



Extrait du Association pour l'Économie Distributive

<https://www.economiedistributive.fr/Ce-qu-est-l-Univers>

Les conférences de la salle Poissonnière

Ce qu'est l'Univers

- La Grande Relève - N° de 1935 à nos jours... - De 1935 à 1968 - De 1938 à 1939 - N° 71 - 25 mai 1939 -

Date de mise en ligne : lundi 21 avril 2008

Date de parution : 25 mai 1939

Copyright © Association pour l'Économie Distributive - Tous droits réservés

Réunion du 10 mars 1939

Le 10 mars, M. Sainte-Laguë, maître de conférences au Conservatoire des Arts et Métiers, fit la conférence que voici, accompagnée de projections qu'il nous est malheureusement impossible de reproduire.

L'auditoire écoutera avec stupéfaction les révélations qui lui furent faites sur l'univers par un savant qui trouve moyen de présenter la science d'une manière attrayante et spirituelle. On fit à l'éminent conférencier le très vif succès qu'il avait amplement mérité.

Je suis confus de l'honneur, du grand honneur que me fait mon ami M. Jacques Duboin en me demandant ce soir de parler devant vous. S'il m'en a prié ce doit être pour partie j'imagine parce qu'il sait que je suis depuis toujours un adepte de l'« Abondance ». J'ai eu occasion de rompre des lances en faveur de cette théorie, sans grand succès parfois, je dois le dire, car les milieux où j'ai l'occasion d'aller comme la commission permanente du Conseil National Économique ou le Conseil général de la Banque de France se consacrent à des tâches quotidiennes et ne vivent qu'en fonction de l'état des choses actuel. Croyez-moi mon cher Duboin, il y a beaucoup à faire encore. Vous le savez du reste aussi bien que moi. Vous vous employez courageusement à cette propagande et je suis pour ma part émerveillé, à certains moments, des résultats déjà obtenus en si peu de temps. L'idée est lancée et bien lancée et elle fait son chemin en attendant sa pleine et entière réussite que nul ne souhaite plus ardemment que moi.

J'hésite à aborder le sujet même dont je dois vous entretenir « l'Abondance et la Science », et vous allez être déçus, car je vous demanderai la permission d'en traiter un, légèrement différent quoique des plus scientifiques, et lui aussi des plus vastes comme vous le verrez. Je ne suis pas assez sûr de moi et encore moins de ma compétence pour me lancer dans une vaste synthèse de ce que la Science peut apporter à l'Abondance. Un Arrhénius a déjà tenté le bilan énergétique des ressources de l'Univers : chaleur solaire, chute des pluies, phénomènes des marées, que sais-je encore ? pourrait vous apporter un impressionnant et optimiste total de tout ce que la Nature tient en réserve pour les hommes qui n'ont au fond, s'ils le veulent bien, qu'à se baisser pour prendre.

Si donc vous excusez ce changement de programme, je voudrais vous parler ce soir du monde des étoiles qui est bien le monde le plus féérique que l'on puisse imaginer. Évidemment, il y a là abondance et surabondance de tout : d'étoiles, de masses, de températures et aussi et surtout de cette énergie dont je parlais tout à l'heure. En tant que citoyens de l'Univers et copropriétaires de tout ce qu'il contient, nous sommes puissants, riches, immensément riches, et la fortune d'un milliardaire n'est rien à côté de la nôtre. Il est vrai que cette abondance d'énergie n'est peut-être pas toujours accessible, mais qui oserait limiter les possibilités d'une science qui depuis cinquante ans nous a apporté tant de découvertes extraordinaires. Ceci dit, je vais, si vous le voulez bien, entrer dans le vif du sujet.

Mesdames et Messieurs,

De toutes les merveilles, la plus extraordinaire est certainement celle-ci [\[1\]](#).

L'homme est dans l'Univers un tout petit être. Sa taille est d'à peine quelques dizaines de centimètres, son cerveau ne pèse que quelques dizaines de grammes et son oeil est à peine gros comme une coquille de noix. Cet être, aux dimensions méprisables, n'a même jamais su concevoir combien la Terre qui le porte est colossale par rapport à lui et combien elle l'écrase de sa majestueuse rotondité !

Pour s'en rendre compte, il suffit de regarder sur une mappemonde la place qu'occupe la France, puis quand on aurait trouvé le point qui représente Paris, de penser que là-dedans nous sommes plusieurs millions d'êtres humains qui grouillent côte à côte.

L'HOMME DEVANT L'UNIVERS

Eh bien ! cet être si chétif a eu l'audace, l'in vraisemblable audace de jauger l'Univers. Son regard et sa pensée sont allés à des distances supérieures à mille milliards de milliards de kilomètres et il devine ce qui se passait il y a dix milliards d'années. Ne trouvez-vous pas cela prodigieux et ne pensez-vous pas comme moi que c'est là le miracle des miracles ?

Oh ! je sais bien quelle est votre réaction devant de tels nombres. Je puis rajouter des zéros à des zéros et des milliards à des milliards autant que cela me fera plaisir, vous n'en serez pas plus impressionnés, car les trop grands nombres ne sont plus compris.

Je suis d'ailleurs exactement comme vous sur ce point. Sans que je veuille mettre le moindre irrespect ni pour vous, ni pour moi-même dans ma comparaison, je pense cependant que nous nous conduisons un peu comme des sauvages à qui des blancs montrent de belles inventions : le cinématographe, une verroterie en couleur, une voiture sans chevaux, un réveille-matin, le téléphone, un crayon bleu et rouge, un phonographe, une éclipse de soleil, une ocarina, la télévision, que sais-je encore, et qui, chaque fois, répètent comme un leit-motiv : « Ça, c'est manière de blanc » et refusent de chercher à comprendre plus avant.

