elle soulève sont tels qu'ici, moins qu'ailleurs, personne ne peut prétendre à détenir le monopole de la vérité. Ainsi, toute théorie en apparence « marginale » mérite parfaitement d'être débattue à partir du moment où elle met clairement en évidence tout ce qui « coïncide » au niveau des modèles standards et qu'elle présente des arguments suffisamment solides une solution alternative. C'est la cas de la théorie RMM de Mario Cosentino dont nous allons maintenant parler. Cet article est suivi par un complément d'explications de Didier Cornuet et un relevé minutieux des anomalies des modèles standards, effectué par Mario Cosentino.

Aucune théorie cosmologique ne peut accéder à une vision « définitive » de ce qu'il y avait *avant* ou de ce qui pourrait exister « au-delà », même si l'hypothèse d'univers-bulles offre peut-être une petite porte de sortie, ressemblant à une fuite en avant, à une catégorie d'astrophysiciens condamnés, de par leur domaine de réflexion, à travailler en quelque sorte comme des funambules sans filet...

Le problème vient du fait qu'aujourd'hui, il existe, en la matière, un véritable terrorisme intellectuel de la part de certaines autorités scientifiques établies. L'on ne peut que déplorer le fait que cet *establishment* n'hésite pas à peser sur le choix des *referees* des grandes revues scientifiques, voire à empêcher tous ceux qui « dérangent » à accéder aux indispensables « heures de télescope », précisément parce que leurs arguments ne peuvent être rejetés par des rictus et d'obséquieux haussements d'épaules ! Nous ne prendrons pour exemple que celui du prestigieux astrophysicien américain Halton Arp littéralement persécuté dans son pays d'origine et obligé d'émigrer en Europe pour pouvoir à nouveau travailler !

Dès lors, et pour pouvoir ne pas apparaître aux yeux des futurs historiens des sciences comme comme d'odieux conservateurs ayant aveuglément bloqué l'émergence d'hypothèses moins imparfaites, on « rafistole » en quelque sorte les modèles cosmologiques standard, dès qu'apparaît dans le débat quelque fait gênant, à l'image d'une vieille voiture dont on conserve encore la carrosserie après l'avoir repeinte... mais dont on a changé les pneus, les enjoliveurs, le volant, les sièges, les glaces pour « voir plus loin », et plus encore rembourré les pare-chocs pour éviter la casse au prochain tournant d'une route glissante à souhait... Toutefois

pas question de changer le moteur, et encore moins le chauffeur, car ce dernier doit rester au poste de commande de la vieille « Bugatti » même si, après avoir évité de justesse la catastrophe, les événements ont contraint les mandarins à changer les bielles et les culasses... C'est pourtant ce que font les tenants des cosmologies dominantes, centrées abusivement et exclusivement sur deux ou trois indicateurs qu'il est parfois possible d'interpréter autrement. Il faut avoir le prestige de Jean-Claude Pecker pour pouvoir continuer son libre-parcours sans que l'on puisse l'empêcher de s'exprimer, et il n'est pas inutile de rappeler au bon souvenir de nos lecteurs les cris d'orfraies qui avaient accueilli, il y a une douzaine d'années, le modèle du « Big Bang froid » présenté par Jean Audouze et l'Américain Joseph Silk travaillant alors à l'Institut d'Astrophysique de Paris. De l'avis même de leurs auteurs le modèle alors présenté n'avait pourtant rien d'extraordinairement révolutionnaire par rapport aux modèles standards...

Il est clair que tout ne va pas pour le mieux dans le meilleur des mondes des apôtres des diverses variantes du « Big Bang », et il n'est pour s'en convaincre que de lire l'article de Mario Cosentino en page 57, sur les anomalies de la cosmologie standard.

Hors des sentiers battus

Le problème est tellement complexe que toute interrogation sur l'univers interpelle de multiples domaines de la physique d'où le profil parfois « exotique » d'un certain nombre de spécialistes venus soit à la cosmologie au hasard de leurs démarches, et « sont tombés pour ainsi dire dedans » avant qu'elle ne de-

viennent pour eux une passion presque exclusive, soit parce que les travaux effectués dans leur discipline propre ont trouvé un terrain inattendu d'explications pour certaines thèses défendues dans une discipline qui leur était au départ étrangère.

