



www.cnrs.fr

Applications des supraconducteurs en courant fort

Xavier CHAUD

Ingénieur de Recherche du CNRS au
Laboratoire National des Champs
Magnétiques Intenses
à Grenoble



Propriétés supraconductrices

○ Transport

● Pas de dissipation par effet Joule

- Transport
- Génération de champ magnétique, Stockage de l'énergie, Moteur électrique, Transformateur

● Transition de l'état supra à l'état normal

- limiteur de courant

○ Magnétisme

● Opposition à toutes variations du champ magnétique

- lévitation, cryoaimants

Fils et rubans

Massifs



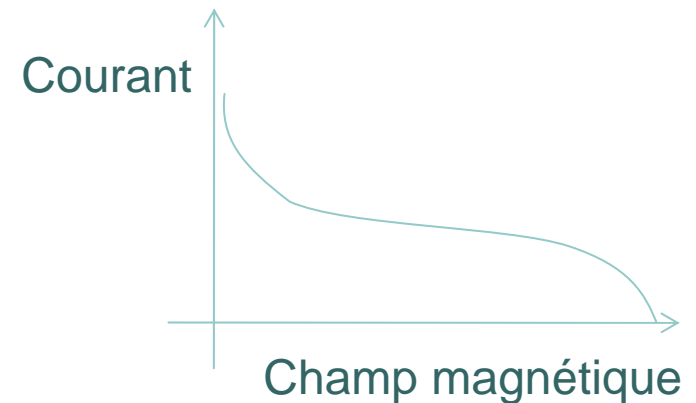
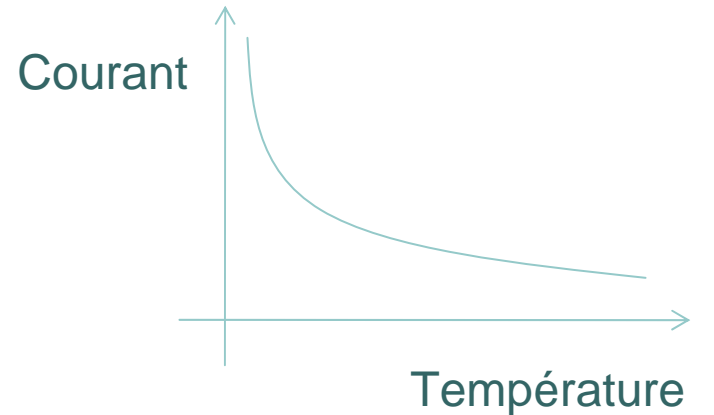
Transport du courant

- Limites intrinsèques
 - Température critique (T_c)
 - Matériaux à basse T_c et haut eT_c
 - Variation du courant avec la T_c
 - Champ magnétique critique (H_c)

Propriétés du matériau

- Limites extrinsèques
 - Courant critique (I_c)

Propriété d'élaboration*



* L'introduction de défauts nanométriques dans le matériau améliore ses performances



Génération de champ magnétique

- ☞ Supraconducteurs basse température
 - Utilisation d'une cryogénie à l'hélium liquide entre 1.8 et 4.2 K
 - Systèmes IRM et RMN
 - Dipôles du LHC
 - Bobines de confinement d'ITER

Les challengers

- ☞ Supraconducteurs à haute température critique à 4.2K au-delà de 25 T



Rubans supraconducteurs HTc

☞ câble, transformateur, moteur électrique, ...

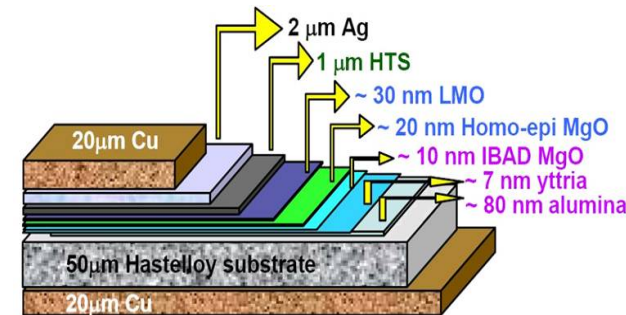
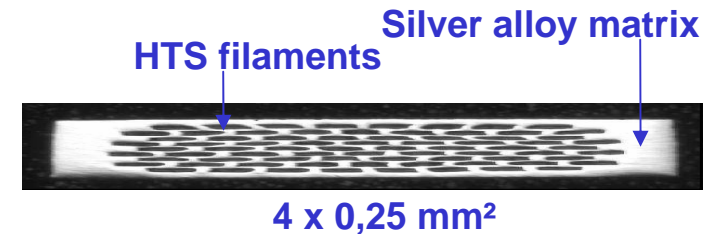
☞ difficulté à faire des fils HTS (65-77 K)

