

tirant d'eau de 5 m. 80. Son déplacement avec ce même tirant d'eau est de 15 350 tonnes. La machine motrice à triple expansion, placée, ainsi que les chaudières, à l'arrière, d'une puissance de 2000 chevaux, indiqués à la vitesse de 85 tours à la minute, donne au navire une vitesse de 18 km 5 à l'heure. A l'avant

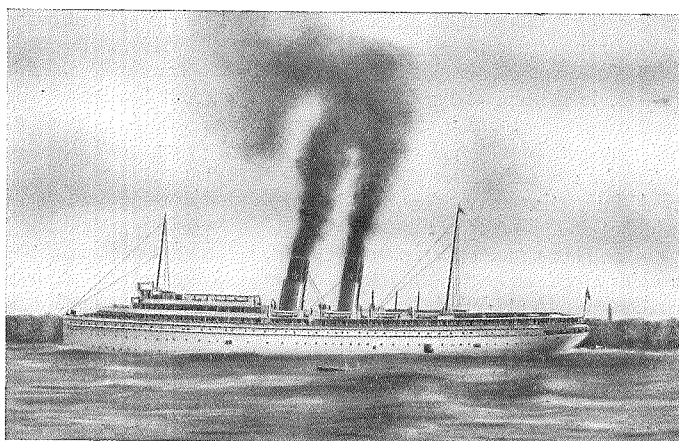


Fig. 8. — Navire servant au transport des voyageurs sur les Grands Lacs.

trouve le logement de l'équipage qui se compose de 25 hommes.

La figure 7 représente la chambre médiane occupant la presque totalité de la longueur du navire et destinée à recevoir le chargement de minerai. Cette chambre, de 134 m. de longueur et de 10 m. 90 de largeur à la base, contient, comme nous l'avons dit, 10 400 tonnes de minerai. Les panneaux séparés par les fermes qui relient les deux bords du navire et dans lesquels on descend la benne à mâchoire qu'on voit sur la figure au moment où elle se charge automatiquement, sont au nombre de 56. Un tel navire peut recevoir son chargement de 10 400 tonnes de minerai en 40 minutes et peut être déchargé en 4 heures 1/2, grâce aux engins de chargement et de déchargement puissants et économiques que nous venons de décrire. Comme nous l'avons dit plus haut, de nouvelles écluses sont en construction, donnant un tirant d'eau de 7 m. 50, et il n'est pas douteux que, lorsque celles-ci seront achevées, on

en profitera pour construire des navires d'un plus grand tonnage afin de faire face au développement du trafic qui ne fait que s'accroître chaque jour. Quant au type du navire, il est douteux qu'il soit modifié, car si au point de vue esthétique il laisse à désirer, au point de vue du transport des matières pondé-

reuses pour lesquelles il est construit, il remplit toutes les conditions d'économie et de facilité de chargement et de déchargement.

Si le trafic des marchandises est très important sur les Grands Lacs, celui des voyageurs pendant la belle saison, qui dure de juin à fin septembre, ne l'est pas moins. Le nombre de voyageurs transportés annuellement atteint le chiffre de 16 millions et, pendant la saison d'été, les navires destinés à ce service sont littéralement bondés. La figure 8 montre un de ces navires faisant le service entre Duluth et Buffalo et appartenant à la *Northern Steamship Co.* Muni de deux hélices, sa longueur est de 117 m. 73 et sa largeur de 13 m. 50. Un autre service de bateaux de voyageurs très important est celui sur le lac Érié entre Cleveland et Detroit et entre Cleveland et Buffalo. Les navires, très luxueux, qui font ce service, sont à roues et de l'ancien type américain bien connu qui ne présente rien de particulier.

R. BONNIN.



LE CYCLE D'ÉVOLUTION DE LA MATIÈRE

L'Univers doit-il avoir une fin? L'évolution de la Matière et de l'Énergie est-elle éternelle?

A ces questions d'actualité scientifique, et sur lesquelles M. le professeur Jean Becquerel a fait au Muséum, le 30 avril dernier, une magistrale conférence, nous ne pouvons répondre que par un exposé de faits révélés par les plus récentes découvertes de la physique, faits qui, s'ils ne nous permettent pas de pénétrer totalement les mystères de l'absolu, nous autorisent tout au moins à établir les bases d'un système d'évolution générale en cycle fermé, de la matière universelle, et de régénération de l'énergie dans les astres au cours de cette évolution.

La large place faite dans *La Nature* à l'étude des corps radioactifs nous dispense de revenir sur l'exposé de leurs propriétés. Nous rappellerons seulement que ce sont des *éléments simples* en cours d'évolution rapide. Ils se détruisent en formant, aux dépens de leur sub-

stance, des éléments nouveaux dits « produits de désintégration ».

