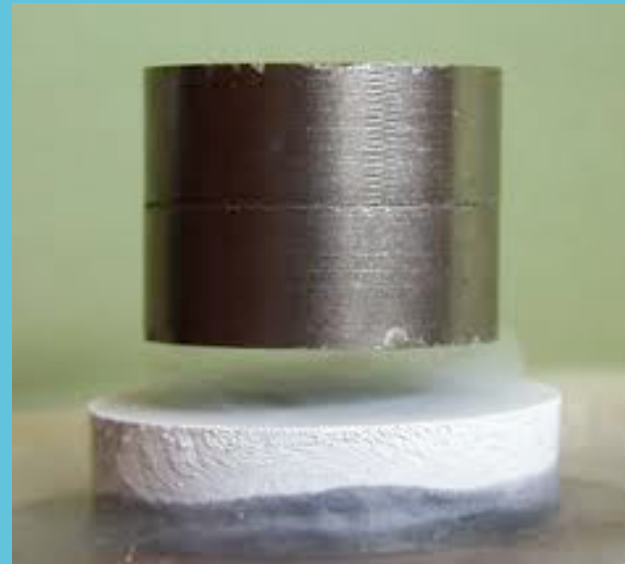


Les supraconducteurs: de nouveaux défis conceptuels



www.cnrs.fr



Didier Poilblanc

Directeur de Recherche CNRS
au Laboratoire de Physique Théorique
de Toulouse

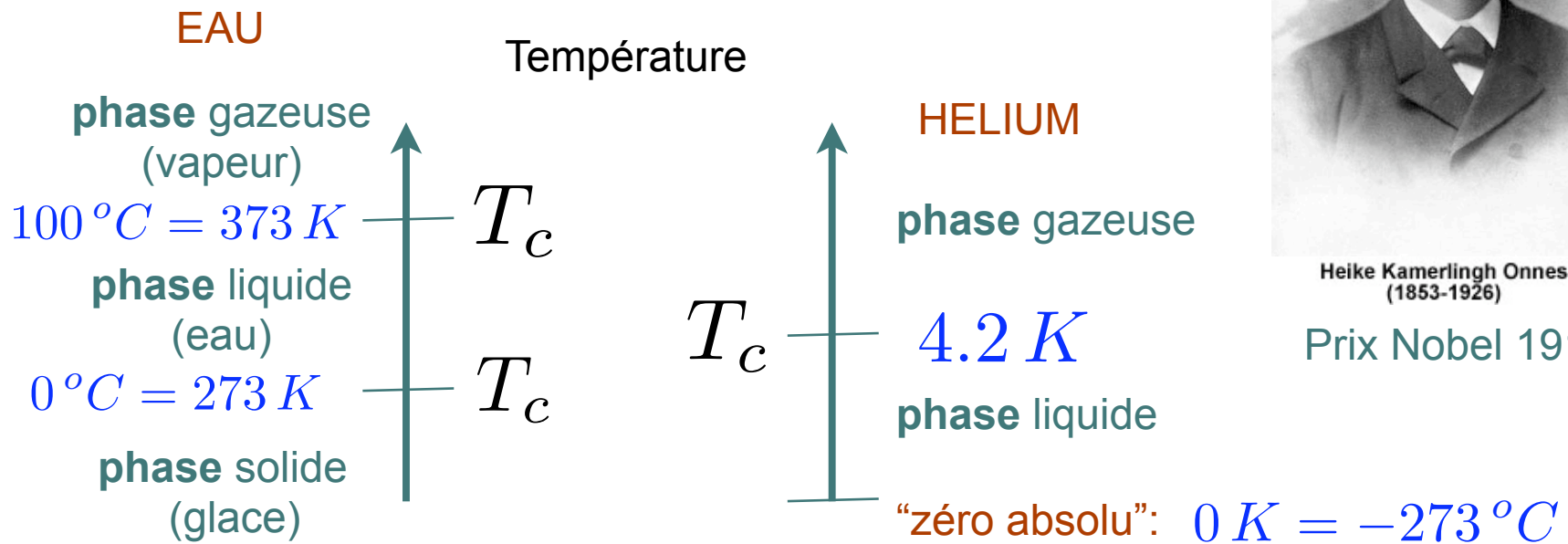


Des progrès de la cryogénie...



