

LA LIQUÉFACTION DE L'HÉLIUM ¹⁾

PAR

H. A. LORENTZ.

Le mois passé s'est signalé par deux évènements qui, tant par eux-mêmes que par leur liaison, resteront inoubliables dans l'histoire de la physique néerlandaise. Le 13 juillet, les disciples anciens et actuels du professeur VAN DER WAALS honoraient leur maître à l'occasion de sa retraite de l'Université d'Amsterdam; la pierre commémorative placée dans la salle des cours témoigne en quelques mots, éloquents pour les initiés, ce que l'on doit au grand physicien: en premier lieu l'équation d'état et la loi des états correspondants de la matière. Trois jours plus tôt le professeur KAMERLINGH ONNES à Leiden vit une longue suite d'années d'un labeur intense, guidé par les théories de M. VAN DER WAALS, couronnée de succès par un de ces résultats qui méritent d'être enregistrés en lettres d'or: la liquéfaction de l'hélium.

Dans les lignes qui suivent, destinées à faire connaître ce qui a pu être atteint par un concours heureux de la théorie et de l'expérience, il n'est pas permis de laisser dans l'oubli un physicien néerlandais de date déjà ancienne: MARTINUS VAN MARUM, le premier directeur du cabinet de physique de la Fondation de Teyler van der Hulst créée en 1778, savant justement célèbre par les résultats obtenus avec la grande machine électrique conservée encore à Harlem, et non moins comme allié de LAVOISIER dans la réforme de la chimie. Il vit passer à l'état liquide l'ammoniac lorsque, dans un tube vertical contenant ce gaz, il fit monter du mercure par la pression de l'air sous la cloche

¹⁾ Traduit du *Nieuwe Rotterdamsche Courant* du 4 août 1908. Une prochaine livraison des *Archives néerlandaises* contiendra la description des expériences, communiquée par M. H. KAMERLINGH ONNES à l'Académie Royale des Sciences d'Amsterdam.

de sa machine de compression. De plus, il observa ce que l'on pourrait appeler le prélude de la liquéfaction. A côté du tube à ammoniac se trouvait installé un autre pareil contenant de l'air atmosphérique et dans lequel le mercure était poussé par la même pression. La loi de BOYLE, d'après laquelle à température constante le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit, lui permit de mesurer cette dernière. Or, tandis que l'état liquide de l'ammoniac apparut lorsque la pression était montée à environ trois atmosphères, déjà plus tôt le gaz montra quelque chose de particulier : à la pression de deux atmosphères le volume du gaz ne se trouvait pas réduit, comme celui de l'air, à la moitié, mais à moins encore. Ainsi, cette expérience ne réalisa pas seulement pour la première fois la liquéfaction d'un gaz, mais fit aussi connaître par l'observation le premier écart de la loi de BOYLE.

Dans le cours des années le gaz ammoniac fut suivi par plusieurs autres. Faraday réussit à liquéfier le chlore, l'acide sulfureux, l'acide carbonique, l'oxyde azoteux et il y a quarante ans les laboratoires de physique disposaient d'appareils qui permettaient d'obtenir de grandes quantités d'acide carbonique liquide et de démontrer dans les leçons publiques les propriétés physiques de cette substance et de l'acide carbonique à l'état solide. Quelques gaz, désignés alors comme gaz permanents, restaient réfractaires, mais pour la plupart ne tardaient pas à être subjugués; vers 1885, grâce aux travaux de M. PICTET et de M. GAILLETET, qui les premiers liquéfièrent l'oxygène, et aux expériences de WROBLEWSKI, l'hydrogène était le seul des gaz alors connus, que l'on n'avait pas réussi à rendre liquide.

L'écart de la loi de BOYLE, observé par VAN MARUM, n'était non plus resté un fait isolé. Plusieurs physiciens, particulièrement REGNAULT, avaient examiné, avec grande précision, les lois de la compressibilité des gaz, de sorte que pour plusieurs de ces substances on pouvait représenter graphiquement, par des courbes que l'on appelle des isothermes, la relation qui existe à diverses températures déterminées entre la pression et le volume. Enfin, les expériences d'ANDREWS avaient mis en lumière quel est le rôle de l'augmentation de pression d'une part et de l'abaissement de la température de l'autre dans la liquéfaction d'un gaz. Il reconnut qu'il n'est pas possible de convertir un gaz en liquide, à moins que la température ne soit abaissée au-dessous d'une certaine limite, qu'il nommait *la température critique*, et qui, pour l'acide car-

