



100 ans de supraconductivité

SFP – Bordeaux – Juillet 2011

Jean-Pascal Brison,

SPSMS-UMR-E UJF Grenoble 1, INAC-CEA



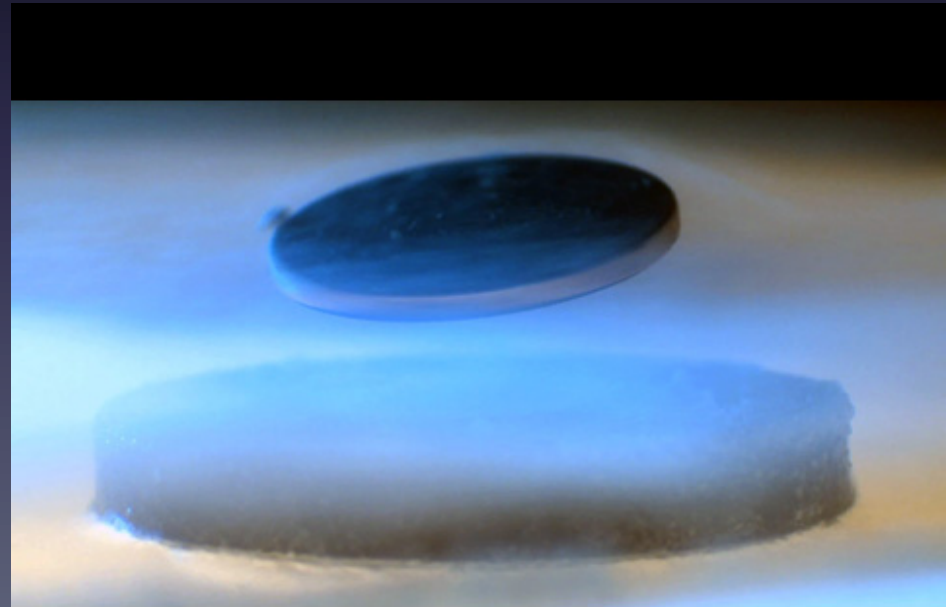
La supraconductivité...

C'est « quantique macroscopique » : paramètre d'ordre $\Psi = |\Psi|e^{i\phi}$

C'est « parfait » : $R=0$...

Ca « lévite »...

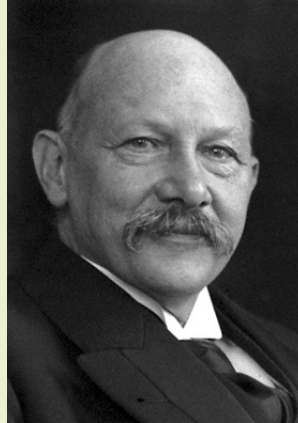
C'est tout un monde...



La supraconductivité : un monde à 3 continents...

« historique » :

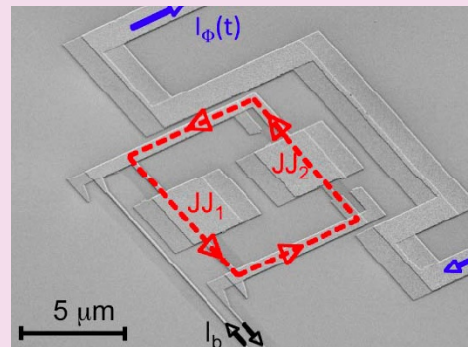
Piloté par la
découverte de
nouveaux supras



« applications »



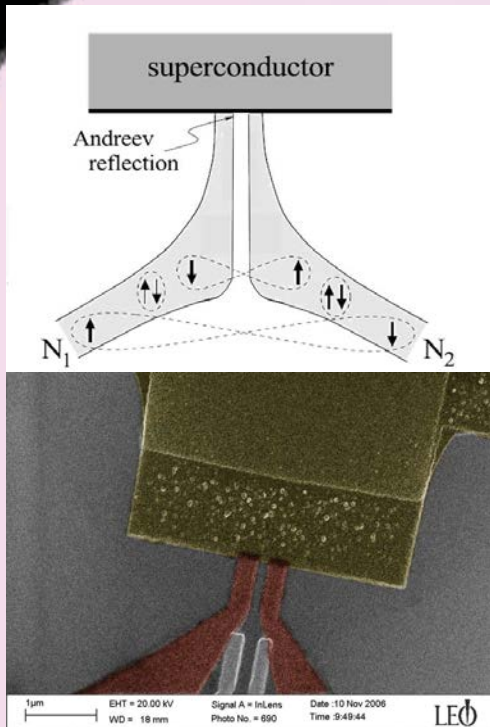
« nano » :



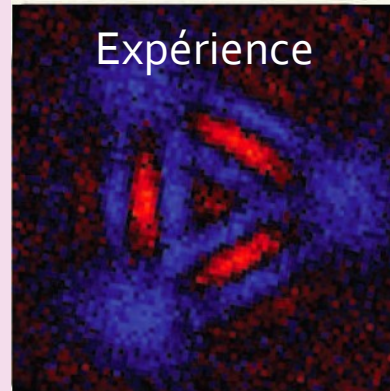
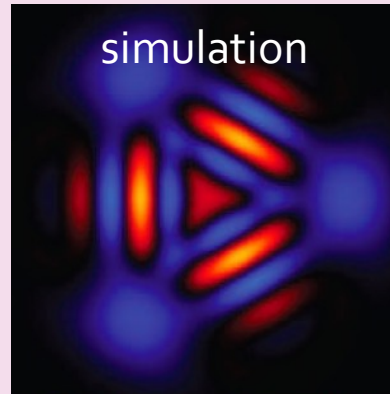
© Institut Néel

Continent « nano » (méso) :

Intrication, Qubit de phase, effet tunnel... / Effet Josephson, Réflexion d'Andreev

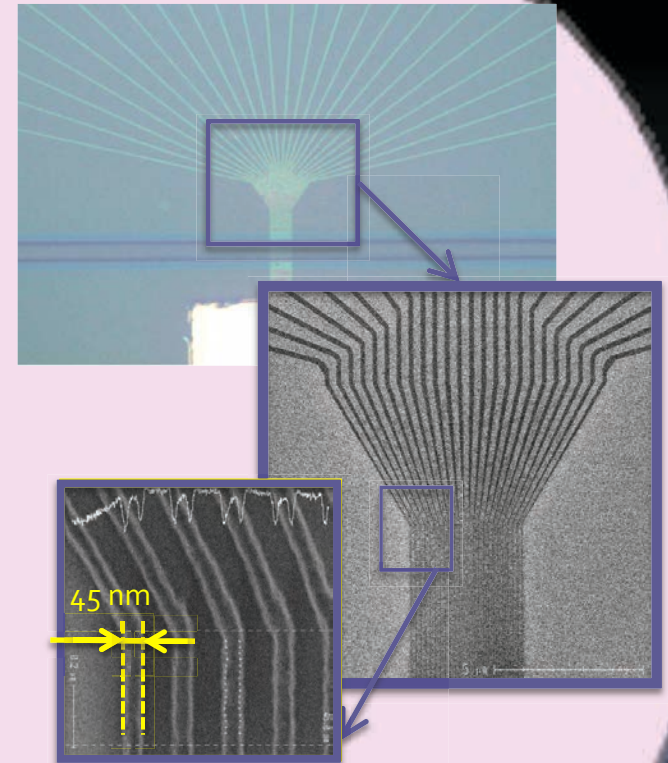


F. Lefloch – H. Courtois



« Chat Vaudou »

M. Hofheinz et al. Nature 2009



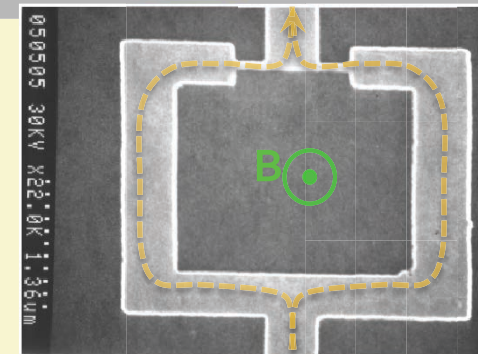
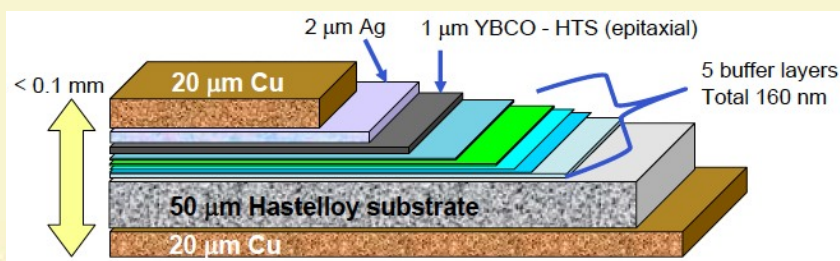
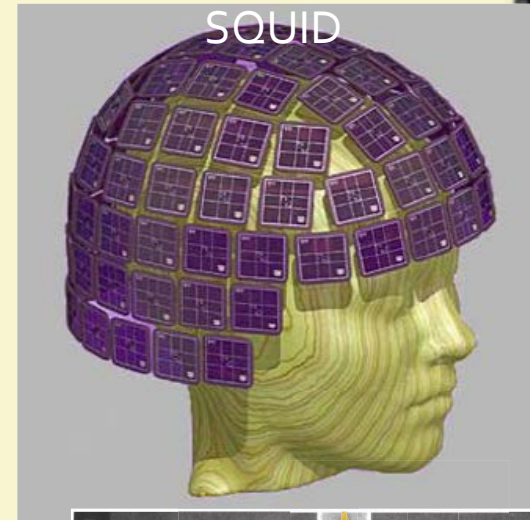
Détecteurs de photons
uniques SSPD,
P. Cavalier, JC Villegier et al.

Continent des « applications » : Supra de type II, piégeage des vortex, model état critique...

Très forts champs



Très bas champs :
SQUID



K. Hasselbach et al.

La supraconductivité : un monde à lui tout seul...

100 ans de recherches...

De la découverte au triomphe de BCS 1911-1957

L'apothéose de l' He^3 superfluide

La révolution des années 80

Applications aujourd'hui et demain ?

Quelques sujets « chauds » en recherche fondamentale...

cuprates Hauts-Tc

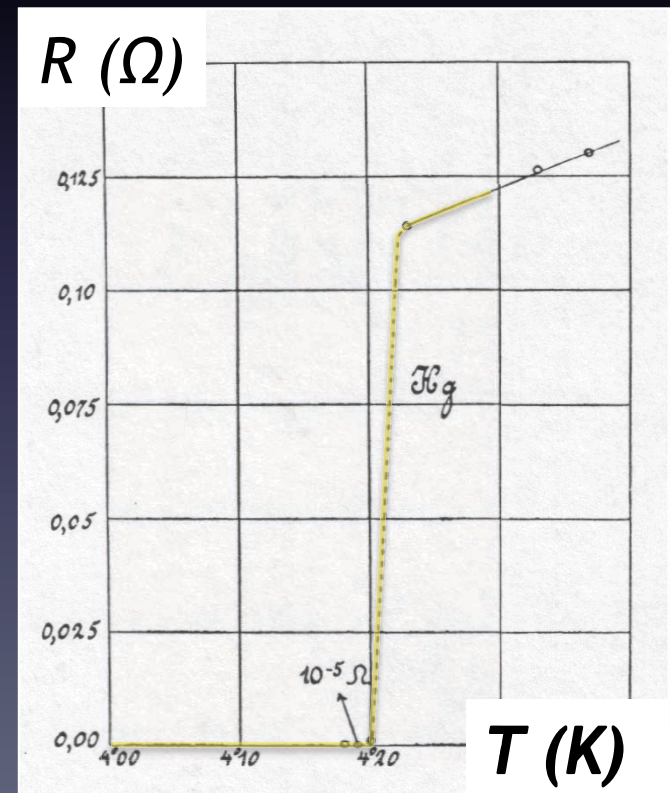
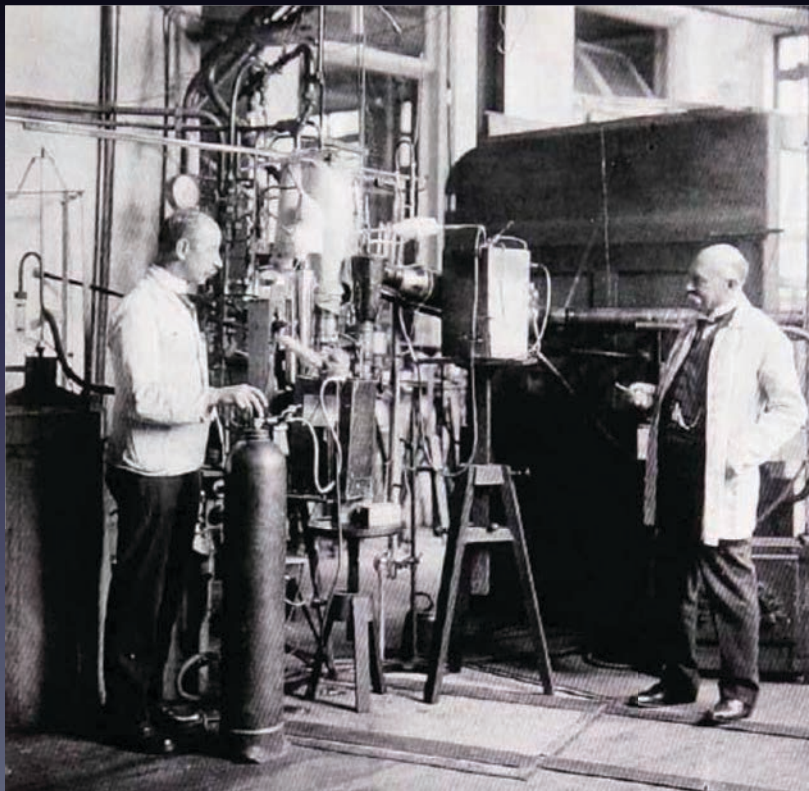
supraconducteurs ferromagnétiques...

De la découverte au triomphe de BCS 1911-1957

Les grandes dates :

1908, liquéfaction de l'hélium (Kammerling-Onnes)

1911, les électrons ne « gèlent pas », découverte de la supraconductivité du mercure : nouvel état de la matière



De la découverte au triomphe de BCS 1911-1957

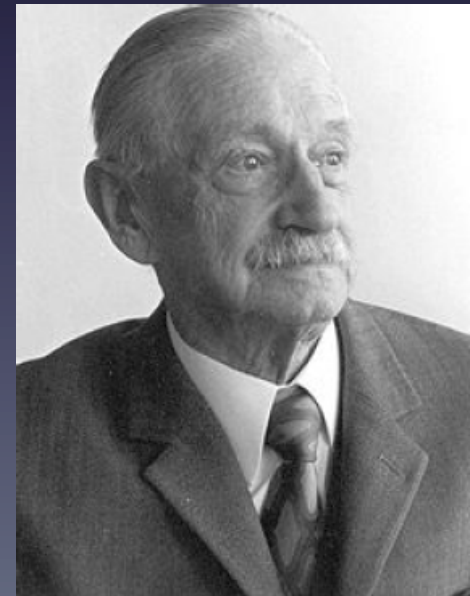
Les grandes dates :

1908, liquéfaction de l'hélium (Kammerling-Onnes)

1911, les électrons ne « gèlent pas », découverte de la supraconductivité du mercure !

1913, prix Nobel de Kammerling-Onnes

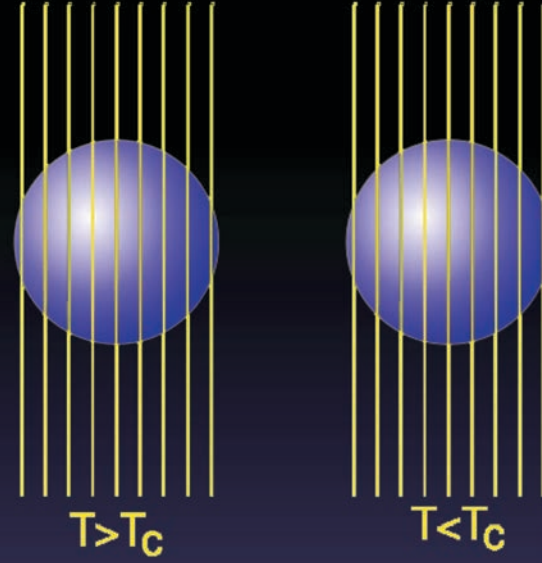
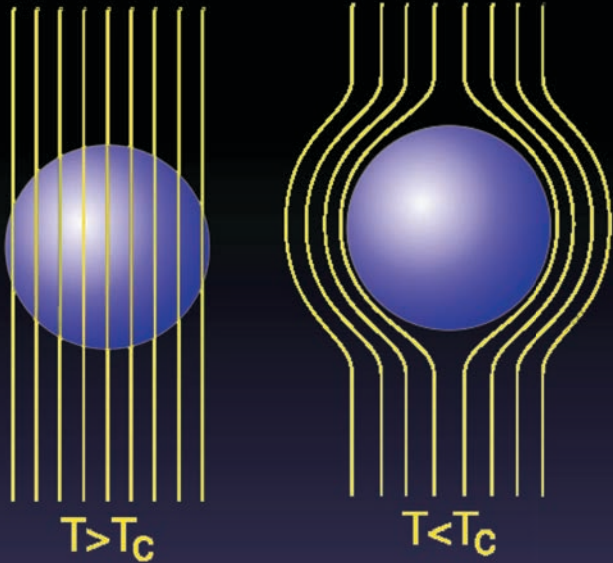
1933 effet Meissner : la supraconductivité est bien un nouvel état de la matière...



