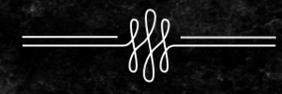
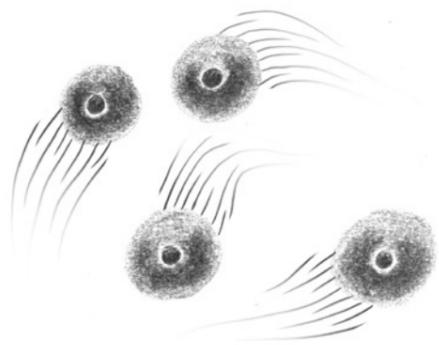

LE LIVRE
LE PLUS FROID
DU MONDE

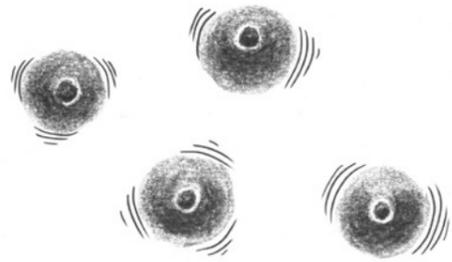


LE FROID
&
LE CHAUD

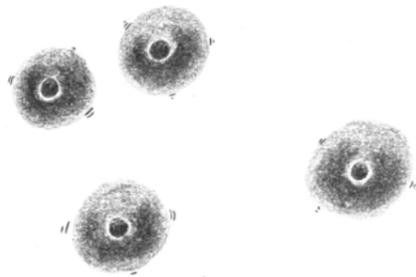




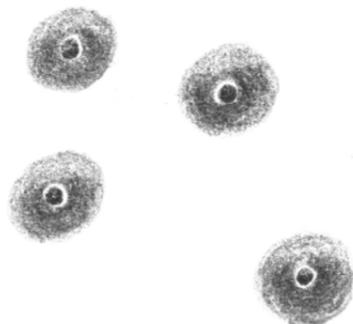
Chaud



Froid



Très froid



Zéro Absolu

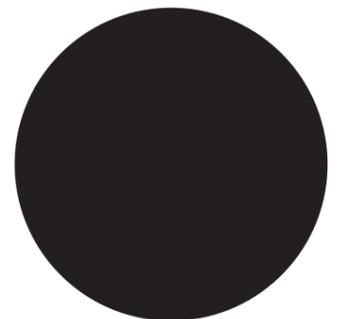
La température correspond à l'agitation des particules dans la matière. Plus il fait froid, moins elles sont agitées, même dans la matière solide. Le zéro absolu, défini dans l'échelle de Kelvin, correspond à la situation où les particules s'immobilisent complètement. La physique quantique montrera cependant qu'il y subsiste de tous petits mouvements.

eau
20 °C
293 K

eau gelée
0 °C
273 K

azote liquide
-195,8 °C
77,4 K

zéro absolu
-273,15 °C
0 K





Anders Celsius invente en 1742 une échelle de température où le 0° et le 100° sont définis par le point de gel et d'ébullition de l'eau.

888



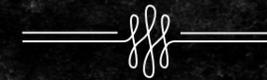
Lord Kelvin introduit en 1848 la notion de « zéro absolu », température la plus basse qui puisse exister.

888

LE FROID

&

LES GAZ





En 1662, Robert Boyle montre que la pression d'un gaz varie inversement avec son volume. Ce sera le début des découvertes sur les propriétés physiques des gaz.



Pompe ayant servi aux expériences de Boyle

L'expérience sur le volume

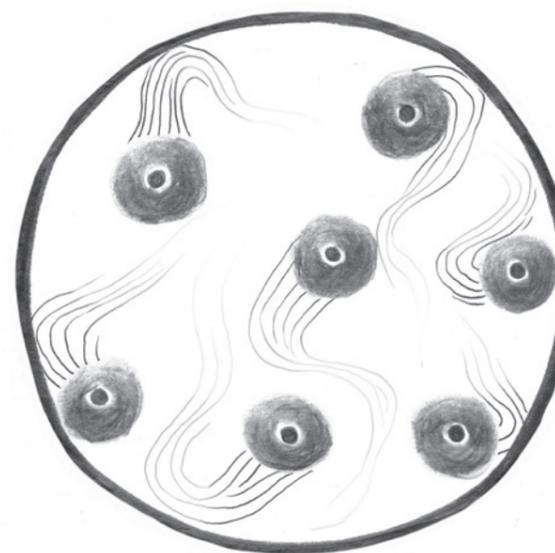
Quand on diminue la température d'un gaz, ici grâce aux vapeurs froides d'azote, ses particules s'agitent moins et le volume qu'il occupe diminue.