bonique sur lequel il expérimenta, est de 31 degrés de l'échelle de Celsius. On peut bien, au-dessus de cette température, si l'on fait monter suffisamment la pression, continuer à comprimer le gaz au point de le rendre aussi dense qu'un liquide, mais on ne peut pas réaliser en même temps dans une même enceinte deux états de densités différentes dont l'un pourrait être appelé l'état liquide, l'autre l'état gazeux, en termes techniques: faire coexister ces deux *phases*, à moins que la température ne se trouve abaissée au-dessous de la température critique. Si l'on chauffe, — c'est actuellement une expérience de cours ordinaire, — une certaine quantité d'acide carbonique, contenue dans un tube de verre, et dont une partie se trouve à l'état liquide, une partie à l'état gazeux, on voit, lorsque la température a monté au-dessus de 31°, les deux phases se confondre en une seule substance homogène et, si l'on arrange l'expérience de manière que la surface de séparation reste environ à la même hauteur, on voit distinctement par l'aspect des deux phases que la différence de densité devient d'autant moins prononcée que la température s'élève, et qu'elle disparaît complètement à 31° C. L'état qui se présente à ce moment lorsque la vapeur et le liquide sont devenus identiques, est appelé *l'état critique*, la pression, exercée par la substance en cet état, *la pression critique*.

On était avancé à ce point lorsque, en 1873, M. VAN DER WAALS dans sa thèse de doctorat développa les vues par lesquelles on devrait se laisser conduire dans des progrès ultérieurs.

La théorie de M. VAN DER WAALS est une de celles dans lesquelles on tâche de rendre raison des phénomènes en se représentant un mécanisme qui en serait la cause, mais qui en lui-même n'est pas accessible à l'observation. On admet que la matière est composée de molécules qui se trouvent continuellement dans un état de mouvement irrégulier, dirigé tantôt d'un côté, tantôt d'un autre. La vitesse de ce mouvement détermine la température et si l'on se sert de températures absolues, c'est-à-dire si l'on prend pour zéro un point situé à 273 degrés au-dessous du point de fusion de la glace, la température peut être considérée comme proportionnelle à l'énergie cinétique que possèdent les molécules en vertu de leurs vitesses de translation. Les valeurs numériques dont il sera parlé tantôt se rapportent pour la plupart à cette échelle naturelle de température, quoique quelquefois nous nous tiendrons au zéro ordinaire. Il ne peut en résulter aucun malentendu, parce que la nature même de notre sujet comporte que dans ce qui suit nous ne parlons que

de températures au-dessous de celle de la glace fondante. Aller au-dessous du zéro absolu n'a pas de sens, parce qu'il y aurait un terme à l'abaissement de température, dès que tout le mouvement serait ôté aux molécules. D'ailleurs ceci même serait impraticable: on peut approcher de plus en plus du zéro absolu, jamais on ne peut l'atteindre.

Selon M. VAN DER WAALS les propriétés des gaz et des liquides sont déterminées par deux facteurs; savoir, par l'attraction réciproque des molécules et par leur propre volume. C'est l'attraction qui fait prendre l'état liquide à la matière et qui, déjà avant que ce point eût été atteint, avait, dans l'expérience de VAN MARUM, condensé le gaz ammoniac dans un espace moindre que celui qui répond à la loi de BOYLE. D'autre part, c'est à l'espace occupé par les molécules mêmes que nous attribuons le fait que le volume d'un corps ne peut pas être réduit au-delà d'une certaine limite et que, par exemple, l'eau ne peut être comprimée que dans un bien faible degré; dans les circonstances ordinaires ses molécules se trouvent déjà presque en contact. Des mesures précises accusent, déjà dans les gaz, l'influence des dimensions moléculaires. Il arrive qu'elles causent des écarts de la loi de BOYLE opposés à ceux que l'on observe dans le gaz ammoniac.

