

UN SIECLE DE SUPRACONDUCTIVITE

Toute la conférence :

<http://www.youtube.com/watch?v=Q-9L1mfgH6w>

Yves Laumond

Ingénieur Arts & Métiers

(Délégué Régional Franche-Comté)

Docteur de l'Université de Grenoble

Ancien Directeur de la Recherche de l'UTBM

LA SUPRACONDUCTIVITE

« Comment une personne animée d'un esprit curieux pourrait-elle ne pas partager la fascination que les scientifiques éprouvent pour la supraconductivité ? »

François GERVAIS

(Les nouveaux supraconducteurs)

Avant 1900

- Le « chaud » était connu depuis la préhistoire...
- Au début du XIX^{ème} on ne savait pas faire du « froid »
- 1898 Dewar liquéfie l'hydrogène pour la 1^{ère} fois
- Fin du XIX^{ème} il restait un gaz à liquéfier l'hélium

Début du XX^{ème} siècle

- 1908 Heike Kamerlingh Onnes liquéfie pour la première fois l'hélium à Leyde.
- Kamerlingh Onnes fonde à Leyde le premier laboratoire de cryogénie.
- 1911 Gilles Holst élève de Kamerlingh Onnes découvre la supraconductivité sur le Hg.
- 1913 Kamerlingh Onnes obtient le Prix Nobel de physique pour cette découverte.
- La même année échec du 1^{er} aimant supra.

1908 Heike Kamerlingh Onnes liquéfie l'hélium

- H.Kamerlingh Onnes physicien hollandais né à Groningue en 1853 et mort à Leyde en 1926. Il crée en 1894 le laboratoire de cryogénie de Leyde où il travaille avec Van der Waals.
- Il obtient le prix Nobel de Physique en 1913

De la 1^{ère} à la 2^{ème} guerre mondiale

- Début des années 20: élaboration des théories quantiques.
- 1933 découverte de l'effet Meissner à Berlin.
- 1934 les 1^{ères} théories de la supraconductivité: Gorter-Casimir à Leiden, Fritz & Heinz London.
- 1938 la Suprafluidité à Cambridge et à Moscou.

1933 Walther Meissner (1882-1974) découvre « l'effet Meissner »

De l'après guerre aux années 50

- 1950 théorie phénoménologique de Ginzburg- (Prix Nobel 2003) Landau (Prix Nobel 1962).
- 1952 Abrikosov (Prix Nobel 2003) : quantification du flux.
- 1953 Pippard: longueur de cohérence.
- 1957 Bardeen-Cooper-Schrieffer: théorie microscopique BCS (Prix Nobel 1972).
- 1958 mise au point des 1^{ers} supra de type II NbZr et Nb₃Sn.

1950 Théorie GLAG Ginzburg-Landau-Abrikosov-Gorkov

Lev Landau est né à Bakou en 1908, mort en 1968 des suites d'un accident de voiture. Sans doute un des physiciens soviétiques les plus géniaux du XX^{ème} siècle. Un des pères de la bombe H soviétique, n'a pas terminé sa vie dans les prisons staliniennes grâce à l'intervention de Kapitsa.

Prix Nobel de Physique en 1962

1957 Théorie microscopique BCS Bardeen-Cooper-Schrieffer

Les années 60

- 1960 découverte des fortes densités de courant dans Nb_3Sn .
- 1961 Le Nb-Ti est supraconducteur.
- 1962 découverte de l'effet Josephson (Prix Nobel 1974). : les SQUID.
- L'école française se développe;
à Paris: De Gennes (Prix Nobel 1991) -Friedel
à Grenoble: Néel (Prix Nobel 1970)-Weil-Goodman.
- 1968 les brins multi filamentaires (Rutherford Lab.).

Les années 60 (suite)

- Les premiers brins supraconducteurs.
- 1964 la chambre à bulles d' Argonne Nat.Lab.
- En France Thomson fabrique du supra.
- 1968 les physiciens théoriciens abandonnent l'étude des supra pensant qu'on ne pourra pas atteindre des températures plus élevées...!
- 1974 record sur le Nb_3Ge 24K.

