

basse température, il lui en faut de grandes quantités. Dewar, en revanche, n'est préoccupé que par l'obtention de la plus basse température possible. Malgré les succès initiaux de ce dernier, ce sera Kamerlingh Onnes qui deviendra le «gentleman du zéro absolu».

Le retard de Kamerlingh Onnes est aussi la conséquence de la peur des habitants de Leyde. Son laboratoire est construit sur les ruines d'une partie du centre ville détruite en 1807 par l'explosion d'un navire chargé de munitions. En 1896, lorsque le conseil municipal apprend que le laboratoire contient de grandes quantités d'hydrogène comprimé, gaz spontanément inflammable, il redoute une nouvelle catastrophe. Une commission est nommée pour étudier la question mais, bien que van der Waals en soit membre et que Dewar écrive pour implorer que la recherche continue, les travaux de Kamerlingh Onnes sur l'hydrogène sont suspendus pendant deux ans.

En 1906, Kamerlingh Onnes et son équipe disposent enfin d'un appareil qui produit quatre litres d'hydrogène liquide à l'heure. Après quelques améliorations, la capacité horaire passe à 13 litres. Ce liquéfacteur comprime l'hydrogène gazeux, le fait passer dans une

zone refroidie à l'air liquide, puis lui fait subir une détente de Joule-Thomson, ce qui le refroidit assez pour en liquéfier une partie. L'hydrogène gazeux est récupéré pour un autre cycle.

L'hélium, nouvel objectif

En 1895, pendant que Kamerlingh Onnes et Dewar tentent de liquéfier l'hydrogène, en Angleterre, William Ramsay découvre que l'hélium, le plus léger des gaz rares et dont on n'avait montré l'existence, par spectroscopie, que dans le Soleil, est aussi présent sur Terre. Ses atomes interagissent très peu et sa température de liquéfaction est encore plus basse que celle de l'hydrogène. La découverte de Ramsay donne un nouvel objectif à Kamerlingh Onnes : liquéfier l'hélium.

Il lui faut d'abord se procurer du gaz. Par chance, son frère dirige le Bureau des renseignements commerciaux d'Amsterdam, et il négocie l'achat en Caroline du Nord de grandes quantités de monazite, un sable qui contient de l'hélium. Kamerlingh Onnes extrait environ 300 litres d'hélium gazeux (à une atmosphère) de la cargaison de sable.

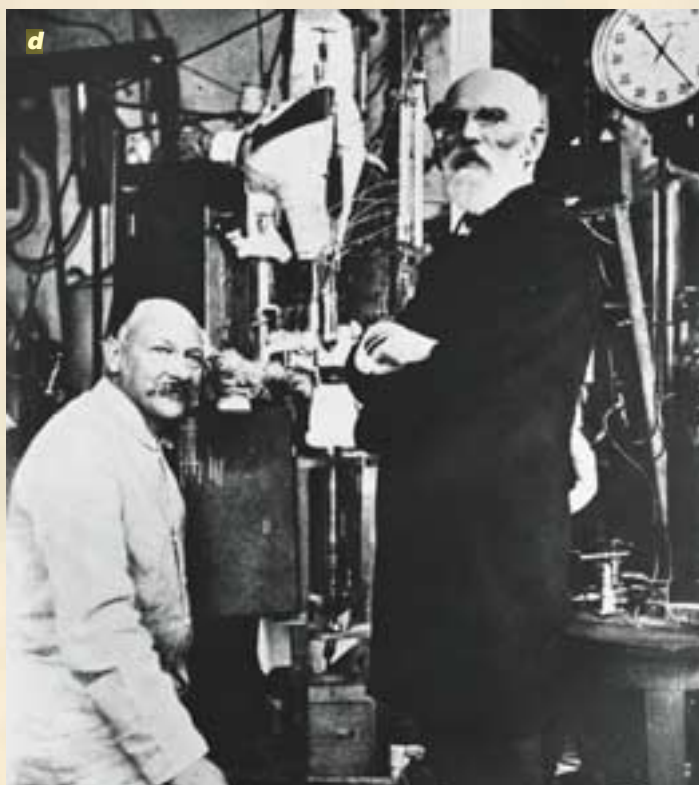
Kamerlingh Onnes possède un atout décisif pour liquéfier l'hélium :