Si vous le voulez bien, nous allons abandonner cette attitude par trop facile et sans nous croire pour cela des astronomes, nous allons essayer de voir ce que les savants ont pu découvrir dans le ciel et comment ils ont pu le faire.

CE QU'ON VOIT DANS LE CIEL

L'Homme aurait pu connaître bien des choses, même sans voir le Ciel : le grand mathématicien Poincaré a montré que si nous avions toujours vécu dans une caverne nous saurions cependant que la Terre tourne sur elle-même, qu'elle est aplatie, que la Lune existe, où elle est à chaque instant et bien d'autres choses encore. Mais ne compliquons pas la question avec de telles hypothèses.

En regardant le Ciel, l'Homme y a vu de nombreuses étoiles : de 5 à 6.000 pour toute la Terre, 4.000 environ à Paris. Il les a vu tourner dans le Ciel autour de la Polaire, ce qui lui a expliqué notre propre mouvement de rotation. Puis,

par des efforts patients mais dont l'exposé nous entraînerait trop loin, il a découvert l'existence et le mouvement des planètes, et trouvé grâce au génie de Newton, la loi de la gravitation universelle suivant laquelle les corps s'attirent proportionnellement à leurs masses et à l'inverse du carré de leur distance. Les planètes n'auront d'ailleurs pour nous ce soir aucun intérêt, car nous voulons voir bien au-delà et sommes hantés par des rêves de grandeur.

Ces étoiles qui nous attirent ont été depuis longtemps groupées de façon plus ou moins arbitraire suivant des constellations qui n'ont d'ailleurs pas les mêmes noms pour tous les peuples puisque, par exemple, chez la Chinoise la Grande Ourse s'appelle la casserole. Les vieux livres d'astronomie sont pleins de figures représentant des êtres fabuleux ou des personnages mythologiques aux corps constellés de points lumineux. De tels dessins sont de simples moyens mnémotechniques de relier les étoiles et d'en retenir la position. Il en est de même des traits que l'on se borne parfois à tracer entre deux étoiles voisines.

Après ce dernier coup d'oeil sur la voûte céleste, revenons à l'homme et voyons comment cet être minuscule a pu, grâce à des trésors d'ingéniosité, évaluer les distances qui nous séparent des astres les plus lointains.

DE LA TERRE À LA LUNE ET AU SOLEIL

Il a commencé par mesurer le rayon terrestre en regardant quel chemin il fallait parcourir le long d'un méridien pour se rapprocher d'un degré du pôle, c'est-à-dire pour voir la Polaire monter d'un degré sur l'horizon.

Passant de là à la Lune, il a employé des méthodes de visée analogues à celles que deux observateurs emploient lorsqu'ils veulent connaître l'altitude d'un nuage ou d'un ballon captif. Cette méthode exige des mesures minutieuses, car la parallaxe de la Lune, c'est-à-dire l'angle sous lequel on verrait du centre de la Lune un rayon terrestre, n'est que de 57 minutes. C'est l'angle sous lequel on verrait un homme placé à cent mètres. On en déduit, connaissant déjà le rayon terrestre, que la lune est à 380.000 kilomètres de nous et par suite que la lumière met un peu plus d'une seconde à nous venir de la lune.

La même méthode directe a permis de mesurer la distance qui nous sépare dans les cas les plus favorables d'Eros, qui est la planète la plus voisine avec une parallaxe de 54 secondes d'angles et une distance de 24 millions de kilomètres donc à 1 minute 20 secondes de nous, si nous comptons les distances comme nous le ferons désormais, en évaluant, les temps mis par la lumière.

Cet angle de 54 secondes est très petit, c'est celui sous lequel on verrait un homme placé à 6 kilomètres et demi. Mais nous allons trouver des angles encore plus petits dans un instant.

Il a été beaucoup plus difficile que pour la lune de mesurer ces grandes distances. Pour le Soleil, par exemple, on utilise la mesure de l'intervalle de temps qui pour deux observateurs terrestres, sépare le début du passage d'Eros sur le disque solaire, dans les rares occasions où ce phénomène se produit. On en déduit la parallaxe qui est de 8 secondes. Cet angle est celui sous lequel on verrait une allumette placée à plus d'un kilomètre. Il en résulte que le Soleil est à une distance de nous de 150 millions de kilomètres. La lumière parcourt ce chemin en 8 minutes 13 secondes. Ne perdons pas de temps à nous extasier sur ce qu'à d'immense pour nous une distance de 150 millions de kilomètres. Nous allons en trouver qui seront des milliards de fois plus grandes.

DU SOLEIL AUX ÉTOILES VOISINES

La connaissance des dimensions de l'ellipse, d'ailleurs presque exactement circulaire, que décrit la Terre autour du Soleil a été le premier pas important dans la mesure des dimensions de l'Univers. En visant à 6 mois d'intervalle une étoile rapprochée, par exemple Proxima du Centaure qui est la plus voisine, on trouve qu'elle s'est déplacée dans le ciel par rapport aux étoiles plus lointaines qui, à cause de leur éloignement, peuvent être considérées comme fixes. Ce mouvement apparent provient de ce que nous-mêmes avons effectué un déplacement qui, évalué en ligne droite, est de 300 millions de kilomètres. De là résulte la connaissance de la parallaxe stellaire de cette étoile, cette parallaxe étant définie maintenant comme l'angle sous lequel on voit de l'étoile le demi-diamètre de l'orbite terrestre. Cet angle vaut 0" 78, ce qui montre que Proxima du Centaure est à 38.000 milliards de kilomètres de nous. La lumière met 4 ans, 1 mois à nous parvenir.