L'ETAT SUPRACONDUCTEUR DEPEND DE 3 PARAMETRES

- *LA TEMPERATURE*

L'état supraconducteur n'apparaît qu'en dessous d'une température T_c **température critique**

- *LE CHAMP MAGNETIQUE*

L'état supraconducteur n'apparaît qu'en dessous d'un champ magnétique H_c **champ critique** : $H_c = f(T)$

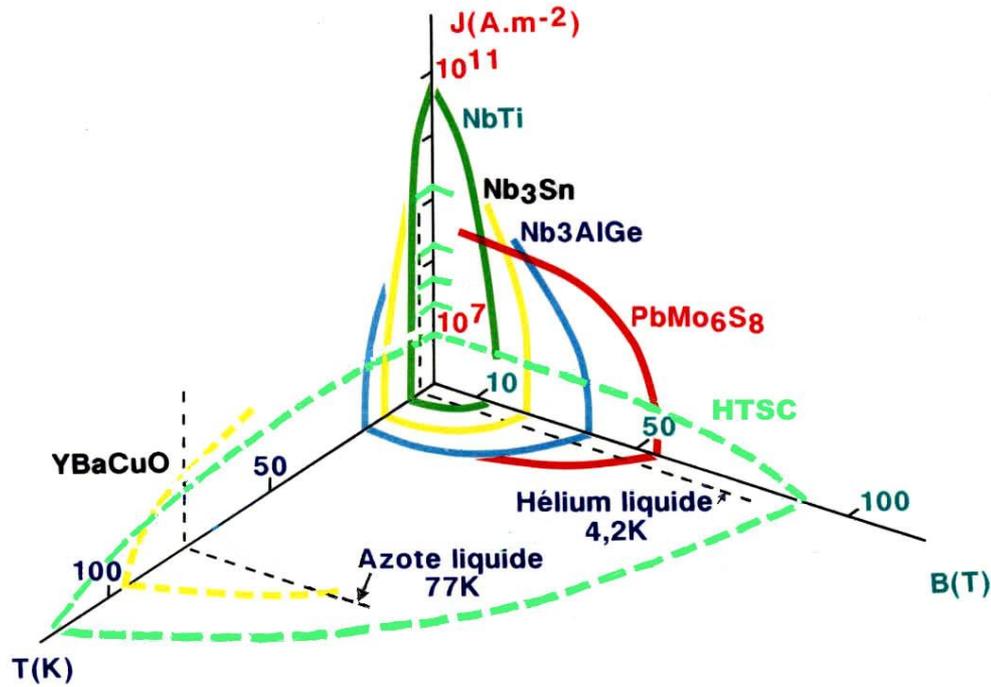
- *LA DENSITE DE COURANT*

L'état supraconducteur n'apparaît qu'en dessous d'une densité de courant J_c , **densité de courant critique** :

$$J_c = f(T, H)$$

Caractéristiques (T,B,J) de quelques supraconducteurs

Caractéristiques (T,B,J)
de quelques supraconducteurs



ASPECTS THEORIQUES

- **EFFET MEISSNER**

Le champ magnétique ne pénètre pas : **$B = 0$**

- **PROFONDEUR DE PENETRATION**

Le champ passe de 0 à H sur une distance λ appelée **profondeur de pénétration**

- **PAIRES DE COOPER**

Cet état s'explique par un phénomène d'attraction de deux électrons
paires de Cooper

- **LONGUEUR DE COHERENCE**

La densité des paires passe de 0 à 1 sur une distance ξ appelée **longueur de cohérence**