Heike Kamerlingh Onnes
(1853-1926)

Prix Nobel 1913



“température critique” = température caractéristique d’un changement d’état ou “phase”



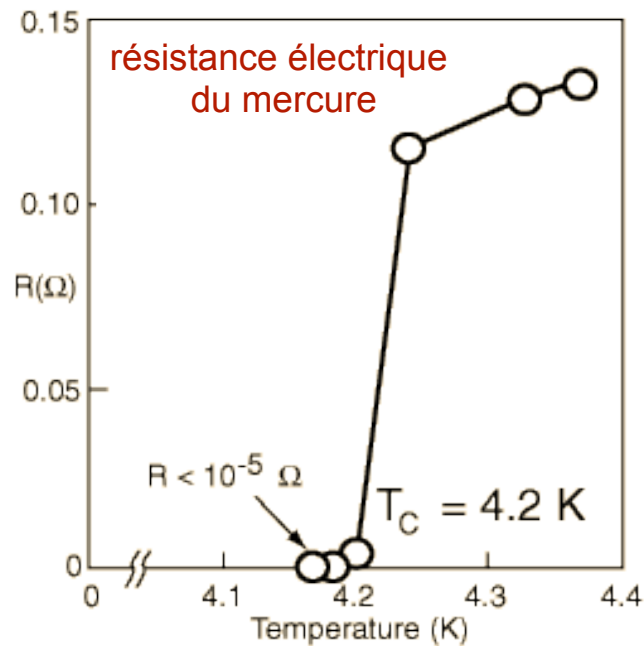
...à la découverte de la supraconductivité

(à Leiden en 1911)



Heike Kamerlingh Onnes
(1853-1926)

Prix Nobel 1913



Température

$$T_c \sim 4 \text{ K}$$

“zéro absolu”

phase “normale”
(métal)

phase
supraconductrice

"Le mercure est passé dans **un nouvel état**, qui du fait de ses **propriétés électriques extraordinaires** pourrait être appelé état supraconducteur".



La Théorie BCS (1957): l'explication théorique 46 ans plus tard !



John Bardeen
(1908-1991)

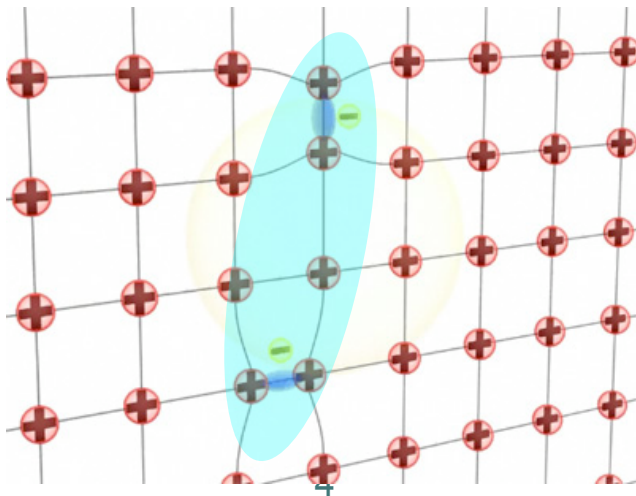


Leon Cooper
(1930-Present)



John Robert Schrieffer
(1931-Present)