Désormais, nous n'utiliserons plus pour ainsi dire, le kilomètre, unité de longueur ridiculement petite et nous choisirons avec les astronomes le « parsec », distance correspondant, comme le sous-entend son nom, à une parallaxe d'une seconde. Aucune étoile n'est tout à fait aussi proche de nous. Un parsec vaut 30.000 milliards de kilomètres et la lumière met 3 ans, 3 mois à le parcourir. En un siècle elle ne fait que 30 parsecs. Quant à l'angle d'une seconde, c'est celui sous lequel on verrait une allumette placée à 10 kilomètres ou l'épaisseur d'un fil placé à 100 mètres.

Les méthodes directes de mesure des distances stellaires dont nous venons de parler ne permettent d'évaluer que des distances de quelques parsecs, autant dire rien, et si l'on a pu aller plus loin, c'est à l'aide de procédés entièrement différents. Ils sont assez nombreux, mais souvent analogues à celui que nous allons exposer.

LES CÉPHÉIDES VARIABLES

On constate que certaines étoiles appelées les céphéides variables, du nom de l'une d'elles, Delta Céphée, ont des variations d'éclat caractéristiques. Il nous importe peu d'ailleurs de savoir ce qui peut produire un tel phénomène, il suffit d'en noter les modalités ; en très peu de temps, parfois quelques heures, 5 jours pour Delta Céphée, on voit se produire un accroissement rapide d'éclat suivi d'un lent déclin, tout comme si « à des intervalles parfaitement réguliers, on jetait un fagot dans un feu ». La durée des phénomènes ne dépasse jamais un mois, ce qui distingue ces étoiles dites variables à courte période, de certaines autres, dites à longue période, qui sont le siège de phénomènes entièrement différents.

On a constaté enfin chez les Céphéides que l'éclat des plus brillantes d'entre elles variait plus lentement que celui des plus faibles. Il en résulte que, connaissant la durée d'une telle variation, on peut connaître l'éclat. Si donc une étoile variable de ce type est trop loin de nous pour que sa distance puisse être évaluée par une méthode directe, en comparant son éclat réel à celui que nous en recevons et qui est affaibli par l'éloignement, nous pourrions en déduire la mesure de cet éloignement.

Ces étoiles variables, heureusement assez répandues, dans tous l'Univers, sont ainsi pour nous comme les phares d'éclat connu dont les navigateurs apprécient la distance plus ou moins grande en faisant des mesures d'intensité lumineuse.

DES ÉTOILES AUX NÉBULEUSES

De telles méthodes sont nombreuses en astronomie. En voici un autre exemple. Ayant, à l'aide des étoiles variables, pu obtenir la distance de ces grands amas stellaires dont nous allons parler, on a constaté qu'en gros ces

nébuleuses ont toutes le même éclat absolu, c'est-à-dire qu'un observateur situé à une même distance d'une nébuleuse lui trouverait toujours un éclat analogue.

Les astronomes en ont conclu que celles des nébuleuses, qui sont trop loin pour qu'on y discerne des céphéides et puisse en mesurer par là la distance, devaient aussi avoir sensiblement le même éclat absolu. Le très faible éclat apparent qu'elles ont en fait provient d'un grand éloignement que l'on a pu chiffrer par cela même. Et voilà comment on a pu arriver, mètre en mains, aux confins de l'Univers visible !

Ne voulant pas entrer dans les détails de calculs qui ne seraient pas de mise ici, je m'excuse de l'impression que vous laissera peut-être mon exposé. Vous pouvez penser en effet que nos connaissances astronomiques sont une superposition d'hypothèses ingénieuses mais incertaines, et que cela n'a pas grande consistance.

Si nous avons le temps d'entrer dans les détails, vous verriez au contraire que pour la quasi-totalité des points soulevés il y a pour ainsi dire unanimité des chercheurs sur les interprétations à adopter et que cette unanimité n'est acquise qu'après des calculs justificatifs et un examen détaillé et minutieux de très nombreux documents statistiques.

Et maintenant qu'avec le parsec nous avons une unité de longueur pas trop ridiculement petite pour exprimer des distances, puisqu'en dix ans la lumière ne parcourt que 3 parsecs et 30 en un siècle, servons-nous-en pour nous évader un peu par la pensée de notre Terre et de notre système solaire. Faisons fi des planètes et même des comètes qui, comme celle de Halley ou de Brookes, viennent orner parfois nos nuits et négligeons même les étoiles les plus voisines.

LA GALAXIE

Le premier domaine que nous nous proposons d'explorer est la Voie lactée ou Galaxie, immense groupement d'étoiles dans lequel notre Soleil est plongé parmi un grand nombre d'autres astres : de 30 à 100 millions selon les astronomes. Le nombre total des étoiles de l'Univers dépasse 100 milliards, ceci soit dit en passant. Cette Galaxie a la forme d'une grosse lentille dont la longueur et la largeur sont de 80.000 parsecs et l'épaisseur de 20.000. Il faut à la lumière 260 mille ans pour aller d'un bout à l'autre de la Galaxie. Nous ne sommes pas au centre, puisque 15.000 parsecs nous en séparent.

La Voie lactée, la Galaxie n'est pas ainsi, comme on pourrait le croire, une simple réunion d'étoiles jetées ça et là dans l'Univers pour le plaisir de nos yeux ; on y trouve beaucoup plus de variété.

LES NÉBULEUSES DE LA GALAXIE

On y rencontre, en effet, de ces corps d'aspect brumeux, à contours parfois indécis, d'un faible éclat ressemblant souvent à des nuages blanchâtres et qu'on appelle nébuleuses. Il y a d'ailleurs, comme nous allons le voir, des nébuleuses de bien des modèles. Citons d'abord des nébuleuses planétaires.

On sait que, à part le Soleil, les comètes, les planètes et leurs satellites, aucun astre n'a de diamètre apparent visible. Les nébuleuses planétaires sont les seuls objets du ciel à faire exception. On en connaît un petit nombre de centaines : ce sont sans doute des étoiles qui ont été d'une manière quelconque entourées d'une atmosphère

lumineuse de très grande étendue.