L'effet Meissner-Ochsenfeld

Supraconducteur

Métal Parfait : loi de Lentz...



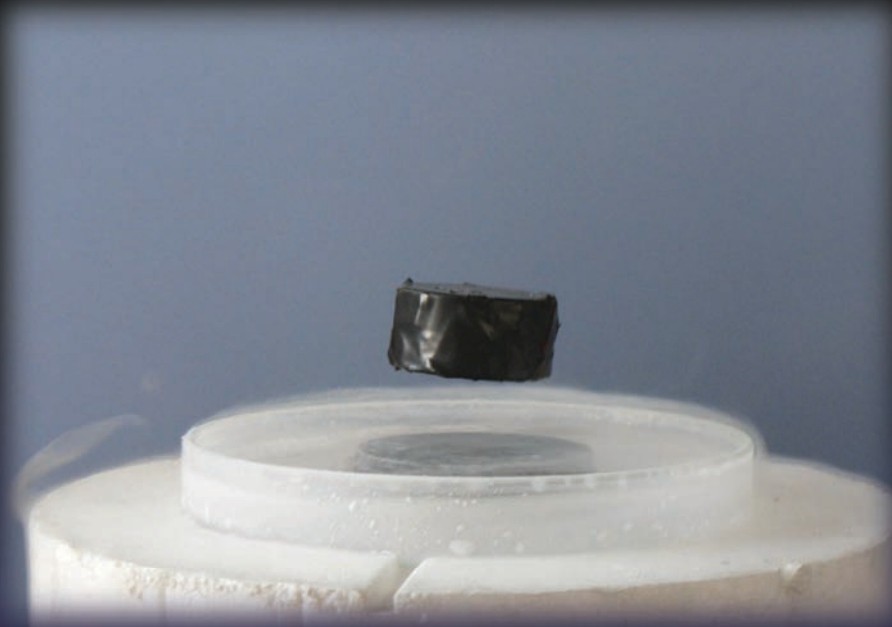
Etat Meissner : dû à des courants à la surface

$$\mu_0 \mathbf{j} = \nabla \times \mathbf{B}, \text{ donc}$$
$$\mu_0 \mathbf{j} \neq 0 \Rightarrow B \neq 0$$

Première "longueur" du problème : λ , la longueur de pénétration de London (10 – 500 nm)

Conceptuellement : important / En pratique : difficile à observer, inutile pour les applications !

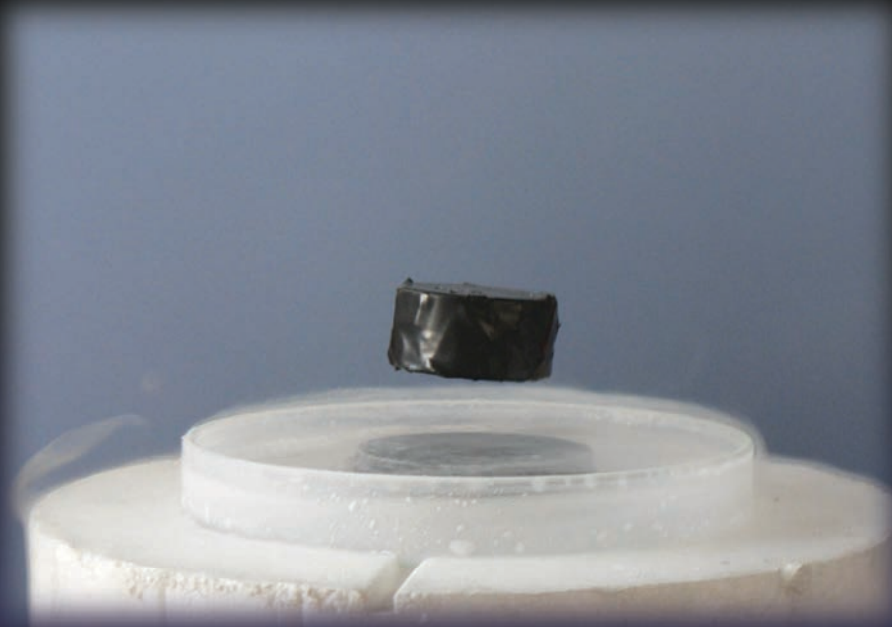
Effet Meissner et conductivité infinie...



Wikipedia :

Aimant en lévitation magnétique au-dessus d'un supraconducteur à haute température critique. L'expulsion du champ magnétique du matériau supraconducteur (effet Meissner) est responsable de cet effet de lévitation.

Effet Meissner et conductivité infinie...



Wikipedia :

Aimant en lévitation magnétique au-dessus d'un supraconducteur à haute température critique. L'expulsion du champ magnétique du matériau supraconducteur (~~effet Meissner~~) est responsable de cet effet de lévitation.

Extrait du film "100% conducteurs : les supraconducteurs »
Auteur-Réalisateur : Alain MONCLIN
Production : INP, Université Paris-Diderot, CNRS Images

L'institut de physique du CNRS

CNRS Images et l'Université Paris-Diderot

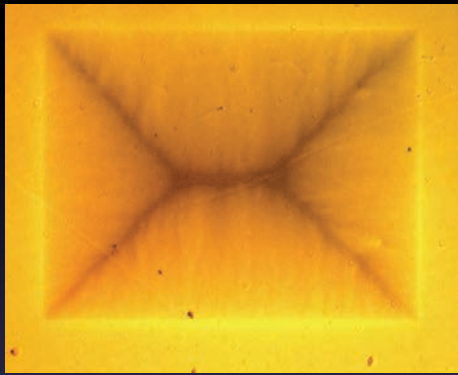
présentent

Voir le flux piégé dans les supraconducteurs...

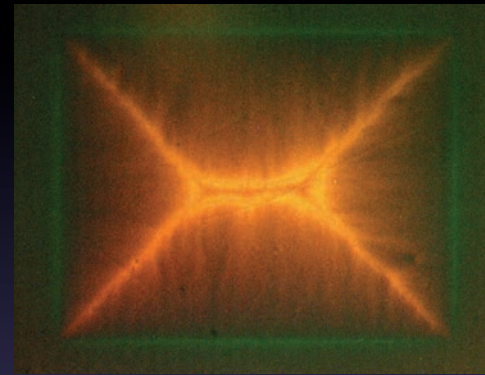
YBa₂Cu₃O₇ thin film on YSZ substrate; T = 11 K

YBa₂Cu₃O₇ crystal

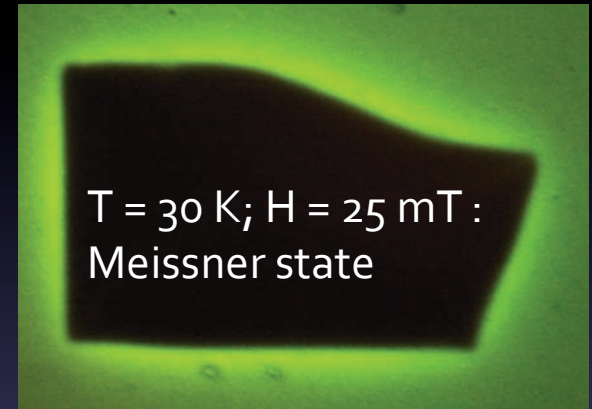
1 mm



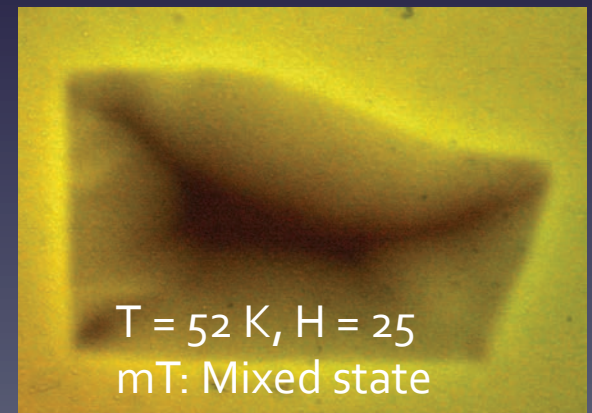
30 mT,



puis 0T: flux piégé



T = 30 K; H = 25 mT :
Meissner state



T = 52 K, H = 25
mT: Mixed state

Magnéto-optique, Kees van der Beek



Vortex entry hindered by *flux pinning* : critical state



Ginzburg-Landau: années 50

Une théorie phénoménologique prédictive !

- Donne le paramètre d'ordre, et la brisure de symétrie associée (classification...)
- Révèle l'existence de 2 types de supraconducteurs, prédit l'état mixte des supraconducteurs de type II

$$\mathcal{F}_0(T, \Psi, \mathbf{A}) = \mathcal{F}_0(T) + a(T - T_c)|\Psi|^2 + \frac{b}{2}|\Psi|^4 + \frac{1}{2m^*} \left| \left(\frac{\hbar}{i} \nabla - e^* \mathbf{A} \right) \Psi \right|^2 + \frac{B^2}{2\mu_0} - \mathbf{H}_0 \cdot \mathbf{B}$$

longueur de cohérence : $\xi^2(T) = \frac{\hbar^2}{2m^* a(T_c - T)}$, liée à $\nabla |\Psi|^2$

longueur de London : $\lambda^2 = \frac{m^*}{\mu_0 |\Psi|^2 (e^*)^2}$, liée à $\nabla \varphi$



Abrikosov : Supraconducteurs de type I et II

λ , *longueur de pénétration de London*:
échelle de décroissance de B

ξ , *longueur de cohérence*, rigidité du
paramètre d'ordre

Type I, $\lambda < \xi$

Type II superconductors, $\xi < \lambda$

Limite théorique pour $\kappa = \lambda/\xi = 1/\sqrt{2}$

$$\lambda_L^2 = \frac{m^*}{\mu_0 n_s e^2}$$

$$\xi_0 = 0.18 \frac{\hbar v_F}{k_B T_c}$$

Indépendant de T_c !!!

Chute quand T_c croît...

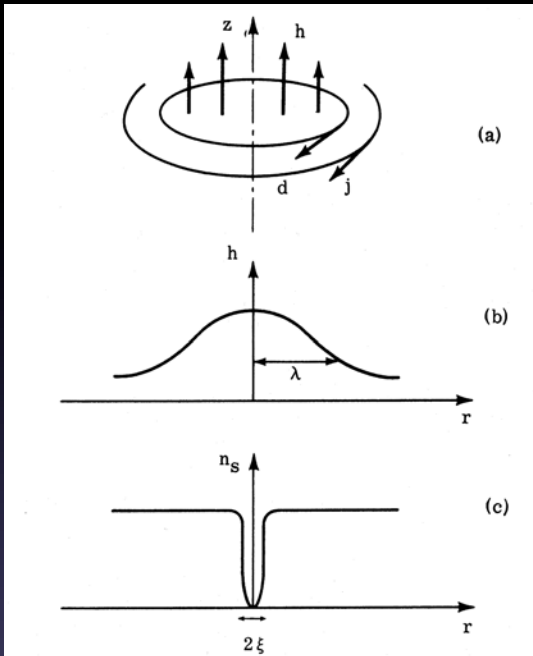
Supraconducteurs de type I :

la plupart des éléments simples, H_c très faibles (<0.1T)...

red: superconducting at p=0
 blue: p-induced superconductivity at: (--GPa)

IA												VIII A					
IIA		IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA							VIIIA				
1 H 1.008		3 Li 6.941 17K (4.2GPa)	4 Be 9.012 3.8K	5 B 10.81 10K (0.2GPa)	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00 10K (5.2GPa)	9 F 19.00	10 Ne 20.18	11 Na 22.99	12 Mg 24.31 (GPa)	13 Al 26.98 1.17K	14 Si 28.08 5K (12GPa)	15 P 30.97 4.7K (11GPa)	16 S 32.07 10K (8GPa)	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08 (GPa)	21 Sc 44.96 ~2K (17GPa)	22 Ti 47.87 4K	23 V 50.94 5.4K	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85 2.2K (22GPa)	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38 0.86K	31 Ga 69.72 1.00/0.4K (0.4GPa)	32 Ge 72.64 7K (11.5GPa)	33 As 74.92 ? (0.2GPa)	34 Se 78.96 ? (1.3GPa)	35 Br 79.90 ? (7GPa)	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62 (GPa)	39 Y 88.91 ~2K (17GPa)	40 Zr 91.22 0.61K	41 Nb 92.91 9.2K	42 Mo 95.94 0.915K	43 Tc (98) 7.1K	44 Ru 101.1 0.45K	45 Rh 101.07 0.0004K	46 Pd 106.36 ?	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41 0.517K	49 In 114.82 3.41K	50 Sn 118.71 3.72/53K (0.16GPa)	51 Sb 121.76 2.0/3.5K (0.5GPa)	52 Te 127.6 3.3K (5.9GPa)	53 I 126.9 ? (7GPa)	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9 ~0.2K (12GPa)	56 Ba 137.3 1.3K (5.5-14GPa)	57 La 138.9 4.8K	72 Hf 178.5 0.21K	73 Ta 180.9 4.47K	74 W 186.2 0.013K	75 Re 186.2 1.7K	76 Os 190.2 0.06K	77 Ir 192.2 0.113K	78 Pt 195.1 ?	79 Au 197.0	80 Hg 200.6 4.15/3.5K	81 Tl 204.4 2.3K	82 Pb 207.2 7.2/3.5K (0.16GPa)	83 Bi 208.98 3.8-7.2K (2.5-2.7GPa)	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (269)	109 Mt (268)									
		58 Ce 140.1 1.7 5GPa	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0 1.8K 80GPa	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0 0.1K (0.2GPa)		
		90 Th 232.0 1.38K	91 Pa (231) 0.43K	92 U 238.0 0.19K	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243) 0.85K	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)		

Supraconducteurs de type II : une nouvelle phase, l'état mixte

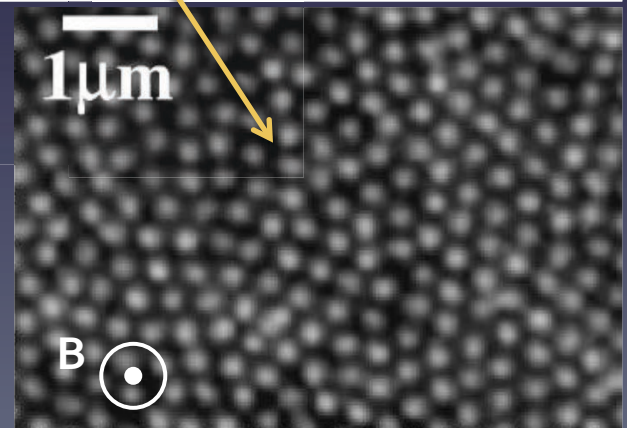
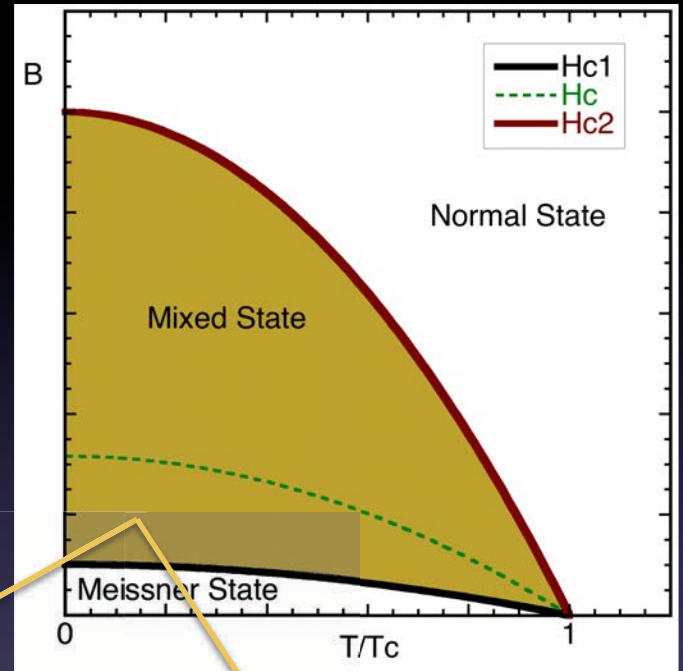
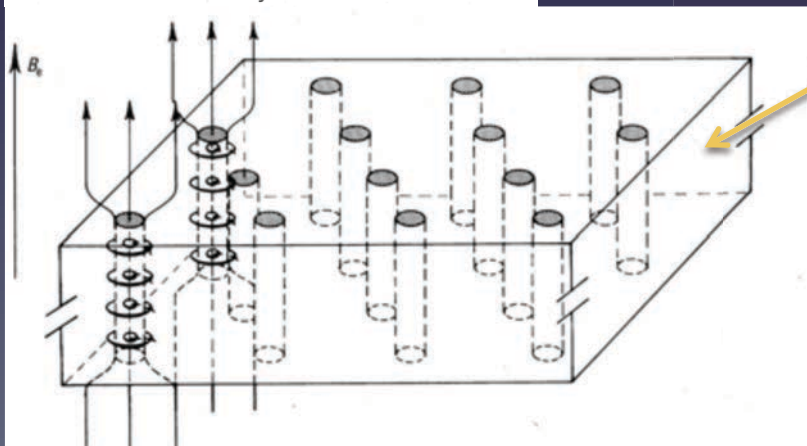


B pénètre sous forme de tubes de flux (quantifiés)



Restent "piégés" !