il peut produire de grandes quantités d'hydrogène liquide. Il met au point un nouvel appareillage qui utilise de l'air liquide et de l'hydrogène liquide comme réfrigérants et, finalement, la détente de Joule-Thomson.

Le système est prêt à fonctionner le 10 juillet 1908. La rumeur se propage dans l'Université, et un petit groupe de scientifiques vient assister à la première tentative. Vers le milieu de l'après-midi, l'hélium gazeux circule dans le circuit. En début de soirée toutefois, aucune goutte d'hélium liquide n'est encore apparue : le thermomètre refuse de descendre au-dessous de 4,2 kelvins.

Fransiscus Schreinemakers, un professeur de chimie venu en curieux, émet l'hypothèse que le thermomètre a cessé de baisser parce que l'hélium liquide est déjà là mais qu'on ne le voit pas. Kamerlingh Onnes éclaire alors le récipient collecteur par le dessous. Selon ses propres termes, c'est un moment merveilleux : la surface de l'hélium liquide apparaît soudain contre la paroi de verre du récipient, tel le tranchant d'un couteau. Ivre de joie, il montre l'hélium liquide à van der Waals.

En diminuant la pression, Kamerlingh Onnes abaisse la température à



1,7 kelvin, très près du zéro absolu pour cette époque. En 1905, l'Allemand Walther Nernst a montré que les lois de la thermodynamique interdisent d'atteindre expérimentalement le zéro absolu. On peut toutefois s'en approcher plus : une température de 0,3 kelvin a été depuis atteinte avec un isotope rare de l'hélium, l'hélium 3, et la désaimantation des noyaux atomiques a produit des températures atteignant 0,00001 kelvin. Kamerlingh Onnes mesure la température avec un thermomètre à l'hélium gazeux : à volume constant et à basse pression, le comportement de l'hélium est très proche de celui d'un gaz parfait. Le produit de la pression par le volume est proportionnel à la température, et la mesure de la pression à volume constant indique la température.

Au cours des trois années suivantes, Kamerlingh Onnes améliore ses appareils pour produire plus d'hélium liquide et l'utiliser dans ses travaux. Le transvasement de l'hélium liquide, du récipient où il s'est condensé dans un récipient de stockage, est, par exemple, déjà une performance. Finalement, en 1911, un cryostat à hélium, qui maintient le liquide à basse température, est au point. Outre la vérification et l'amélioration des lois de van der Waals, Kamerlingh Onnes peut alors étudier le

comportement d'autres matériaux aux températures de l'hélium liquide, notamment leur résistance électrique.

En 1911, les physiciens savent que la résistance électrique d'un métal décroît avec la température. Un point, toutefois, est en débat : que se passe-t-il au voisinage du zéro absolu ? Lord Kelvin pense que la circulation des électrons est bloquée, ces derniers étant gelés sur place : la résistance serait donc infiniment grande. Kamerlingh Onnes et Dewar supposent au contraire que la résistance continue de décroître avec la température et qu'elle devient nulle au zéro absolu. Ils avaient raison, mais Kamerlingh Onnes va découvrir que cette décroissance n'est pas continue.