À haute température



À basse température

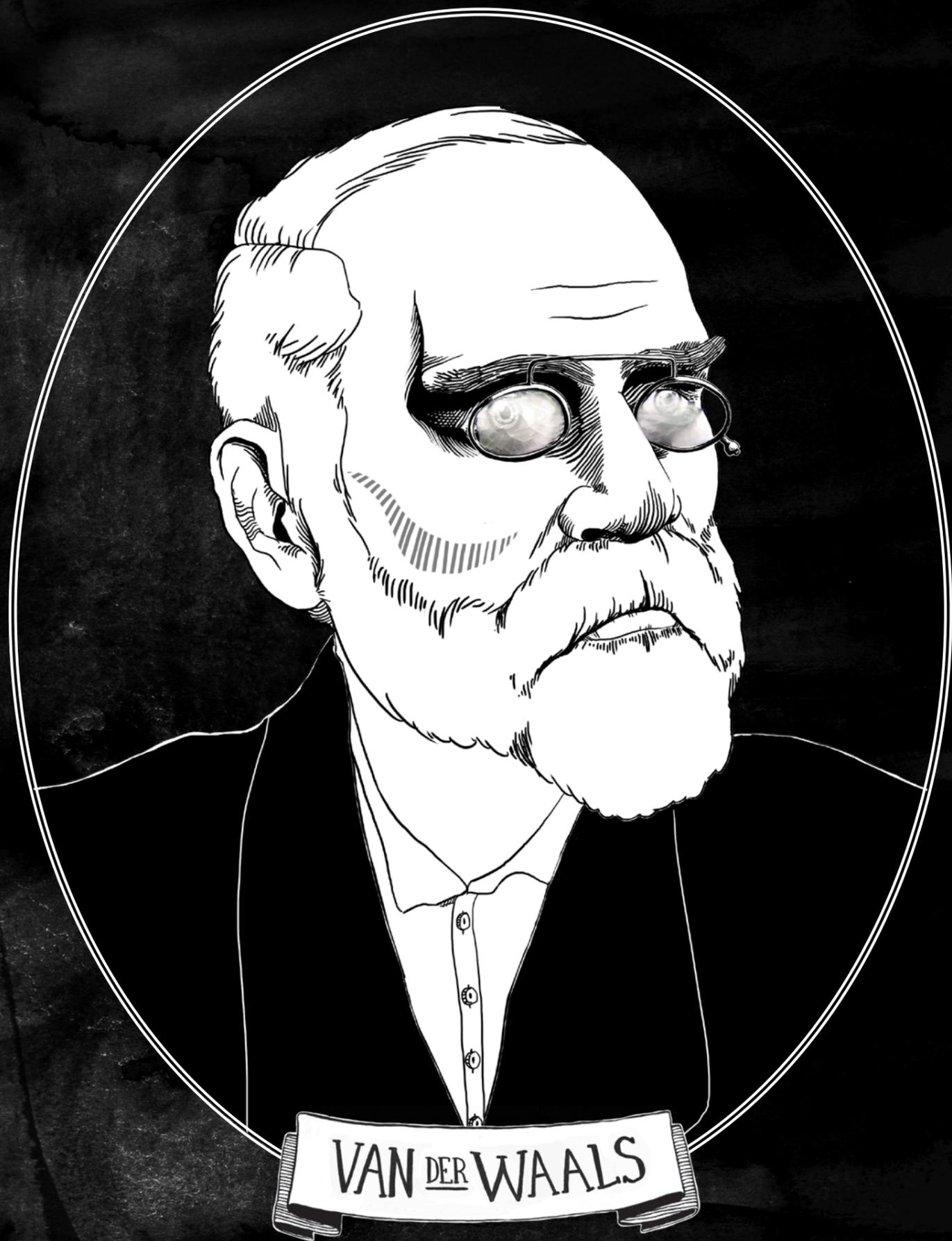


À haute température



À basse température

LE FROID
&
LES LIQUIDES



En 1873, Johannes van der Waals propose une équation qui montre qu'un gaz devient liquide quand on le refroidit car ses molécules s'attirent.