Diamètre des vortex $\sim \lambda$
Coeur $\sim \xi \ll \lambda$



Supraconducteurs de type II : 50 ans plus tard...

1954...2003... A.A. Abrikosov



© A.I. Buzdin...

- la grande majorité des supraconducteurs : NbTi, NbSn, cuprates, pnictures...
- Toutes les applications fort courant, fort champ...

1957 : le triomphe de BCS

En 1972...



John Bardeen



Leon N. Cooper



John R. Schrieffer

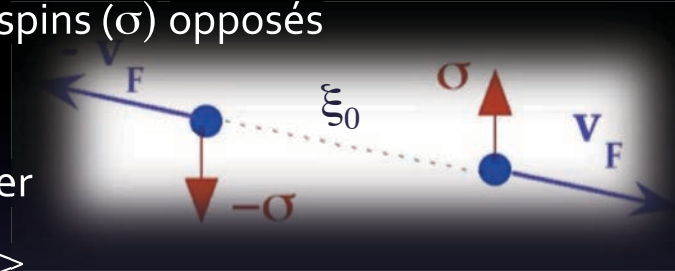
1957 : le triomphe de BCS

- Interaction électron-phonon, en présence de la mer de Fermi -> état lié de deux électrons « paire de Cooper »

$\psi^+ = \sum_{\mathbf{k}, \sigma} \phi(\mathbf{k}) a_{\mathbf{k}, \sigma}^+ a_{-\mathbf{k}, -\sigma}^+$: vecteurs d'onde (\mathbf{k}) et spins (σ) opposés

- État supraconducteur = condensat de paire de Cooper

$$\begin{aligned} |\Psi_{\text{BCS}}\rangle &= A \exp(\psi^+) |0\rangle = A \sum_n \frac{1}{n!} (\psi^+)^n |0\rangle \\ &= \prod_{\mathbf{k}} (u_{\mathbf{k}} + v_{\mathbf{k}} a_{\mathbf{k}, \sigma}^+ a_{-\mathbf{k}, -\sigma}^+) |0\rangle \end{aligned}$$



- Prédictions quantitatives, sur le spectre d'énergie & la fonction d'onde !...

$$E_k = \sqrt{\xi_k^2 + \Delta_k^2}, \text{ and } \xi_k = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} - \mu, \text{ facteurs de cohérence}$$

- Très vite : théorie quantitative de l'interaction électron-phonon (Eliashberg 1960, ...), Effet Josphson (1962 – Nobel 1973)...

Paradigme de solution d'un problème à N-corps

L'apothéose : l'He³ superfluide

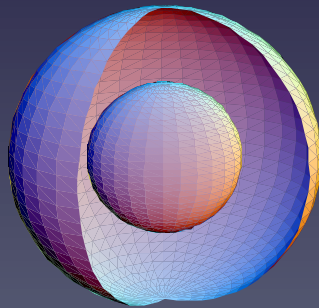
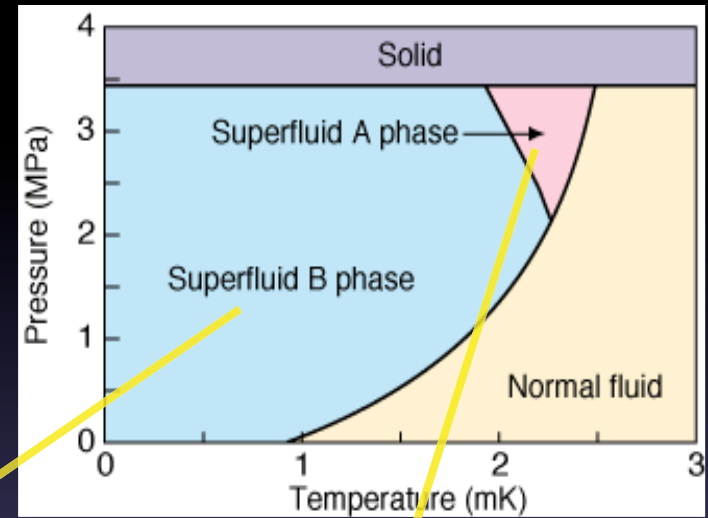
Electrons \leftrightarrow atomes d'He³, magnétisme nucléaire (spin 1/2)

Prédiction (années 60):

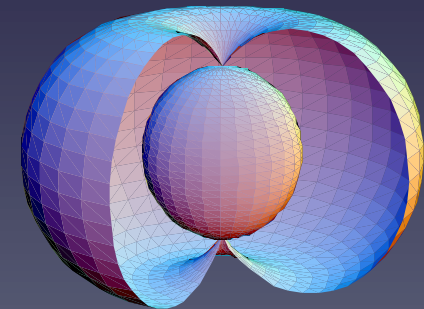
suprafluidité de l'He³ dans
un état p ou d-wave

Découvert en 1972, $T_c \sim 1$ à 2.5mK

(Lee-Oshroff-Richardson)



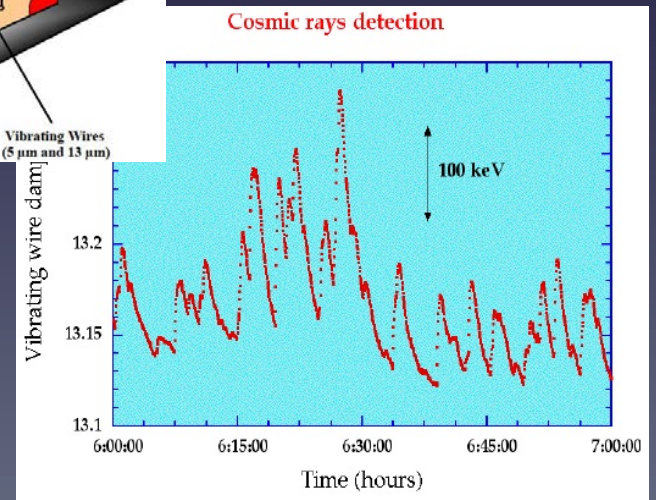
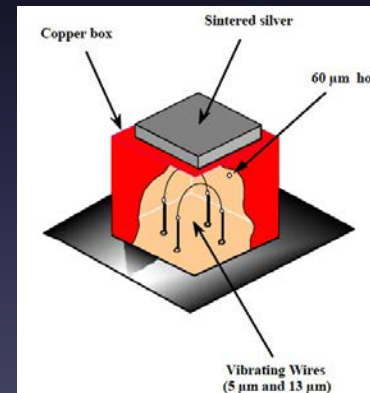
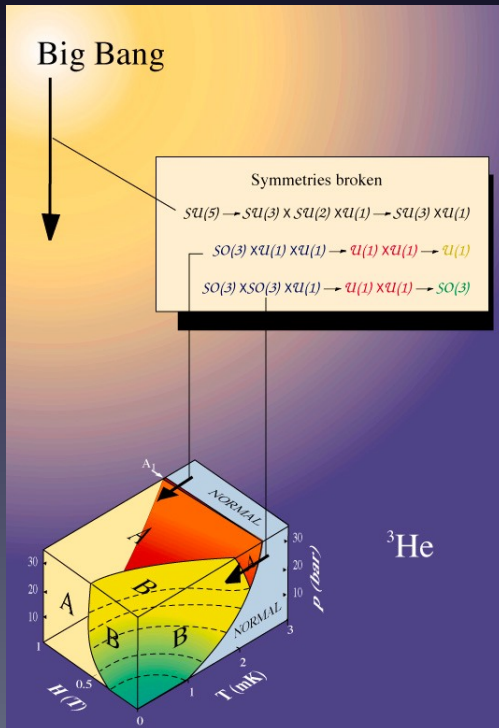
phase B $\langle \Delta_{\mathbf{k}} \rangle_{\text{SdF}} = 0$ mais $|\Delta_{\mathbf{k}}| = \text{cte}$;



phase A : gap axial

L'He³ superfluide aujourd'hui

- Matière « la plus pure » du monde...
- Premier « supraconducteur » non conventionnel
- Premier à avoir plusieurs phases supraconductrices de symétrie \neq
- Model pour le piégeage des vortex par les surfaces (Y. Simon, B. Plaçais)
- Model et sonde pour l'astrophysique...
- Et maintenant, les atomes froids...



H. Godfrin, Y. Bunkov,
Institut Néel

Après le triomphe, les surprises...

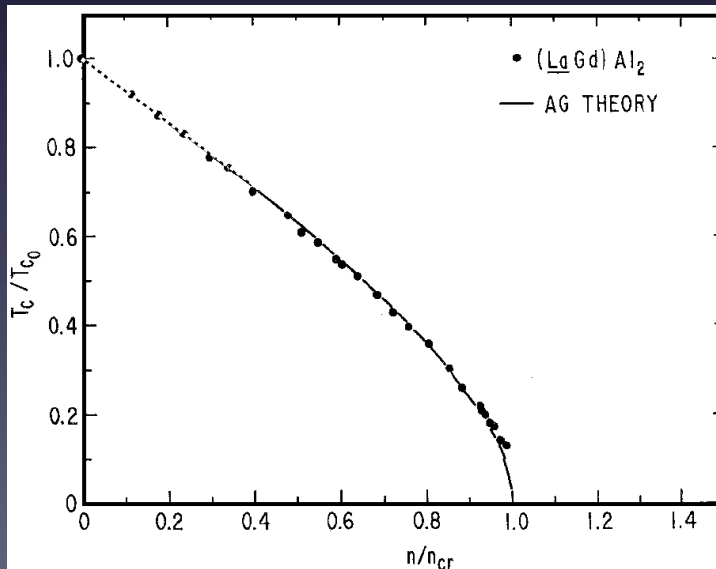
Premier supraconducteur à "Fermions lourds" :

CeCu₂Si₂, par F. Steglich et al., en 1979, $T_c \sim 0.65\text{K}$... un scandale !

Supraconductivité = métaux avec interactions électron-phonon
pas d'impuretés magnétiques

quelques % d'impuretés magnétiques tuent la supraconductivité...

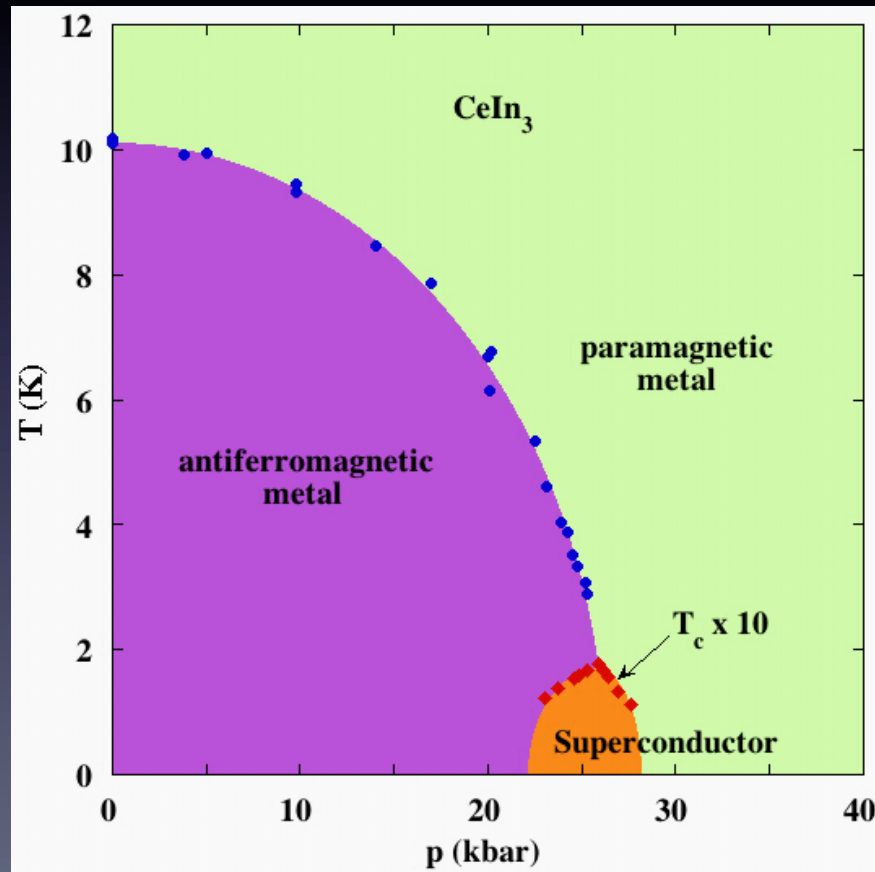
$n_{cr} \sim 0.6\%$



B. Maple, Phys. Letters 1968

Après le scandale, la norme...

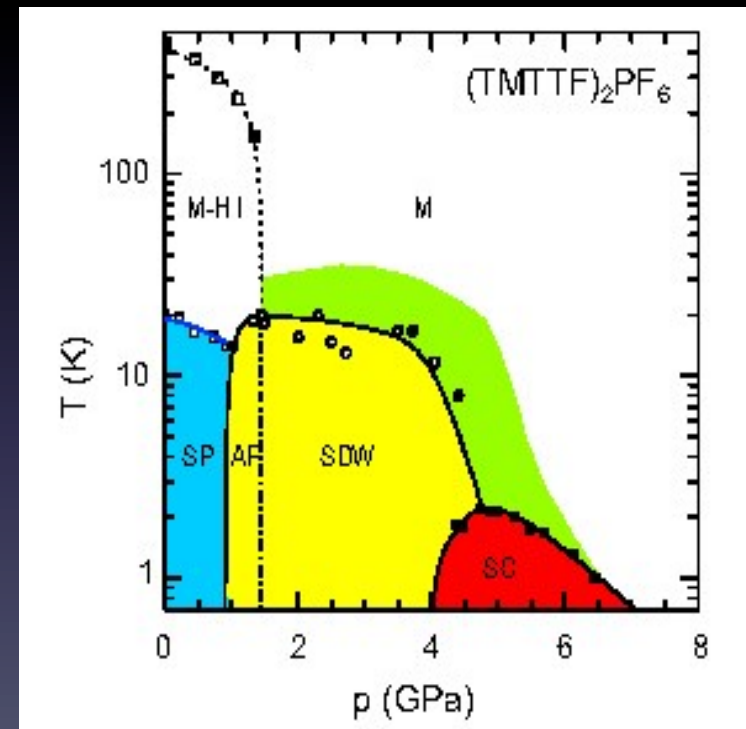
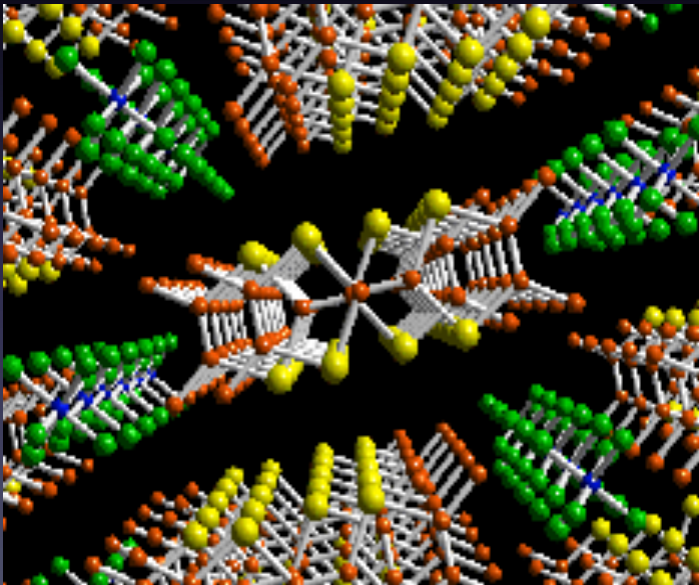
- CeCu_2Si_2 (1979), UBe_{13} (1983), UPt_3 (1984), CeCoIn_5 (2002), URhGe (2001)..
(une trentaine de composés « fermions-lourds » et supraconducteurs en 2011)
- « p,d,f wave »
- lien supraconductivité – point critique quantique (magnétique)



