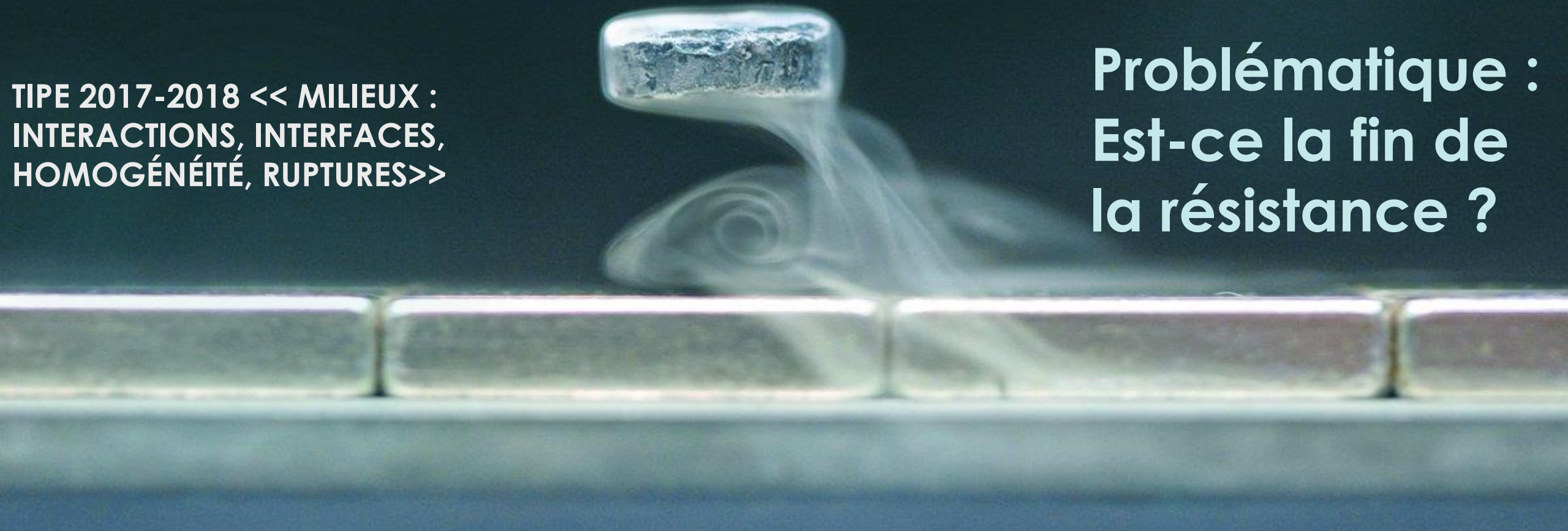


# Les milieux supraconducteurs

TIPE 2017-2018 << MILIEUX :  
INTERACTIONS, INTERFACES,  
HOMOGENÉITÉ, RUPTURES>>

Problématique :  
Est-ce la fin de  
la résistance ?



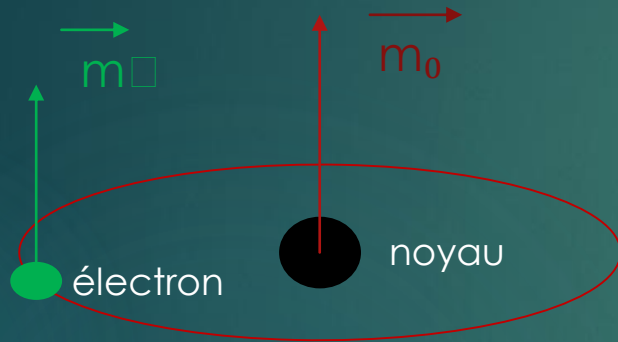
# Plan :

- ▶ Physique des milieux magnétiques
- ▶ Théorie de London
  - a) Etude phénoménologique
  - b) Résolution numérique
- ▶ Théorie BCS : approche quantique
- ▶ Illustration expérimentale de la lévitation magnétique

# Physique des milieux magnétiques :

## ► Rappel : moment magnétique : Au niveau atomique :

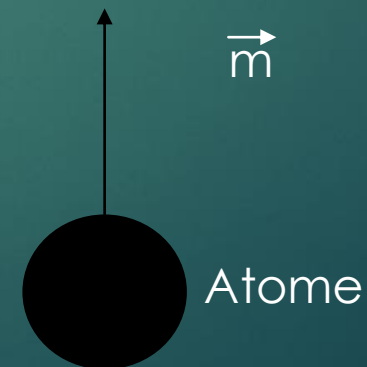
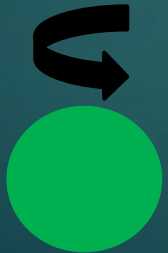
Un électron tournant autour du noyau crée un moment magnétique orbital :  $\vec{m}_0$