- 1ere gén.: rubans ronds Bi-2212
rubans Bi-2223 multifilamentaires

- 2nd gén.: conducteurs déposés YBaCuO
 - Disponibilité commerciale
 - Diminuer les coûts, augmenter les longueurs

- 3^{ème} gén.: conducteur déposé sur un fil rond

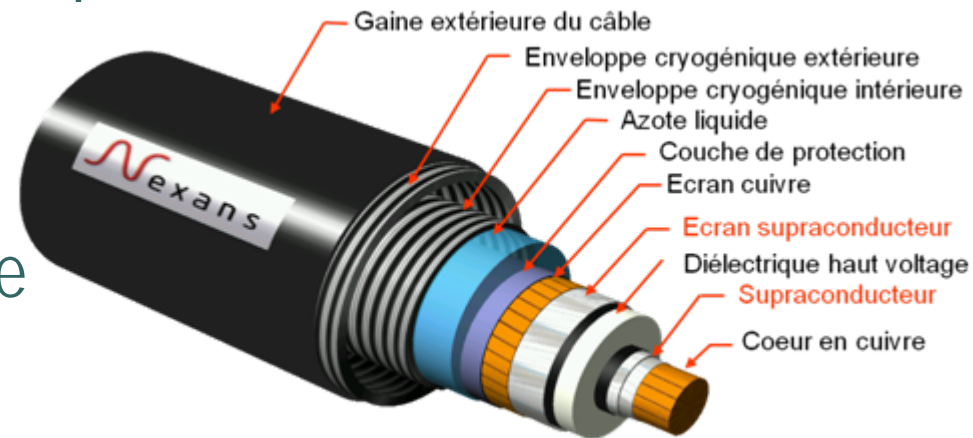
- collaboration CNRS/CRETA/Institut Néel-Nexans – J.L.Soubeyroux, P. Odier





Câble supraconducteur

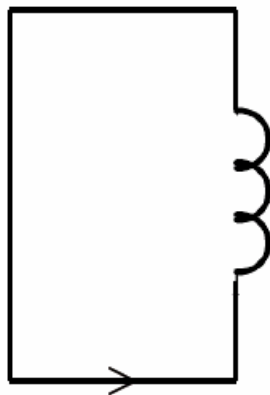
- Application = Système intégrant le matériau, la cryogénie, les écrans, le renfort et la protection mécanique
- Transporte 3x plus de courant qu'un câble classique
 - Zone urbaine
 - Gestion du réseau électrique





Stockage de l'énergie magnétique

- Nouveau dispositif permis par les supraconducteurs
- Energie stockée proportionnelle au carré du courant du bobinage