- **DEUX TYPES DE SUPRACONDUCTEUR**

$\lambda < \xi$ supraconducteur de 1^{ère} espèce

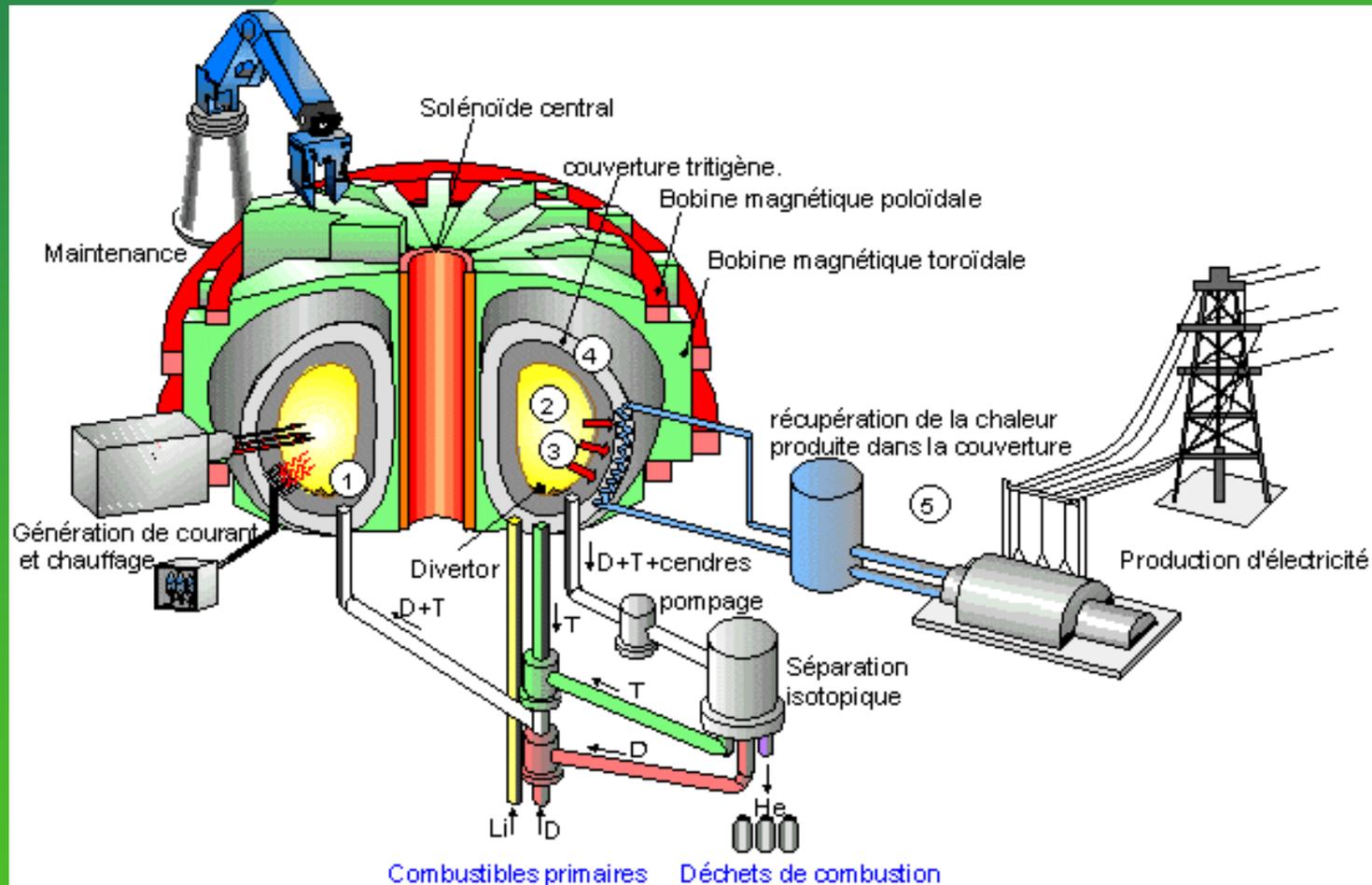
$\lambda > \xi$ supraconducteur de 2^{ème} espèce **quantum de flux $\Phi_0 = h / 2e$**

Des années 70 jusqu'à 1986

- 1974 La chambre à bulles du CERN (BEBC).
- 1972-1982 Programme cryoalternateur Alstom-EdF.
- 1975 Alstom reprend la fabrication supra en France.
- 1982 Première image IRM.
- 1983 Premier fil supra pour courant AC (Alstom).
- 1986 Mise en service du TEVATRON (FERMILAB).
- 1988 Tore Supra à Cadarache.

Exemple d'IRM (Philips)

Principe d'une centrale nucléaire à fusion



Tokamak « Tore Supra » CEA Cadarache

1986 Révolution dans la supraconductivité

- 1986 Bednorz et Müller (Prix Nobel 1987) découvrent les supraconducteurs HTC LaBaCuO $T_c=34\text{K}$
- 1987 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\varepsilon}$ $T_c=93\text{K}$
- 1988 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\varepsilon}$ $T_c=110\text{K}$
- 1991 $\text{Tl}_{1,6}\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10-\varepsilon}$ $T_c=128\text{K}$
- 1993 $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+\varepsilon}$ $T_c=138\text{K}$
- 2001 Record actuel (2001) $T_c=164\text{K}(-106\text{ °C})$

1986 Découverte des supraconducteurs à hautes températures critiques (HTC)

Fin du XX^{ème} début du XXI^{ème} Siècle

- L'imagerie médicale (IRM) s'est industrialisée.
- L'accélérateur (L.H.C.) du CERN est mis en route le 10 sept. 2008.
- La mise en forme des supra HTC progresse.
- Projet sur la fusion nucléaire ITER.

LHC: tranche de dipôle supraconducteur



Train à sustentation magnétique

Propulsion Magnéto-Hydro-Dynamique

Conclusion

Encore un effort sur les températures et sur la mise en forme des matériaux supraconducteurs, et nous aurons la révolution industrielle du troisième millénaire,

à suivre ...