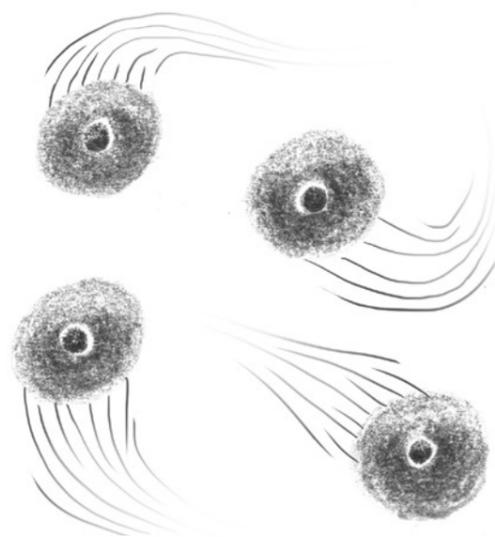


L'expérience de la liquéfaction

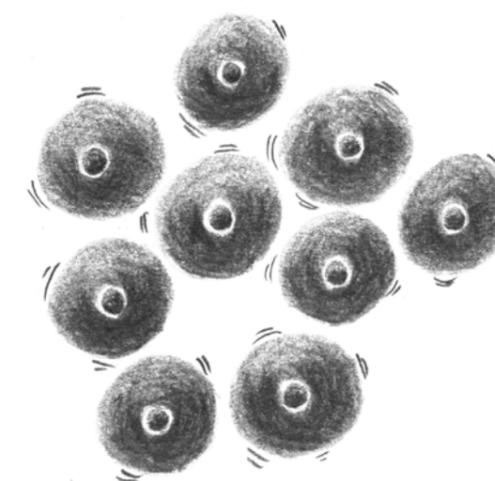
Quand de l'azote liquide refroidit un métal, celui-ci atteint -196°C . Il refroidit alors suffisamment l'air extérieur pour rendre l'oxygène de l'air liquide. Les gouttes qu'on observe sous le métal sont donc de l'oxygène liquide. Les gaz deviennent ainsi tous des liquides quand on les refroidit car leurs molécules s'attirent entre elles et préfèrent se condenser quand leur agitation est faible.



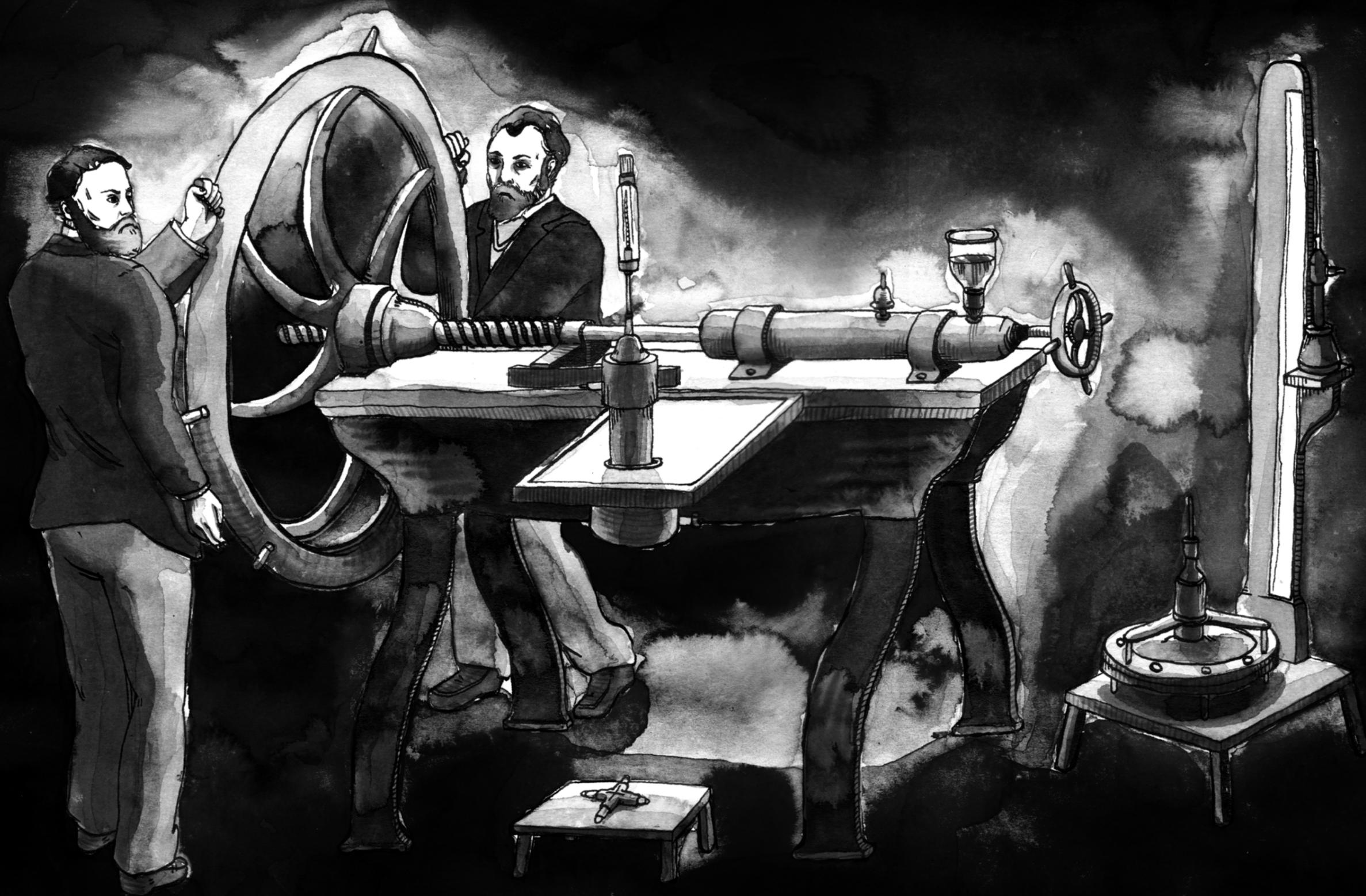
Liquéfaction de l'air



À haute température



À basse température



En 1877, Raoul Pictet en Suisse et Louis Cailletet en France parviennent avec des techniques différentes à rendre liquide l'oxygène.

LE FROID
&
L'EFFET LEIDENFROST





En 1756, Johann Leidenfrost écrit un traité sur certaines propriétés de l'eau, notamment les comportements curieux d'une goutte de liquide lorsqu'elle est placée sur une plaque chaude.

