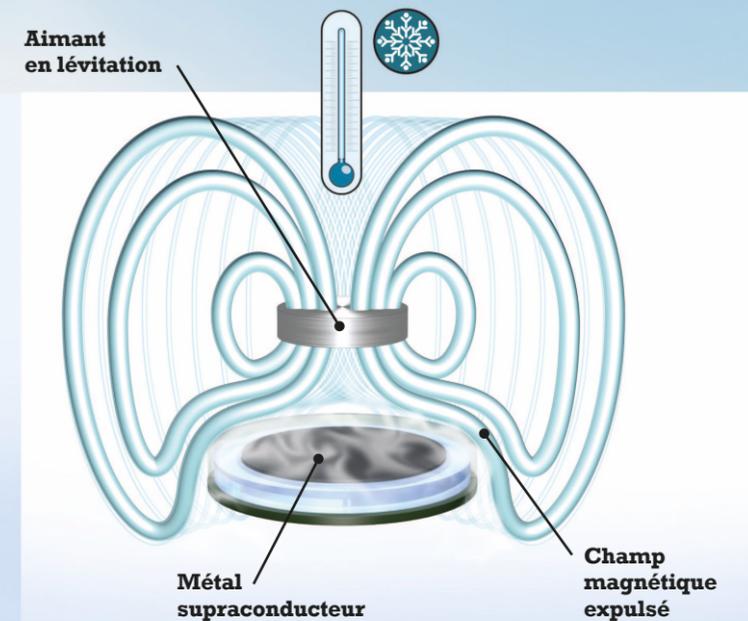
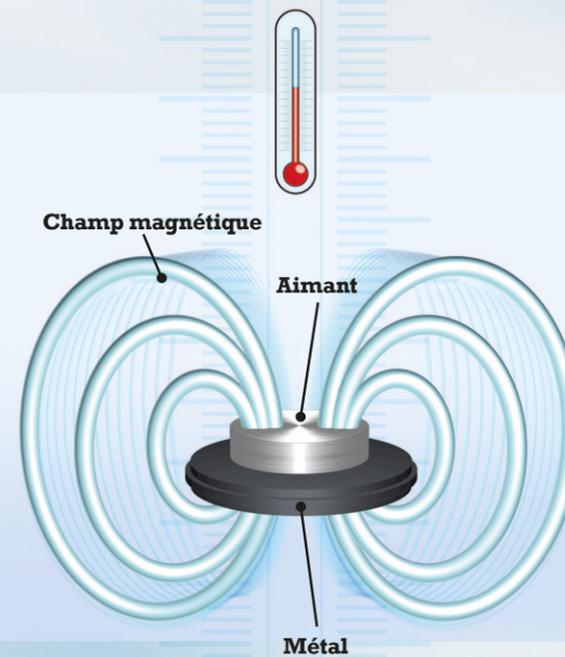
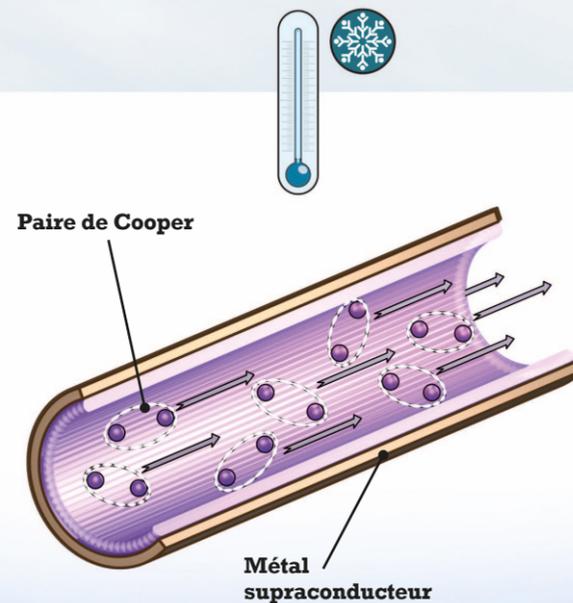
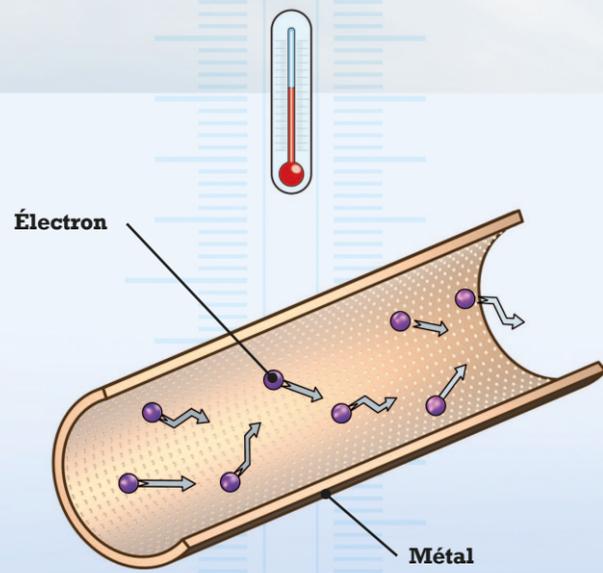


