

## Application des propriétés des supraconducteurs afin de sécuriser nos transports.

Passionnés de physique quantique, nous avons découvert la supraconductivité et ses applications. Cette nouvelle technique pourrait nous permettre de concevoir des trains plus rapides et moins consommateurs en énergie. Ainsi, nous nous sommes intéressés à ces trains pour concevoir une nouvelle manière de se déplacer : plus écologique et sécurisée.

Améliorer la sécurité de nos transports au quotidien rejoint tout à fait l'aspect "prévention" du thème de l'année. Le principal objectif de la supraconduction est en effet de réduire au maximum les risques de déraillement et plus généralement les risques d'accidents liés au transport ferroviaire.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- MANES Gauthier

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Physique Théorique), PHYSIQUE (Physique de la Matière), INFORMATIQUE (Informatique pratique).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Supraconductivité</i>	<i>Superconductivity</i>
<i>Mécanique des fluides</i>	<i>Fluid mechanics</i>
<i>Electromagnétisme</i>	<i>Electromagnetism</i>
<i>Réseaux cristallins</i>	<i>Crystal lattices</i>
<i>Mécanique quantique</i>	<i>Quantum mechanics</i>

### Bibliographie commentée

La supraconductivité a été découverte en 1911. Cette découverte est directement liée à la “guerre du froid”, terme inventé par G.Waysand. Suite à la création d'installations permettant la liquéfaction de l'oxygène et de l'hydrogène, le physicien Heike Kamerlingh Onnes réalisa des expériences sur certains métaux afin de voir comment ces derniers se comportent lorsque l'on s'approche du zéro absolu [5/6]. Cette expérience a permis de découvrir le comportement supraconducteur de certains matériaux et alliages.

Après cette découverte, plusieurs expériences ont permis de trouver certaines propriétés de ses matériaux. Celles-ci sont déjà utilisées dans certains domaines notamment dans l'imagerie médicale avec l'IRM, et d'autres intéressent énormément les scientifiques, car ces dernières pourraient

transformer le futur de notre planète dans plusieurs domaines majeurs, comme le transport ou même la santé [4].

Les supraconducteurs sont répartis en deux sous catégories : les supraconducteurs de type 1 et les supraconducteurs de type 2. La différence entre ces deux types de supraconducteurs est la manière dont est transporté le courant à travers le supraconducteur. Dans les supraconducteurs de type 1 comme de type 2, on trouve un phénomène important : la phase Meissner, qui correspond au fait que les lignes de courants restent localisées au voisinage de la surface du matériau. Cette phase est atteinte en dessous d'une certaine température critique située pour le moment très en dessous de 0°C et donc, compliquée à atteindre dans des conditions industrielles normales.

Mais, dans les supraconducteurs de type 2, on décèle également une autre phase appelée phase de Shubnikov qui autorise les lignes de champs à traverser le supraconducteur, tout en évitant certains lieux du matériau dans lequel la résistivité n'est plus nulle. Cette phase est atteignable à une température critique plus élevée que celle de la phase Meissner [2/3].

Aujourd'hui, il demeure impossible d'utiliser les supraconducteurs à de grandes échelles du fait de leur trop faible température critique. Néanmoins, nous avons d'ores et déjà expérimenté et exploité leurs propriétés à des échelles plus réduites dans des laboratoires. Ces applications sont notamment visibles dans le domaine du transport, que ce soit dans le transport de courants (ligne de tension) ou celui de personnes avec le début de l'utilisation de certains trains comme le Maglev.

Par conséquent, nous avons décidé d'étudier le cas du train supraconducteur, l'une des applications les plus concrètes de la supraconduction. Ce train serait en "lévitation" au-dessus de rails grâce à un supraconducteur de type 2 en phase de Shubnikov. Ceci permettrait théoriquement au supraconducteur de se déplacer sans friction avec des rails particuliers constitués d'aimants [4].

Les avantages de ces trains seraient le faible coût en énergie, une grande vitesse et une meilleure sécurité par rapport aux trains actuels. En effet, la sécurité serait, théoriquement augmentée, car au moment où le supraconducteur arrive en bout de rail ou en cas d'écart du rail (comme si un rail déraillait), il y a une force de rappel due notamment à la phase de Shubnikov du supraconducteur, qui l'empêche de sortir du champ des aimants et lui évite de dérailler. Enfin, la sécurité serait accrue, grâce à un système de propulsion et de freinage par électroaimant, très stabilisant [1].

## **Problématique retenue**

Nous nous demanderons en quoi les propriétés de la supraconductivité permettent de révolutionner l'utilisation et la sécurité de nos transports.

## Objectifs du TIPE

- 1) Mettre en évidence les différentes phases d'un supraconducteur de type 2.
- 2) Montrer la décroissance de la résistance en fonction de la température dans les supraconducteurs.
- 3) Montrer la force de rappel du supraconducteur de type 2.
- 4) Modéliser une structure de train permettant une chute de traînée afin de pouvoir augmenter la vitesse du train.
- 5) Analyser la structure cristallographique des composés supraconducteurs étudiés.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE : Trains à lévitation magnétique :  
<https://youtu.be/4BTEQRU9yT8>
- [2] PHILIPPE MANGIN, RÉMI KAHN : Supraconductivité : *EDP Sciences*
- [3] PHILIPPE MANGIN, RÉMI KAHN : Matériaux supraconducteurs : *EDP Sciences*
- [4] PHILIPPE MANGIN, RÉMI KAHN : Applications magnétoélectriques des supraconducteurs : *EDP Sciences*
- [5] JULIEN BOBROFF : Les supraconducteurs et leurs fascinantes propriétés :  
<https://youtu.be/Sj5eue4jm9c>
- [6] CEA : La supraconductivité et ses applications :  
<https://www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/essentiel-sur-supraconductivite-et-applications.aspx#:~:text=Qu'est%2Dce%20que%20la,donec%20sans%20perte%20d'%C3%A9nergie>
- [7] TRISTAN CAROFF : développement de conducteurs à base d'YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub> sur des substrats flexibles par MOCVD : 2008-1121-These\_Tristan\_Caroff.pdf