- Bobine en court-circuit
- Zéro résistance
- Courant circule indéfiniment

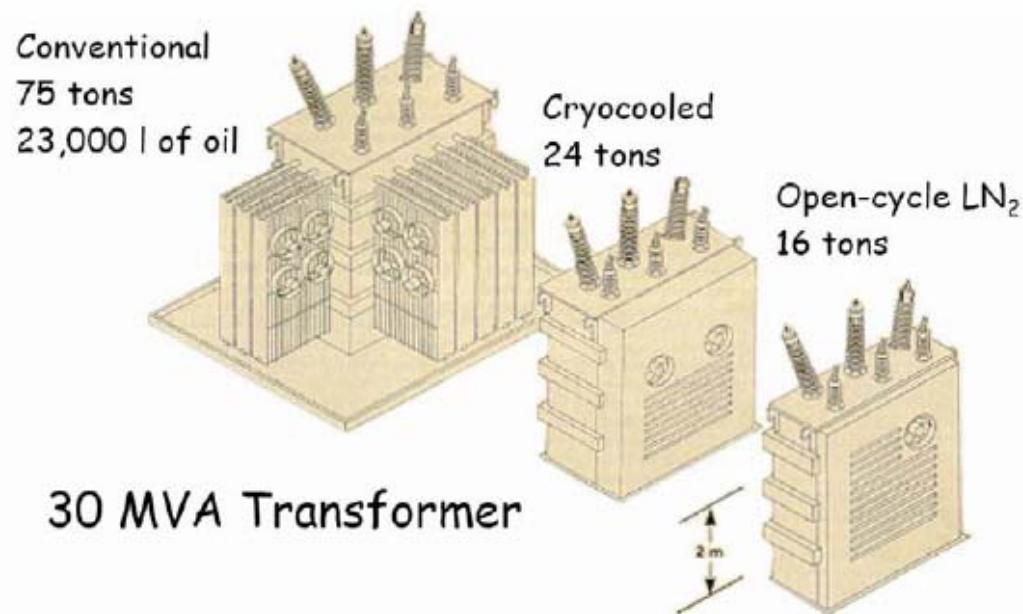


Image d'un prototype de SMES au CNRS à Grenoble (Institut Néel/G2Elab – P. Tixador)



Transformateur, moteur

- Avantage compacité
 - poids et volume diminuent
 - Efficacité augmente



Exemple de gain dans le cas d'un transformateur

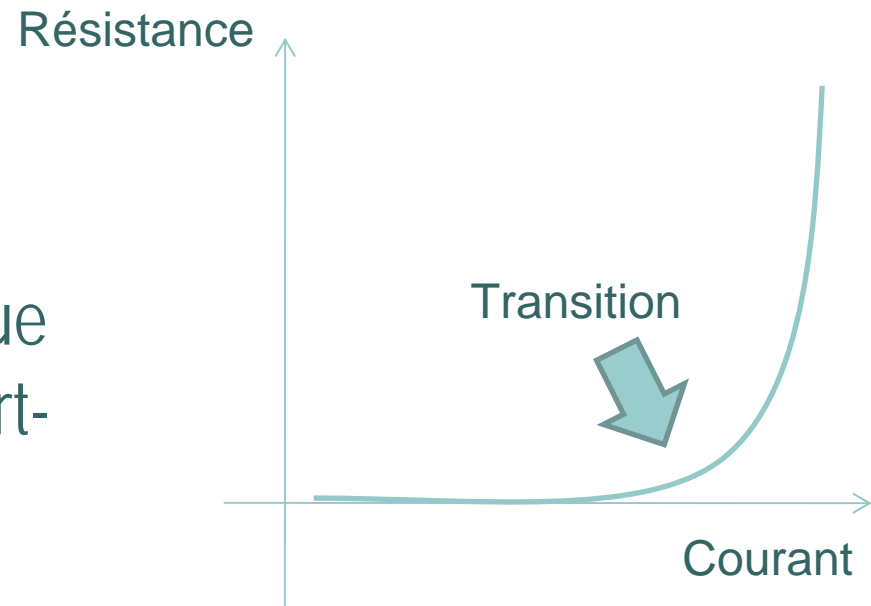


Limitation du courant

- Nouveau dispositif permis par les supraconducteurs
- Dispositif basé sur la transition de l'état supra à l'état normal
- Protection de circuit électrique haute tension en cas de court-circuit

$$U=R*I, U \text{ réseau constant}$$

Si le courant I augmente, transition du supra, R augmente, I limité





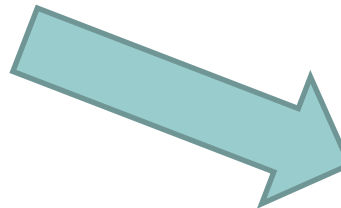
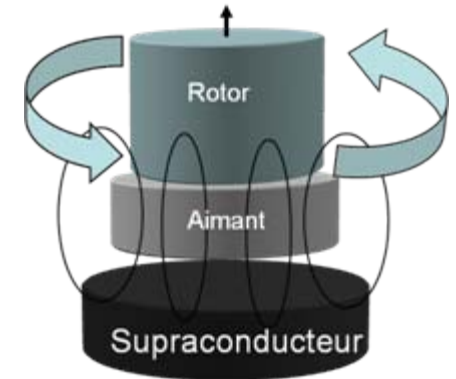
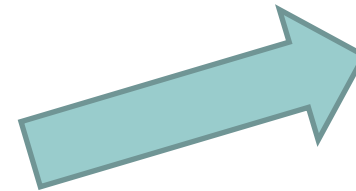
Lévitation avec des massifs YBCO