A la première catégorie appartient le stéphanois Mario Cosentino dont nous avons déjà présenté aux lecteurs de notre revue (voir *Fusion* n°54) les bases fondamentales de sa théorie de la Relation Micro-Macroscopique (RMM), dans la seconde catégorie se moule plutôt le profil de Didier Cornuet, ingénieur français au CERN de Genève, dont les réflexions sur certaines propriétés de l'hydrogène, et plus encore de l'hélium superfluide, sont selon ses propres termes « compatibles avec la théorie de la RMM » développée par Cosentino. C'est à la suite de la publication en 1994 du livre de Cosentino (*Origine et Destin de notre univers par une nouvelle Cosmologie*¹) que Didier Cornuet et Mario Cosentino ont établi une certaine forme de collaboration fructueuse et développée hors des sentiers battus.

Théorie de la RMM

La théorie de la RMM, sans toutefois remettre en cause l'idée selon laquelle l'univers serait né dans des temps fort anciens à partir d'un état superdense et chaud issu d'un « vide quantique » et ayant été le théâtre pendant un certain temps d'une réelle forme d'expansion, peut être considérée toutefois comme un véritable coup de boutoir aux théories dominantes FLRW (Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker).

Néanmoins, pas plus qu'aucun autre cosmologue, Mario Cosentino n'apporte une réponse satisfaisante sur ce qu'il y avait avant l'univers et il n'est tout compte fait pas certain, contrairement à ce qu'affirme Hawking, que les notions d'espace et de temps ne puissent être conçues totalement indépendamment de celui-ci. Toutefois, au niveau du processus initial ayant donné naissance à notre univers, et même si sa démarche n'est pas sans ressembler quelque peu au modèle développé il y a un peu plus de quinze ans par François Englert, Robert Brout et Edgard Gunzig basé sur un « vide initial quantique » dont les fluctuations auraient entraîné cet-

te création puis une période d'inflation, Cosentino apporte déjà quelque chose de nouveau en rejetant le carcan que constitue la notion « d'explosion primordiale ». Il lui substitue plutôt une notion que l'on pourrait comparer à un « transfert avec transformation » à partir de ce « vide quantique » rempli comme il le dit « *de paires de particules et d'antiparticules virtuelles se créant et se détruisant sans cesse* », et dont le milieu « instable » favoriserait par nature des processus d'expansion accélérée et inflationnaire. Selon Cosentino, cette « singularité » contiendrait déjà en elle-même toute l'énergie du cosmos (ce qui allait devenir matière et rayonnement) et le transfert qui allait peu à peu donner naissance à notre univers, constitue déjà de par les bases mathématiques sur lesquelles s'est appuyé l'auteur, un processus plus complexe que le classique modèle de Friedmann. Celui-ci réduit à sa plus simple expression, sans tenir compte des approches plus modernes intégrant les paramètres de densité et de décélération et le rôle de la « matière noire », ne permet pas d'imaginer un univers arrêtant complètement son expansion, même si ce modèle intègre toutefois la notion de ralentissement de la dilatation de l'espace passé un certain stade de période inflationnaire. Cosentino souligne le « caractère primaire » du modèle standard dont les équations sont basées seulement sur la mécanique classique sans tenir compte, une fois la matière formée, des corrélations constatées en physique statistique entre les niveaux macroscopique et microscopique d'un même système. Selon Cosentino, « *le point faible du modèle de Friedmann est qu'il surestime le rôle de la force gravitationnelle et sous-estime les autres forces fondamentales comme, par exemple, la force électromagnétique qui est de l'ordre de 10^{40} fois plus forte que la force gravitationnelle* ». Par rapport aux modèles standards de première génération, trop « réductionnistes », Cosentino intègre en plus tous les aspects de la mécanique quantique avec les transitions « effet tunnel » mises en évidence pour la première fois par le physicien japonais Esaki, les forces gravitationnelles, la force électromagnétique, la thermodynamique, les principes de la cybernétique car, toujours selon Cosentino, il y aurait aussi une forme « *d'autorégulation de l'univers* ». Ce-