La résistance du mercure

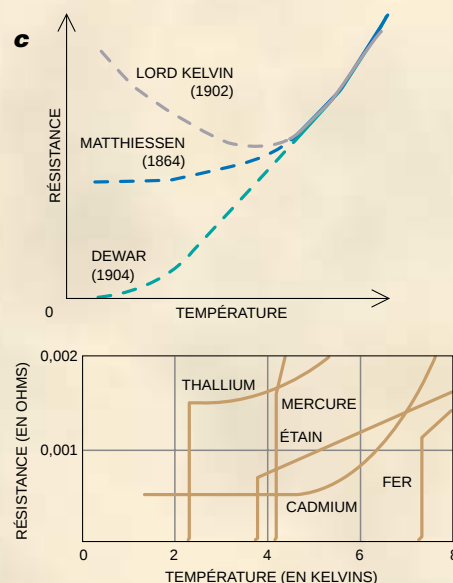
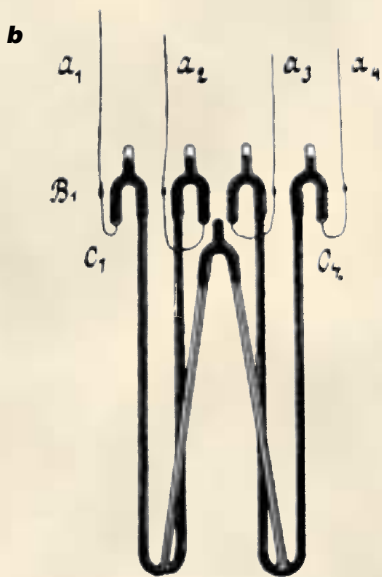
Pour être certain d'observer des phénomènes liés seulement à la structure du métal et non à des impuretés qui y seraient présentes, Kamerlingh Onnes utilise du mercure plusieurs fois distillé à température ambiante, et donc très pur. Le mercure est introduit dans un capillaire de verre en forme de U muni d'électrodes à chaque extrémité, afin que la résistance soit mesurable pour le mercure liquide ou solide.

Kamerlingh Onnes, Gerrit Flim, chef de l'équipe technique, Gilles Holst

et Cornelius Dorsman réalisent les expériences. Kamerlingh Onnes et Flim surveillent l'appareillage cryogénique où le mercure est refroidi ; Holst et Dorsman enregistrent les mesures de résistance avec un galvanomètre, dans une pièce éloignée. Ils observent la décroissance de la résistance électrique, qui suit celle de la température. Toutefois, à la température de l'hélium liquide, nettement supérieure au zéro absolu, la résistance est déjà nulle.

Jacobus de Nobel, arrivé au laboratoire cryogénique de Leyde en 1931, tient de Flim le récit de ces premières expériences (bien sûr, ce récit de deuxième main, et après si longtemps, est sujet à caution). Lorsqu'ils mesurent une résistance nulle à la température de l'hélium liquide, Kamerlingh Onnes et ses collaborateurs pensent d'abord qu'un court-circuit s'est produit, et ils remplacent le capillaire en U par un tube en W, muni d'électrodes à chaque extrémité et aux angles. Ils mesurent ainsi la résistance de quatre segments. Toutefois, la résistance reste nulle et aucun court-circuit n'est détecté dans aucun segment.

La pression de vapeur d'hélium dans le cryostat doit être légèrement inférieure à la pression atmosphérique pour que l'air s'engouffre par toute fuite éventuelle, y gèle et la scelle. Toujours selon



3. LE COMPRESSEUR INVENTÉ PAR LOUIS CAILLETET (a), physicien français qui liquéfia l'oxygène et l'azote, fut utilisé par Kamerlingh Onnes. Comme aucun gaz n'est perdu pendant la compression ou la détente, ce dispositif permet de travailler avec des gaz purs et coûteux. Un tube capillaire en forme de W (b) contenait le fil de mercure utilisé dans les mesures de la résistance du mercure

à basse température. Avant que Kamerlingh Onnes ne commence ses recherches, les physiciens prédisaient un comportement des métaux (c) assez différent de ce qu'il observa. Il découvrit qu'une chute abrupte de résistance (d) accompagne la décroissance de la température pour le mercure et pour de nombreux autres métaux.