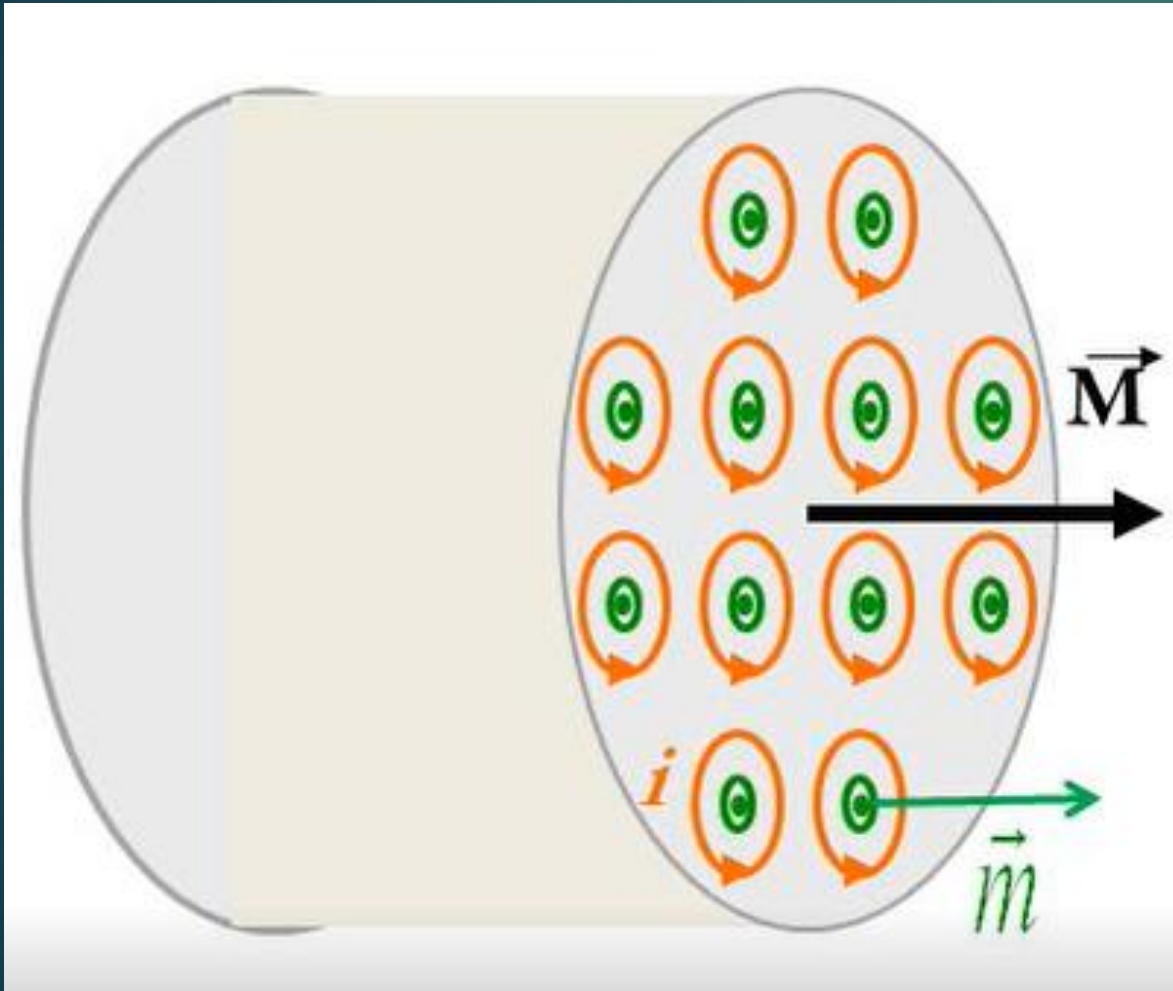
Le moment magnétique (atomique)  $\vec{m}$  tient compte des deux contributions  
 $\vec{m} = \vec{m}_0 + \vec{m}_s$



Un électron tournant sur lui-même (spin) crée un moment magnétique de spin :  $\vec{m}_s$