lui-ci échapperait complètement à toute forme de déterminisme fixiste. De notre point de vue un bon point pour la RMM ! Ce sont ces transitions de type Esaki qui permettraient le passage des particules et antiparticules virtuelles du vide quantique de la singularité originelle vers cet univers inflatoire à venir au prix d'une sorte de « vidange » qui aurait libéré toute l'énergie du cosmos et au cours de laquelle l'univers serait entré dans un processus d'expansion. Jusque-là, rien de très révolutionnaire pourrait-on penser, mais là où Cosentino fait preuve d'originalité c'est lorsqu'il relie la phase terminale de cette vidange (qui aurait duré presque 18 milliards d'années en fonction des équations complexes qu'il présente dans ses travaux) tout d'abord à une phase de ralentissement puis d'arrêt définitif de l'expansion, une fois le transfert de cette énergie effectué. Toujours selon l'auteur, cette énergie, jusqu'à la fin de la phase d'expansion, serait polarisée tandis qu'elle subirait le phénomène de transformation en matière (qui allait donner naissance aux éléments « primordiaux ») et en rayonnement. Ce n'est qu'après la phase de ralentissement que l'univers aurait stoppé alors son expansion.

Comment expliquer un tel processus ? Là encore Cosentino sort des sentiers battus en intégrant une hypothèse selon laquelle les lois du pré-univers originel (lesquelles n'auraient eu aucune sorte d'influence sur la quantité d'énergie libérée considérée comme donnée) auraient pu revêtir quelques caractéristiques *spécifiques*. L'auteur introduit ici la notion de « gravitation répulsive » qu'il compare à une sorte de « pression négative » projetant la matière dans toutes les directions tant que le processus de transfert venu du vide quantique contribue à créer la matière jusqu'à sa phase terminale. Une fois ce processus « en bout de course », se produirait alors le phénomène de ralentissement avant arrêt de l'expansion. Comme le déclare Cosentino, « *faute d'énergie supplémentaire, la dilatation de l'espace n'aurait plus de raison d'être* », avant de schématiser le processus d'ensemble au prix d'un « *démarrage de l'expansion avec une sorte de gravitation répulsive, une gravitation attractive négative, une énergie cinétique électromagnétique rotationnelle positive et une énergie potentielle attractive* ».



Certaines découvertes récentes effectuées par le télescope Hubble, dans une région de l'univers que l'on croyait pratiquement « vide », ont montré qu'elle était en fait peuplée, à très grande distance, de nombreuses galaxies de tous types morphologiques — jeunes, en train de se former ou parfaitement structurées. Comment de tels faits peuvent-ils être intégrés dans les modèles cosmologiques standards ?

négative ». Hypothèse faisant peut-être intervenir certains présupposés, mais cohérente avec les raisonnements précédents, l'univers, après avoir arrêté définitivement sa dilatation à la fin de la période de transfert à partir du vide quantique, *serait stabilisé en rotation ad vitam æternam* à partir du moment où il aurait atteint un certain « rayon de courbure » pour lequel les calculs de la RMM donnent une valeur de $1,7 \text{ par } 10^{26}$ mètres. L'expansion résiduelle de type secondaire induite par ces effets de transfert s'arrêterait lorsque cette valeur dite « $Ru0$ », que Cosentino considère comme une constante de freinage, serait atteinte au bout d'un temps que les calculs de la RMM évaluent à 17,7697 milliards d'années. Une fois cette étape franchie, l'énergie de liaison électromagnétique (comme dans le cas d'un électron dans un atome d'hydrogène) empêcherait alors l'univers de s'effondrer sur lui-même grâce à la vitesse cinétique de rotation. D'une certaine façon, il serait possible d'y voir aussi une confirmation supplémentaire de la validité du principe de moindre action et aussi de « la particularité de la matière à contenir les paramètres

de l'atome et ceux du cosmos en un tout cohérent », argument qui est aussi un des fondements de la RMM, même si, de notre point de vue, Cosentino manque peut-être de prudence sur le plan scientifique en chauffant, sans précautions, les bottes d'Eddington et de Dirac à propos des « Grands Nombres » : phénomène curieux, il est vrai, mais dont il faut savoir circonscrire les extrapolations.

Si ce processus aboutissant à un univers désormais éternellement en rotation peut effectivement s'expliquer selon les équations de la RMM, et si celle-ci intègre également avec une certaine lucidité des concepts similaires aux idées déjà développées par Max Born et Jean-Claude Pecker (théorie du « boson scalaire ») expliquant, de façon vraisemblable, les décalages spectraux galactiques par une théorie dite du « vieillissement de la lumière » (le rougissement de celle-ci étant interprété en faisant appel à de mauvais concepts dans le cadre des théories expansionnistes), cette théorie peut-elle aussi essayer de donner un « âge » à l'univers ?