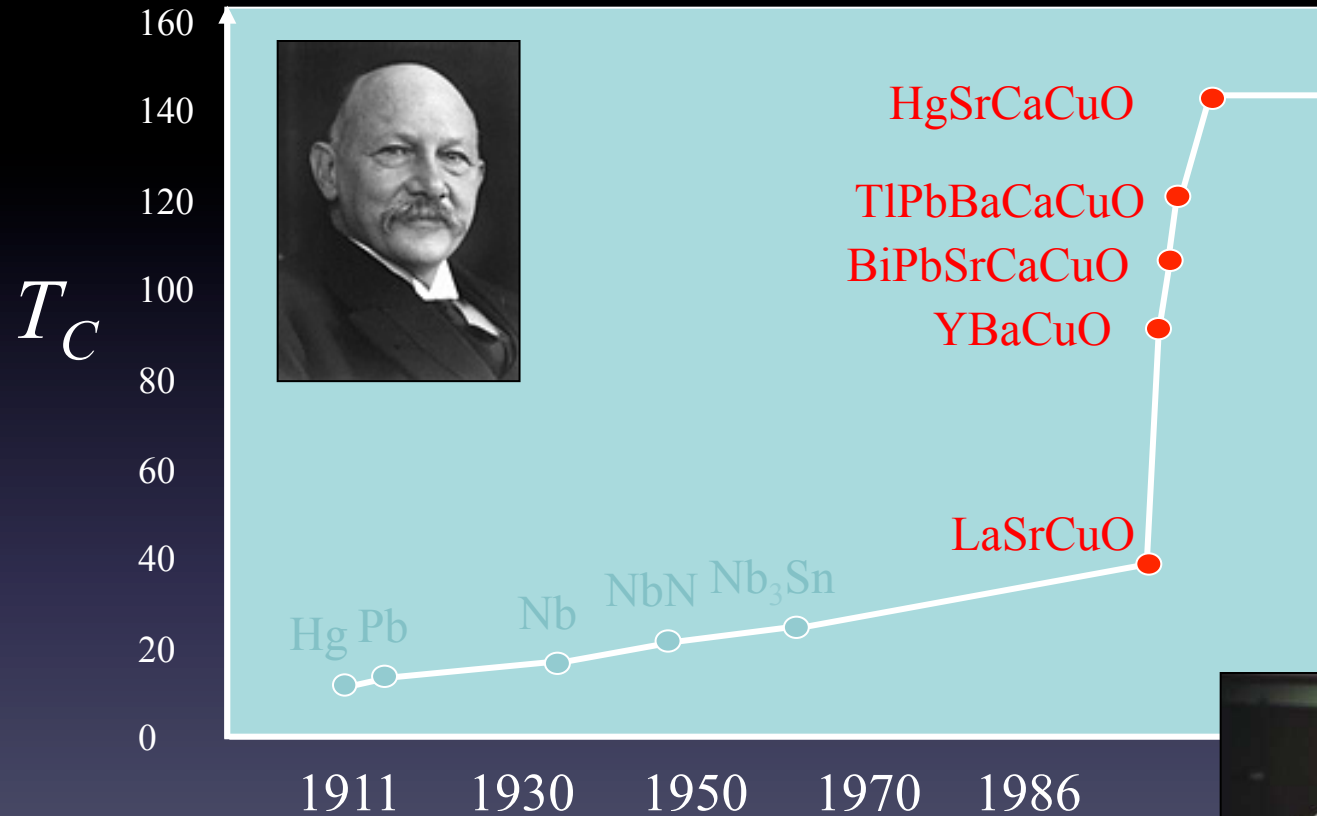
Après les "fermions-lourds", les "organiques"

Supraconducteurs organiques :

- 1980, Ribaud-Jérôme (LPS)
- Proche de SDW, CDW
- Non conventionnels ?



1986 : la révolution des cuprates...



© AIP



Les cuprates : le triomphe des systèmes "fortement corrélés"

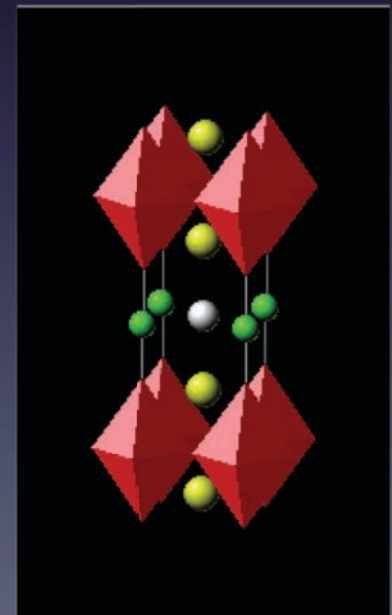
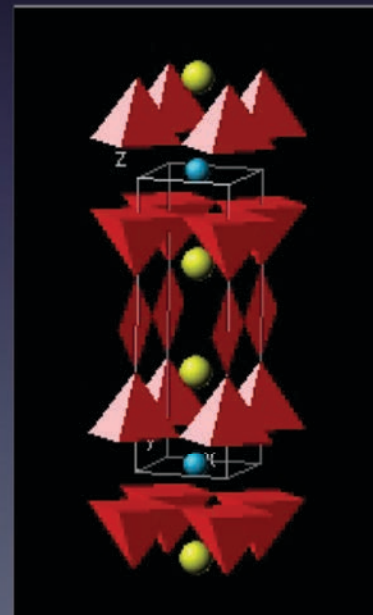
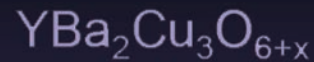
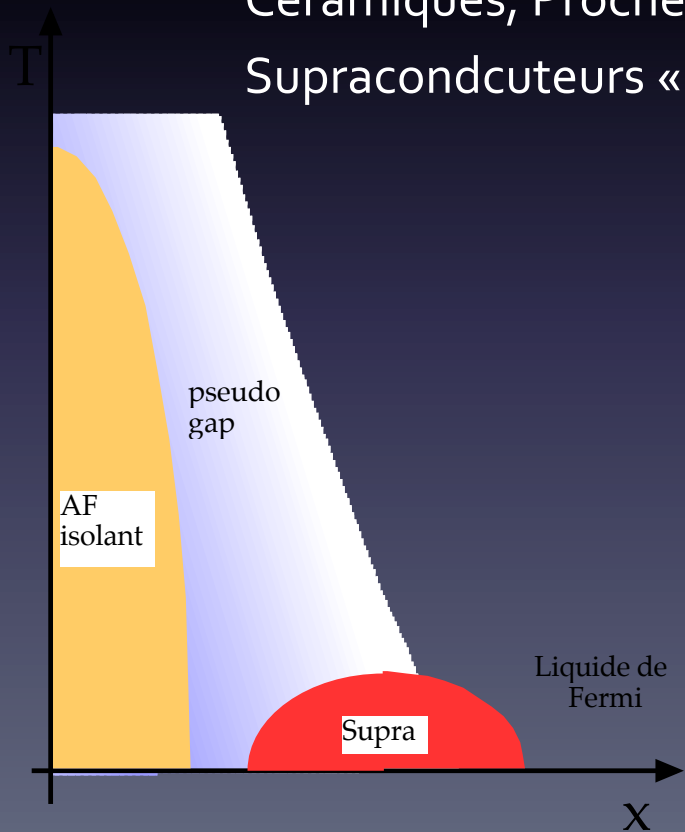
Le premier : $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ ($T_c \sim 30\text{K}$), puis $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$ (90K),

Le record : $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+d}$ (164K à 300kbar)...

orthorombic ou tetragonal, quasi2D

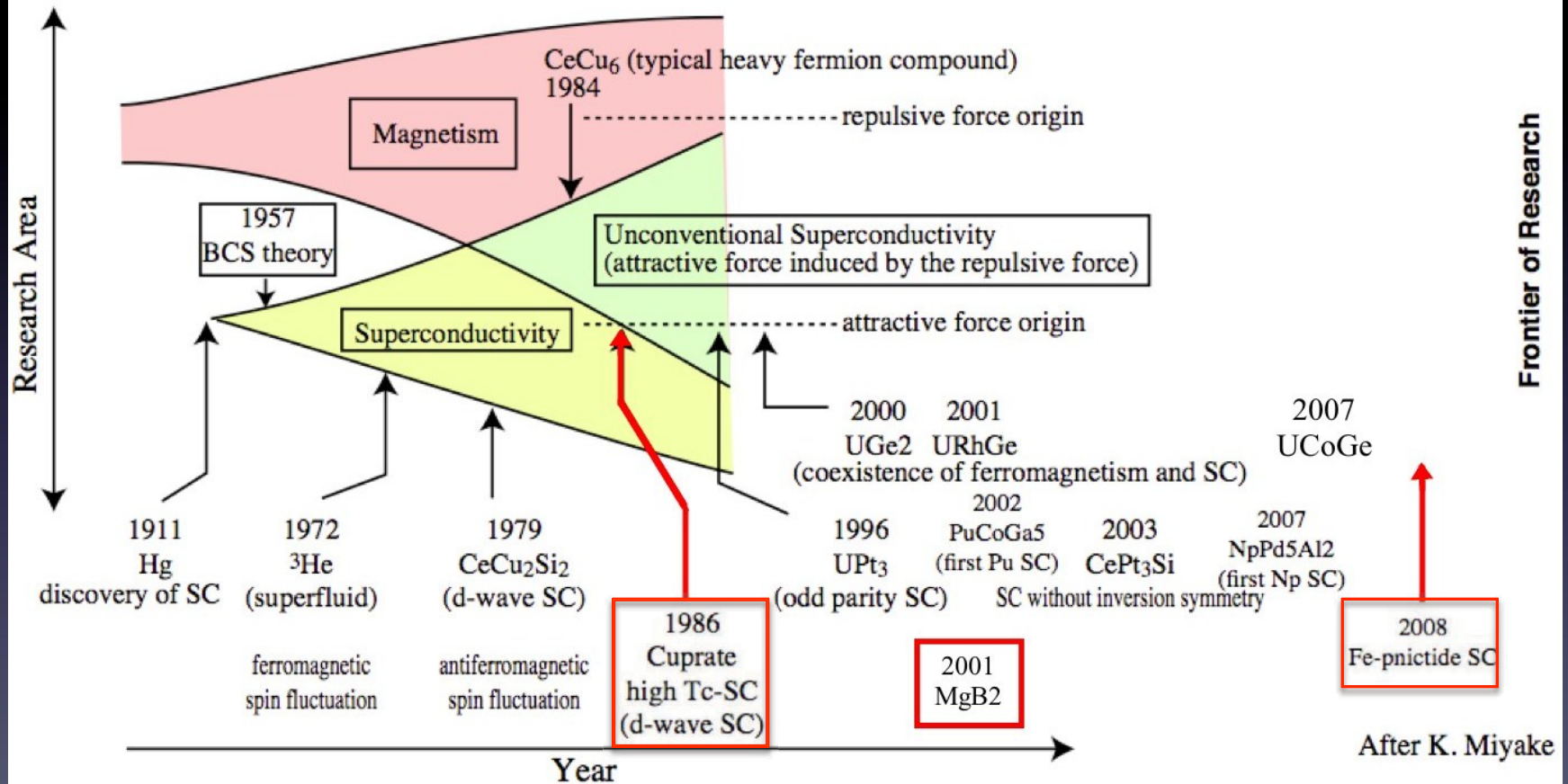
Céramiques, Proche d'une transition de Mott métal-isolant

Supraconducteurs « d-wave »



...des supraconducteurs là où on ne les attendait pas!

Magnetism & Superconductivity



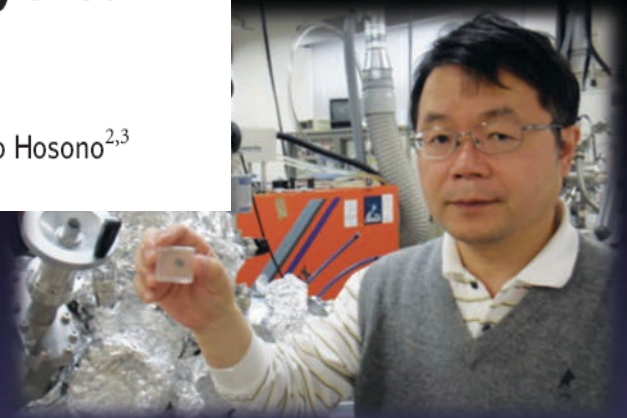
Découverte au Japon du premier pnicture à base de Fer supraconducteur...

nature

Vol 453|15 April 2008|doi:10.1038/nature06972

Superconductivity at 43 K in an iron-based layered compound $\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$

Hiroki Takahashi¹, Kazumi Igawa¹, Kazunobu Arii¹, Yoichi Kamihara², Masahiro Hirano^{2,3} & Hideo Hosono^{2,3}



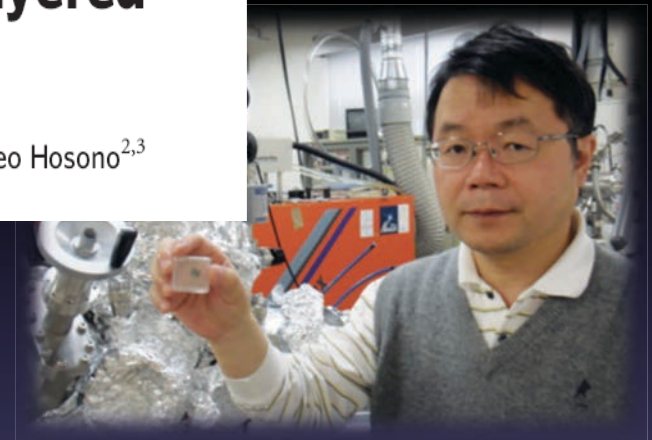
Découverte au Japon du premier pnicture à base de Fer supraconducteur...

nature

Vol 453 | 15 April 2008 | doi:10.1038/nature06972

Superconductivity at 43 K in an iron-based layered compound $\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$

Hiroki Takahashi¹, Kazumi Igawa¹, Kazunobu Arii¹, Yoichi Kamihara², Masahiro Hirano^{2,3} & Hideo Hosono^{2,3}



... mais la Chine embraye juste derrière !

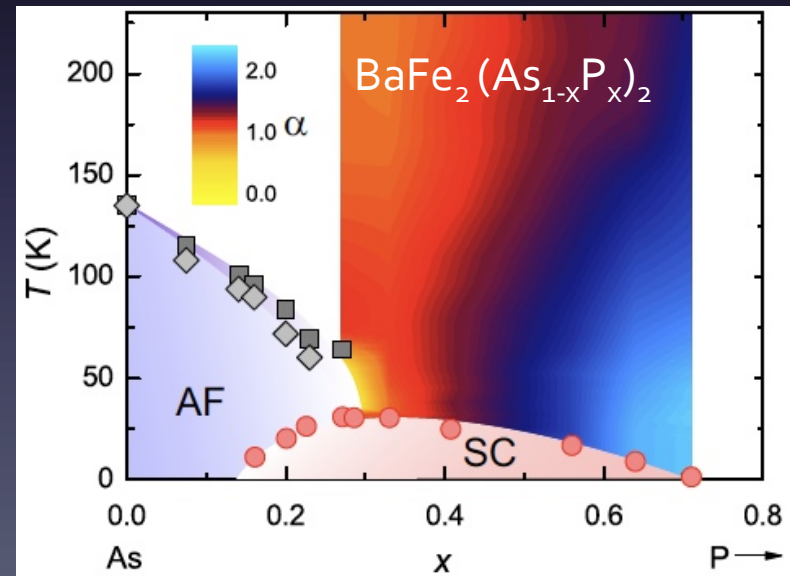
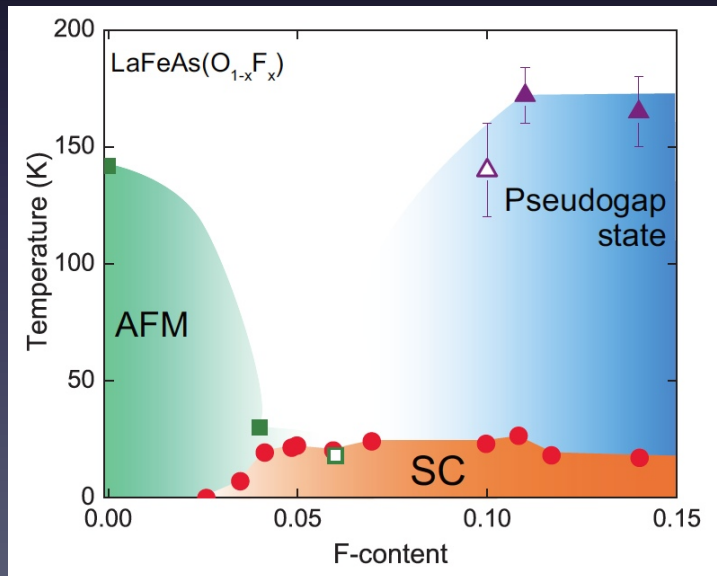
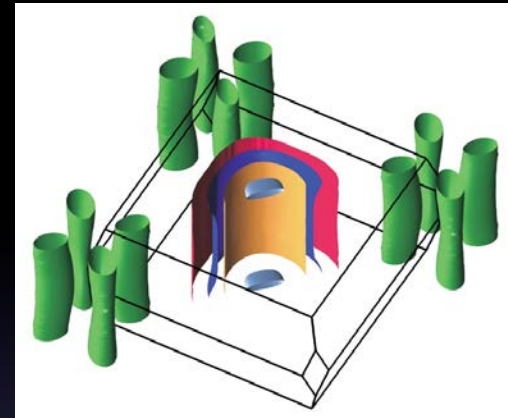
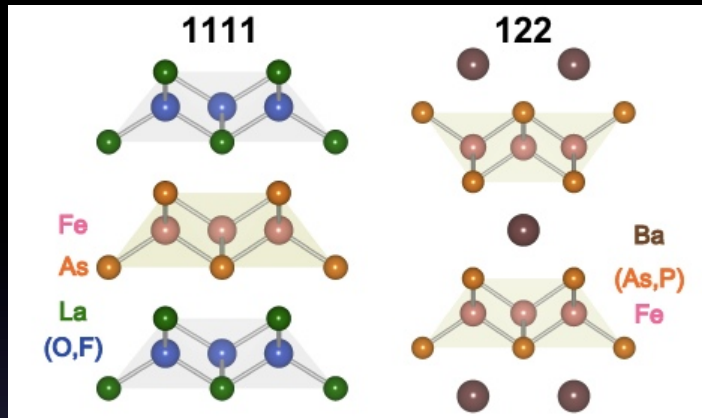
Vol 453 | 5 June 2008 | doi:10.1038/nature07045

nature

Superconductivity at 43 K in $\text{SmFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$

X. H. Chen¹, T. Wu¹, G. Wu¹, R. H. Liu¹, H. Chen¹ & D. F. Fang¹

Les supras au Fer : multigap, s+/- ? ...