L'„équation d'état” e. à. d. l'énoncé algébrique des relations qui, à l'état d'équilibre, existent entre la pression, le volume et la température d'une quantité donnée de gaz, contient deux valeurs numériques qui pour chaque substance ont une grandeur déterminée, et dont on peut considérer l'une comme la mesure de l'attraction moléculaire, l'autre comme celle du volume des particules. La formule permet de rendre compte de la marche de la compression à diverses températures. Mais ce qui mérite surtout d'attirer l'attention, c'est que la théorie sait expliquer aussi les phénomènes qui ont conduit à la notion d'une température critique et nous apprend à déduire cette température du „coefficient d'attraction” et du „coefficient de volume” que nous venons d'indiquer; cette température est d'autant plus basse que l'attraction est plus faible et que les dimensions des molécules sont plus grandes. Comme on peut déduire ces deux coefficients de l'allure des isothermes, M. VAN DER WAALS nous a fourni le moyen de conclure, de ce que nous avons nommé le prélude de la liquéfaction, aux particularités qui se présenteront dans la condensation, et d'élever ainsi, — plus ou moins selon la précision des données disponibles, — une liquéfaction réussie à la confirmation d'une prévision théorique.

Disons dès maintenant, que la température critique de l'oxygène est — 118° C., c. à d. 155 en degrés absolus, et que celle de l'hydrogène est encore beaucoup plus basse, savoir près de 30° . On peut évaluer à 5° celle de l'hélium. Voulons nous liquéfier ces gaz, il est nécessaire de descendre au-dessous des limites fixées par ces nombres. Il ne nous sert de rien d'obtenir une grande densité par l'application de pressions énormes à de plus hautes températures. Pour plusieurs buts, en effet, il est nécessaire d'avoir un „liquide” réel, que l'on peut verser comme de l'eau dans un récipient ouvert et qui peut subsister même sous des pressions plus faibles que celle de l'atmosphère. C'est ce qui n'est possible qu' au-dessous de la température critique.

Quant à la manière de produire le froid requis, il est clair que le refroidissement d'un corps par un autre, quoique d'application fréquente, ne peut jamais servir pour arriver à des températures non réalisées préalablement. Pour ceci il n'y a qu'un moyen: amener les molécules à un repos de plus en plus complet, en les plaçant dans de telles conditions qu'elles subissent des forces opposées à la direction de leur mouvement; en d'autres termes, il faut consommer une partie de la chaleur du corps en lui faisant exécuter quelque travail. C'est ce qui a lieu lorsque le liquide s'évapore; si l'on éloigne continuellement la vapeur, le liquide, malgré la chaleur qui lui est communiquée du dehors, peut se maintenir à une température constante, qui n'est en réalité que son point d'ébullition sous la pression exercée sur le liquide, température d'autant plus basse que cette pression est plus faible.

Particulièrement important est l'abaissement de température désigné ordinairement, d'après les physiciens qui l'observèrent les premiers, sous le nom d'effet JOULE-KELVIN. Si, au moyen d'une pompe de compression, on force un gaz sous haute pression à s'écouler par un orifice dans un réservoir à plus basse pression, alors, si l'on opère sur un gaz soi-disant parfait, c. à d. qui se comporte rigoureusement selon la loi de BOYLE, sa température ne changera pas; il est bien vrai que le gaz en s'écoulant exécute un travail en chassant devant lui les couches de gaz qu'il rencontre, mais en ce cas la pompe de compression fournit au gaz un travail équivalent. Il en est autrement lorsque les molécules exercent l'une sur l'autre une attraction sensible; la détente du gaz, l'éloignement réciproque de ses molécules dès qu'elles viennent sous une moindre pression, est alors nécessairement accompagné d'une diminution de leurs vitesses et ainsi l'attraction des particules est non seulement la

cause de la liquéfaction ultérieure, mais rend aussi possible l'abaissement de température requis pour ce phénomène. Pour obtenir le plein effet de cette action on peut faire passer le gaz ainsi détendu et refroidi le long du tube métallique enroulé en spirale par lequel le gaz est conduit à l'orifice d'écoulement, de sorte qu'il se trouve déjà refroidi avant la détente et acquiert par ce dernier effet une température d'autant plus basse.

De telles „spirales régénératrices” sont employées dans les appareils très répandus de LINDE et HAMPSON pour la préparation de l'air liquide; elles jouent aussi un rôle important dans les derniers travaux de M. KAMERLINGH ONNES.