Là encore, coup de canif aux modèles standard puisque, selon la RMM,

« l'univers aurait atteint son stade de stabilisation en rotation depuis au moins 60 milliards d'années », ce qui, en tenant compte de la phase inflatoire estimée à presque 18 milliards d'années, lui donnerait au bas mot un âge minimum de 78 milliards d'années !

Propos démentiels issus d'un cerveau illuminé ? De notre point de vue, pas du tout si l'on sait, par exemple, que certains astrophysiciens comme Edward Harrison (du MIT) estiment que « l'âge de l'univers est au moins de 35 milliards d'années » et que l'existence, prouvée, de *grands murs galactiques* et de *murailles de galaxies* semble incompatible avec les 15 milliards d'années données à l'âge de l'univers par les modèles standards. De nombreux astrophysiciens estiment, en effet, en supposant que la soupe originelle de matière ait été relativement homogène, ces structures étonnantes n'ont pas eu le *temps nécessaire* pour se constituer telles quelles dans le cadre des modèles cosmologiques dominants... Comment expliquer cette contradiction qu'intègre, quant à lui parfaitement, le modèle RMM ?

Autre question fondamentale, quel est le devenir de cet univers décidément plus âgé qu'on ne le croyait et stabilisé en rotation ? Là encore, Cosentino induit une rupture par rapport aux modèles classiques en introduisant des notions d'*autothermorégulation* et d'*autorégénération* qui font que l'univers pourrait présenter quelques similitudes avec les systèmes vivants ! Ainsi, l'univers serait en équilibre thermodynamique grâce à des propriétés réversibles qui assureraient sa pérennité par opposition à des processus irréversibles. Comme d'autres cosmologues, Cosentino estime que la température de l'univers (évaluée à 2,735 K en fonction des observations) est constante mais là où il se situe en rupture aussi par rapport à certaines lignes de pensée, c'est lorsqu'il considère que cette température *n'est pas fixe* mais *oscille* autour de cette valeur dans le cadre de vibrations dues à deux types d'oscillations dénommées OVR et OVP (oscillations de « valence radiale » et de « valence périphérique »). Celles-ci empêcheraient la « mort thermique » de cet univers désormais vibratoire, ayant pour conséquence de le *réchauffer* et de compenser les pertes locales dues à des phénomènes de dilatation. Ce phénomène (qui intè-

gre entre autres les notions connues en physique sous le nom « d'ondes de densité de charge ou de spin » aurait commencé à partir du moment où l'univers aurait atteint sa température minimale lors de la phase d'expansion. Ce curieux phénomène apparaîtrait à partir d'un certain point dit « seuil de Chirikov » et se concrétisant par l'apparition d'une température constante d'équilibre que l'auteur nomme « *température cybernétique* ». Cosentino explique en détail sa thèse et les dix paramètres sur lesquels elle repose dans un monumental travail qui mériterait à coup sûr qu'un éditeur scientifique s'y intéresse et dénommé *Le Big Bang revisité ou le Super New Big-Bang par l'Union des Constantes Fondamentales de la Physique*.²

Propos risqués, théorie hasardeuse bien que basée sur de nombreux calculs et intégrant de nombreux domaines de la physique ? Pas sûr du tout du fait que certaines réflexions de Didier Cornuet, à propos de résultats expérimentaux portant sur les phénomènes de surfusion (retard à un changement d'état) et les proprié-

tés étonnantes de l'hydrogène (sous deux variantes) et de l'hélium (notamment l'hélium 4 sous sa forme superfluide) montrent que ces éléments, qui semblent être présents en grande quantité dans l'univers au point d'être en quelque sorte « dominants », auraient pu contribuer à empêcher le refroidissement de celui-ci et à le maintenir pour l'éternité à une température constante... phénomène compatible avec la théorie RMM ! (Voir article de Didier Cornuet, ci-dessous)