Y. Nakai et al., New J. Phys. 11 (2009) 045004.

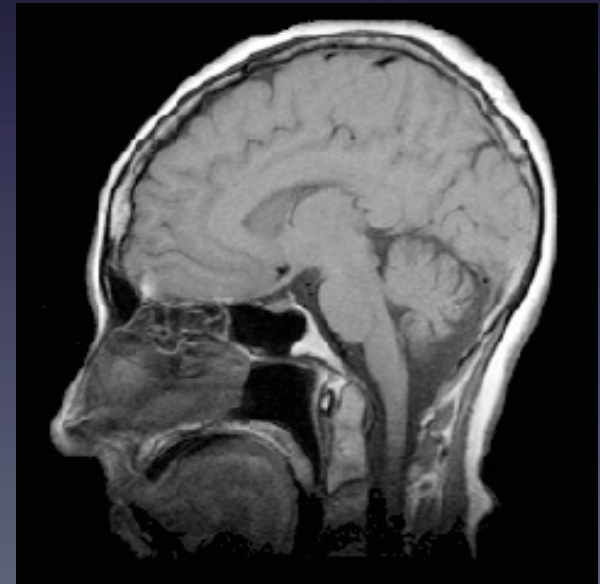
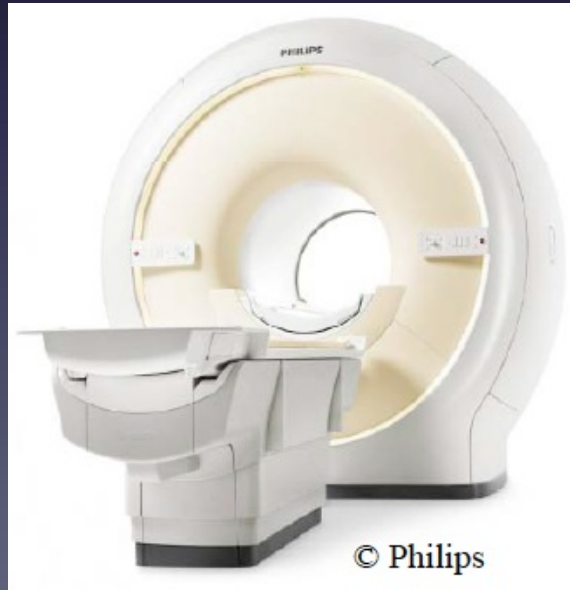
Y. Nakai et al., PRL 105 (2010) 107003

Applications de la supra

Graal de la recherche de nouveaux supraconducteurs :
Supraconductivité à 300K ?...

Il y a 30 ans : Graal = supraconductivité à 77K ?

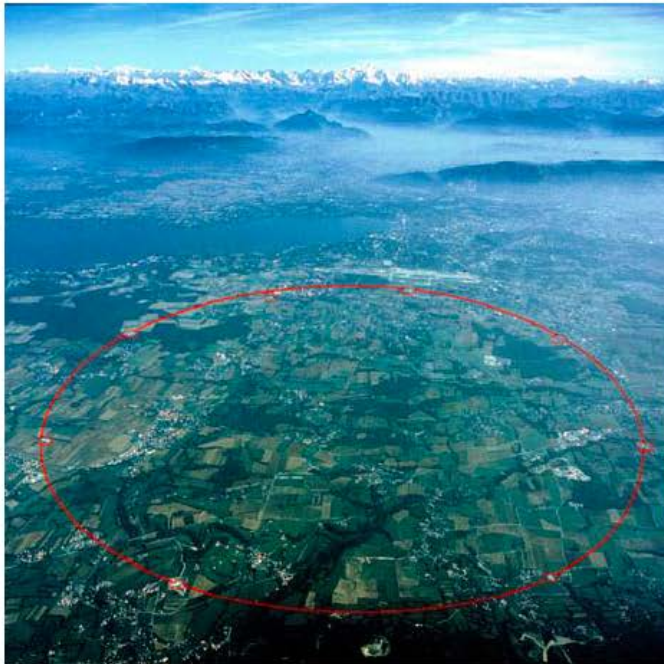
Aujourd'hui : + de 2000 IRM/an... en NbTi, à 4.2K. Signal en B^2 :
3T « standard », 7T (recherche), 11.7T (projet Neurospin).



Philippe Lebrun CERN, Genève, Journées "Electrotechnique" du Club EEA
Grenoble, 31 mars – 1er avril 2011



Le LHC au CERN
Le plus grand instrument scientifique du monde



Collisionneur p-p et ion-ion

E_{faisceau}	7 TeV
Luminosité	$2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
Circonférence	26.7 km
Champ magnétique	8.3 T
Nb-Ti à 1.9 K	



Philippe Lebrun CERN, Genève, Journées "Electrotechnique" du Club EEA Grenoble, 31 mars – 1er avril 2011



Le LHC au CERN Le plus grand instrument scientifique du monde



Collisionneur p-p et ion-ion

E_{faisceau} 7 TeV

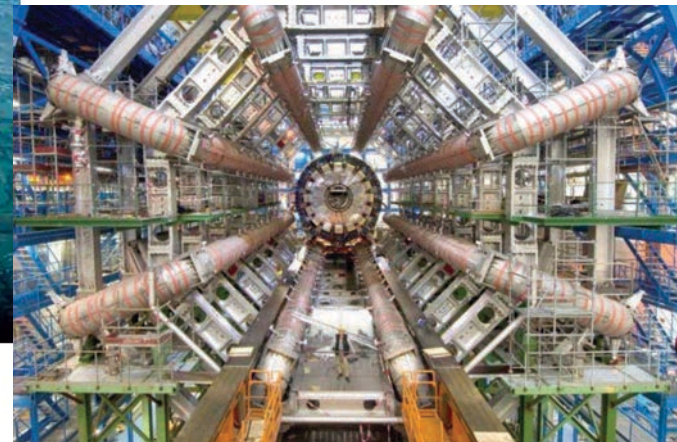
Luminosité $2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

Circonférence 26.7 km

Champ magnétique 8.3 T

Nb-Ti à 1.9 K

Atlas : 2T...

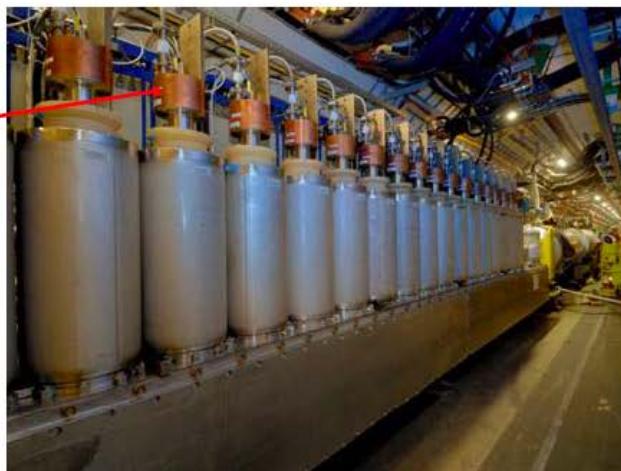
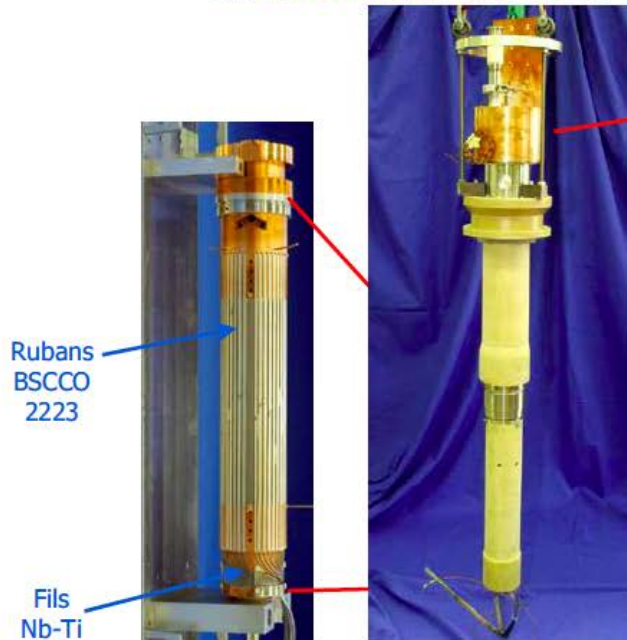




Amenées de courant utilisant des supraconducteurs à haute température



Amenée de courant HTS 13 kA



Somme des courants des circuits LHC ~ 1.7 MA,
i.e. amenées de courant pour un total 3.4 MA

Economie avec HTS ~ 3400 W dans l'hélium
liquide ~ 5000 l/h d'hélium liquide

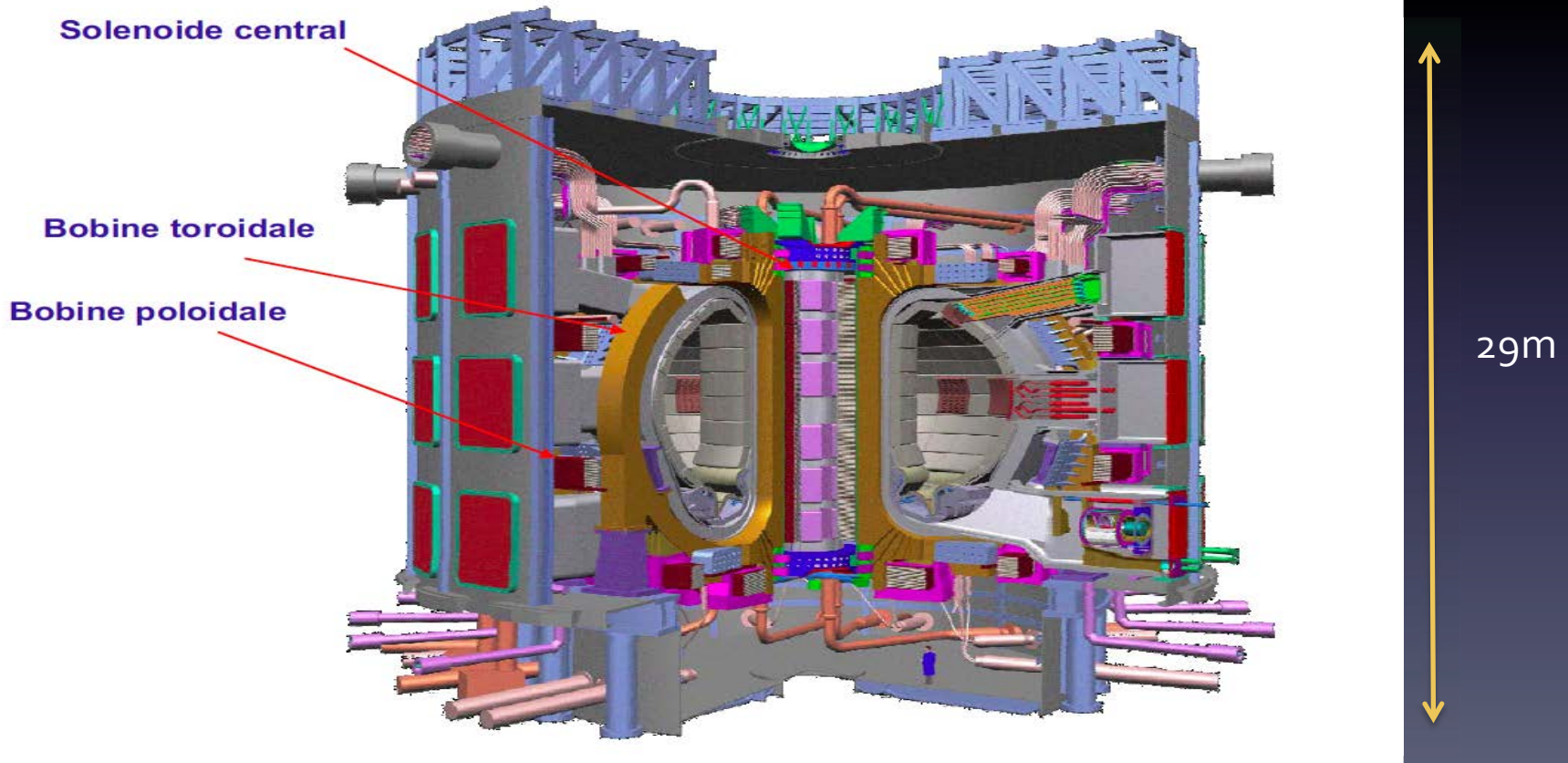
\Rightarrow capital: économie d'un (gros) réfrigérateur

\Rightarrow exploitation: économie de ~ 3.2 MW

ITER : bobines en NbSn...

Champ de 5.3T, mais dimensions...

28.5m



Quelle « révolution » attendre des Hauts-Tc ?

Champs forts: plus de 26T
en YBCO dans $\Phi=20\text{mm}$

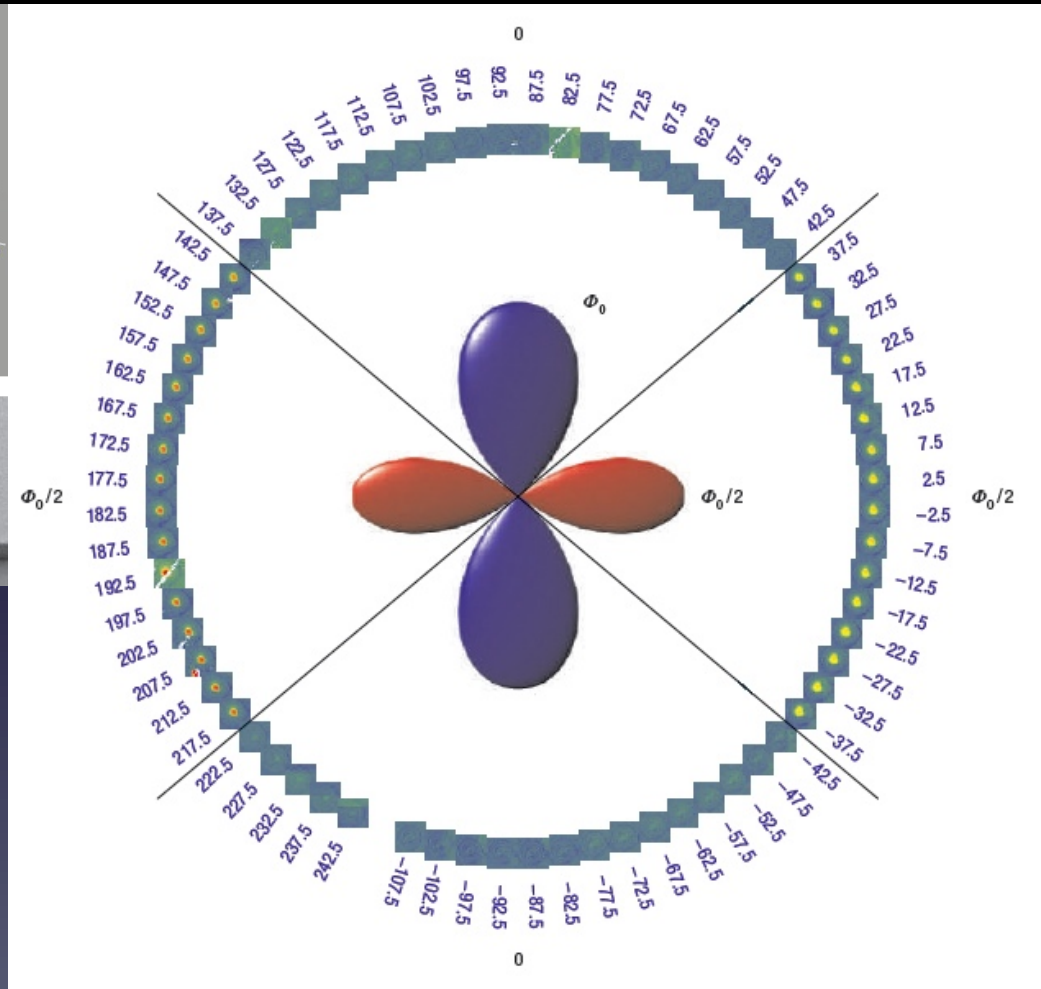
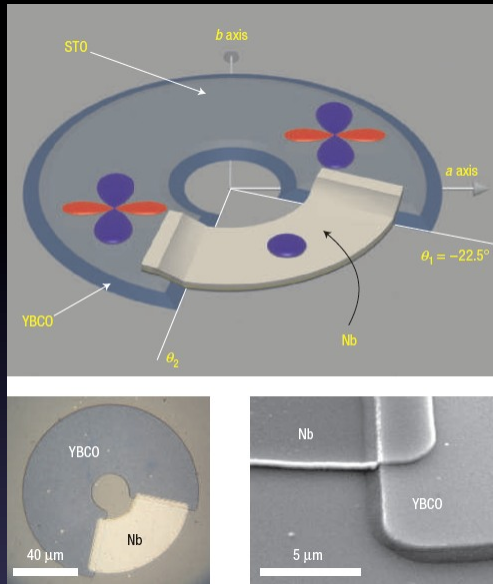
Projet LNCMI-Grenoble : 43T
hybride, 30T tout supra !