En consultant une table des constantes radioactives, où sont énumérés les temps que mettent à *disparaître* les différents éléments radioactifs, on se rend aisément compte que ces éléments sont de formation relativement récente. Il est donc évident que si leur existence datait de l'origine même de la Matière, ils auraient disparu de l'Univers depuis des temps dont il est difficile de se faire une appréciation.

Dans ces conditions, il paraît indispensable que toute matière radioactive se forme d'une manière continue dans la Nature.

Et aux dépens de quoi peut se former la matière radioactive, si ce n'est aux dépens de la matière *ordinaire*?

A ces déductions, qu'une logique indiscutable nous

impose, nous ajouterons deux observations d'un intérêt fondamental pour le sujet qui nous occupe :

1° Les corps radioactifs nettement définis chimiquement, c'est-à-dire le radium, le thorium et l'uranium, ont pour poids atomiques respectifs : 226,5, 232 et 238,5. *Ces poids atomiques sont, de loin, les plus élevés dans l'échelle de tous les corps simples.*

2° Au cours de leurs désintégrations successives, les éléments radioactifs produisent de l'hélium. *Or, l'hélium est un corps simple, qui se classe tout au commencement de l'échelle des poids atomiques.*

Ces premières observations semblent déjà indiquer, dans ses grandes lignes, l'existence d'un cycle d'évolution dans lequel, par un phénomène extrêmement lent, la matière ordinaire tendrait continuellement à évoluer vers un état plus complexe, se manifestant par une gradation progressive de poids atomique, pour aboutir enfin à un état tel, que la complexité de l'architecture de l'atome devienne une cause de son instabilité. Ce serait alors l'état radioactif, cause ou moyen, du retour des constituants de l'atome radioactif à un état plus simple et plus stable.

Dans une évolution de ce genre, il faudrait donc considérer deux phases distinctes : l'une ascendante, pendant laquelle la matière acquiert une complexité de plus en plus grande et emmagasine de l'énergie; puis la phase radioactive, phase descendante; cette dernière étant une *dégradation* avec libération de l'énorme quantité d'énergie accumulée pendant la phase ascendante.

Malheureusement pour la science, la phase radioactive est la seule qui mette à notre portée, dans nos laboratoires, des sujets d'expérimentation positive. Étudier les lentes périodes de régénération de la matière sur la Terre, il n'y faut pas songer. La période biologique d'un astre comme le nôtre n'est qu'un court incident de son évolution totale, et pour l'homme, fugitif passant sur sa planète, l'Univers paraît stable et immuable.

Mais ce que la courte existence de l'humanité ne lui permet pas de voir sur un astre, dont l'évolution personnelle demande peut-être des *millions de siècles* pour manifester un changement un peu sensible dans sa constitution, elle peut l'étudier à loisir dans le nombre incommensurable de mondes qui, dans l'espace, offrent leur lumière aux lunettes de nos observatoires, et se trouvent, pour la plupart, à des phases différentes de leur évolution respective. C'est donc dans les astres que nous pourrions, par la spectroscopie, suivre les différents degrés caractéristiques de la phase d'évolution ascendante, phase pendant laquelle la matière se régénère avant d'atteindre cette atomicité majeure après laquelle elle semble mourir pour reprendre une vie nouvelle, tel le phénix renaissant de ses cendres.

Revenons, non au déluge, mais à l'hélium. Que devient-il sur la Terre, une fois libéré par les éléments radioactifs du sol?

La quantité d'hélium présente dans l'atmosphère terrestre est extrêmement inférieure à ce qu'elle devrait être, étant donnée sa production continue, assez exactement calculée d'après la teneur en éléments radioactifs, de la croûte terrestre.

La raison de cette anomalie apparente est aujourd'hui connue. La loi de répartition des gaz dans l'atmosphère veut que la proportion des gaz légers augmente avec l'altitude; or, à une certaine hauteur, le calcul de la répartition en fonction des densités montre que l'hélium et l'hydrogène, extrêmement raréfiés, restent seuls,

Dans l'état où ces gaz se trouvent aux extrêmes limites de notre atmosphère, et d'après la théorie cinétique des gaz, celles de leurs molécules, qui sont convenablement orientées et dont la vitesse d'agitation thermique atteint une certaine valeur au-dessus de la moyenne, *peuvent échapper à la gravitation.*

Ces gaz peuvent donc quitter l'atmosphère terrestre pour se répandre dans les espaces interplanétaires¹.