D'autres nébuleuses, comme celle du Cygne qui est à 100 parsecs de nous, 300 ans de lumière, presque à portée de la main, ou d'Orion, à 200 parsecs, ou la nébuleuse trifide M20 du Sagittaire de forme si curieuse, ressemblent à des nuages de fumée emportés par le vent. « À la vérité, ce ne sont pour ainsi dire que la fumée de notre propre cité d'étoiles éclairées par la lumière de cette cité ; ce sont des nuages de poussière et de fluide lumineux s'étendant d'étoile en étoile à l'intérieur de notre voie lactée ; elles forment des taches claires et des taches sombres dans le ciel, comme le font les fumées et la flamme d'un feu ordinaire. »

On a vu sur la nébuleuse d'Orion un singulier trou noir appelé tête de chien ou de cheval. Il y en a d'ailleurs bien d'autres exemples dans l'Univers.

De telles nébuleuses contiennent des étoiles mêlées avec elles.

LES AMAS DE LA GALAXIE

On trouve encore dans la voie lactée des amas globulaires, une centaine, comme l'amas globulaire d'Hercule où abondent des céphéides variables. Le plus proche est à 7.000 parsecs et le plus éloigné à 70.000, ce dernier se trouvant ainsi un peu en dehors de la Galaxie.

D'autres amas plus irréguliers existent aussi dans la Galaxie, l'un d'eux est à 37 parsecs de nous. Il ne nous faudrait que 110 ans pour y parvenir si nous étions transportés par un rayon lumineux.

Certains astronomes prétendent avec des raisons qui semblent excellentes que notre Soleil ferait partie d'une condensation d'étoiles qu'on appelle le système local et qui aurait comme rayon de 400 à 10.000 parsecs. Son centre serait à 100 parsecs de nous. La Galaxie contiendrait de nombreuses condensations analogues et, par exemple, les nuages du Sagittaire, de l'Écu, du Cygne, etc... en seraient des exemples. Le tout serait entremêlé de nuages obscurs.

Malgré les dimensions géantes de notre Galaxie : 260.000 années de lumière, ou si vous préférez, 80.000 parsecs, si nous regardons le reste de l'Univers, nous nous apercevons avec terreur que cette Galaxie, monde par rapport à nous, n'est elle-même qu'un point dans l'univers immense qui est ainsi peuplé d'un nombre considérable de cités d'étoiles ou, comme on les a appelées, d'univers-îles qui sont d'autres Galaxies éparses dans l'espace indéfini. On en connaît plus de 2 millions.

L'une d'elles, le grand nuage de Magellan, fait presque partie de notre Galaxie et en est, en tout cas, très voisin. Il est tellement lumineux que, placé à la même distance que la nébuleuse d'Orion, soit 600 années de lumière, il éclairerait assez vivement la terre pour donner des ombres visibles aux corps qui s'y trouvent.

LES NÉBULEUSES EXTRAGALACTIQUES

Ce grand nuage de Magellan n'a pourtant que 3.000 parsecs de diamètre, alors que la grande nébuleuse M31 d'Andromède en a au moins 12.000, soit quatre fois plus. Elle est tout juste visible à l'œil nu et un astronome a comparé sa lueur à la lueur d'une bougie vue à travers une lame de corne. Pour photographier ces nébuleuses, on

fait des pauses de 14 et 20 heures sur des plaques ultrasensibles et on voit ainsi apparaître des étoiles qui émergent de la lumière générale de la nébuleuse. Beaucoup d'entre elles sont des céphéides variables. Ce sont elles qui nous permettent de dire que cette nébuleuse est à 300.000 parsecs de nous, soit un millions d'années.

La nébuleuse la plus rapprochée de nous : M. 33 du triangle est à 850.000 années-lumière. Si, comme l'a dit un astronome, le premier homme avait envoyé un message par radio à toutes les nébuleuses, aucune ne l'aurait encore reçu. Il y a des nébuleuses beaucoup plus éloignées que les précédentes.

Par exemple M. 81 de la Grande Ourse est à 1.600.000 ans de lumière, c'est la première nébuleuse spirale que l'on ait observée. Dans la constellation de Pégase, on trouve 162 nébuleuses presque toutes à plus de cent millions d'années-lumière, soit 30 millions de parsecs ; chacune contient assez de matière pour donner naissance à une cité de milliards d'étoiles. Pour terminer ces quelques indications concernant les nébuleuses, disons que l'on connaît leur masse totale lorsque l'on connaît leur grandeur, à cause des lois de la gravitation. Si leur masse était autre, le calcul montre que l'on devrait avoir une nébuleuse de dimensions plus réduites. C'est ainsi que l'on connaît la masse de notre Galaxie, qui est de 270 milliards de fois celle du Soleil et aussi celle de la nébuleuse M31 d'Andromède, qui n'est que 3 milliards 500 millions celle du Soleil. Si l'on voulait voir à quelle masse totale cela nous entraîne, il faudrait noter que la masse du Soleil est 30.000 fois celle de la Terre, et enfin que le poids de la Terre est de 6 millions de milliards de kilogrammes.

On a pu constater en outre dans beaucoup de nébuleuses un mouvement de rotation d'ensemble. C'est ainsi que la Galaxie fait un tour sur elle-même en 300 millions d'années, tandis que la nébuleuse M 31 d'Andromède ne met que 19 millions d'années à faire un tour complet.

En tous cas la portée maximum de nos télescopes ne nous permettrait pas de voir des nébuleuses analogues à celles que nous connaissons et qui seraient à plus de 100 millions de parsecs ou 330 millions d'années-lumière. Ce sont donc là les plus grandes distances que nous puissions actuellement envisager.