D'ailleurs on se ferait une idée très inexacte de la portée des expériences d'un „laboratoire de froid ou cryogène” si l'on ne tenait pas compte de ce qu'il ne s'agit pas tant de la *différence* que de la *proportion* des températures initiale et finale. En termes généraux on peut dire qu'au point de vue de la difficulté des expériences ce ne sont pas des abaissements successifs de la température d'un même nombre de degrés, mais plutôt des abaissements dans une même proportion qui doivent être considérés comme équivalents. Si l'on part de la température de la glace fondante, c. à d. de 273° , et qu'on réussit par des opérations successives à abaisser la température chaque fois à la moitié de la précédente, savoir à 136° , 68° , 34° , 17° , ces étapes doivent être considérées comme de même valeur, et les abaissements ultérieurs à $8^{\circ},5$ et $4^{\circ},25$ ne doivent pas être estimés moindres que le premier, par lequel le refroidissement réalisé était de 136° ; remarque bien propre à faire ressortir l'impossibilité d'arriver jamais au zéro absolu.

Du reste, cette idée d'une série de refroidissements successifs répond aussi à la réalité; c'est par cascades que pratiquement on obtient les températures basses. Si l'on dispose d'une température à laquelle un certain gaz peut être liquéfié en le comprimant, on peut au moyen d'une pompe de compression d'abord liquéfier le gaz dans un réservoir maintenu à cette température, faire écouler ensuite par un robinet régulateur le liquide dans un second réservoir, et en éloigner par aspiration la vapeur émise par le liquide. Si de plus cette vapeur est conduite et comprimée dans le premier réservoir avec une vitesse réglée de telle manière que la quantité admise par le tube adducteur du second réservoir est égale à la quantité évaporée, on obtient un cycle d'opérations constant et régulier que l'on peut continuer indéfiniment avec la

même quantité de gaz et par lequel dans le second réservoir la température se trouve abaissée au-dessous de celle du premier. Le liquide s'évaporant dans le second peut donc servir comme réfrigérant pour un second gaz et, si l'on veut, pour un cycle suivant ayant le même effet sur un troisième gaz.

Il est à peine besoin de dire que des soins extrêmes doivent être employés, et cela d'autant plus que l'on avance plus loin, pour empêcher que la chaleur des objets ambiants ne puisse pénétrer jusqu'au gaz sur lequel on opère. A ce sujet les „verres-vacuum” de M. DEWAR si ingénieusement combinés méritent une mention particulière comme ayant rendu faciles et même possibles des travaux postérieurs. Ces appareils, entièrement en verre, ont des formes différentes p.e. de gobelets ou de ballons à doubles parois entre lesquelles on a fait le vide aussi parfait que possible. Comme ainsi la conduction de la chaleur dans l'espace intermédiaire est supprimée, la chaleur du dehors ne peut pénétrer dans l'intérieur qu'en suivant un long chemin à travers le verre; on peut conserver dans ces réservoirs l'oxygène ou l'hydrogène liquide pendant plusieurs jours, ce qui rend possible de les transporter à de longues distances.

Ce qui précède était nécessaire pour donner au lecteur quelque idée d'une œuvre à laquelle M. KAMERLINGH ONNES s'est voué pendant plus d'un quart de siècle, une œuvre admirable tant par la persévérance avec laquelle fut poursuivi un but dès le commencement strictement déterminé, que par l'esprit purement scientifique dans lequel elle fut entreprise, et qui ne laissa pas échapper un mot d'impatience ou de désappointement quand une fois ou autre l'expérimentateur patient, mais résolu, se trouvait devancé par un autre physicien dans la course vers le zéro absolu.

Lorsque, en 1882, M. ONNES prit possession de la chaire de professeur de physique expérimentale et avec elle de la direction du laboratoire, ce dernier occupait une localité étroite et ne disposait que d'un personnel très restreint: un assistant, un mécanicien et un homme de peine. Il fallait beaucoup de courage pour entreprendre dans ces conditions un programme de travaux dont l'exécution demanderait des années.

Il fallait bâtir de nouveaux locaux, engager et former un nouveau personnel; beaucoup de temps serait pris pour projeter et faire construire — pour une grande partie dans le laboratoire même — des appareils extrême-

ment compliqués, pour fabriquer de grandes quantités de substances extrêmement pures, dont il fallait même trouver encore des modes de préparation appropriés. Et il témoigne d'un effort soutenu que l'on ne saurait trop apprécier, que M. ONNES a pu accomplir tout cela, tandis qu'il avait à remplir ses fonctions de professeur, à diriger quantité de recherches expérimentales dans le laboratoire qui attira bientôt maint jeune physicien de l'étranger, et tandis que de plus il voua beaucoup de temps et de soins à l'instruction de futurs mécaniciens, dont une école, comptant actuellement plus de 30 disciples, est jointe au laboratoire.