888

L'expérience de Leidenfrost

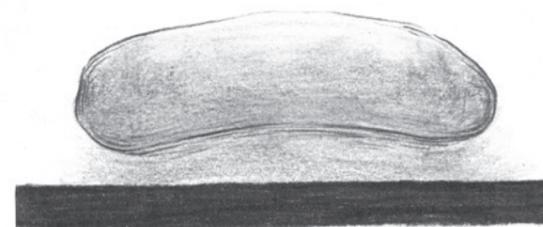
Quand une goutte de liquide est placée sur une plaque bien plus chaude qu'elle, elle s'évapore à son contact. Il se forme alors sous la goutte une fine couche de vapeur qui l'isole de la chaleur et la fait léviter. C'est le cas des gouttes d'azote liquide placées sur une plaque de métal à la température de la pièce.



À haute température



À basse température



À haute température



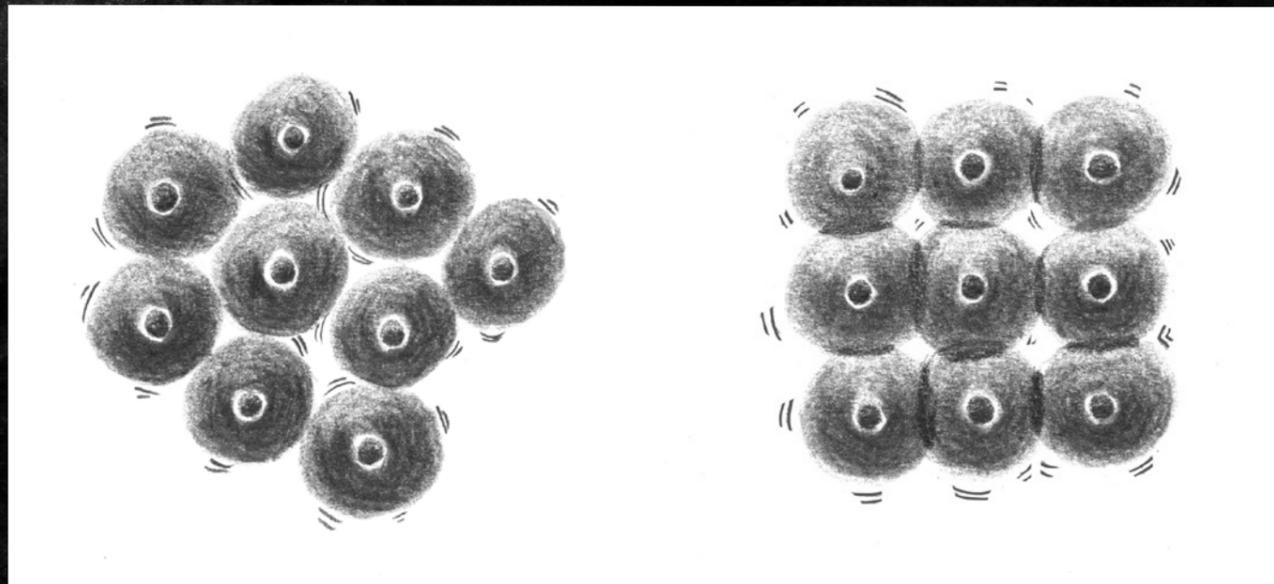
À basse température

LE FROID
&
LES SOLIDES



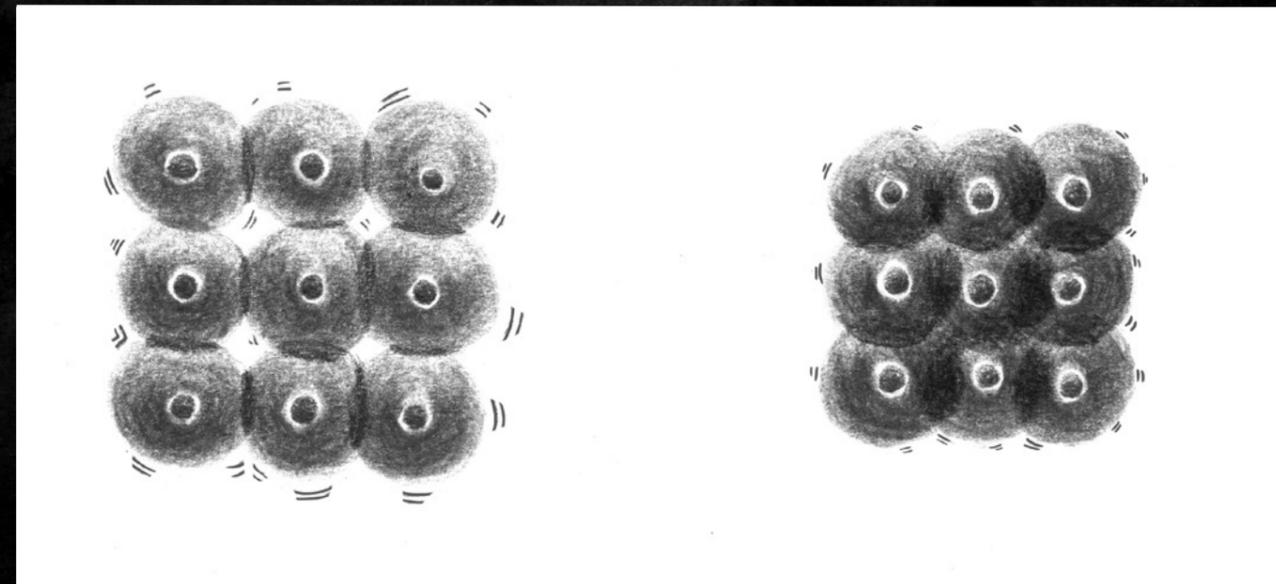
Thomas Young est connu, entre autres, pour avoir étudié au début du XIX^{ème} siècle les propriétés mécaniques des solides, leur élasticité et leur déformation sous contrainte.