LES NÉBULEUSES OBSCURES

Dans tout cet Univers existent en outre des nébuleuses obscures qu'il ne faut pas confondre avec des nuages de matière absorbante. Ces derniers sont souvent formés de calcium. Ce calcium interstellaire, surtout important dans la région du Sagittaire, n'est heureusement pas trop gênant et n'arrête pas de façon considérable les rayons lumineux ; les nébuleuses ne les arrêtent pas non plus beaucoup lorsque ces rayons viennent de plus loin encore. Elles laissent en effet de grands espaces vides à leur intérieur puisqu'un rayon lumineux n'a qu'une chance sur un milliard de se buter sur une étoile quand il traverse notre Galaxie ou une autre île-univers.

Nous nous sommes peut-être attardés un peu trop sur les nébuleuses ayant presque l'air d'ignorer les étoiles, ces étoiles dont les astronomes connaissent souvent tout : la distance, la vitesse, la température, le diamètre, le poids, la composition, l'âge et, pourrait-on ajouter, même le nom !

Ici encore, il faut s'étonner de l'ingéniosité de l'homme qui, observant des astres lointains sans jamais voir dans les télescopes les plus puissants autre chose qu'un simple point lumineux toujours sans dimensions transversales, a pu cependant connaître tant de choses sur ces astres.

Sans entrer dans des détails techniques qui nous entraîneraient trop loin, donnons cependant quelques précisions. La lumière des étoiles, étalée par un spectroscopie, montre les diverses radiations lumineuses qui la constituent et,

par les fines raies dont sont striés ces spectres, nous apprend déjà quelle est la composition chimique de ces étoiles, composition d'ailleurs assez semblable à elle-même d'un bout à l'autre de l'Univers.

Les étoiles ne sont pas toutes à la même température, donc n'ont pas la même couleur.

Si l'une d'elles nous apparaît avec la couleur rouge, c'est que sa température sera celle du rouge. De même si une autre est à la température du charbon de l'arc électrique, elle aura la même couleur.

TEMPÉRATURE DES ÉTOILES

Quoique les choses soient beaucoup plus compliquées que nous ne le laissons entendre ici, on est arrivé ainsi à connaître, d'après la répartition des couleurs fournies par la lumière d'une étoile, sa température. C'est ainsi que le Soleil est à 6.000 degrés. L'étoile bleue ϵ d'Auriga est à 20.000 degrés, mais à cause de sa couleur bleue elle est peu visible, car, dans une certaine mesure, chaleur et lumière s'opposent dans le spectre, les radiations les plus chaudes étant vers l'infra-rouge, et les plus lumineuses vers l'ultra-violet. L'étoile γ d'Hercule a seulement 2.650 degrés de température superficielle.

Si tout d'un coup, nous dit Jeans, notre oeil devenait sensible aux radiations de toute nature au lieu de n'en voir qu'une toute petite tranche, l'aspect du ciel subirait une étrange métamorphose. Les étoiles rouges Bételgeuse et Antarès, actuellement du 12e et 16e au point de vue de l'éclat, seraient les plus brillantes du ciel, passant avant Sirius, et l'étoile γ d'Hercule, dont nous venons de parler, qui a actuellement le 250e rang, aurait le sixième.

DIAMÈTRE DES ÉTOILES

La comparaison de la luminosité réelle d'une étoile, qui résulte de sa température, avec sa luminosité apparente permet pour une étoile de distance connue de savoir combien de kilomètres carrés a son disque lumineux, donc d'avoir son diamètre. Une autre méthode qui serait plus compliquée à exposer est celle de l'interféromètre qui, utilisant les phénomènes de diffraction de la lumière autour de l'image-point d'une étoile dans un télescope, a permis en superposant deux images de diffraction distinctes de la même étoile, d'en rendre mesurable le diamètre. L'accord est excellent entre ces deux modes de mesures toutes les fois qu'on a pu le faire. Il confirme la justesse des suppositions qui ont servi de base.

VITESSE DES ÉTOILES

C'est encore l'étude de la lumière émanant des étoiles qui nous a permis de connaître leur vitesse. La vitesse de déplacement apparente de l'étoile dans le ciel, compte tenu de sa distance, ne nous donne que la vitesse suivant une direction latérale perpendiculairement au rayon lumineux. Mais sa vitesse radiale, comptée dans le sens même du rayon nous resterait inconnue sans le phénomène de Doppler-Fizeau suivant lequel les raies du spectre se déplacent quand le corps émetteur a une certaine vitesse.

Si une locomotive se rapproche de nous, les ondes sonores qu'émet le sifflet auront l'air d'être plus serrées et plus précipitées qu'elles ne le sont en réalité, puisque la source émettrice se rapproche. On aura des sons plus aigus qu'ils ne devraient l'être. Le phénomène inverse se produira si le sifflet s'éloigne. De même, si une étoile se

rapproche de nous, les raies de son spectre seront déviées vers le violet, et vers le rouge si elle s'éloigne.

La comparaison de ces diverses données a permis de mesurer de nombreuses vitesses d'étoiles, vitesses qui sont souvent un peu inférieures à 100 kilomètres par seconde.

On m'excusera, j'espère, ne pouvant et ne voulant parler de tout, de laisser dans l'ombre tout ce qui dans un pareil domaine concerne la relativité d'Einstein, ou encore les théories toutes récentes de Lemaître sur l'Univers en expansion et les vitesses considérables que de telles théories accordent à certaines nébuleuses.

MASSE DES ÉTOILES

Revenons à nos étoiles pour dire comment en connaissant la grandeur réelle, on a pu en avoir la densité, en mesurant d'abord leur poids ou plus exactement leur masse.

La connaissance des masses des étoiles est souvent un peu incertaine. Les documents principaux dans une pareille matière proviennent de l'observation des systèmes binaires d'étoiles dans lesquels on voit deux étoiles tourner l'une autour de l'autre chacune décrivant, par rapport à l'autre, une ellipse ainsi que l'indiquent les lois, de la gravitation de Newton qui apparaissent ainsi vraiment comme des lois universelles. La considération de tels mouvements a permis dans tous ces cas d'étoiles binaires de mesurer les masses des étoiles composantes. On imagine en effet que si l'un des deux astres devenait subitement plus lourd, il serait moins mobile et obligerait l'autre qu'il écraserait de sa masse, à se déplacer davantage autour de lui et même à se rapprocher davantage de lui.