Dans la première description, publiée en 1894, du laboratoire cryogène on pouvait communiquer que deux cycles de réfrigération, le premier à chlorure de méthyle, le second à éthylène, avaient été établis et que par leur moyen on avait obtenu vingt centimètres cubes d'oxygène liquide. Tandis que dans les années suivantes les quantités d'oxygène et d'air liquides disponibles s'accrurent considérablement de sorte qu'on put en distribuer à des personnes ou à des institutions du dehors, on entreprit l'attaque de l'hydrogène et cela systématiquement comme toujours; jamais il ne fut question d'atteindre le but par surprise ou par un heureux hasard. Et il est remarquable de voir comment dans le plan d'attaque on tira parti de la loi des états correspondants, énoncée par M. VAN DER WAALS.

D'après cette loi deux substances, prises à des températures proportionnelles à leurs températures critiques et sous des pressions proportionnelles à leurs pressions critiques, se ressemblent à tel point, qu'à chaque expérience faite avec l'une d'elles correspond une semblable avec l'autre. Or, puisque l'hydrogène, refroidi autant que cela peut se faire avec de l'oxygène bouillant à basse pression, c'est-à-dire jusqu'à -205° , correspond avec l'oxygène à température ordinaire, et qu'il est possible de liquéfier l'oxygène au moyen du procédé JOULE-KELVIN, il faut que cela réussisse aussi avec l'hydrogène refroidi jusqu'à la température nommée. L'organe principal de l'appareil à construire, dont on pouvait d'abord fabriquer un modèle, dans lequel on opérait sur l'oxygène ou sur l'azote, devait donc être une spirale régénératrice placée dans un verre-vacuum. L'appareil ne put être mis en marche qu'au printemps de 1906, après que, dans l'intervalle, en 1898, M. DEWAR avait obtenu l'hydrogène à l'état liquide; mais les résultats répondirent pleinement aux hautes exigences que M. ONNES s'était posées, et qui nécessitaient une aussi longue préparation; on pouvait obtenir 3 à 4

litres d'hydrogène liquide en une heure. De plus on pouvait continuer ce procédé tant que l'on voulait, parce qu'on avait pris les plus grands soins pour purifier le gaz et empêcher ainsi que les étroites spirales ne fussent obturées par d'autres gaz moins volatils passés à l'état solide, tels que l'air dont une très petite quantité pourrait déjà suffire à causer un arrêt dans la circulation.

Dès lors on pouvait ajouter au service d'oxygène du laboratoire un service d'hydrogène, capable de produire et d'emmagasiner les 20 litres d'hydrogène liquide dont M. OSNES aurait besoin dans la suite.

Le seul gaz qui restait était l'hélium, l'élément que, en 1895, M. RAMSAY avait séparé de quelques minéraux et dont les expérimentateurs, qui s'appliquaient à le liquéfier, M. M. DEWAR et OLSZEWSKI, remarquèrent bientôt que c'est le plus gazeux de tous les gaz, à attraction moléculaire très faible et par suite à température critique très basse. Après que, dans le laboratoire de Leiden une grande quantité d'hélium eût été préparée, que mainte recherche préliminaire eût été faite et après que la détermination de ses isothermes à différentes températures, entre autres celles très basses de 21° et 14° , eût rendu possible une estimation approchée de sa température critique, on put entreprendre un effort avec quelque espoir de succès. A cet effet, on commença avec le gaz comprimé à 100 atmosphères et à la température de l'hydrogène bouillant sous une basse pression, température qui peut descendre jusqu'à 14° , le point de congélation de ce gaz, et que l'on peut maintenir à 15° , si pour empêcher la solidification on modère la marche de la pompe. Une expérience, faite en février dernier, faussée par suite d'une légère impureté de l'hélium, n'eut pas la portée qu'on lui attribua d'abord, mais la répétition faite le 10 juillet avec une quantité d'hélium plus grande, que l'on fit écouler d'une spirale régénératrice, donna un résultat qui ne laissa plus aucun doute. Après que la quantité disponible de 200 litres d'hélium, comprimée après l'écoulement chaque fois de nouveau à 100 atmosphères, eut longtemps parcouru le cycle, la spirale régénératrice se trouvait enfin suffisamment refroidie, et il se produisirent enfin soixante centimètres cubes d'un liquide, qui se distinguait déjà de l'hydrogène en ce qu'il ne remontait pas contre les parois de verre mais se terminait par une surface parfaitement plane.