# Aimantation $\vec{M}$ :



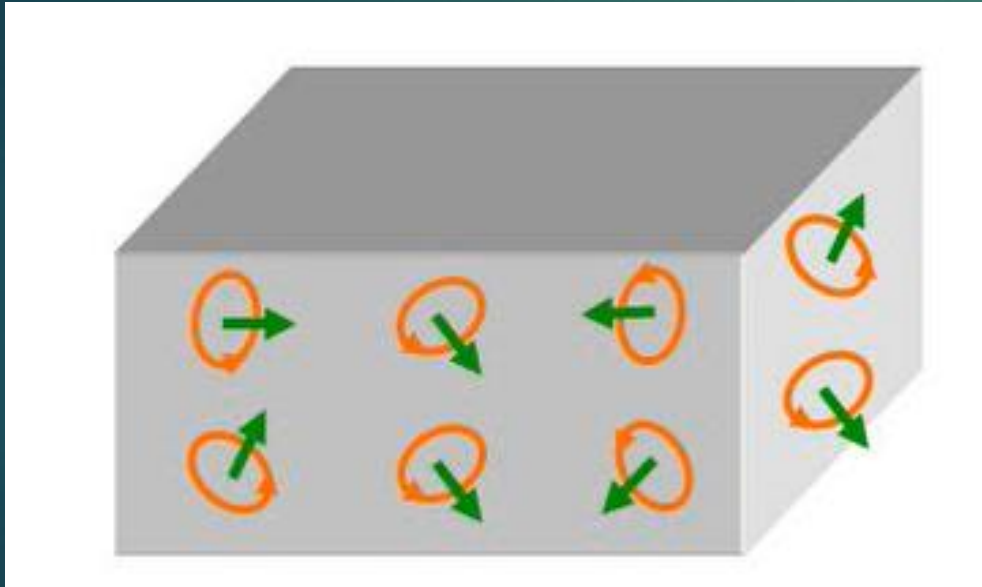
$$\vec{M} = \frac{1}{\Delta\tau} \sum_i \vec{m}_i$$

Le degré d'aimantation est le moment magnétique par unité de volume

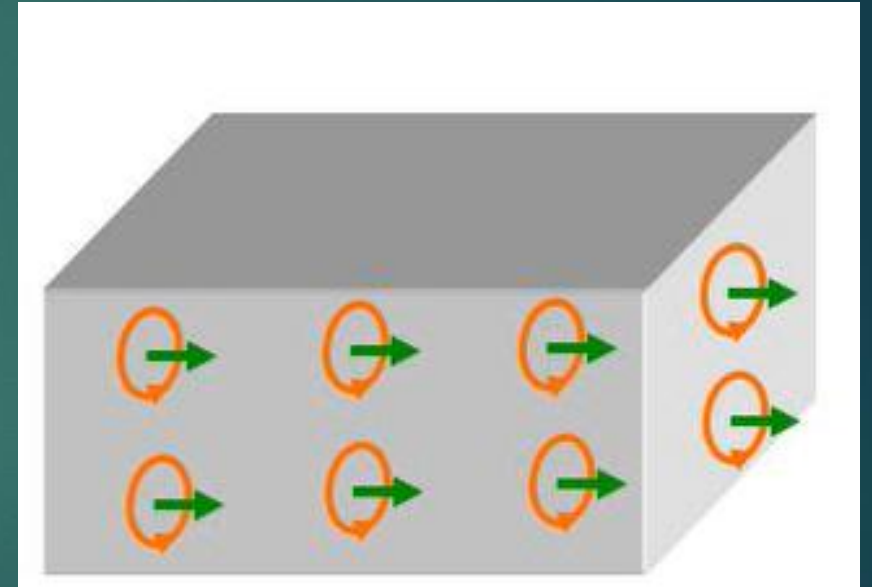


# Milieux paramagnétiques, ferromagnétiques et diamagnétiques :

- Milieux paramagnétiques :