Tout aussi intéressant, cette hypothèse pourrait également être compatible avec l'étonnante organisation de certains amas et super-amas de galaxies, dont les composantes sont réparties parfois à la manière de structures étalées à la surface de « bulles », et avec la détection d'énormes nuages intergalactiques très froids composés d'hydrogène comme celui découvert en 1989, en mode radio, par les astrophysiciens américains Haynes et Giovanelli. L'hypothèse de Cornuet pourrait également fournir partiellement un début d'explication au mystère de la « masse manquant

te » ou de la « matière noire ». Dans ce cas, il existerait de nombreux et monstrueux nuages d'hydrogène et d'hélium, encore non détectés, et se présentant sous plusieurs formes et à des niveaux de températures différents modulés eux aussi par les oscillations et vibrations dont parle Cosentino. Cette théorie apparaît également cohérente avec la théorie du vieillissement de la lumière chère à Pecker : celle-ci doit logiquement perdre une part importante de son énergie en traversant ces immenses structures extra et intergalactiques composées comme le dit Didier Cornuet « d'hydrogène gazeux, d'hélium liquide et d'hydrogène solide ». Hypothèse étonnante mais séduisante et convainquante. ■

Références

1. Mario Cosentino, *Origine et Destin de notre univers par une nouvelle Cosmologie*, Ed. Bonnefoy, 1994.
2. Mario Cosentino, *Le Big Bang revisité ou le Super New Big Bang par l'Union des Constantes Fondamentales de la Physique*, non édité.

Propriétés particulièrement stabilisatrices de l'hydrogène et de l'hélium

DIDIER CORNUET

INGÉNIEUR AU CERN
AT DIVISION-GENÈVE

Tout changement d'état se traduit par une stabilisation de la température malgré un apport de calories ou de frigories. Ainsi, à la pression atmosphérique, l'eau bouillante se stabilise à 100° C tant qu'elle n'est pas complètement vaporisée. Inversement, la température de l'eau se stabilise à 0° C tant qu'on la refroidit et qu'elle n'est pas encore complètement solidifiée. Dans le refroidissement de l'univers, tous les éléments qui le constituent et qui ont traversé tous ces changements d'état ont contribué à retarder momentanément ce refroidissement. Ces retards sont d'autant plus importants que les éléments ont de grandes chaleurs latentes de condensation et de

solidification, ainsi qu'une grande chaleur spécifique (c'est-à-dire qu'il faut une grande quantité de frigories pour faire diminuer un peu leur température). Ce sont les composants les plus répandus de l'univers qui vont en caractériser l'évolution de température selon leurs propriétés propres. Or, les observations récentes ont confirmé que l'espace était constitué essentiellement pour 3/4 d'hydrogène (H₂) et pour 1/4 d'hélium (He). Attachons-nous donc à ces deux corps « simples » qui ont des propriétés extraordinaires qui ne sont rencontrées en aucun autre élément de la nature. Nous ne considérerons pas leurs isotopes dont les propriétés sont moins remarquables pour ce qui nous

intéresse.

Il existe deux catégories d'hydrogène : l'orthohydrogène (où les deux noyaux de la molécule diatomique tournent dans le même sens : mêmes spins) et le parahydrogène où les noyaux sont de spins opposés. Le point triple de H_2 est 13,7 K (-259,2° C) sous 0,07 bar : pour de petites variations de pression ou de température, H_2 passe de l'un à l'autre état (solide, liquide ou gazeux). Après refroidissement et liquéfaction, la proportion de parahydrogène devient plus importante à l'état liquide qu'à l'état gazeux ; ceci s'accompagne d'une réaction exothermique s'opposant ainsi à la cause de refroidissement. Ainsi, au point d'ébullition de 20,4 K, la proportion de 25% de parahydrogène (avec 75% d'orthohydrogène) passe à 95,8% avec une chaleur de transformation (450 j/g) supérieure à la chaleur de vaporisation (445 j/g).

Au-delà de 13,9 K, le changement d'état de l'hydrogène, combiné à ce phénomène, s'oppose donc tout particulièrement à une variation de température. Au-dessous du point triple, les gaz se solidifient sans passer par la phase liquide si la température est suffisamment basse. Dans ces conditions, on peut obtenir de l'hydrogène solide aux compositions relatives stables très variées en proportion d'orthohydrogène et de parahydrogène. Or, si la composition d'orthohydrogène est élevée (plus de 60%), la chaleur spécifique de l'hydrogène solide présente une brutale augmentation entre 0,7 K et 1,7 K ; à cause de la forme de la courbe (**Figure 1**), on l'appelle « anomalie λ ». Si donc ce solide est soumis à un grand nombre de frigories juste au-dessus de ce point λ , l'hydrogène se refroidira très peu. Inversement, un grand nombre de calories juste en dessous du point λ ne contribueront que très peu à augmenter sa température. On a donc bien un effet stabilisateur.