Grâce à la protection très efficace que fournissait contre la pénétration de la chaleur du dehors le verre-vacuum dans lequel se rassemblait le liquide et qui était environné par un verre-vacuum à hydrogène liquide,

placé lui-même dans un verre-vacuum rempli d'air liquide, l'hélium à l'état liquide put être conservé pendant près de deux heures. La température sous la pression atmosphérique, — le point d'ébullition sous cette pression, — fut déterminée provisoirement par M. ONNES à $4^{\circ},5$. Plus tard lorsque la pression eut été abaissée à environ un centimètre de mercure, elle doit avoir été près de 3° . Cette température, à laquelle le gaz ne se solidifie pas encore, est la plus basse qui ait jamais été réalisée, la descente d'ailleurs de 14° à 3° est comparable à celle du point de fusion de la glace à -214° .

Cette dernière remarque jointe avec ce que nous disions sur les degrés précédents de la méthode à cascades, peut faire sentir en quelque sorte combien de difficultés ont dû être surmontées. Le talent dont ces recherches font preuve ne peut cependant être apprécié à toute sa valeur qu'à moins de faire une étude approfondie des moyens et des procédés employés. De même on n'obtient une impression des hauts efforts, que des expériences comme celles que nous venons de décrire demandent du corps et de l'esprit du physicien, que lorsque l'on peut observer le professeur aux jours des expériences décisives, assisté de son fidèle assistant, M. FLIM, et que l'on est témoin de la durée inquiétante de la journée de travail, pendant laquelle l'attention doit être portée sans faiblir sur une foule de détails qui ne pourraient être négligés sans faire perdre les fruits d'un labeur de semaines et de mois.

Arrivé à la fin de ces considérations et communications je sens que j'ai été très incomplet. Je n'ai pas parlé de la manière dont les basses températures ont été mesurées; j'ai dû passer sous silence les nombreuses recherches entreprises pour vérifier et développer les théories de M. VAN DER WAALS et qui n'offrent en partie qu'un rapport éloigné avec celles dont j'ai donné un exposé. J'ai négligé également de faire ressortir le parti qu'on peut tirer des basses températures dans les recherches scientifiques. Tandis qu'elles deviennent de plus en plus utiles pour un but pratique et même industriel, comme le témoigne le premier „Congrès international du froid” convoqué à Paris pour octobre prochain, elles ont pour le physicien toute l'importance d'une arme nouvelle dans la lutte qui nous conduit à pénétrer dans les secrets de la nature. Les molécules réduites à un état de faible agitation se comporteront dans maint cas sous les influences que nous faisons agir sur elles autrement qu'elles ne peuvent le faire lorsqu'elles se meuvent à de très

grandes vitesses. Déjà l'on a exécuté des recherches importantes sur le pouvoir conducteur des métaux pour l'électricité. Le physicien français JEAN BECQUEREL vient de répéter, en collaboration avec M. ONNES, à la température de l'hydrogène liquide, ses expériences concernant l'influence des forces magnétiques sur certaines lignes spectrales, fournissant ainsi sur le lieu même où M. ZEEMAN découvrit le phénomène qui porte son nom, d'importantes contributions à nos connaissances des phénomènes magnéto-optiques. Aussi n'est-il guère étonnant que les physiciens étrangers qui visitent le laboratoire de Leiden admirent unanimement la richesse des moyens expérimentaux qu'on y trouve rassemblés et qui, pour ce qui regarde les recherches à basse température, n'ont pas leur pareil.

A présent, après la victoire remportée, le laboratoire se trouve, comme il est permis de le prévoir, au début d'une nouvelle période de développement. Quiconque sait apprécier ce qui, dans quelque domaine que ce soit, est accompli de plus haut et de plus excellent, partagera le vœu qu'il soit donné à M. ONNES de voir fructifier de plus en plus son œuvre au profit de la science et des jeunes physiciens qui ont le privilège d'être ses élèves.

Leiden, 1^{er} août 1908.

H. A. LORENTZ.