John Bardeen - Leon Cooper - Robert Schrieffer
Prix Nobel 1972



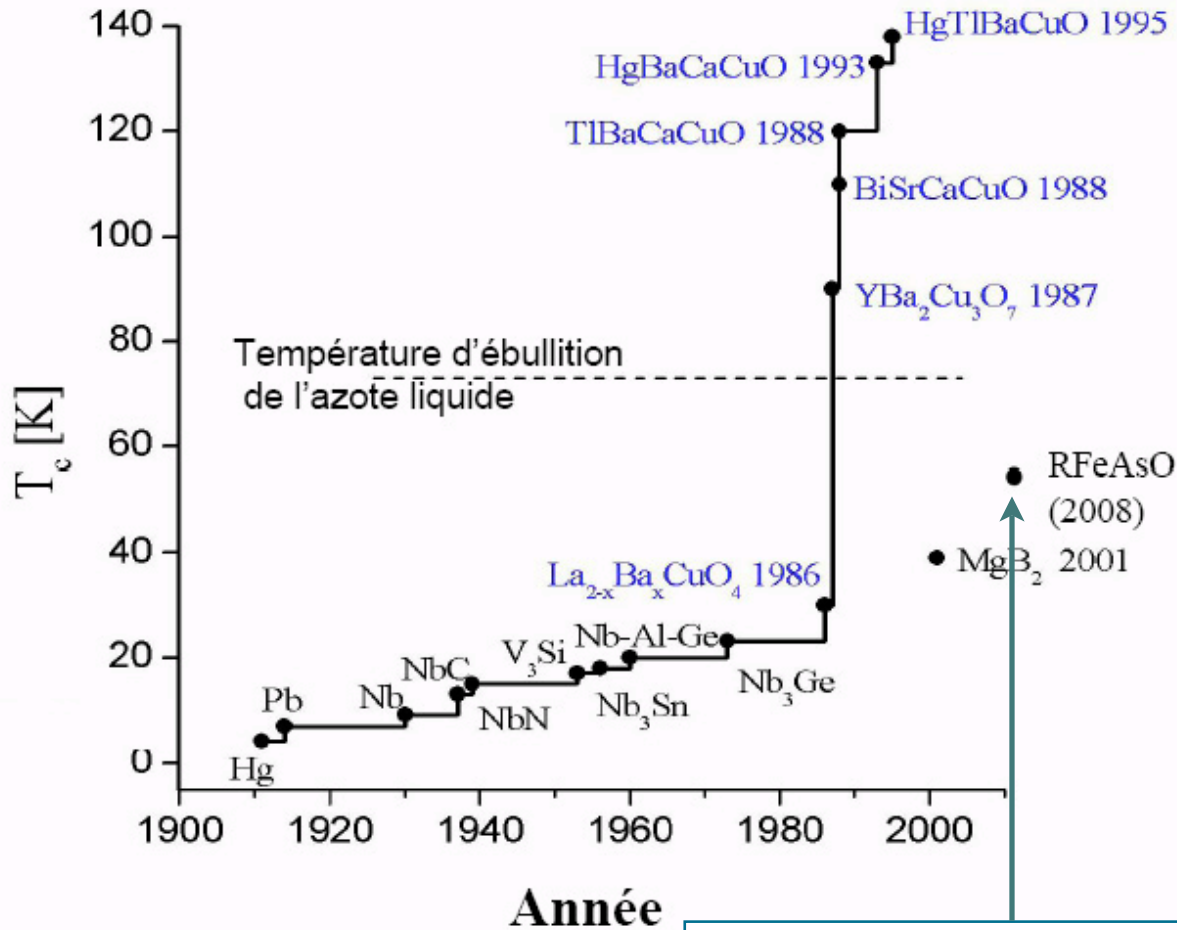
Paires d'électrons
dites "paires de Cooper"



Comportement **collectif à grande échelle** de
l'ensemble des électrons du métal



La révolution des supraconducteurs à haute température critique



Georg Bednorz
(1950-Present)



Karl Alexander Müller
(1927-Present)

Prix Nobel 1987

2008: les supraconducteurs “pnictures de fer”.
une nouvelle révolution ?

Les supra “haut-T_c”: un “diagramme des phases” qui met en difficulté la théorie BCS et pose de nouveaux défis théoriques