Du côté recherche : quelques avancées récentes...

- Cuprates
 - Phase normale : surface de Fermi ?
 - Phase normale : ordre magnétique ?
 - Phase supraconductrice : le mystère des gaps...
- Fermions-lourds « supra-ferromagnétiques »
 - Le Yin et le Yang ?...

Hauts-Tc: des supraconducteurs d-wave...

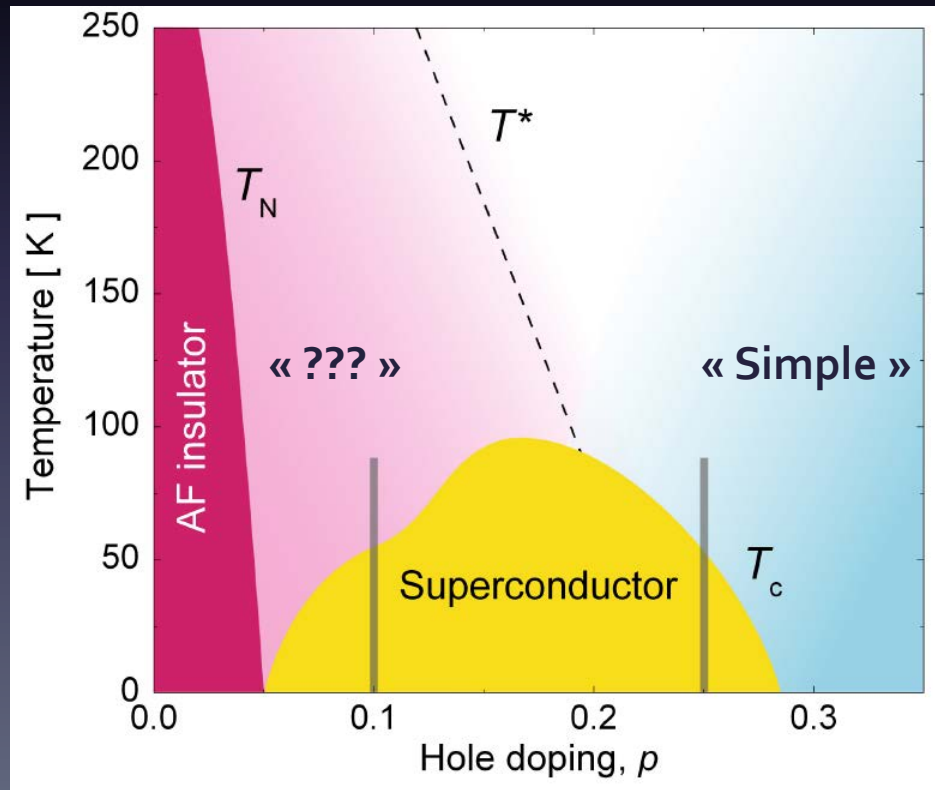


Microscopie à SQUID, IBM

J.R. Kirtley et al.,
Nature Physics (2006), 2, 190

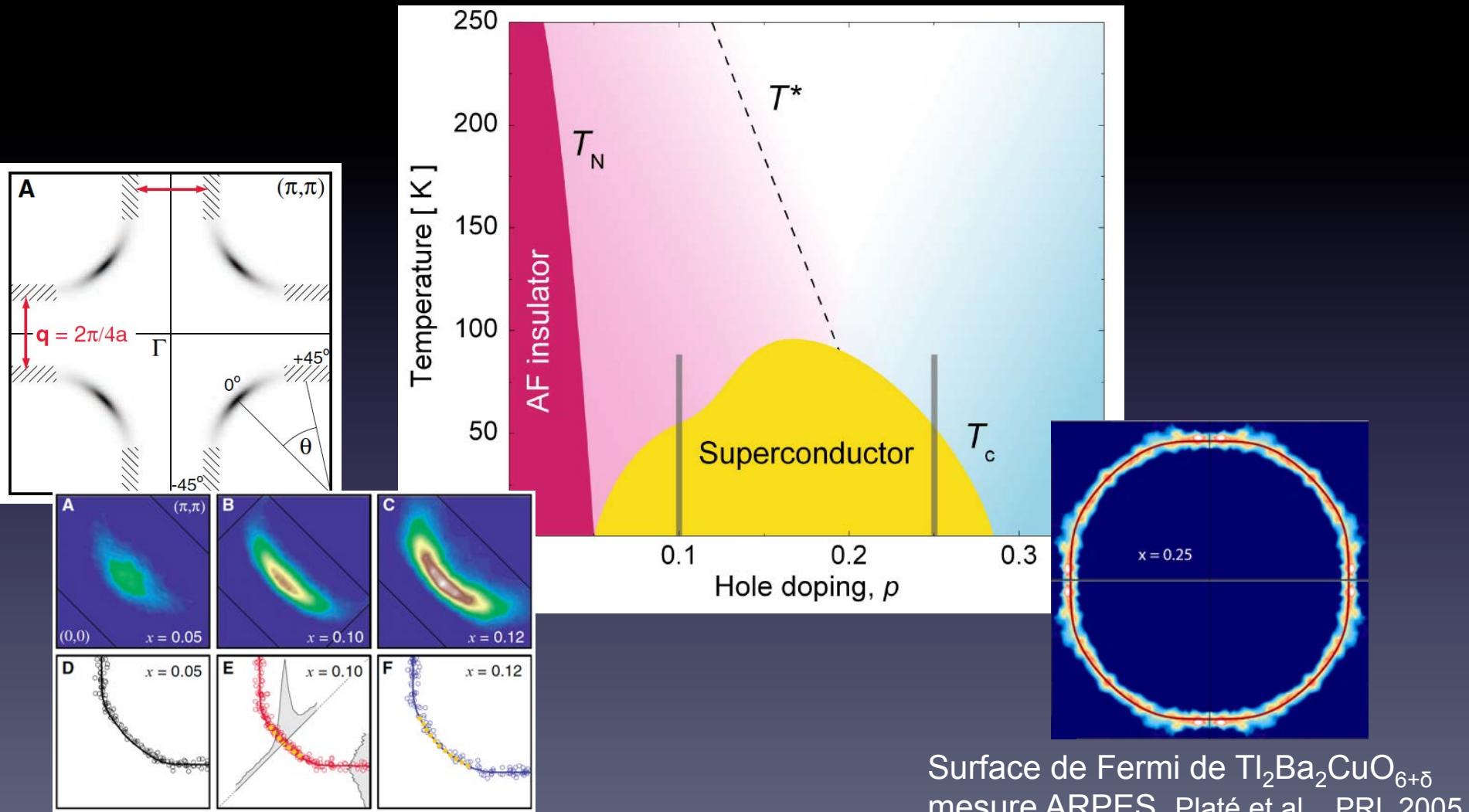
...mais un état normal complexe !

- Sans dopage : état isolant dû aux corrélations électroniques + ordre antiferromagnétique
- Avec dopage, devient supraconducteur, mais pas « métallique » avant forte concentration en trous
- Existe-t-il une surface de Fermi ? Un ordre magnétique ?



La surface de Fermi disparaît dans la phase sous-dopée

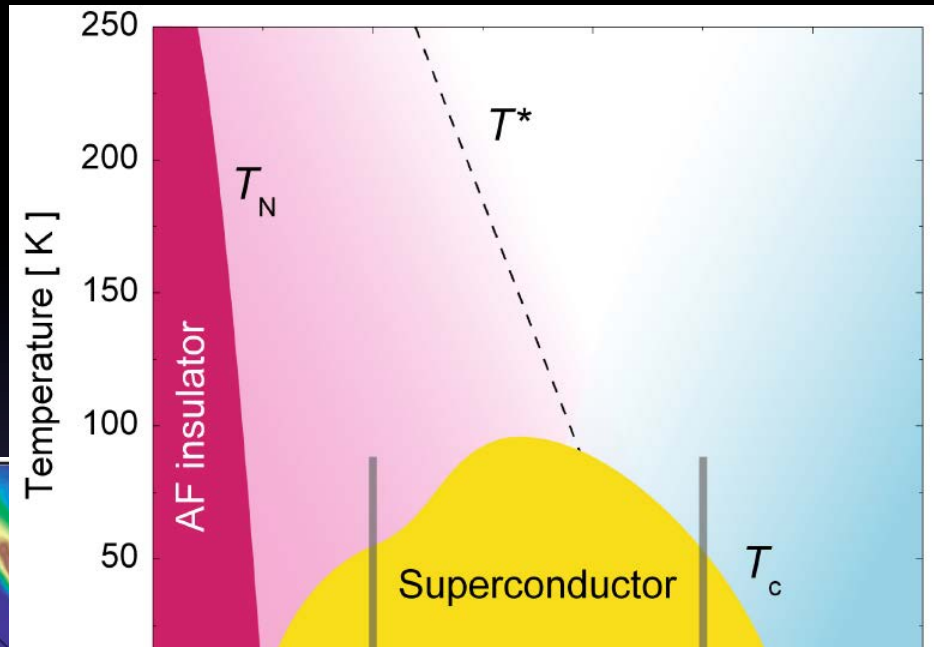
- Existe-t-il une surface de Fermi ? Un ordre magnétique ?



Surface de Fermi de $Tl_2Ba_2CuO_{6+\delta}$
mesure ARPES, Platé et al... PRL 2005

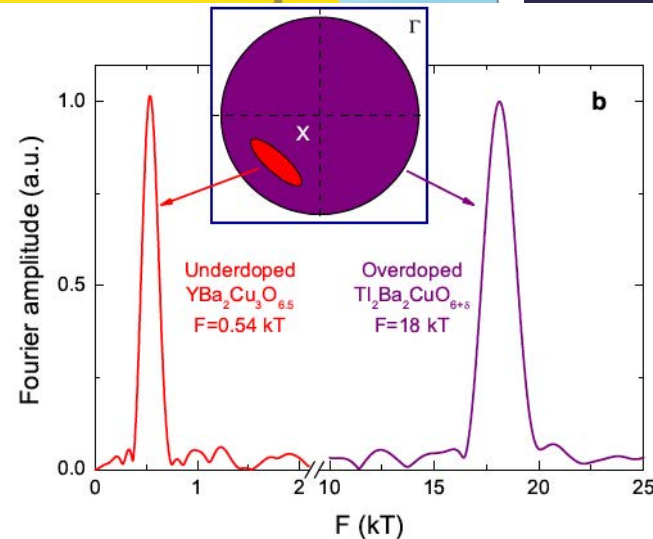
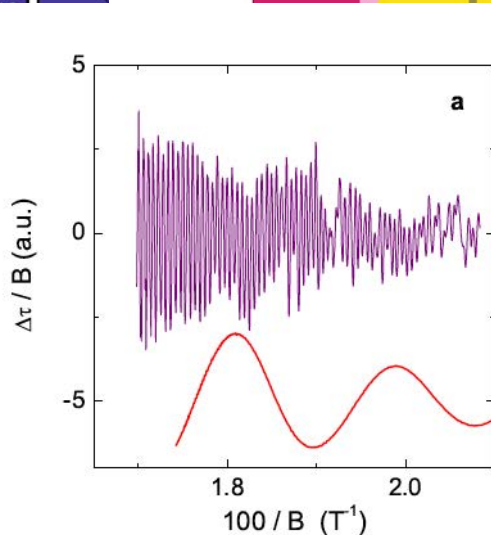
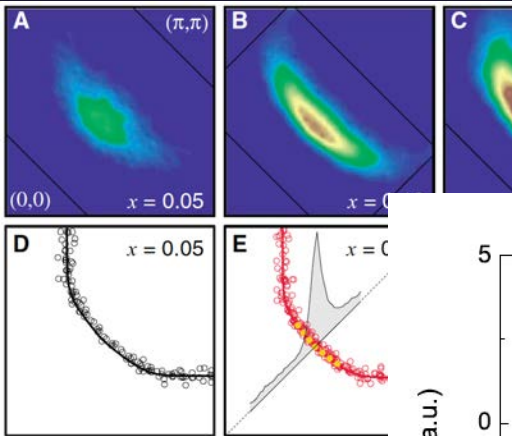
Mais réapparaît, à Toulouse, en fort champ !

+Sherbrook & UBC
Bristol & Edimburgh



Doiron-Leyraud et al.
Nature 447 (2007) 565.

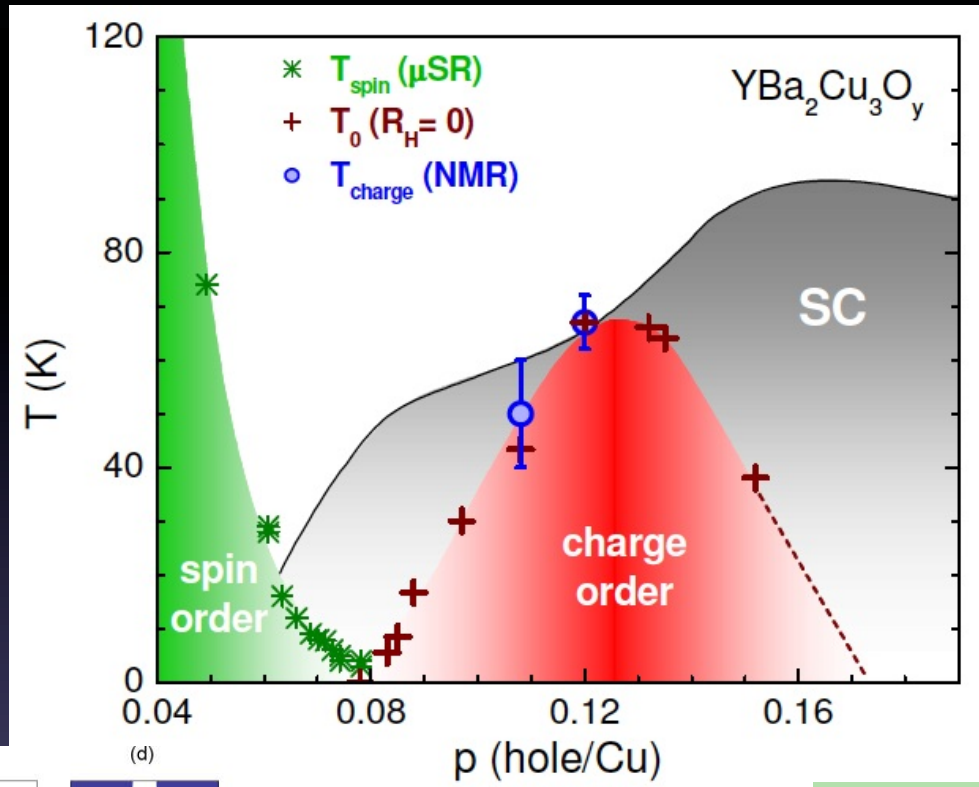
Vignole et al.
Nature 455 (2008) 952.



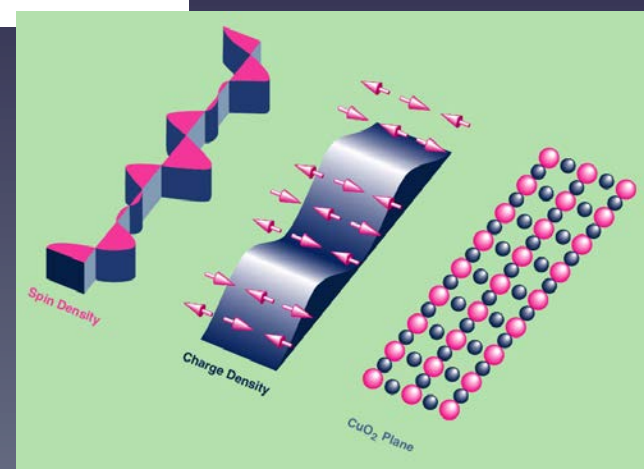
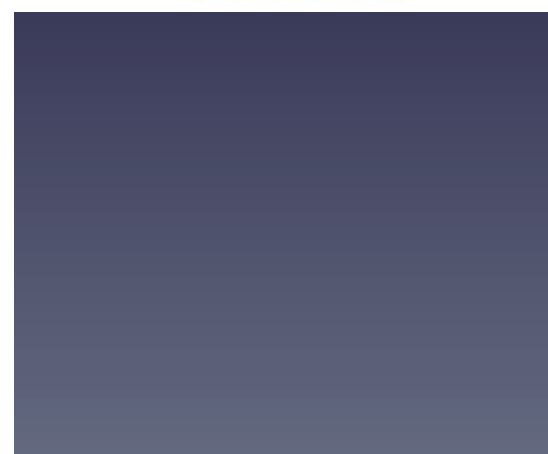
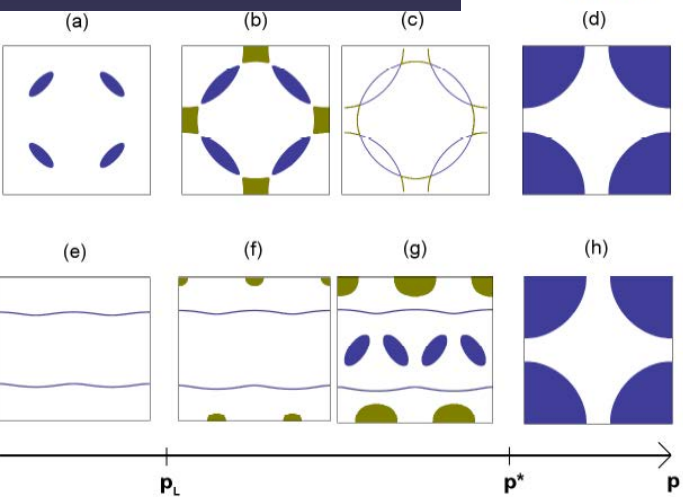
Poche d'électrons,
pas de trous ?