Curieusement, l'on retrouve cette « anomalie λ » avec l'hélium. A la température de 2,17 K de la courbe de liquéfaction de l'hélium, celui-ci présente une forte pointe de chaleur spécifique (**Figure 2**). Au-dessus de ce « point λ », l'hélium devient superfluide, c'est à dire que sa viscosité chute énormément et lui permet de traverser très facilement des pores de quelques microns ou fractions de microns. La propriété de cet hélium superfluide est aussi d'avoir une très

Figure 1 - Anomalies λ de l'hydrogène solide

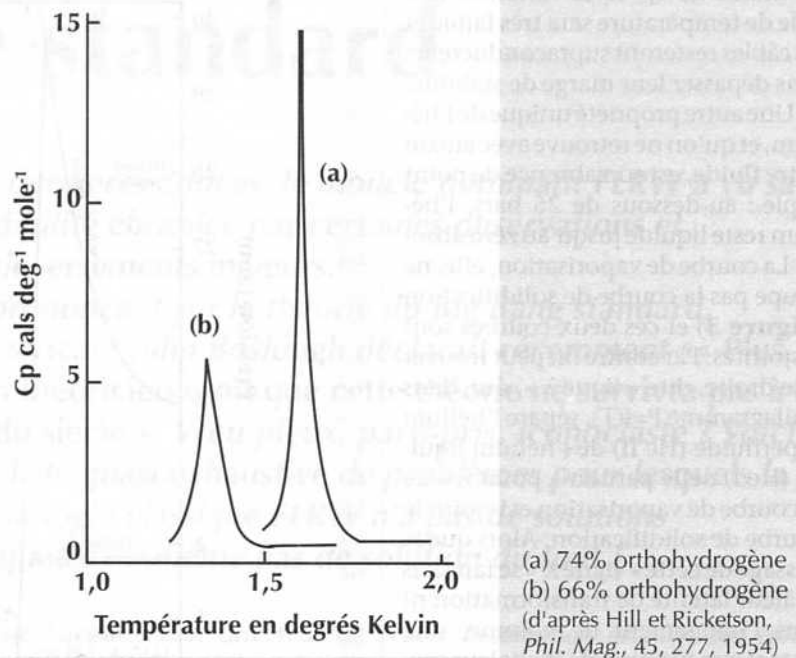
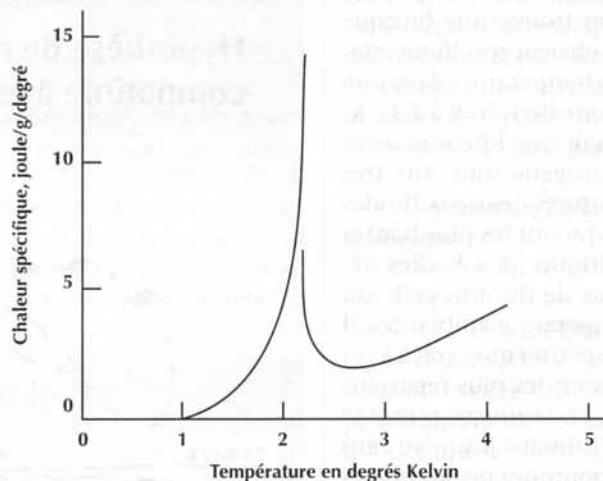


Figure 2 - Chaleur spécifique de l'hélium sous la pression de vapeur saturante



haute conductivité thermique : deux mille fois celle du cuivre à la température ambiante. Un échauffement (ou un refroidissement) local d'un volume d'hélium superfluide entraînera très rapidement une variation de température de l'ensemble qui, s'il a en outre une grande capacité calorifique, offrira une très grande inertie thermique. Cette propriété est utilisée dans la conception du grand accélérateur de particules qui va être ins-

