

## MAGNETOENCEPHALOGRAPHIE - M.E.G.

Antonin Rovai et Nicolas De Coster  
Département de Physique

### Les SQUID's

Les SQUID's (Supraconducting Quantum Interference Device) sont les capteurs magnétiques utilisés dans le MEG. Le fonctionnement des SQUID's repose sur des notions de *mécanique quantique et de physique statistique*.

### Les supraconducteurs

Les supraconducteurs sont des matériaux dotés de propriétés très particulières à *très basse température*. Ils donnent notamment lieu à une conduction caractérisée par une *résistance électrique nulle*, contrairement aux conducteurs ordinaires. Les supraconducteurs possèdent une propriété fascinante concernant les champs magnétiques : si un bloc supraconducteur est plongé dans un champ magnétique, il expulse les lignes de champ de telle sorte qu'elles ne pénètrent que d'une profondeur  $\lambda_L$  (petite) caractéristique du supraconducteur (c'est l'*effet Meissner*). Ces propriétés sont démontrées théoriquement par la théorie *BCS* qui considère des électrons regroupés par paires dites de *Cooper*.

### Les jonctions de Josephson

- Un dispositif composé de 2 supraconducteurs séparés par une fine jonction.
- On applique une différence de potentiel  $V$  entre les deux parties.
- Si la jonction est suffisamment étroite certaines paires de Cooper passent d'un sous-système à l'autre par *effet tunnel*.

L'*effet tunnel* est un effet quantique qui prévoit qu'une particule peut, sous certaines conditions, "traverser une barrière" qui classiquement l'empêcherait d'avancer. Les particules se comportent comme des ondes, et ne sont donc pas localisées ponctuellement mais possèdent une certaine probabilité de présence en une zone déterminée de l'espace. La probabilité est d'autant plus grande qu'on est proche de la position classique de la particule. Cette nature ondulatoire permet d'expliquer l'effet tunnel. Dans certaines conditions cette onde  $\Psi$  s'étend au-delà du mur, permettant à la particule d'"apparaître" de l'autre côté avec une probabilité non-nulle. A toute onde on peut associer un nombre  $\theta$  représentant la phase de l'onde ( $\Psi \propto e^{i\theta}$ ), il en va de même dans le cas présent. Une des particularités des supraconducteurs est que tous les électrons (plus précisément toutes les *paires de Cooper*) possèdent la même phase (cohérence de phase). On peut relier la différence entre les phases des deux sous-systèmes supraconducteurs au courant  $I_{mesure}$  qui s'établit par effet tunnel. C'est cette différence de phase qui donne lieu au phénomène d'interférence qui joue un rôle central dans les SQUID's.

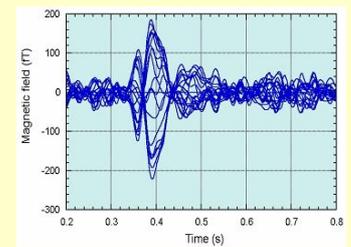
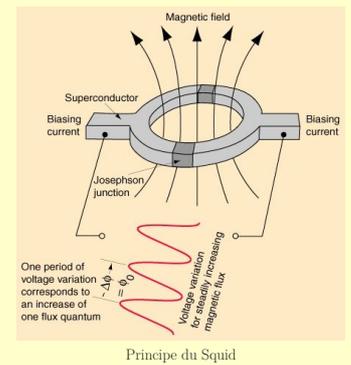
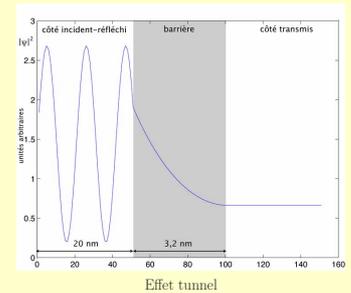
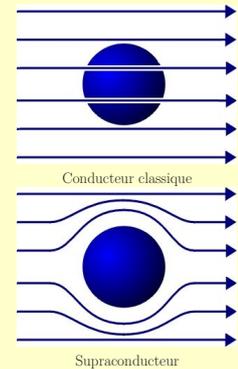
### Les jonctions de Josephson et les SQUID's

Les SQUID's sont composés de deux jonctions de Josephson, mises en parallèle et reliées à une différence de potentiel électrique. Un ampèremètre permet de mesurer le courant passant dans le circuit. Le tout est plongé dans un champ magnétique : celui du cerveau, que l'on voudrait mesurer. La mécanique quantique nous permet de relier la différence de phase entre deux endroits du supraconducteur et le flux magnétique traversant la région : comme nous connaissons le lien entre le courant et la différence de phase, nous avons un lien direct entre le courant (que nous mesurons) et le flux magnétique (que l'on cherche à déterminer).

$$I_{mesure} = i_c \left| \cos\left(\frac{\pi \Phi_{cerveau}}{\Phi_0}\right) \right|$$

( $i_c$  : courant critique)

(Merci à N.Goldman pour ses explications et corrections.)



Graphique obtenu à partir d'un SQUID