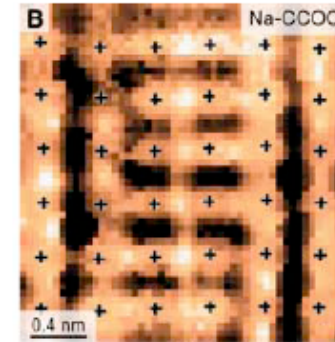
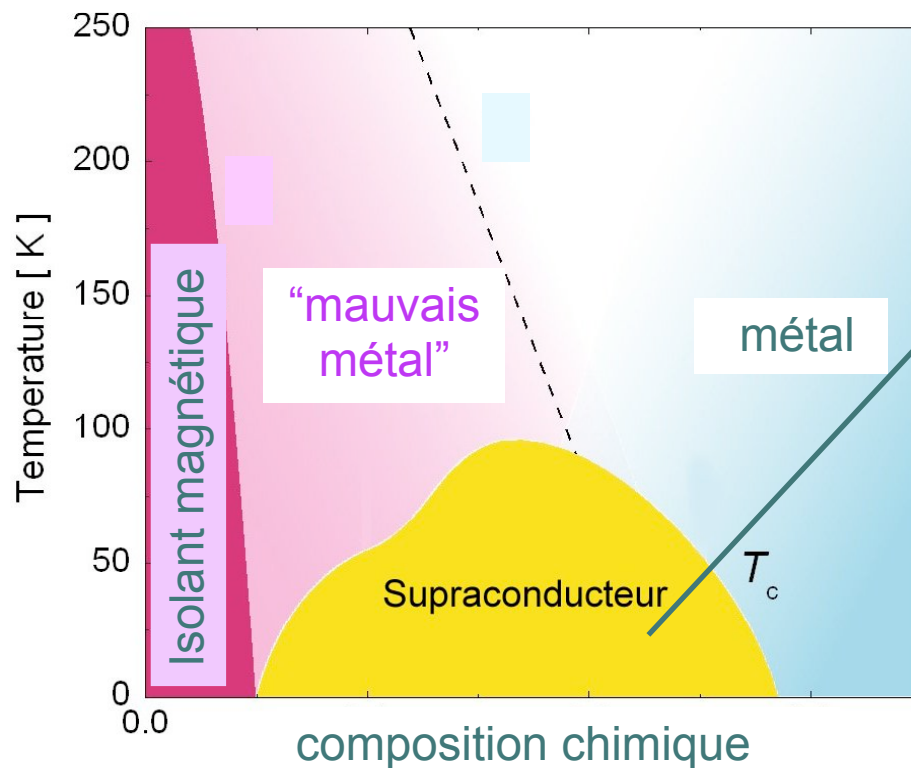
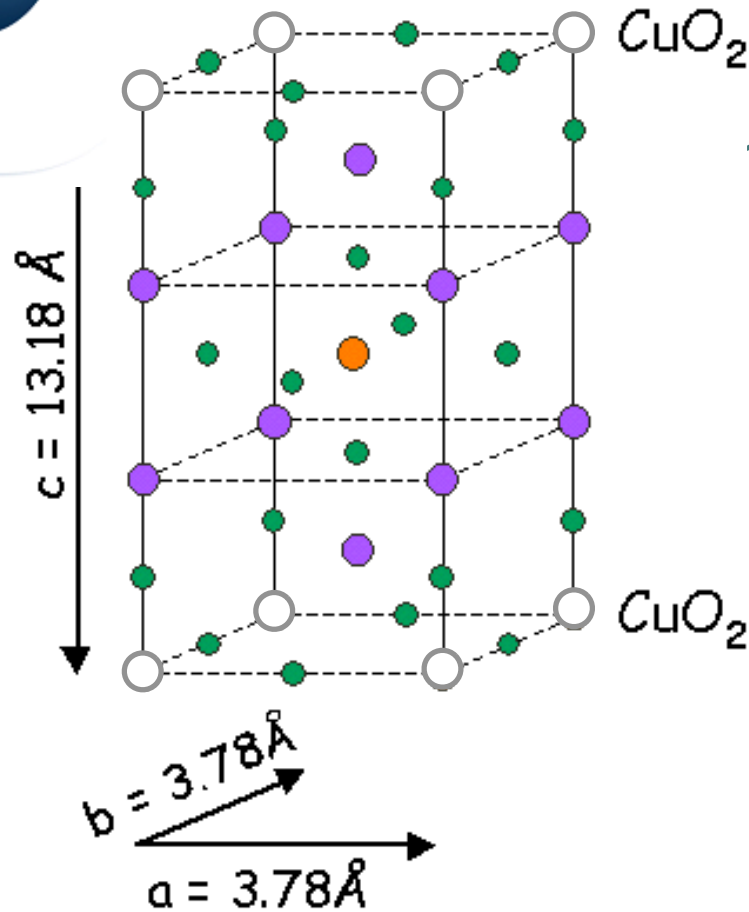


image par microscopie “tunnel”
Kohsaka et al. Science 2007

Les enjeux fondamentaux :

1. une compréhension **globale** du “diagramme des phases”
2. le **chaînon manquant** de la compréhension: comment les paires de Cooper se forment-elle ?

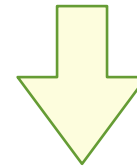
La modélisation du matériau



$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} m$$

1.