Les mesures de toutes les masses qui ont pu être faites ainsi ont apporté aux astronomes une grande surprise. Les étoiles ont toutes la même masse ; plus exactement : les masses sont assez peu variables. Si nous comparons la masse du soleil au poids d'un homme moyen, la plupart des masses des étoiles seraient comprises entre ceux d'un enfant et ceux d'un colosse. Pour prendre maintenant des cas extrêmes, la plus légère des étoiles dont la masse est bien connue a le cinquième de la masse du Soleil, mais ce n'est pas encore bien certain.

La masse moyenne des étoiles est les 94 centièmes de celles du Soleil qui apparaît comme un être assez honorable puisqu'il a obtenu lors de la distribution des masses un tout petit peu plus que la moyenne, pas beaucoup il est vrai, et qu'il mérite une note un peu supérieure à 10 sur 20 mais pas de 10 et demi sur 20.

DIVERS TYPES D'ÉTOILES

Avec autant de données, et il y en a bien d'autres que je ne puis énumérer, il est assez facile d'imaginer ce que sont les étoiles et comment elles sont constituées. Ce sont des globes lumineux épars dans le vide. Leur température superficielle est toujours de plusieurs milliers de degrés, leurs masses varient peu, leur grosseur varie par contre dans des proportions considérables puisque l'étoile de Van Maanen par exemple est plus petite que la Terre qui, elle-même, tiendrait à l'aise dans un de ces trous de feu du Soleil que nous appelons les taches solaires. À l'autre bout, Antarès, la plus grande étoile connue, a un diamètre qui est 450 fois plus grand que celui du Soleil. Dans Antarès, la Terre tiendrait avec l'orbite qu'elle décrit en tournant autour du Soleil. La lumière qui nous vient du Soleil ne met que 8 minutes, mais un rayon lumineux qui ferait le tour d'Antarès mettrait presque deux heures.

La densité de ces astres est extrêmement variable. Antarès, qui est près de 100 millions de fois plus volumineux que

le Soleil ne « pèse » sans doute que 50 fois plus. Une tonne de matière de Soleil y occupe un mètre cube et dans Antarès, elle y occuperait tout l'espace intérieur d'une grande cathédrale, il ne s'agit d'ailleurs là que de répartition moyenne, car, vraisemblablement, le centre d'Antarès est aussi dense que celui du Soleil avec une température de 5 millions de degrés.

Peut-être réalisez-vous mal de telles températures de plusieurs millions de degrés : certains astronomes pensent, à la suite de raisonnements techniques que je n'exposerai pas, que le centre du Soleil est à une température de 50 millions de degrés.

Chaufons par la pensée une tête d'épingle à cette température. Pour l'y maintenir, il faudrait un moteur de 1.000 trillions de chevaux-vapeur et la chaleur dégagée par cette tête d'épingle serait telle qu'elle tuerait tout être vivant qui s'en approcherait à plus de 1.500 kilomètres !

Certaines petites étoiles, comme le compagnon de Sirius, ont une densité moyenne supérieure à 50.000, alors que le platine n'a que 22 de densité. L'étoile de Van Maanen a sans doute une densité fantastique de 300.000.

NAINES ET GÉANTES

Ces astres sont de types différents en tant que couleur, la couleur étant liée à la luminosité et à la grosseur. Les étoiles, dans leur évolution, peuvent suivre deux routes principales. L'une va des étoiles bleues aux naines rouges. C'est la marche suivie par la plupart des étoiles ; mais certaines sont au début des géantes rouges ; elles suivent une autre voie, puis rejoignent le gros de l'armée. Rouges et géantes, au début, après être devenues bleues ou blanches, elles finissent en redevenant rouges et naines, ce qui les achemine vers la mort.

Au fur et à mesure de cette évolution, les étoiles se rétrécissent ; leur diamètre et leur masse diminuent et leur densité croît.

Signalons encore que lorsqu'elles sont jeunes, les étoiles gaspillent leur substance avec une grande prodigalité ; mais elles deviennent avares en vieillissant et se ratatinent lentement.

LE VIDE DE L'ESPACE

Ces astres si curieux et souvent si immenses sont cependant perdus dans le vaste monde. Nous avons déjà dit qu'un rayon lumineux qui traverse une nébuleuse, et il s'agit pourtant là d'un prodigieux amas d'étoiles, puisque notre Galaxie en contient près de 100 millions, n'a qu'une chance sur un milliard de buter contre quelque chose. Dans des endroits très serrés, trente fois plus qu'au voisinage du système solaire, on ne trouve guère que trois étoiles au parsec cube.

Mais voici une comparaison impressionnante de Jeans qui nous montrera bien le vide de l'espace.

Prenons, pour représenter les étoiles, tous les grains de poussière de Paris. Si nous considérons une zone de l'univers où les étoiles sont très serrées comme dans la Galaxie, il faudra les disperser de façon que chacun soit à 400 mètres du voisin. Si, dans le grand hall de la gare Saint-Lazare on met 6 grains de poussière on aura un encombrement extraordinaire par rapport à celui des amas stellaires. Si l'on voulait représenter non plus les parties

les plus riches en étoiles de notre Univers, mais la moyenne, il faudrait mettre chaque grain de poussière à 130 kilomètres des voisins. Dans son entier, l'univers n'est pas peuplé d'étoiles : c'est une étendue inconcevablement vaste d'espaces déserts dans lesquels la présence d'une étoile est un événement rare et exceptionnel.