La Nature semble avoir donné à l'hélium, par ses propriétés spéciales, une place absolument à part des autres éléments. A l'encontre des autres gaz, il est perpétuellement *libre*, car n'étant doué d'aucune affinité chimique, il ne peut être fixé dans aucune combinaison. De plus, l'illustre professeur de l'Université de Leyde, M. Kamerlingh-Onnes, a montré que sa température de condensation est très près du *zéro absolu* (— 273° C.).

Ces deux propriétés assurent à l'hélium la possibilité de rester, sur une planète refroidie, près de sa fin, le *dernier* constituant atmosphérique. Alors que les autres gaz, l'hydrogène même, seraient solidifiés, il serait donc toujours le dernier à pouvoir quitter une planète.

Est-il dans la Nature quelque chose de plus troublant que le fait de ces propriétés étranges dont est douée la matière arrivée aux stades extrêmes de ses phases évolutives? D'une part, la permanence à l'état libre de l'hélium, corps léger et de faible poids atomique; d'autre part, la radioactivité, libératrice de l'énergie intra-atomique et de la matière régénérable : l'hélium.

Mais l'hélium, formé aux dépens d'un astre froid, pourrait-il être susceptible de recommencer le cycle d'évolution sur ce même astre?

Il semble que non. La période radioactive caractérise une dégénérescence des vieux éléments dans les mondes également trop vieux, et qui atteignent la phase descendante. Pour que la matière se régénère, il lui faut sans doute les moyens d'accumuler à nouveau les colossales quantités d'énergie intra-atomique qu'elle a libérées pendant l'état radioactif. Et cette énergie ne pourra lui être fournie que lorsque, perdue dans l'espace, l'hélium des nébuleuses trouvera des centres de gravitation, formera des étoiles chaudes² dans lesquelles se trouvent réalisées des températures et des pressions intérieures hors de proportion avec tout ce que nos connaissances en dynamique nous permet d'imaginer. Ces étoiles chaudes, appelées « étoiles à hélium » par les astronomes, marquent donc le premier stade, le point de départ de l'évolution ascendante de la matière cosmique.

L'admirable ouvrage de sir Norman Lockyer (*L'Évolution inorganique*) nous montre comment, à l'aide du spectroscope, on peut observer cette regradation de la matière dans les étoiles à mesure que leur température décroît. Au début du refroidissement apparaissent, les premiers, les spectres des éléments les plus simples (ou de plus faibles poids atomiques), puis ensuite, progressivement, viennent les éléments de plus en plus complexes, et enfin, dans les étoiles dites *froides* (?), comme notre Soleil par exemple, on trouve la presque totalité des corps simples connus sur la Terre.

Mais cette sorte d'évaporation des mondes morts, libérant l'essence d'une matière primordiale sous forme d'hélium, pour lui permettre de reprendre vie sous l'in-

1. Arrhénius, dans *L'Évolution des Mondes*, indique que toute planète est destinée à perdre son atmosphère, et donne une explication très rationnelle de ce phénomène.

2. Par la spectrophotométrie, M. Ch. Nordman a pu évaluer la température de certaines de ces étoiles à plus de 25 000 degrés.

fluence des forces de gravitation, suffit-elle à caractériser un cycle d'évolution perpétuelle sans commencement ni fin ?

Il serait oiseux de porter la question sur le terrain des abstractions philosophiques, mais la discussion semble pouvoir être traitée sur un terrain plus approprié : la thermodynamique.

On nous objectera immédiatement le principe de Carnot. Mais le principe de Carnot est-il applicable à l'Univers ?

Si nous considérons l'enceinte théorique de Clausius, dans laquelle il est convenu qu'il est impossible de trouver de l'énergie disponible quand tous les corps qui y sont réunis sont à la même température, et que rien ne peut y pénétrer de l'extérieur, il est évident que toute l'énergie y est, *non détruite*, mais *dégradée*, indisponible, c'est un équilibre complet ; et un tel milieu abandonné à lui-même est irrémédiablement *mort*.

Mais pouvons-nous considérer l'Univers comme une enceinte théorique de Clausius ? Il paraît évident que non ; d'ailleurs une exception au principe de Carnot-Clausius a été signalée par Arrhénius, qui a mis en évidence le fait d'une diminution de l'entropie dans des nébuleuses en voie de condensation.