888



Quand un liquide est suffisamment refroidi, il devient solide (sauf une exception, l'hélium).

En effet, à basse température, l'agitation n'est plus suffisante pour que les atomes se déplacent librement.



Ils s'immobilisent alors les uns par rapport aux autres de façon plus ou moins organisée selon les matériaux. Mais ils continuent de

vibrer sur place. Quand un solide est refroidi, il se contracte car ses atomes s'agitent moins et se rapprochent les uns des autres.



Quand on les refroidit, la plupart des solides se contractent mais ne deviennent pas plus fragiles.

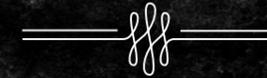


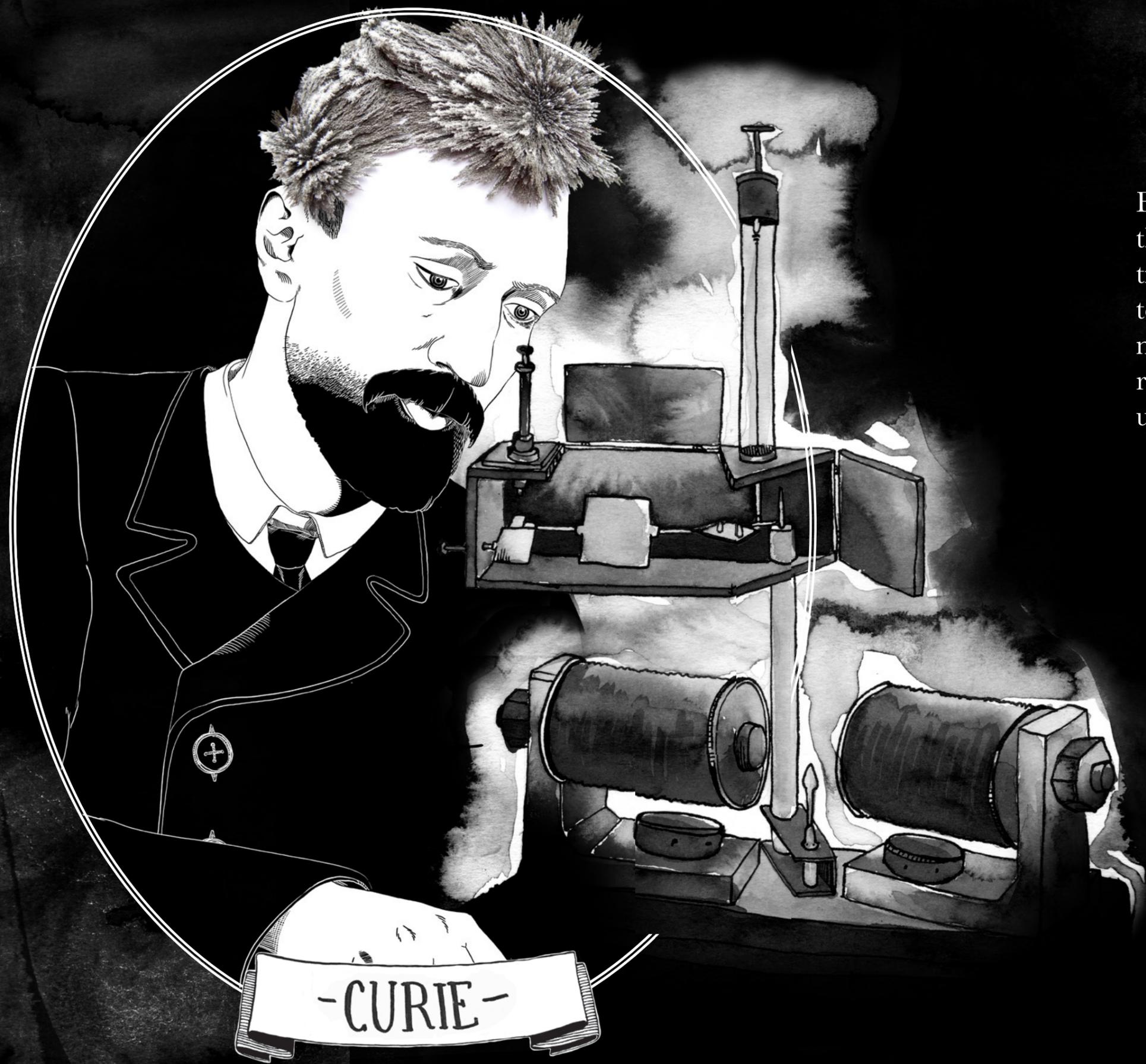
Seuls certains solides deviennent cassants. C'est le cas du caoutchouc car ses longues molécules ne parviennent plus à se déplacer et glisser.