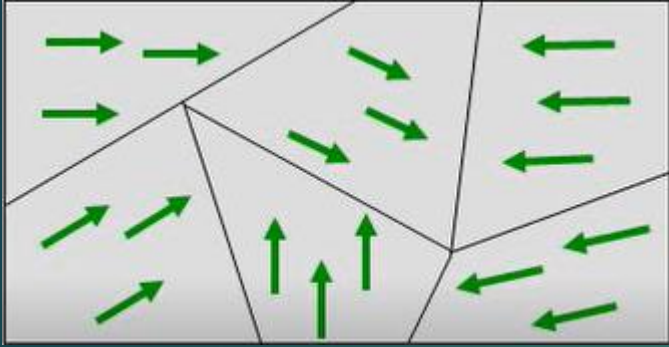


Absence de champ magnétique

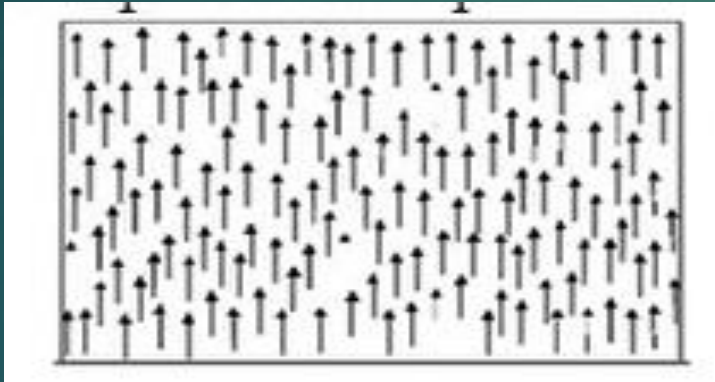


Présence de champ magnétique

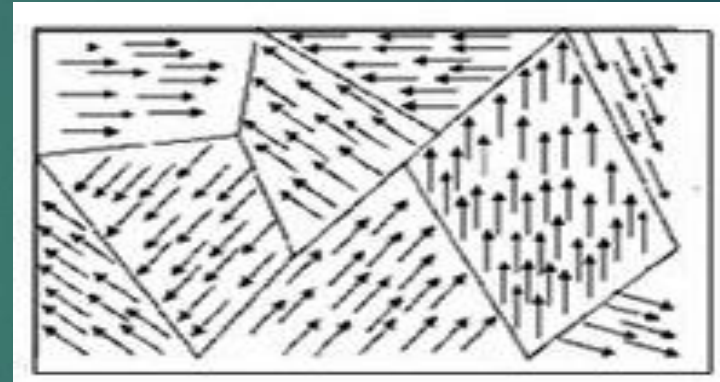
## -Milieux ferromagnétiques :