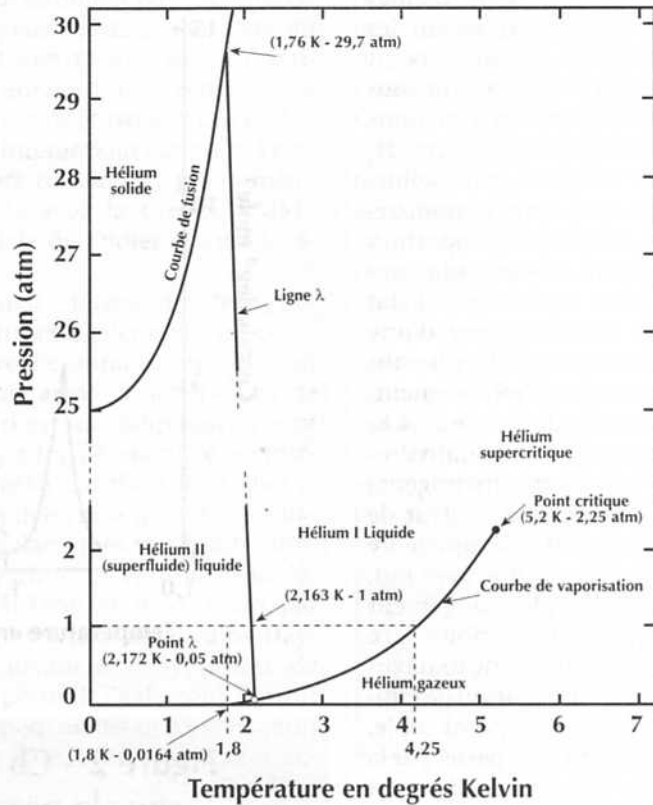
tallé dans les dix prochaines années près de Genève : il s'agit du LHC, grand collisionneur de hadrons (c'est-à-dire protons et ions). En effet, pour éviter les pertes par effet Joule, les aimants de courbure de cette machine cryogénique seront bobinés avec des câbles supraconducteurs et refroidis par de l'hélium superfluide à 1,9 K, juste en dessous du « point λ ». Ainsi un dégagement de chaleur dû, par exemple, aux frottements liés à

un très léger déplacement localisé sera absorbé par un volume important d'hélium ; grâce à sa chaleur spécifique qui augmente rapidement au-dessus de 1,9 K, la variation globale de température sera très faible et les câbles resteront supraconducteurs sans dépasser leur marge de stabilité.

Une autre propriété unique de l'hélium, et qu'on ne retrouve avec aucun autre fluide, est son absence de point triple : au-dessous de 25 bars, l'hélium reste liquide jusqu'au zéro absolu. La courbe de vaporisation, elle, ne coupe pas la courbe de solidification (**Figure 3**) et ces deux courbes sont disjointes. Par contre on peut trouver une droite, dite « ligne λ », qui, dans le diagramme $P=f(T)$, sépare l'hélium superfluide (He II) de l'hélium liquide (He I) : elle part du « point λ » de la courbe de vaporisation et rejoint le courbe de solidification. Alors que le passage de cette « ligne λ » se fait sans chaleur latente de transformation ni sans changement de volume, une forte augmentation de la chaleur spécifique est constatée quand on s'approche aussi de cette ligne : d'où un effet de stabilisation de la température. Ce qui est remarquable, c'est de constater ici que cette « ligne λ » est presque verticale, ainsi pour une très grande plage de pression (de 0,05 bar à 29,7 bars) on trouve une brusque variation de la chaleur spécifique, stabilisatrice de la température dans une fourchette étroite de 1,76 K à 2,17 K.

Quand on sait que l'hélium aussi bien que l'hydrogène sont, aux très basses températures, les deux fluides cryogéniques qui ont les plus hautes chaleurs spécifiques (à 4 K elles dépassent de plus de dix fois celle du cuivre à la température ambiante), il est légitime de penser que, grâce à ces éléments qui sont les plus répandus dans l'univers, ce dernier ne puisse se refroidir indéfiniment jusqu'au zéro absolu. Alors pourquoi ne pas imaginer que la « masse manquante » de l'espace intergalactique comprenne des nuages stabilisateurs composés d'hydrogène gazeux aux alentours de 15 K, d'hélium liquide aux alentours de 2 K et d'hydrogène solide à fort taux d'orthohydrogène aux alentours de 1 K ? Comme nous venons de le voir, de telles masses aux capacités calorifiques si particulières s'opposeraient aux variations de température de l'espace intergalactique malgré l'évolution de répartition des galaxies.

Figure 3 - Diagramme d'état de l'hélium



Hypothèse de distribution d'He4 dans l'univers compatible avec la théorie cosmologique RMM

