

Kamerlingh Onnes a des objectifs plus ambitieux : il veut mesurer les propriétés de la matière. La rigueur mathématique qu'il a développée dans ses travaux de mécanique se révélera utile.

À basse température, le comportement des gaz s'écarte fortement du modèle des gaz parfaits, car l'énergie d'interaction entre les molécules est du même ordre que l'énergie cinétique de ces molécules. C'est donc dans ces conditions que Kamerlingh Onnes veut faire des mesures. Il doit, au préalable, mettre au point des méthodes fiables pour produire des basses températures : il crée un laboratoire de cryogénie à Leyde (ce laboratoire recevra son nom en 1932). Kamerlingh Onnes est un précurseur de la physique moderne qui utilise de grands appareils et rassemble des dizaines de chercheurs et de techniciens autour d'une seule expérience. Comme il a besoin de techniciens qualifiés, qui fabriquent les instruments complexes et précis nécessaires à ses recherches, il fonde la Société pour la promotion de la formation de fabricants d'instruments. Cette école, au sein de l'Université, forme des techniciens, notamment des souffleurs de verre, qui travaillent pour lui, et pour de nombreux chercheurs du monde entier aujourd'hui encore.

En 1877, les physiciens français et suisse Louis Cailletet et Raoul Pictet ont réussi, indépendamment, à liquéfier à la fois l'oxygène et l'azote. Avant cette double victoire, de nombreux physiciens pensaient que l'on ne pourrait pas atteindre les basses températures auxquelles ces gaz se liquéfient. Cailletet et Pictet n'avaient toutefois produit que de petites quantités d'oxygène et d'azote liquide. Kamerlingh Onnes a besoin d'en liquéfier de grandes quantités.

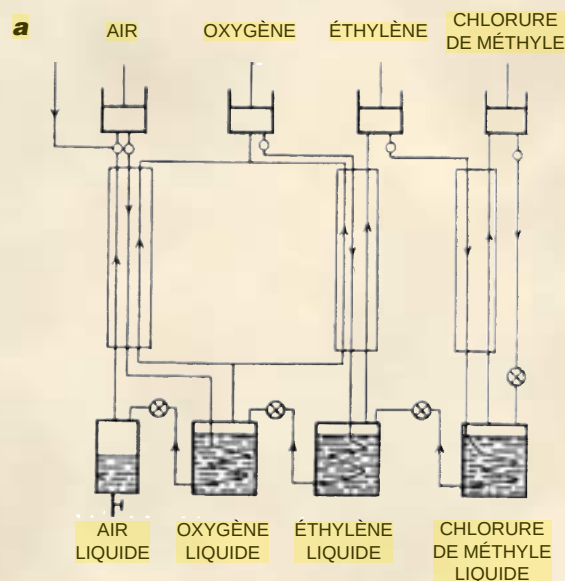
Liquéfactions en cascade

Il y parvient en 1892. L'appareil qu'il a mis au point refroidit successivement plusieurs gaz, de température de liquéfaction de plus en plus basse. Un gaz est comprimé, puis refroidi jusqu'à son point de liquéfaction. Le mélange de liquide et de gaz est alors détendu, ce qui abaisse la température (la température de liquéfaction diminue avec la pression). Le gaz va alors refroidir un autre gaz comprimé. En commençant par du chlorure de méthyle, qui se liquéfie à 21 °C sous une pression de cinq atmosphères, Kamerlingh Onnes liquéfie successivement l'éthylène (-87 °C à trois atmosphères), l'oxygène (-145 °C à 17 atmosphères) et finalement l'air

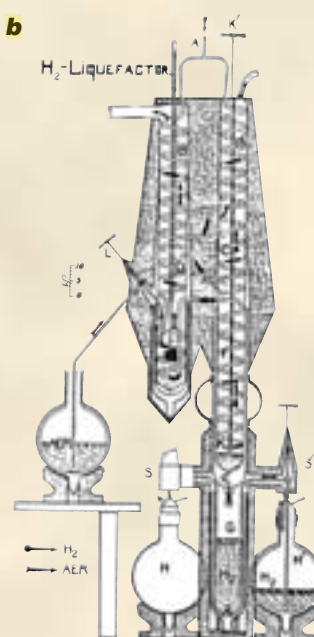
(-193 °C à une atmosphère). La liquéfaction de l'hydrogène reste toutefois impossible : elle ne se produit qu'à -253 °C (soit 20 kelvins, le zéro de l'échelle des kelvins, ou zéro absolu, plus petite température possible, étant à -273,15 °C), température hors de portée de l'appareil de Kamerlingh Onnes.

C'est le physicien écossais James Dewar qui liquéfie le premier l'hydrogène, en 1898. Il utilise un phénomène thermodynamique nommé détente de Joule-Thomson, déjà utilisé par Kamerlingh Onnes : la température d'un gaz diminue quand on le détend à travers une paroi poreuse et sans échange de chaleur avec l'extérieur. On pensait que ce procédé était inutilisable pour l'hydrogène qui, au contraire, s'échauffe lorsqu'il est détendu de cette façon. Dewar montre que, si l'on refroidit l'hydrogène au-dessous de -80 °C, son comportement redevient normal : il se refroidit en se détendant. Dewar atteint ainsi la température de liquéfaction de l'hydrogène.

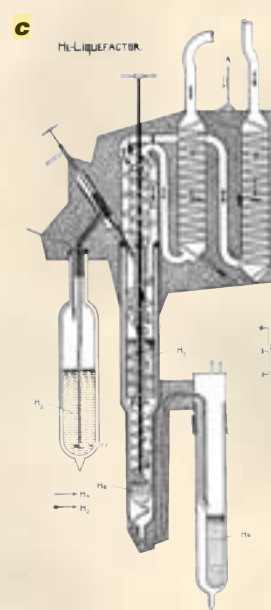
Kamerlingh Onnes ne liquéfie de l'hydrogène que huit ans après Dewar. Son retard résulte en partie de sa volonté de mettre au point un appareil qui liquéfie de grandes quantités de gaz : pour étudier les propriétés de la matière à



2. L'APPAREIL CONSTRUIT PAR KAMERLINGH ONNES en 1892 (a) produit 14 litres d'air liquide à l'heure. L'air liquide est indispensable au fonctionnement du liquéfacteur d'hydrogène (b) qu'il met au point en 1906. L'hydrogène gazeux y circule à travers le système jusqu'à un bain d'air liquide, puis est détendu à travers une soupape : il se liquéfie en partie. L'hydrogène



liquide est recueilli, tandis que le gaz retourne dans le compresseur pour un nouveau cycle. Kamerlingh Onnes met au point le premier liquéfacteur d'hélium (c) en 1908. Il pose avec son mentor, Johannes Diderik van der Waals, devant l'appareil en 1911 (d) et, dix ans après, avec le chef de son équipe technique, Gerrit Flim (e).



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