Aimantation permanente ou de longue durée



Aimant

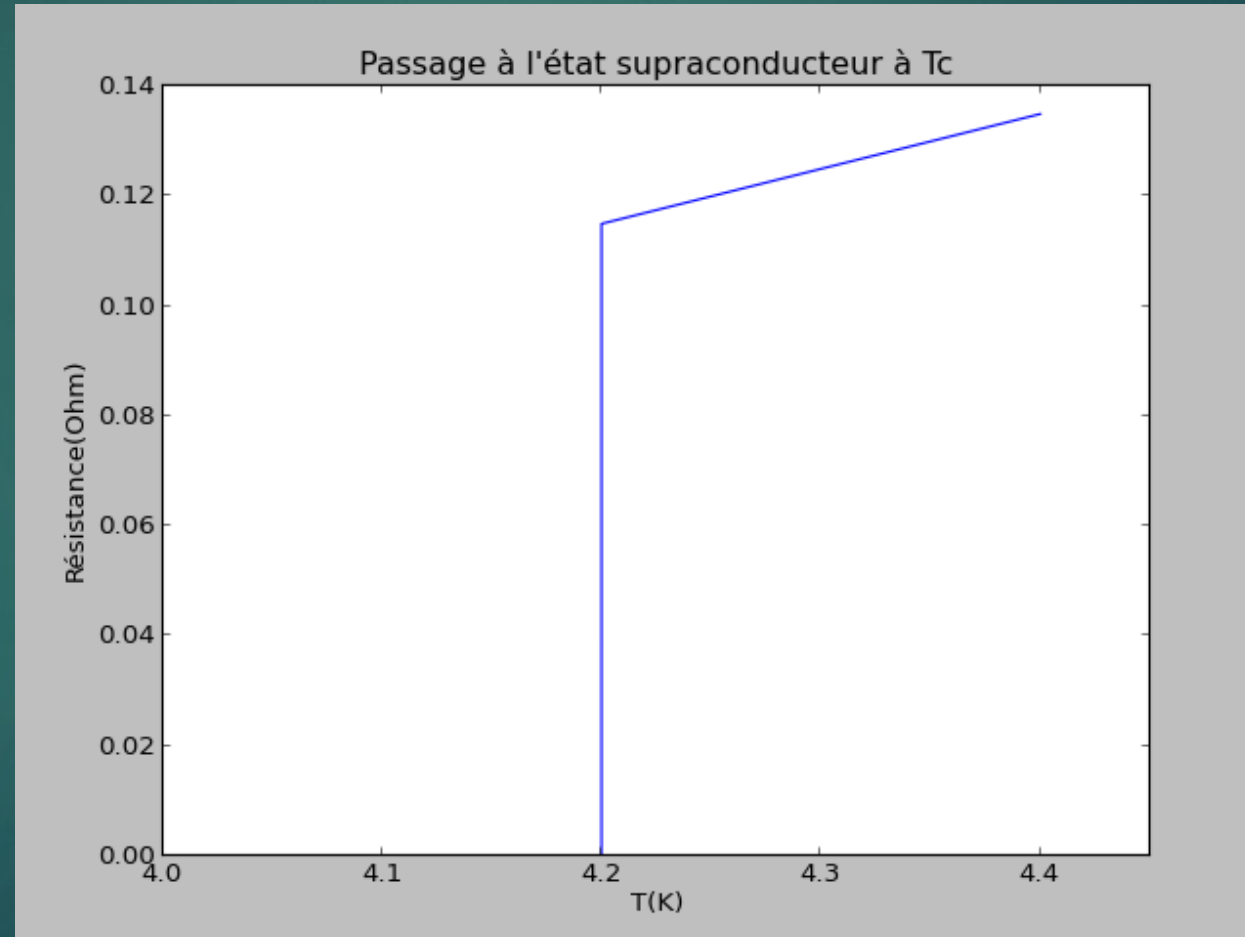


Clou à base de fer

## -Milieux diamagnétiques :

Aimantation opposée au champ inducteur généralement très faible

# Milieux conducteurs et supraconducteurs :



Exemple : mercure

# Théorie de London :

- ▶ Etude phénoménologique :  
Application de la RFD à un porteur de charge  $q$  dans un supraconducteur soumis à l'action d'un champ électromagnétique  $(\mathbf{E}, \mathbf{B})$  :

$$m \frac{d \mathbf{v}}{d t} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

- ▶ En régime quasi stationnaire, le champ magnétique à l'intérieur d'un supraconducteur satisfait à l'équation différentielle suivante :

$$\Delta \mathbf{B} = -\frac{1}{\lambda_L^2} \mathbf{B}$$

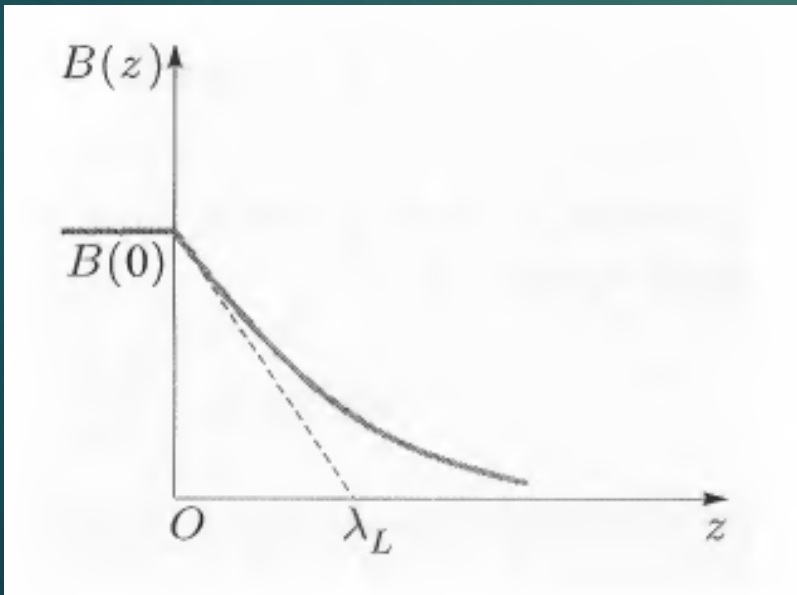


- Résolution numérique :