Confirmé par RMN (de 9 à 30T) à Grenoble !

Suggère une reconstruction de la S de F par ordre spécifique : « stripes »

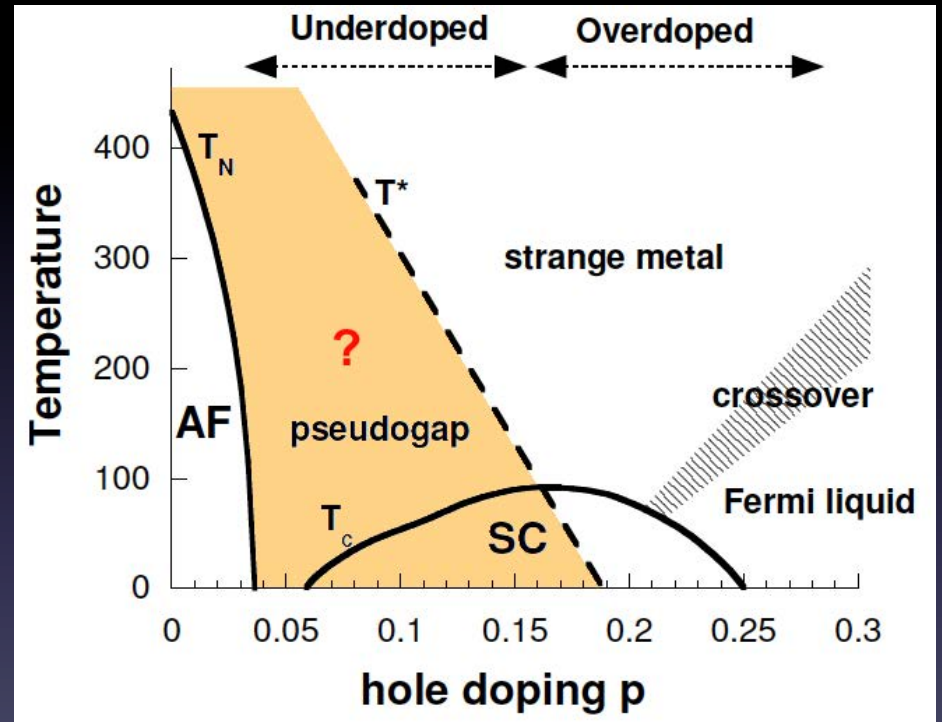
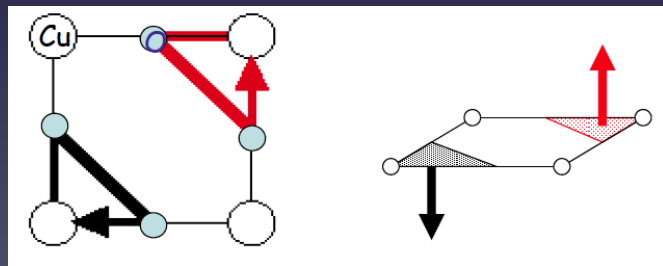
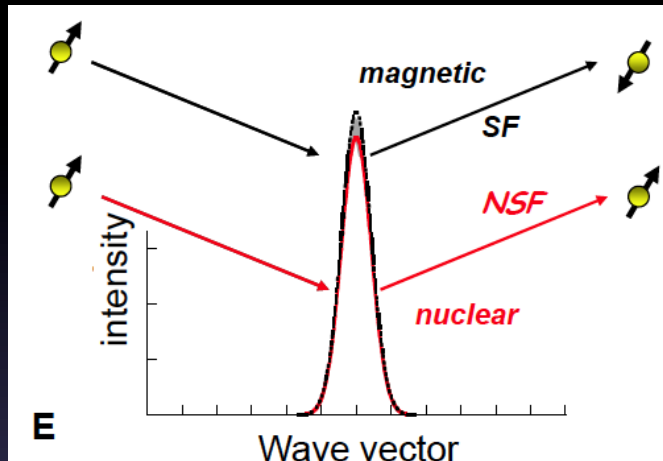


M.H. Julien et al.
Nature (2011)



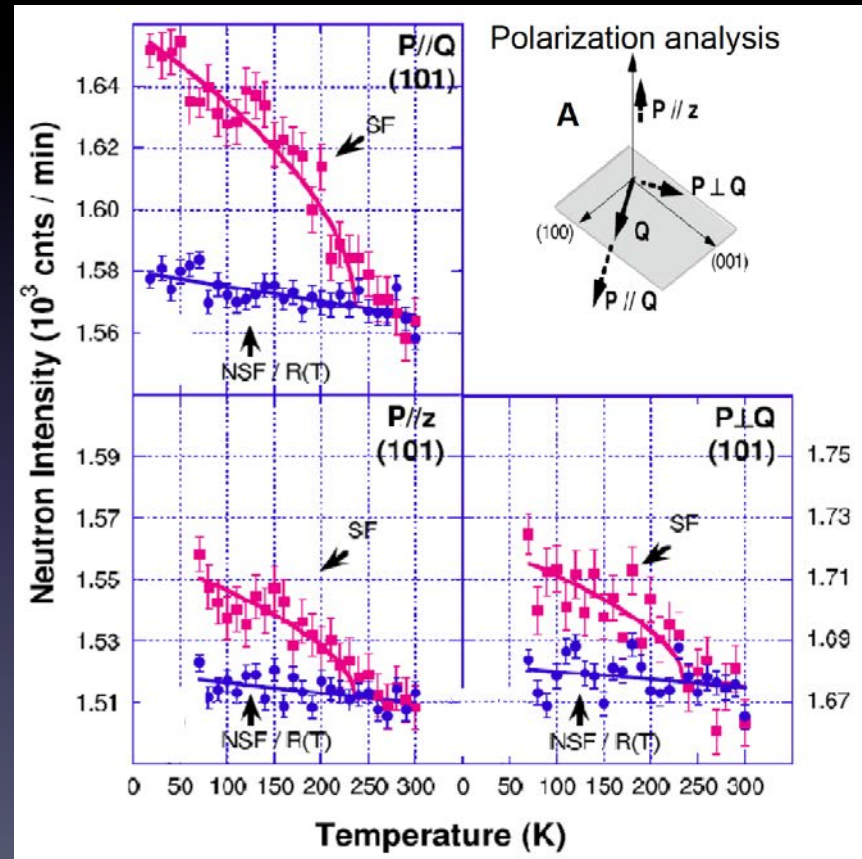
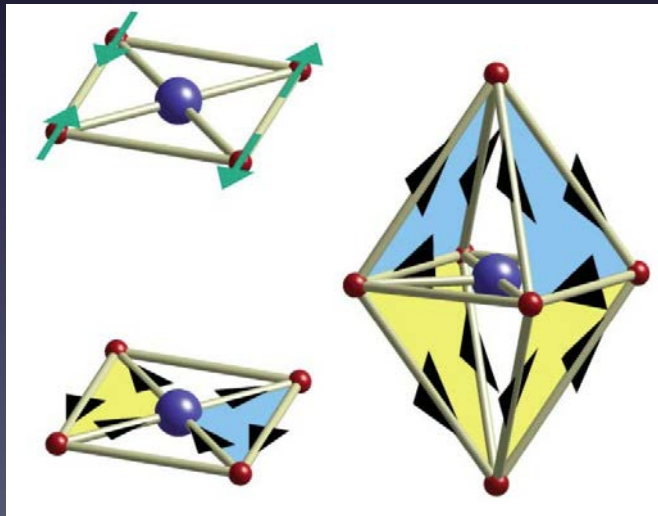
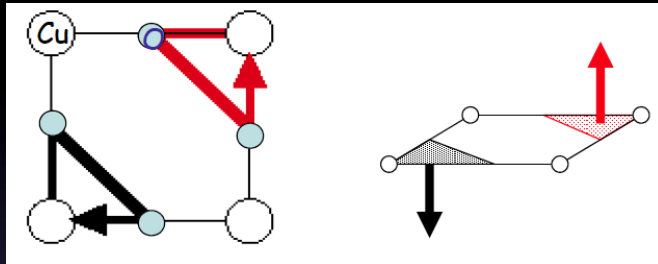
A bas champ, dans la phase pseudo-gap ?

Un ordre caché ? À $Q=0$???



@Au LLB, découverte de « courants orbitaux »...

La phase « pseudo-gap » est bien un état « ordonné » : $M \sim 0.1\mu_B$.
Pb : lien avec le mécanisme d'appariement ?



B. Fauqué et al, PRL 96, 197001 (2006).

Y. Li et al. Nature 455, 372 (2008) & Nature 468, 283 (2010)

Travail dans la durée sur les cuprates :

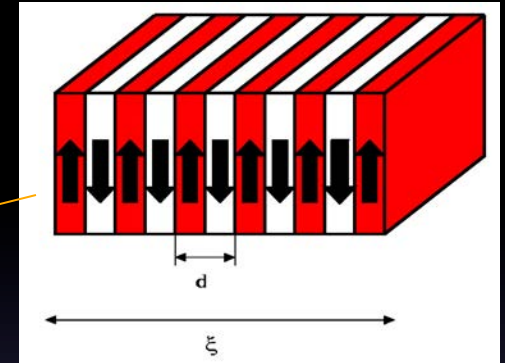
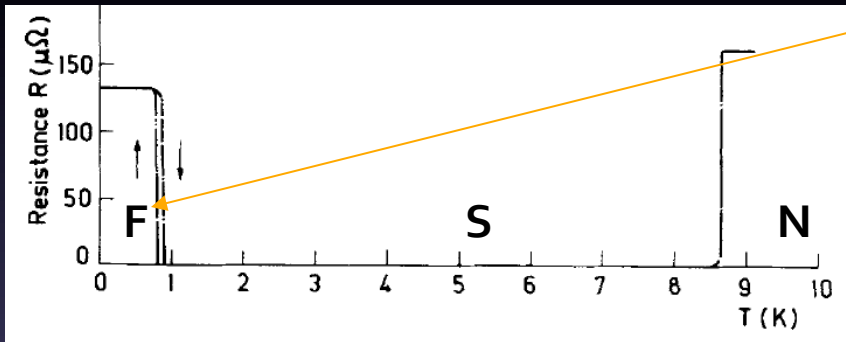
- Résultats sur surface de Fermi (poches d'électrons) ???
Oscillations quantiques et RMN
- Résultats sur l'ordre dans la phase pseudo-gap (neutrons)
- Résultats sur le gap en phase supra, en lien direct avec surface de Fermi et pseudo-gap (Raman-MPQ) !

Nouvel élan pour une percée sur la physique des cuprates ?

Supraconductivité et ferromagnétisme...

Dans les supraconducteurs "classiques" :

- systèmes magnétique/supraconducteur séparés
- $T_{\text{Curie}} < T_c$ (ErRh_4B_4)
- pas de vraie coexistence (crypto ferromagnétisme...)



Revue :

- L. N. Bulaevski, et al., Adv. Phys. 34, 175 (1985)
- A. I. Buzdin, Rev. Mod. Phys. 77, 935 (2005)

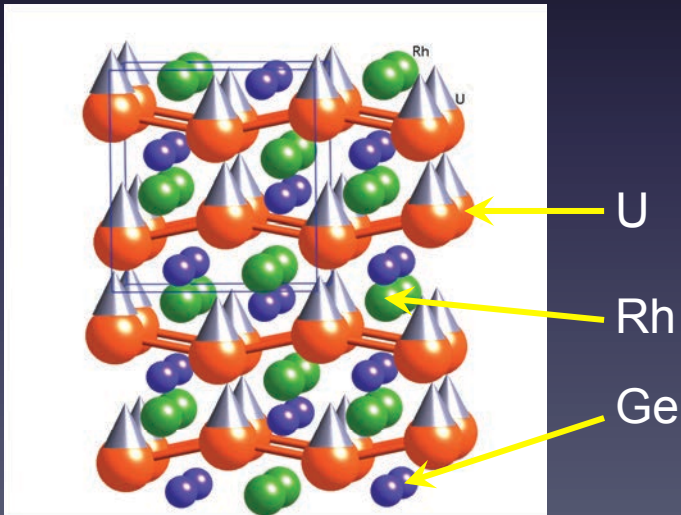
Supraconductivité et ferromagnétisme...

Dans les fermions lourds : intermétalliques avec des éléments 4f (Ce) ou 5f (U)

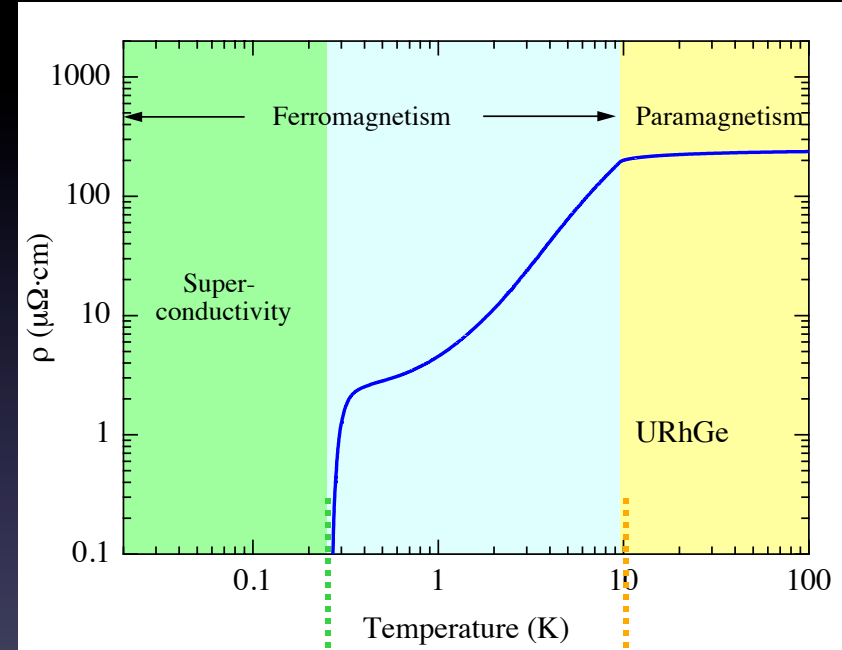
- mêmes électrons magnétiques/superconducteurs
- $T_{\text{curie}} > T_c$ (UGe₂, URhGe, UCoGe)
- vraie coexistence en volume

URhGe: $T_c \sim 0.25\text{K}$,

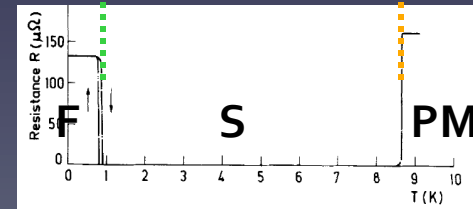
$T_{\text{curie}} \sim 9.5\text{K}$, $m_s \sim 0.4\mu_B$



D. Aoki et al. Nature 413 (2001) 613



rappel :
ErRh₄B₄



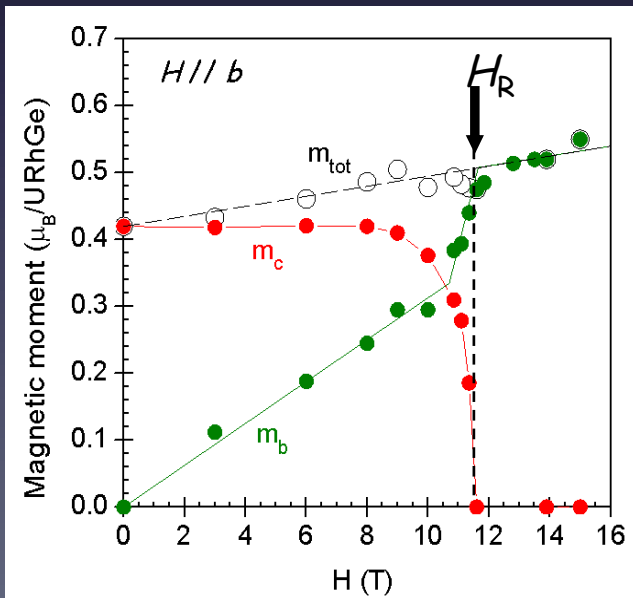
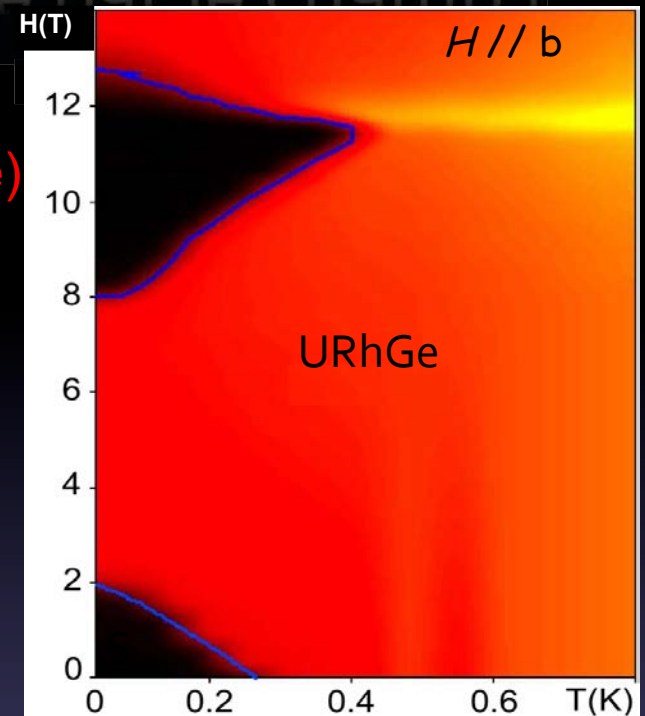
La supraconductivité renforcée par le champ !