Peut-être penserez-vous qu'à ce tableau de la vie des étoiles il manque, pour être complet, de souligner que, comme nous l'avons vu, les étoiles se déplacent avec de grandes vitesses. Il est vrai, mais pour reprendre notre comparaison des six grains de poussière dans le grand hall de la gare Saint-Lazare, il nous faudrait attendre des trillions d'années avant qu'un grain de poussière passe devant nous. Les étoiles jouent à colin-maillard et les joueurs sont si peu nombreux et si éloignés les uns des autres qu'ils n'ont presque aucune chance de se rencontrer.

Quoi qu'il en soit, les astronomes étudient avec passion, je dirai presque avec rage, la vie de ces étoiles, ce qu'elles étaient hier, ce qu'elles deviendront demain. Ce sont de telles études qui permettent de dire quelques mots sur la Naissance et la Mort de l'Univers.

Vous me ferez grâce, je l'espère, des commentaires techniques qui devraient accompagner les indications qui vont suivre, quoique sans eux on puisse croire qu'il s'agit de pures rêveries de cerveaux détraqués par l'abus des chiffres et par la mégalomanie de gens qui, vivant en contact journalier avec les mystères de l'Univers, s'imaginent peut-être en avoir la puissance et la grandeur.

LE CHAOS PRIMITIF

D'après Jeans, l'Univers se serait formé de la façon suivante. Il y aurait eu d'abord un chaos primitif, chaos qui quoiqu'il en soit question dans toutes les légendes, n'a jamais été contemporain avec aucun être vivant. Chacune des molécules de ce chaos avait, comme nous le constatons aujourd'hui, par exemple pour les molécules gazeuses, une vitesse propre qui est, dans l'air ordinaire, de 500 mètres par secondes. Sa densité moyenne aurait été un nombre extraordinairement petit. Pour en donner une idée, disons que dans l'air, chaque molécule est à une distance de la voisine plus petite que le tiers d'un millionième de millimètre, tandis que dans ce chaos, cette distance aurait été de 2 à 3 mètres, ce qui souligne à nouveau l'extrême degré de vide de l'espace.

Dans ce chaos, même s'il était homogène pour commencer, le moindre trouble initial, le moindre courant de molécules introduit un déséquilibre, car toute partie de l'espace, où il y a un peu plus de matière, toute condensation déjà amorcée tend à se grossir d'après les lois de la gravitation. À vrai dire, les résultats de l'étude mathématique, qui a été faite de cette tendance à l'agglomération des molécules, sont plus nuancés. Une condensation trop petite tend à disparaître, la vitesse propre des molécules luttant avantageusement contre la force attractive. Seule une condensation très grande peut se nourrir et grossir constamment. Le calcul montre que, par exemple avec la vitesse moléculaire de 500 mètres par seconde, il faut que la condensation ait une masse supérieure à 60 millions de fois celle du Soleil pour qu'elle puisse se maintenir. Cette masse devrait être augmentée si les vitesses moléculaires sont les plus grandes.

NAISSANCES DE NÉBULEUSES

Comme aucune étoile n'a une masse aussi inimaginable, cela prouve que les condensations primitives ne sont pas des étoiles, mais des nébuleuses, car on trouve couramment des masses de nébuleuses dépassant celle de 2 milliards de Soleil.

La Galaxie dans laquelle nous sommes plongés et qui est la plus grande nébuleuse connue, a même une masse qui est de 270 milliards de fois celle du Soleil.

Ces diverses grandes nébuleuses extragalactiques, y compris notre Voie lactée, ont ainsi condensé toute la matière disponible et ont cessé de croître lorsque toute cette matière a été agglutinée dans l'une ou l'autre d'entre elles.

Naturellement, les masses gazeuses qui se précipitaient vers une condensation en voie de formation, ne se dirigeaient pas forcément vers le centre, à cause des courants gazeux qui pétrissaient et animaient cet ensemble. C'est pourquoi les nébuleuses, au lieu d'être devenues des sphères immobiles, ont des formes tourmentées et les vitesses de rotation dont nous avons déjà parlé : M31 d'Andromède fait un tour complet en 19 millions d'années, ce qui peut paraître très lent, mais qui cependant oblige les masses du pourtour à faire des centaines de kilomètres par seconde.

Puis des condensations locales se sont produites : groupe d'étoiles. À leur tour, ces amas stellaires se sont résorbés en condensation encore plus petites qui sont les étoiles que nous connaissons. C'est toujours l'action des forces de gravitation qui est à la base de ces condensations à densité de plus en plus grande.

NAISSANCE DES ÉTOILES

N'insistons pas davantage sur cette genèse de l'Univers, genèse dont les astronomes arrivent de plus en plus à préciser les moindres détails. Une question que nous n'oserions peut-être pas poser aux astronomes est la suivante : quand sont nées les étoiles ? Quand a commencé ce grand chambardement et quand cet équilibre instable de la gravitation a-t-il amené la disparition du chaos initial ?

Nous n'oserions peut-être pas poser cette question aux astronomes, mais eux se la sont posée et ils ont déjà pu retrouver la date de naissance des premières étoiles. Elles sont nées il y a environ huit trillions d'années, plus exactement entre 5 et 10 trillions d'années. Les arguments en faveur de ces résultats ne manquent pas : on suit très bien le vieillissement des étoiles dans le ciel en regardant un grand nombre prises à des états différents. On sait, par exemple, combien de tonnes le Soleil perd chaque jour : 360 milliards, soit plus de 4 millions de tonnes par seconde.

On sait que quelle est la grandeur maximum que peut avoir une étoile. De là résulte le calcul approximatif de son âge. Ne pouvant ici insister sur tous ces points, ni énumérer toutes les méthodes qui ont conduit à de tels résultats, je me bornerai à en indiquer une dernière qui est bien curieuse, celle de l'équipartition de l'énergie.