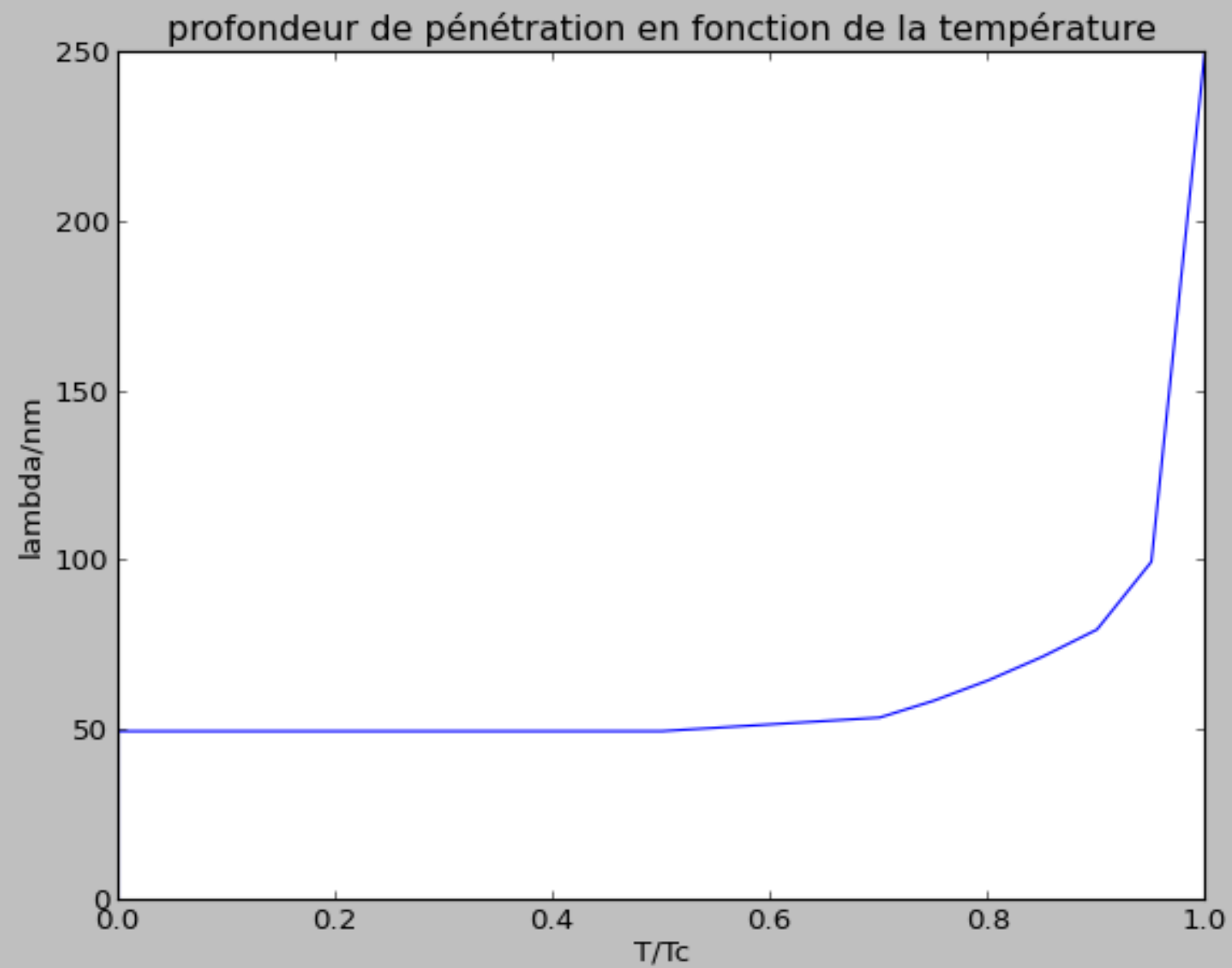
$$\frac{d^2 \mathbf{B}}{dz^2} - \frac{1}{\lambda_L^2} \mathbf{B} = \mathbf{0}$$

- Résultats :