Une autre exception peut être même imaginée sous une forme très rationnelle. Le principe de Carnot peu très bien s'énoncer de la façon suivante : « Il est impossible à la chaleur de passer d'un corps froid sur un corps chaud. » Cependant si nous supposons qu'une molécule d'hélium s'échappe de l'atmosphère terrestre par son énergie cinétique propre, chose démontrée possible par le calcul, et avec une vitesse telle qu'elle reste néanmoins dans la zone de gravitation solaire, elle sera captée par le Soleil. Au moment de sa captation, l'énergie balistique accrue par la gravitation

sera telle qu'elle fournira de la chaleur au Soleil, au lieu d'en absorber. Ainsi, de la chaleur aura pu être fournie à un astre chaud par un astre froid ; le principe est en défaut. On peut encore objecter que nous sortons des conditions expérimentales : d'accord, mais l'exemple est basé sur des théories confirmées par l'expérience ; ensuite la gravitation, qui joue le rôle principal en ce cas supposé, n'est pas à la portée de l'expérimentateur.

Il faut ajouter d'ailleurs que le principe de Carnot n'est nullement un principe mathématique, et on ne doit le considérer que comme un principe de plus grande probabilité.

Il nous semble donc qu'il n'est pas incompatible avec les données de la physique moderne de considérer l'énergie de l'Univers comme régénérable parallèlement à la matière, et que l'hypothèse de la possibilité d'un cycle d'évolution sans commencement ni fin, puisse se soutenir presque au même titre que le principe de la conservation de l'énergie et de la matière. Les phénomènes connexes de la radioactivité ne nous ont-ils pas démontré la fausseté du principe de l'intangibilité des éléments simples, qui paraissait autrement absolu que le principe de Carnot il y a seulement une dizaine d'années ? Ne nous ont-ils pas, encore, révélé la grandeur insoupçonnée de l'énergie intra-atomique de la matière ?

C'est pourquoi, sans attendre de la Nature une nouvelle révélation de quelques-uns de ces secrets, nous osons prétendre que déjà une telle hypothèse est suffisamment défendable avec les seuls arguments de la Science actuelle, arguments que l'espace restreint d'un simple article ne nous permet malheureusement pas de présenter avec des développements suffisants pour entraîner une conviction plus complète du bienveillant lecteur.

L. MATOUT.

Assistant au Muséum.

LE DIRIGEABLE « ADJUDANT-RÉAU »

La superbe campagne que vient d'accomplir le nouveau dirigeable *Adjudant-Réau* place ce ballon au premier rang de la flotte aérienne mondiale. Merveilleusement mis au point dès sa première sortie, il a effectué ensuite diverses ascensions, entre autres celle d'altitude (1500 m.), puis son remarquable voyage de 21^h 20^m 50^s qui eut lieu les 18 et 19 septembre avec, pour mission, de faire une reconnaissance stratégique de toutes nos places militaires de l'Est. Il a ainsi couvert un parcours curvimétrique de 989 km 500 et un parcours polygonal de 917 km 400 et est devenu détenteur des records de durée, de distance et de vitesse.

L'*Adjudant-Réau*, construit par la société *Astra*, cube 8950 m. et constitue, en ordre de marche, une masse de 10 tonnes dont 5 tonnes 1/2 sont disponibles et représentent le poids des passagers, des approvisionnements d'essence, d'huile, d'eau et de lest, celui de l'armement, de l'outillage, des appareils de télégraphie sans fil, etc. Il appartient au type souple ; son étoffe est faite d'étoffe caoutchoutée double ; il mesure 86 m. 78 de longueur et 14 m. de diamètre au maître-couple. Les pointes avant et arrière sont des cônes sphériques.

À la partie inférieure de la pointe arrière sont fixées deux soupapes à gaz fonctionnant : soit auto-

matiquement, pour une pression intérieure donnée, soit à la volonté du pilote, au moyen d'une commande spéciale. Entre les deux soupapes se trouve la manche de gonflement ligaturée et masquée pendant la marche. Cette manche peut être atteinte au moyen d'une échelle spéciale, ce qui facilite les renflouements en pleine campagne. Sur le dos du ballon, à la partie centrale, se trouvent deux fuseaux de déchirure permettant le dégonflement rapide en cas de besoin.

Afin de compenser les pertes de gaz qui peuvent se produire pendant les ascensions, et maintenir à l'intérieur du ballon une pression suffisante, on envoie de l'air dans deux ballonnets situés à l'intérieur de l'enveloppe à l'aide d'un ventilateur placé dans la nacelle et relié aux ballonnets par une manche spéciale. Ces ballonnets, dont le volume total est de 5120 m³ sont limités par des parois en étoffe caoutchoutée cousues sur l'enveloppe et s'appliquant, au repos, sur la partie inférieure du ballon. Chacun d'eux est divisé en deux parties par une cloison de percale, pour éviter les déplacements des masses d'air ; enfin ils sont pourvus de deux soupapes analogues aux précédentes. L'enveloppe porte les empennages horizontaux et verticaux du ballon ; ces empennages sont constitués par des