ÉQUIPARTITION DE L'ÉNERGIE

Un corps qui se déplace a, par cela même, une certaine énergie : $\frac{1}{2}mv^2$ demi produit de sa masse par le carré de sa vitesse. S'il en rencontre d'autres doués d'une énergie moindre, après chaque choc le premier perd un peu de son énergie qui se retrouve dans les autres. Si, de même, plusieurs corps, les étoiles en l'espèce, se rencontrent de temps à autres, les énergies disponibles sur les diverses étoiles, finiront par s'égaliser. En fait, les collisions d'étoiles sont très rares à cause avons-nous déjà dit, du grand degré de vide de l'espace. Il s'écoule des trillions d'années entre deux collisions, mais quand eux étoiles passent près l'une de l'autre, leurs marches en sont perturbées et aussi leurs énergies, de sorte qu'il y a des échanges d'énergie même sans choc.

Les astronomes, dès qu'ils ont eu cette idée, se sont empressés de mesurer les énergies d'un grand nombre d'étoiles et ils en ont déduit par le calcul, l'époque à laquelle elles étaient nées par condensation de nébuleuses, puisque l'énergie est d'autant plus également répartie qu'on attend davantage. Ils ont retrouvé ainsi ce même chiffre de 5 à 10 trillions d'années.

L'ÂGE DES NÉBULEUSES

Mais vous êtes insatiables, et maintenant que vous savez quand sont nées les étoiles, vous osez demander quand sont nées leurs mères, ces immenses nébuleuses. EN les regardant vivre et voyant le temps qu'il leur faut pour se désagréger, on est amené à parler de cent trillions d'années.

Diverses considérations de physique atomique conduisent à penser, nous dit Jeans, que la matière actuelle de l'univers ne peut avoir existé depuis toujours et nous pouvons fixer un âge approximatif à l'époque où aurait eu lieu un événement déterminé, ou une série d'événements, ou un phénomène continu qui aurait créé de la matière : cet âge est de 200 trillions d'années environ. La matière serait ainsi, d'après Jeans, 25 fois plus vieille que les étoiles.

Et si vous osez demander : Et avant tout cela, qu'y avait-il ? je vous répondrais froidement, comme le ferait un président d'assises : « La question ne sera pas posée. » D'ailleurs, sachez, si cela vous intéresse, et ne voyez pas là une simple pirouette, que les théories d'Einstein qui utilisent l'espace-temps déclarent que cela n'a aucun sens de parler d'espace ou de temps à une époque où la matière n'existait pas.

LA MORT DE L'UNIVERS

Parlons, si vous le voulez bien, de la mort de l'Univers : Les étoiles vont l'une après l'autre se refroidissant et transformant en chaleur rayonnée les énergies presque inépuisables qu'elles contiennent. Les rivières vont toujours de la montagne à la mer et on n'a jamais vu l'eau remonter ce cours. La science ne peut, pour des raisons analogues, que considérer comme une aimable fantaisie l'hypothèse d'après laquelle l'énergie qui se dégrade ainsi se mettrait un jour à se « regrader » et créerait de nouveaux ciels et un nouvel univers. C'est donc vers le froid final et vers des étoiles mortes, mais gardant encore quelques temps un reste de vitesse, que nous allons.

Le résultat de cette disparition fantastique de toute l'énergie contenue dans l'univers sera de porter l'espace à une température bien inférieure à celle de l'air liquide. La température de la surface terrestre n'en serait augmentée que de la six-millième partie d'un degré centigrade, alors que la mort du Soleil l'aurait réduite à presque rien. L'anéantissement d'un grand nombre d'univers successifs se dissolvant dans le vide immense qui nous entoure ne produirait pas plus d'effet que la chute de quelques grains de sable dans un puits très profond.

On a essayé de chiffrer le nombre d'années pendant lesquelles nous pourrions encore vivre tranquilles ; c'est chiffres sont encore un peu incertains, car le Soleil a devant lui, en tant que mode de refroidissement, deux possibilités dont l'une serait pour nous plus catastrophique que l'autre. Mais, dans un cas comme dans l'autre, nous pouvons tabler encore au moins sur un trillion d'années : mille milliards d'années !

CONCLUSION

Que ceci nous rassure donc un peu. Ceux de nos descendants qui verront la fin du monde seront tellement loin de nous qu'ils auront oublié et nos noms et nos oeuvres.

Au lieu donc de conclure devant la perspective d'un anéantissement final de l'Univers sur une note pessimiste, je vous dirai bien au contraire : réjouissons-nous tous ensemble. La terre n'a, en effet, pensent les astronomes, qu'un âge de 2 milliards d'années. La vie n'existe à sa surface que depuis 300 millions d'années et l'homme que depuis 300.000 ans. Plus réduite encore est la vie pensante, puisque les débuts de l'astronomie ne remontent guère qu'à 3.000 ans.

Or, cette humanité qui ne pense que depuis 3.000 ans, qui ne connaît le télescope que depuis 300 ans et ne commença guère à bien connaître l'univers que depuis 30 ans, a devant elle un trillion d'années de recherches et d'observations pour apprendre à mieux connaître ce qui l'entoure !

Quelle constatation plus optimiste que celle-là pourrait-on faire, je vous le demande ?

[1] Un grand nombre de renseignements utilisés pour la rédaction du texte ci-dessous proviennent du Bulletin de la Société Astronomique de France et nous ne saurions trop recommander aux lecteurs que ces questions intéressent, de se faire inscrire à cette Société. D'autres proviennent de divers ouvrages et en particulier de l'excellent volume de Sir James Jeans, L'Univers (Payot, éditeur) ou du même auteur Les étoiles dans leurs courses (Hermann, éditeur).

Nous recommandons également un volume tout récent et remarquable à bien des égards : Parmi les étoiles, de Paul Couderc (Bourrellier, éditeur).