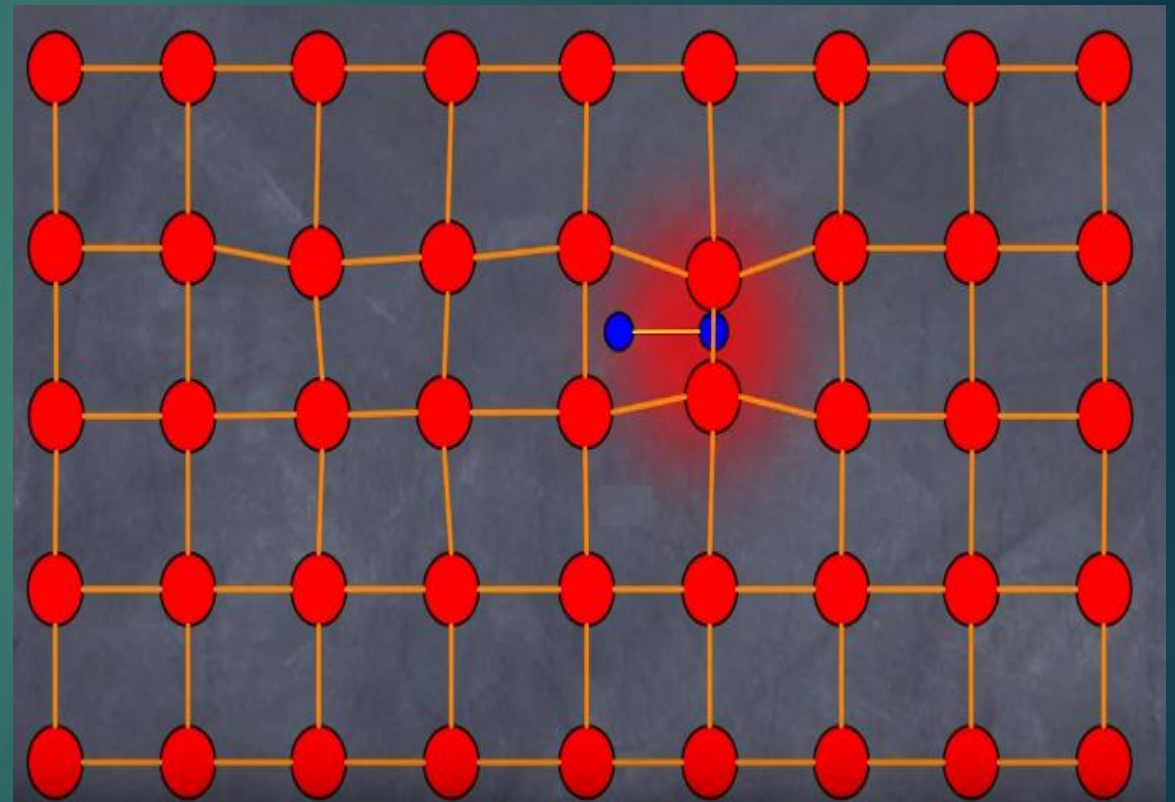
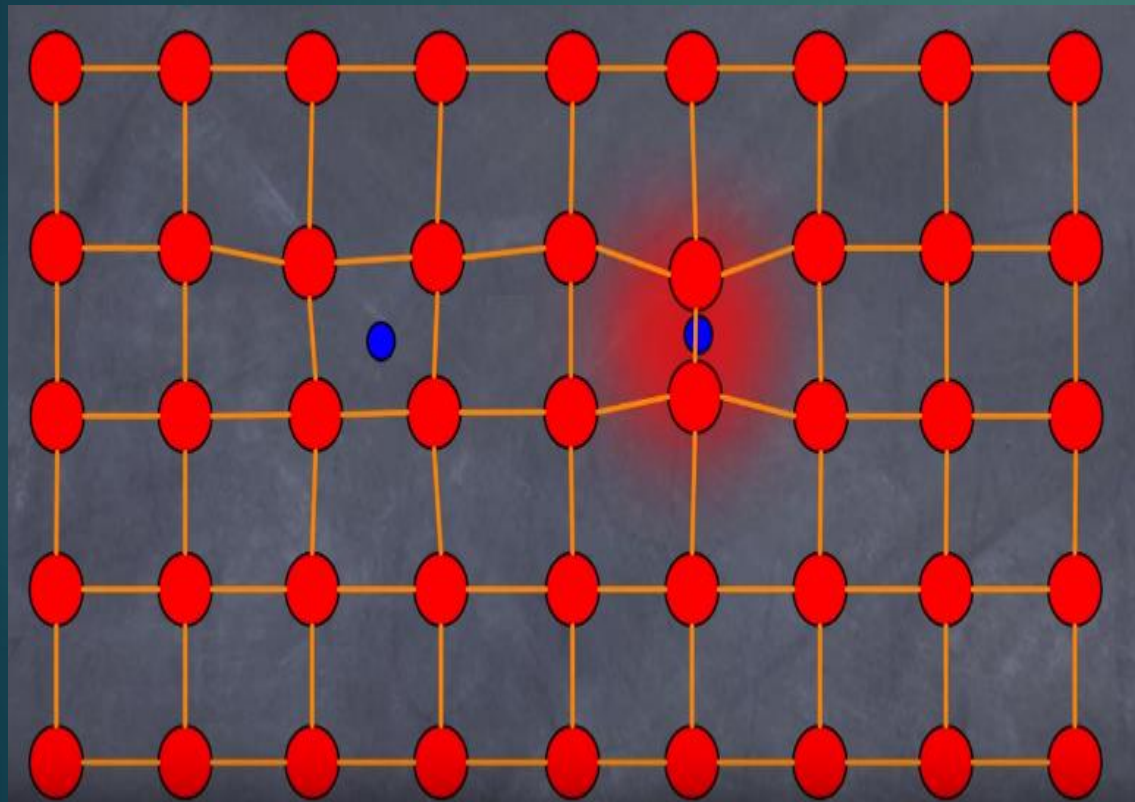
$$\mathbf{B}(z) = \mathbf{B}(0) \exp\left(-\frac{z}{\lambda_L}\right)$$



$$\lambda_L = \left( \frac{m_e}{\mu_0 n_s e^2} \right)^{1/2} \sim \left( \frac{0,91 \times 10^{-30}}{4\pi \times 10^{-7} \times 10^{28} \times 1,6^2 \times 10^{-38}} \right)^{1/2} = 53 \text{ nm}$$