Les végétaux sont aussi très cassants à froid car ils sont gorgés d'eau, qui devient de la glace et se brise facilement.

LE FROID
&
LES AIMANTS



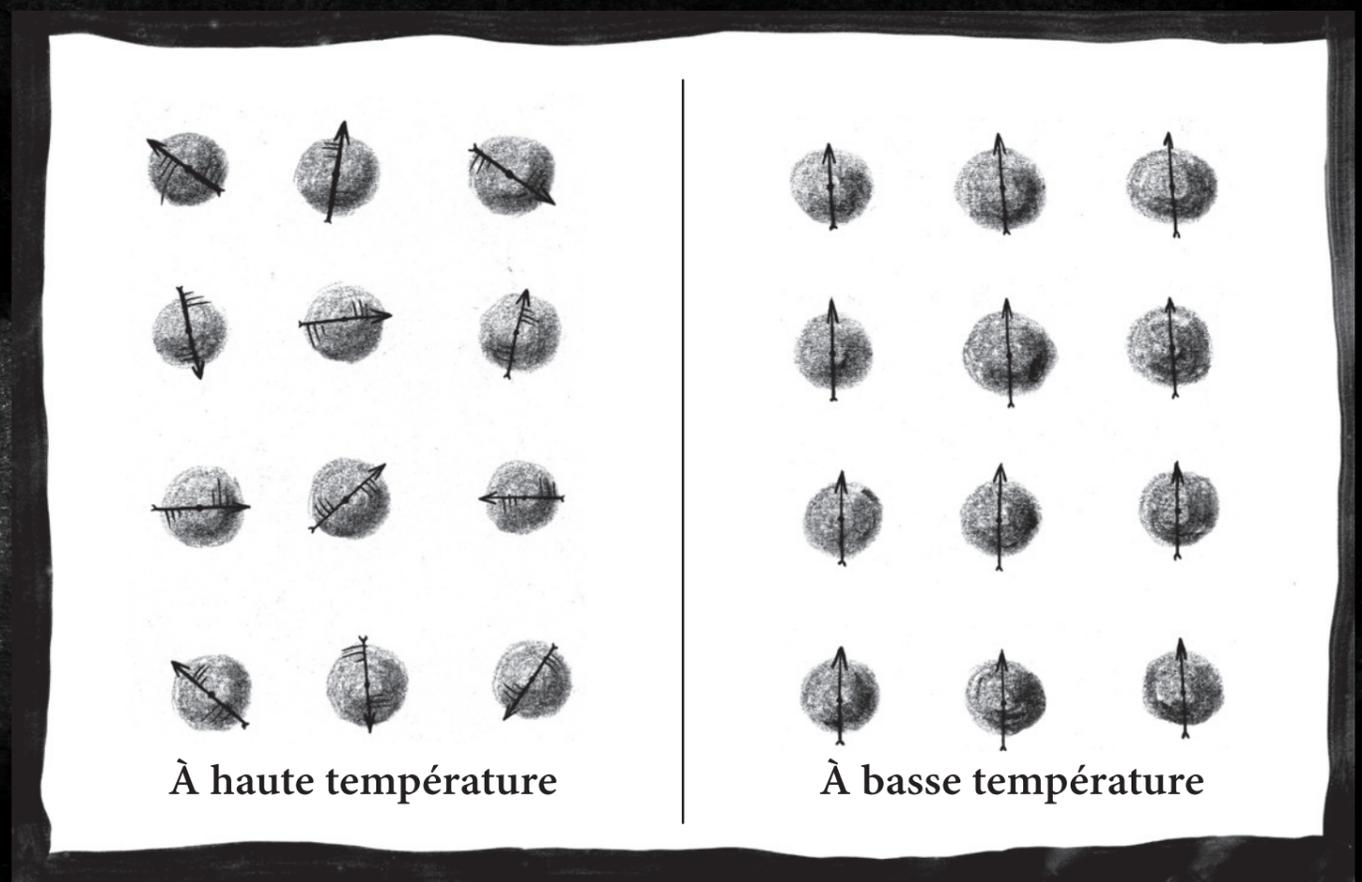
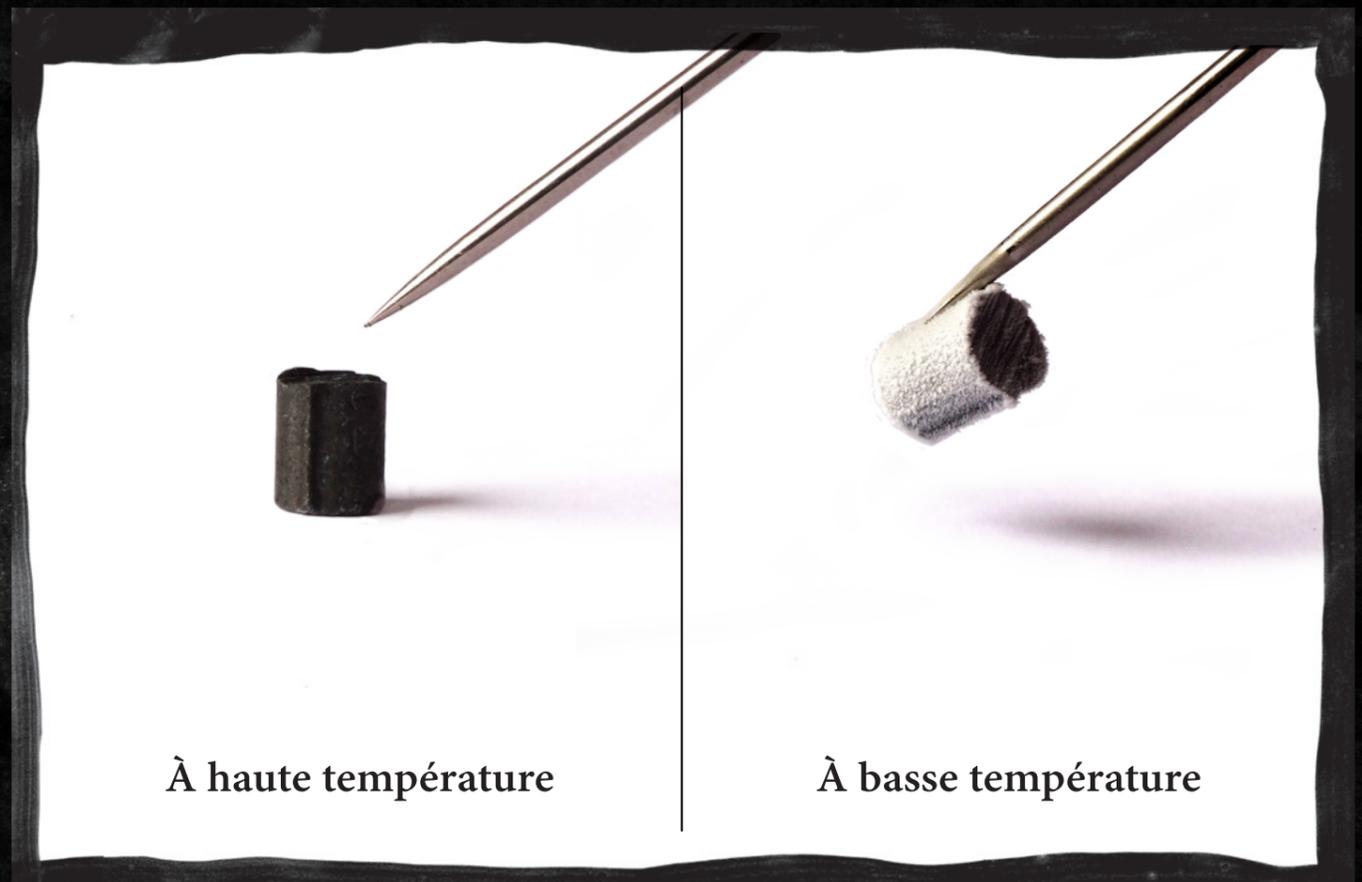