# LA SUPRACONDUCTIVITÉ

Faire léviter un train ou avoir des câbles électriques beaucoup plus puissants pour le transport du courant ? C'est possible grâce à la supraconductivité : à très basses températures (en dessous de 138 Kelvin, soit - 135 Celsius), certains matériaux voient leurs propriétés macroscopiques électriques et magnétiques changer. Ce phénomène apparaît chez la plupart des métaux (exceptés les métaux nobles : cuivre, argent, or...) ou alliages métalliques et s'explique à l'échelle microscopique, grâce à la physique quantique. Découvert en 1911, il demeure l'un des sujets de recherche les plus étudiés au monde tant il est difficile à maîtriser.

## À SAVOIR

La température critique ( $T_c$ ), température à laquelle la supraconductivité apparaît, varie en fonction de la composition chimique et de la structure cristalline du matériau. Dans le cas des supraconducteurs dits conventionnels (grande majorité), elle reste inférieure à 40 Kelvins, soit - 233 °C, et nécessite un refroidissement à l'hélium liquide (rare et coûteux). Il existe toutefois des supraconducteurs à haute  $T_c$  comme les cuprates, découverts en 1986 ( $T_c$  jusqu'à 138K, soit - 135 °C), qui peuvent être refroidis à l'azote liquide, plus accessible. Comprendre les mécanismes microscopiques de la supraconductivité de ces matériaux est un enjeu majeur de la Physique moderne.



## PERTE DE RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE

### À température ambiante

Les électrons d'un métal se comportent comme des ondes indépendantes les unes des autres. Dès qu'elles rencontrent un défaut, ou que l'un des atomes du métal vibre, ces ondes sont facilement perturbées et déviées. Certains électrons cèdent alors une partie de leur énergie au métal, qui s'échauffe, (effet Joule) et sont ralentis : c'est la résistance électrique.

### À très basse température

Le métal devient supraconducteur : ses électrons s'associent par paire (paires de Cooper) qui se superposent pour former une seule grande onde collective, le condensat. Comparable à un banc de poissons au mouvement collectif harmonieux, il occupe tout le matériau et est insensible aux défauts : la résistance électrique disparaît totalement. Dans un anneau supraconducteur, un courant électrique peut donc circuler indéfiniment, sans perte d'énergie.

## EXPULSION DU CHAMP MAGNÉTIQUE

### À température ambiante

Les métaux non magnétiques sont traversés par les champs magnétiques (comme celui créé par un aimant) qui interagissent peu avec la matière.

### À très basse température

Les métaux supraconducteurs expulsent les champs magnétiques qui ne peuvent plus pénétrer à l'intérieur : il s'agit de l'effet Meissner. Une force s'exerce alors entre le supraconducteur et l'aimant. Dans certains supraconducteurs (type II), l'expulsion est imparfaite et entraîne une lévitation stable de l'aimant.

## APPLICATIONS

La supraconductivité est étudiée et appliquée dans de nombreux domaines : imagerie médicale (IRM) ; énergie : bobine supraconductrice pour le stockage, câbles supraconducteur pour faire circuler une densité électrique 1 000 fois plus importante que celle des câbles classiques (en cuivre) et sans échauffement ; électro-aimants et confinement magnétique pour les accélérateurs de particules ; télécommunications ; transport : train qui lévite à plusieurs centimètres au-dessus de ses rails grâce à de puissants champs magnétiques ; créés par des bobines supraconductrices.