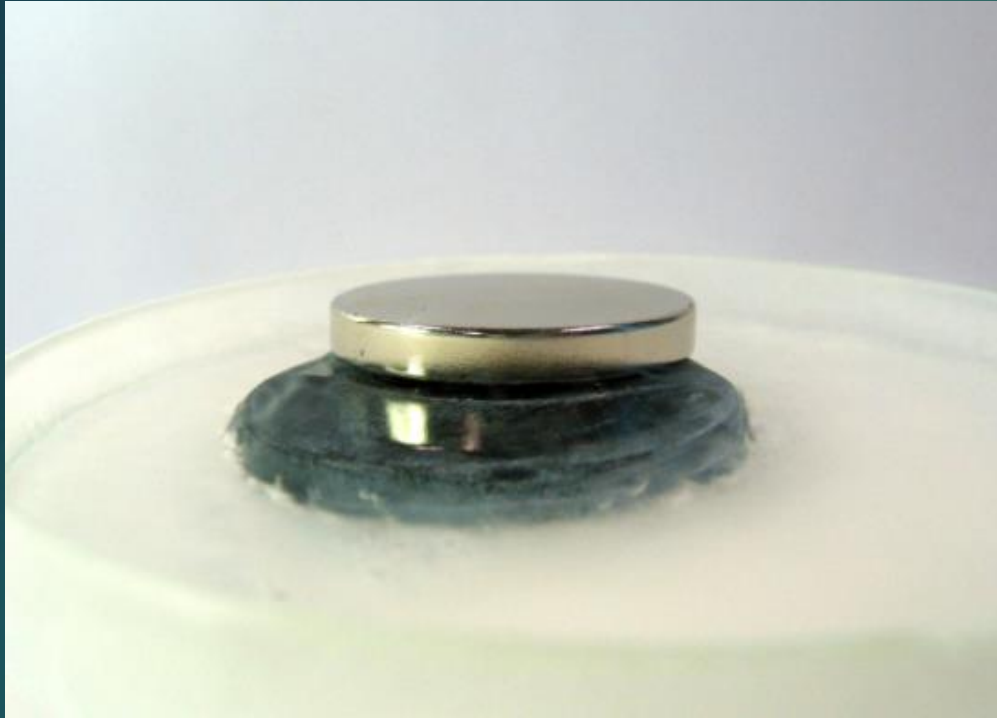
# Théorie BCS : approche quantique



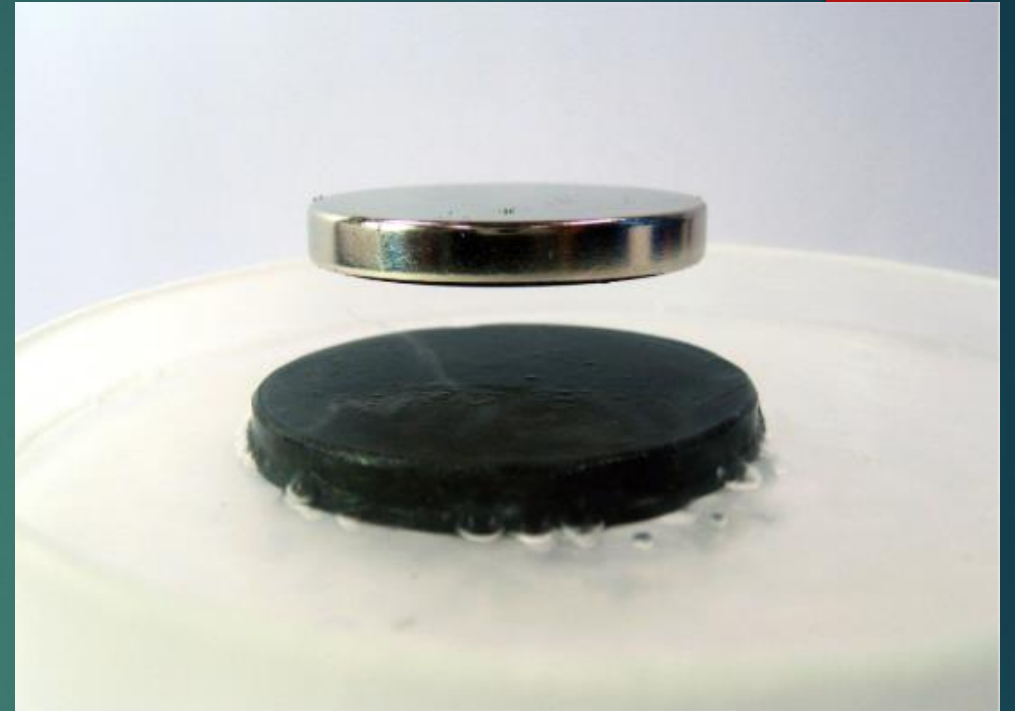
Formation d'une paire de Cooper

# Illustration expérimentale :

- ▶ Matériel requis :
  - ▶ Azote liquide refroidit à 30K près
  - ▶ Aimant
  - ▶ Matériau supraconducteur



À  $T > T_c$



À  $T < T_c$



# Discussion