- Nouveau dispositif permis par les supraconducteurs
- Le supraconducteur s'oppose à toute variation de flux

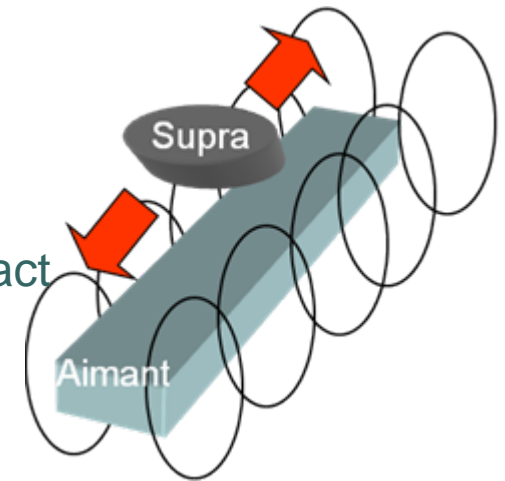


- Forces de rappel
- Stabilité

Rotation sans contact



Translation sans contact





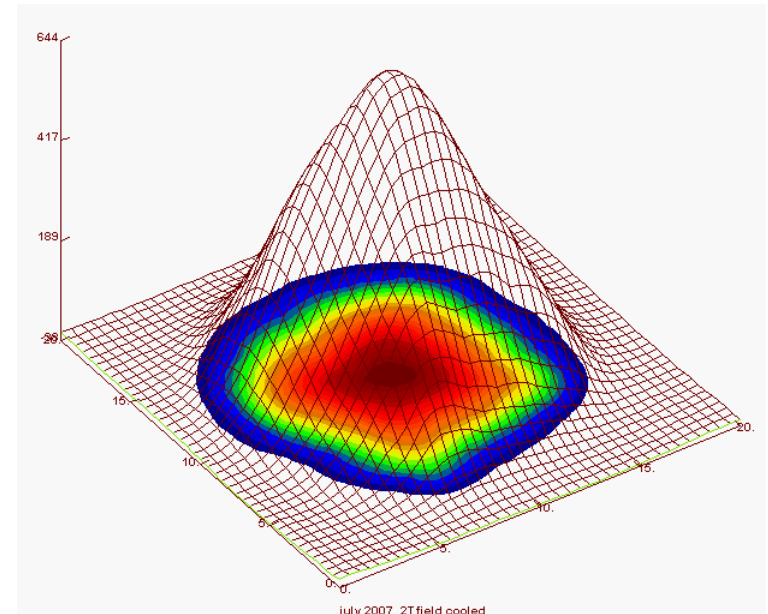
Cryoaimants

- Sources compactes de champ magnétique intense ($>2\text{T}$) à coût modéré
Exemple 10 T à 40 K

Cf. X. CHAUD (LNCMI/ CRETA) ANR ASPAMEX

- Moteur, générateur supra

Cf. Prof. J. LEVEQUE (GREEN Nancy) ANR REIMS



Flux magnétique piégé (0.6T)
par un massif de 16 mm de
diamètre à 77 K



Conclusion

Récapitulatif des principales applications électrotechniques des supraconducteurs

Fonctionnalités nouvelles Nouveaux équipements			Performances améliorées des dispositifs résistifs			
Propriétés inhérentes aux supraconducteurs <ul style="list-style-type: none">• Transition état supra-normal• Absence de pertes DC			Meilleures compacité et rendement, réduction du poids <ul style="list-style-type: none">• Fortes densités de courant• Pertes DC nulles, pertes AC faibles• Coûts de fonctionnement moindres			
Palier magnétique	Limiteur de courant	SMES	Machine électrique	Transformateur	Câble d'énergie	Train à lévitation

*AC courant alternatif/ DC courant continu