Phases réentrante :

- très fort champ : pas de limite de Pauli (**p-wave**)
- très robuste : T_c plus grand



- nouvelle phase supraconductrice
- correspond à une rotation des moments :



F. Lévy, I. Sheikin, B. Grenier, A. D. Huxley,
Science 309 (2005) 1343–1346

(LNCMI & ILL)

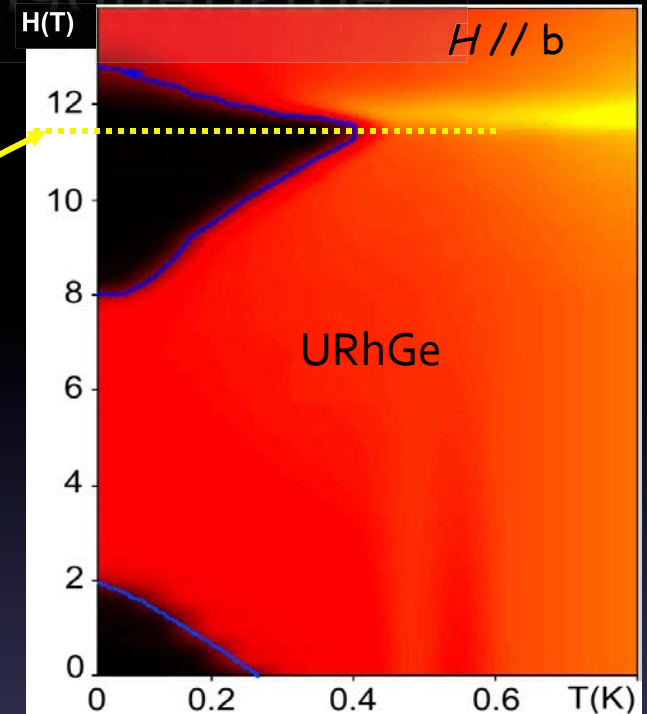
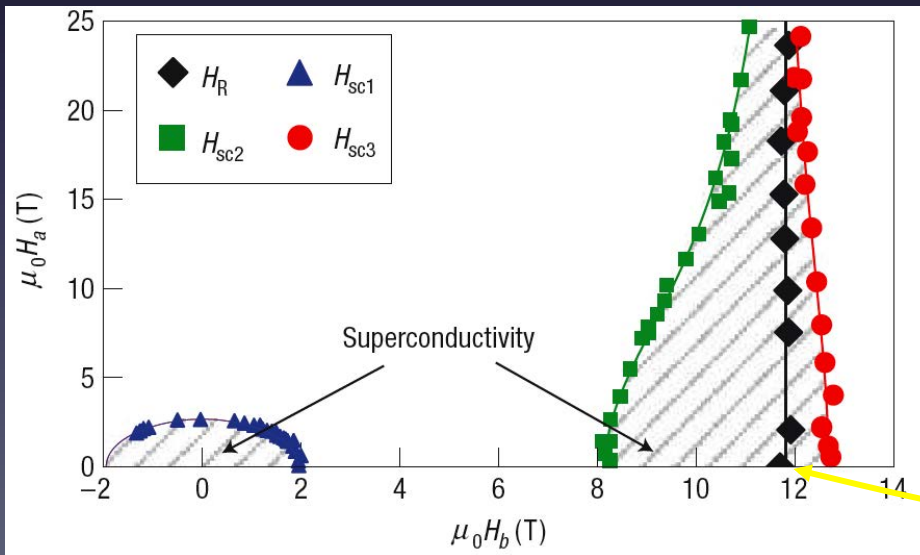
Supraconductivité et ferromagnétisme...

Phase réentrante :

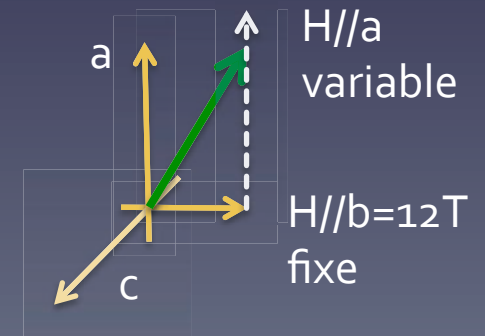
- très fort champ : pas de limite de Pauli (*p-wave*)
- très robuste : T_c plus grand



- et un record de H_{c2} / T_c



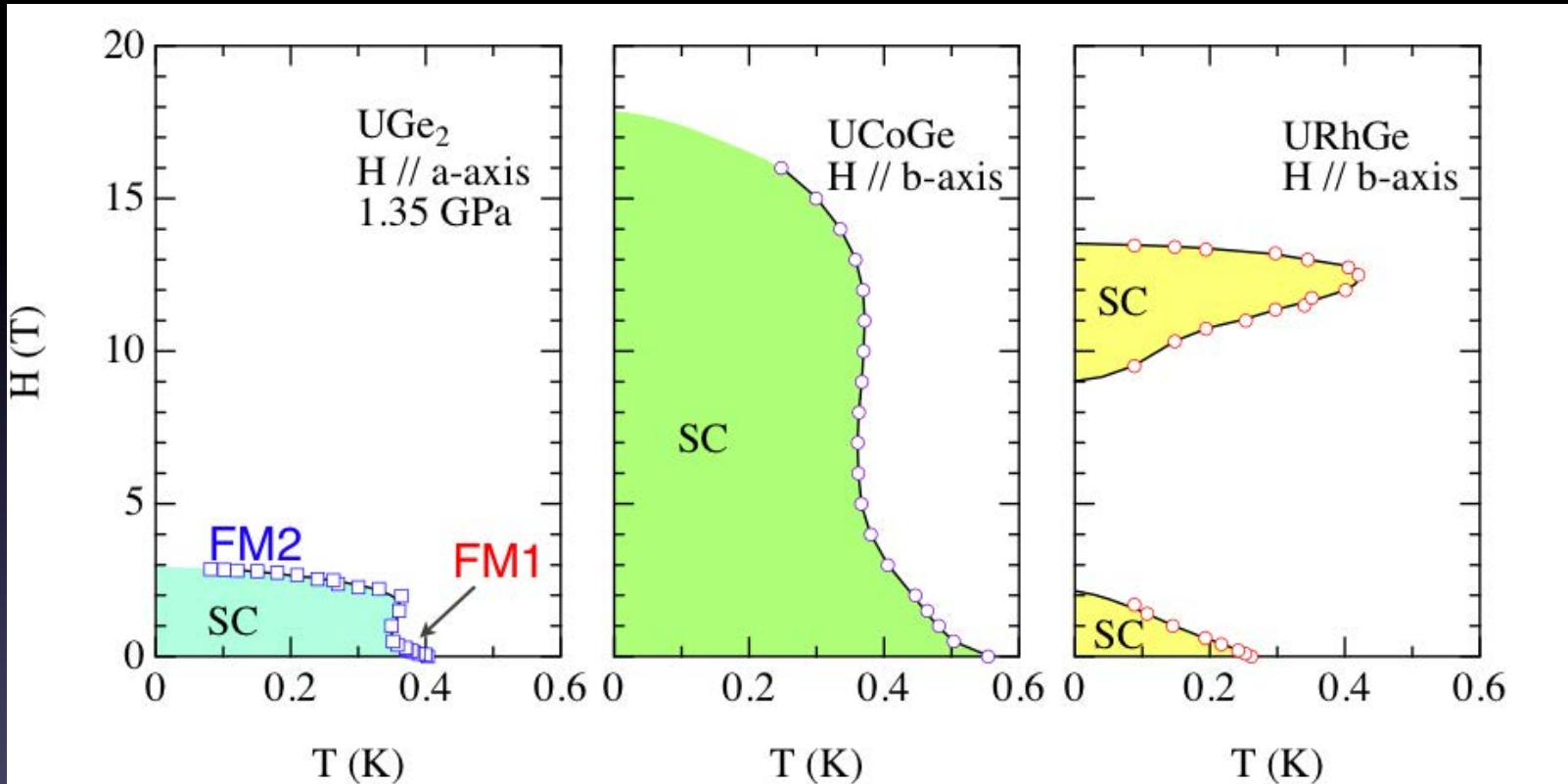
F. Lévy, I. Sheikin & A. Huxley,
Nature Physics 3 (2007) 460



Supraconductivité et ferromagnétisme...

URhGe n'est pas un cas isolé...

D. Aoki et al.



UGe₂: $T_{c_max} \sim 0.8K$,

$T_{curie} \sim 35K$, at 12kbars

$m_s \sim 1.4\mu_B$ at 0kbar.

Huxley(Grenoble)
+ Cambridge 2000

UCoGe: $T_c \sim 0.5K$,

$T_{curie} \sim 2.5K$, $m_s \sim 0.07\mu_B$

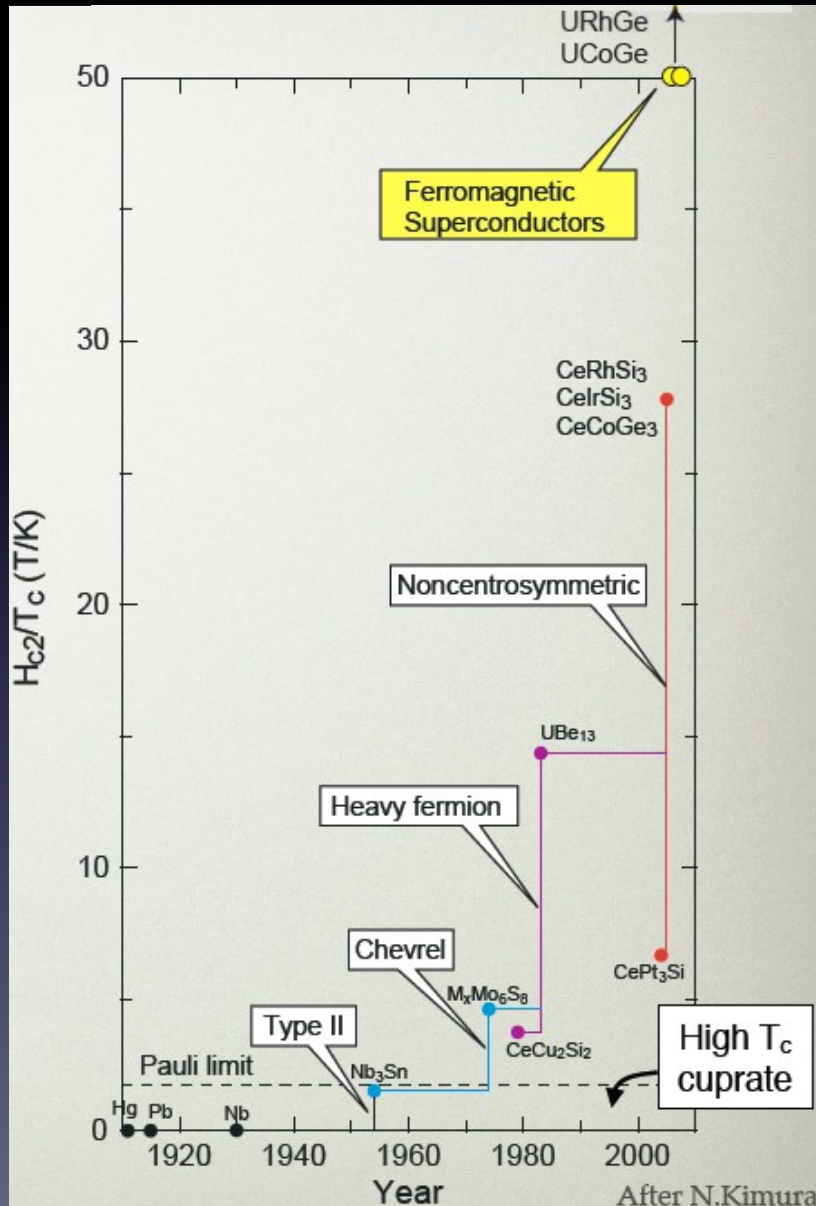
deVisser (Amsterdam)
2007

URhGe: $T_c \sim 0.25K$,

$T_{curie} \sim 9.5K$, $m_s \sim 0.4\mu_B$

D. Aoki (Grenoble)
2001

Rapporté à T_c , tous les records sont battus...



- Quel mécanisme pour cette supraconductivité ?
- Quel mécanisme pour le comportement en champ ? (anormal dans toutes les directions !)
- Quelle paramètre d'ordre supraconducteur ?
- Lien avec les physique des systèmes non centro-symétriques ?

Mais d'abord : quelle surface de Fermi (dans la phase ferromagnétique).

Au bout de 100 ans, l'exploration a bien avancé, mais il ne faut pas s'arrêter :

le champ semble de plus en plus fertile...
...et on ne connaît pas la taille des continents.

...Connaissance par l'expérience (K. Onnes)

et vraiment sans préjugés!

Un site web grand public pédagogique :
www.supraconductivite.fr



tous les événements sur
www.supra2011.fr



COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES PHYSIQUE	
ACADÉMIE DES SCIENCES, PARIS	
2011 - Tome 12 - N° 5-6	
DOSSIER Superconductivity of strongly correlated systems / <i>Supraconductivité des systèmes fortement corrélés</i>	High- T_c iron pricidites Studies of the gap structure of iron-based superconductors using magnetic penetration depth Antony Carrington 502
Guest editors / Rédacteurs en chef invités : Jean-Pascal Brison Alexandre Bouzidine	NMR studies on iron-pricidite superconductors: $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ and $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ Kenji Ishida, Yusuke Nakai, Shunsaku Kitagawa, Tetsuya Iye 515
Foreword Jean-Pascal Brison, Alexandre Bouzidine 433	Low- T_c organics and heavy fermions Superconductivity and antiferromagnetism as interfering orders in organic conductors Claude Bourbonnais, Abdelouahab Sedeki 532
High- T_c cuprates Probing the order parameter symmetry in the cuprate high temperature superconductors by SQUID microscopy John R. Kirtley 436	Antiferromagnetism and superconductivity in cerium based heavy-fermion compounds Georg Knebel, Dai Aoki, Jacques Flouquet 542
Quantum oscillations and the Fermi surface of high-temperature cuprate superconductors Baptiste Vignolle, David Vignolles, David LeBoeuf, Stéphane Lepault, Brad Ramshaw, Ruixing Liang, D.A. Bonn, W.N. Hardy, Nicolas Doiron-Leyraud, A. Carrington, N.E. Hussey, Louis Taillefer, Cyril Fournier 446	On the phase diagram of UGe_2 Vladimir F. Mineev 567
Novel magnetic order in the pseudogap state of high- T_c copper oxides superconductors Philippe Bourges, Yvan Sidis 461	Properties of ferromagnetic superconductors Dai Aoki, Frédéric Hardy, Atsushi Miyake, Valentin Taufour, Tatsuma D. Matsuda, Jacques Flouquet 573
Electronic Raman scattering in copper oxide superconductors: Understanding the phase diagram Alain Sacuto, Yann Gallais, Maximilien Cazagnes, Sébastien Blanc, Marie-Aude Méasson, Jinseng Wen, Zhijin Xu, Genfa Gu, Dorothée Colson 480	New "exotic" systems Superconductivity in doped clathrates, diamond and silicon Xavier Blase 584
	Oxide interface superconductivity Stefano Gariglio, Jean-Marc Triscone 591
	Guest editors / Rédacteurs en chef invités : Jean-Pascal Brison, Alexandre Bouzidine
	ACADÉMIE DES SCIENCES - PARIS

Séminaire Daniel Dautreppe Les défis actuels de la supraconductivité SFP-Alpes

<http://dautreppe2011.grenoble.cnrs.fr/>
21-25 Novembre 2011 - Grenoble

Orateurs invités confirmés:

- | | | |
|-----------------|------------------|---------------|
| M. Aprili, | h.-E. Bruzek | C. Chapelier, |
| S. Djordjevic | D. Esteve | J. Flouquet, |
| R. Flükiger, | Y. Gallais, | F. Hekking, |
| P. Lebrun | V.P. Mineev | C. Pasquier, |
| C. Proust, | D. Roditchev, | C. Salomon, |
| J. Schmalian, | T. Schurig, | Y. Sidis, |
| J.-M. Triscone, | K. Van der Beek, | P. Vedrine, |