En 1895, Pierre Curie soutient sa thèse sur les matériaux magnétiques et leur comportement en température. Il mesure la force magnétique créée par ces matériaux quand ils sont placés dans un champ magnétique variable.

}}

L'expérience du magnétisme

Dans un aimant, les atomes portent de petits aimants quantiques appelés spins. Tous ces spins sont ordonnés parallèlement les uns aux autres. Cela explique l'existence des pôles Nord et Sud et les comportements magnétiques de l'aimant. Mais quand on le chauffe, au-dessus d'une certaine température dite de Curie, tous ces spins se désordonnent et fluctuent. L'aimantation disparaît alors et le matériau n'est plus magnétique. C'est le cas ici du Gadolinium dès qu'on dépasse 20 °C.



LE FROID
&
LES MÉTAUX

En 1827, Georg Ohm publie une théorie de l'électricité où il montre que tension électrique et courant électrique sont proportionnels dans les métaux.



L'expérience de la conductivité

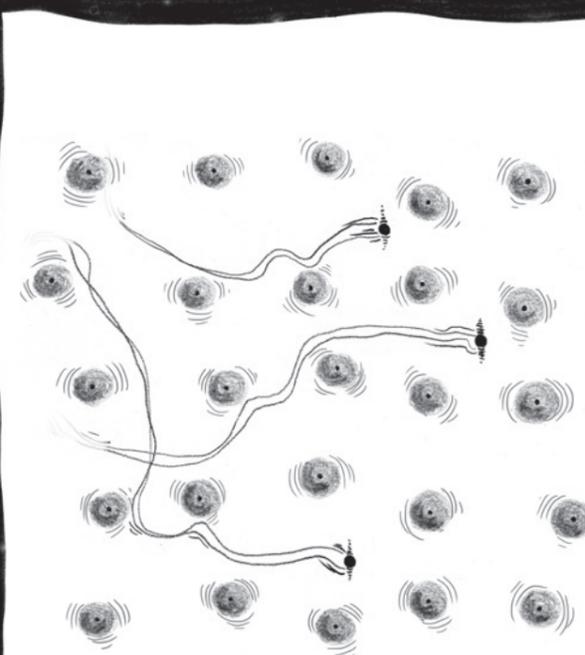
Dans les métaux, les électrons se déplacent parmi les atomes comme des ondes. Mais la vibration des atomes due à la chaleur les freine. Quand le métal est refroidi, les atomes vibrent moins et les électrons circulent plus facilement : la résistance électrique du fil diminue. C'est pour cela que l'ampoule s'allume mieux quand le fil est refroidi.



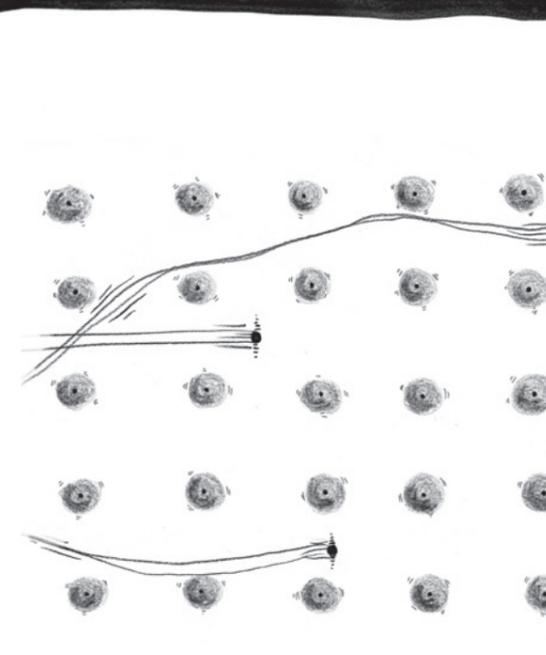
À haute température



À basse température



À haute température



À basse température

LE FROID
&
LA SUPRACONDUCTIVITÉ





En 1911, Kamerlingh Onnes découvre la supraconductivité en étudiant le mercure.



L'expérience de supraconductivité

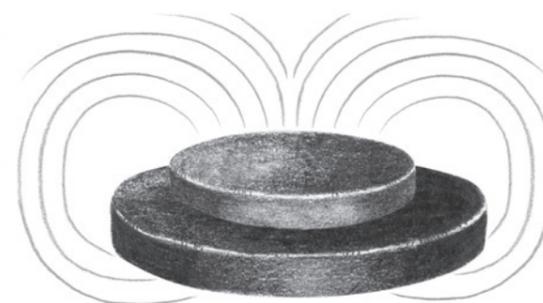
À très basse température, certains métaux deviennent supraconducteurs. Leurs électrons forment soudain une sorte de vague quantique géante. Ces matériaux conduisent alors le courant électrique parfaitement. De plus, ils expulsent les champs magnétiques. C'est pour cela qu'ils font léviter les aimants. Ce phénomène est observé ici dans un cuprate, supraconducteur à bien plus haute température que les métaux habituels.



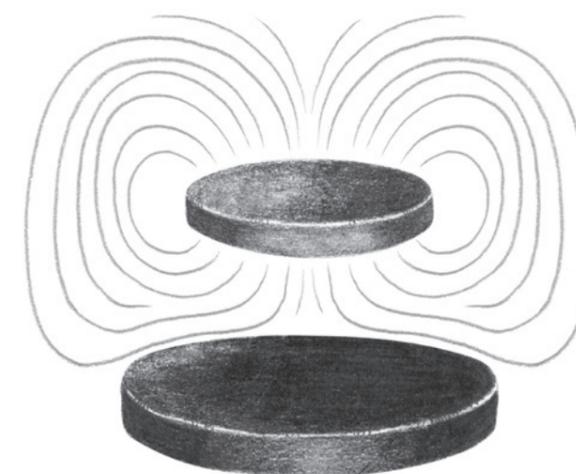
À haute température



À basse température



À haute température



À basse température

Un livre de Marjorie Garry

Réalisation et illustrations :
Marjorie Garry.

Vidéo :
Marjorie Garry
&
Pierre Klein

La physique :
Julien Bobroff
&
Frédéric Bouquet



Ce travail est le fruit d'une collaboration entre Marjorie Garry, étudiante au DSAA de Design d'Illustration Scientifique de l'école Estienne, et l'équipe « La Physique Autrement » (Laboratoire de Physique des Solides, Université Paris-Sud et CNRS).

Il a bénéficié du support de la Chaire « La Physique Autrement » portée par la Fondation Paris-Sud et soutenue par le groupe Air Liquide. Nous tenons à remercier Matthieu Lambert (École Estienne), le groupe MOUS et Vincent Klein (LPS).