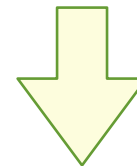
Réseau cristallin en 3D...
... mais matériau lamellaire:
le gaz d'électrons est "confiné"
dans des **plans**



réduction dimensionnelle: 2D

2.

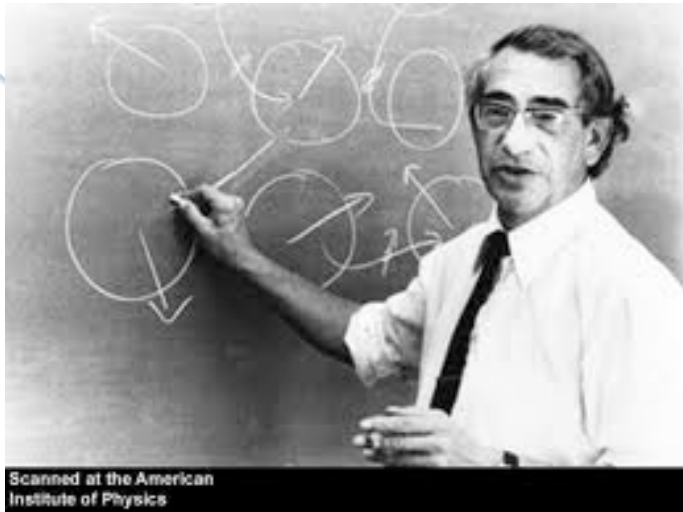
Echelle microscopique



la mécanique quantique
comme cadre conceptuel !

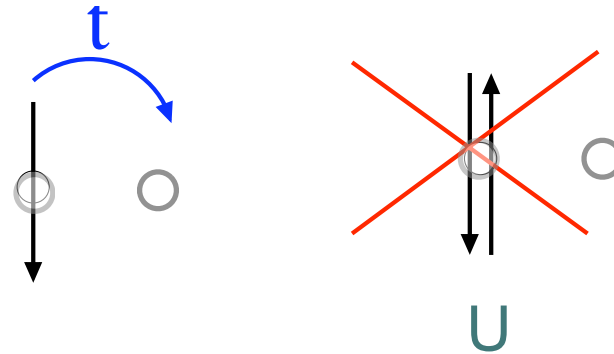


Un modèle théorique **quantique à 2 dimensions** apparemment “simple”...



Scanned at the American Institute of Physics

John Hubbard (1931-1980)



...mais très complexe à résoudre !



simulations numériques
sur “super-ordinateurs” (ex. IDRIS, CNRS)

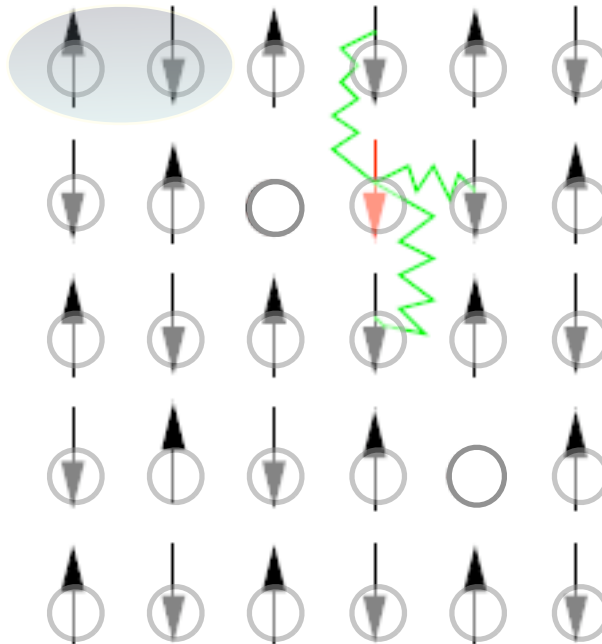


retour vers l'expérience



De nouveaux scénarios révolutionnaires...

spins tête-bêche →



La **glu** des nouvelles paires de Cooper est de nature **fondamentalement** différente de la théorie BCS



Philip Warren Anderson
Prix Nobel

- Les progrès de la physique numérique avec des ordinateurs “pétaflops” pour valider un tel scénario
- ...et aider à concevoir de nouveaux matériaux supraconducteurs... peut-être à température ambiante !