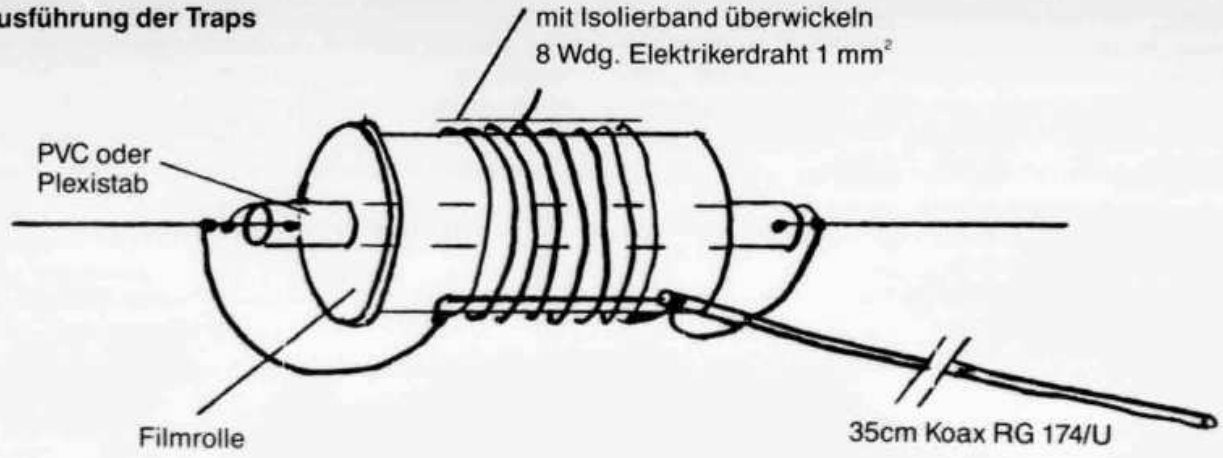
Ausführung der Traps



SWR: bedeutend schlechteres SWR, wenn das Koaxkabel am Antennendraht befestigt wird.

Literatur

Simple Low Cost Wire Antennas for Radio Amateurs, Wiliam I. Orr (W6SAI) and Stuard D. Cowan (W2LX), Radio Publications Inc., Wilton Conn. USA, 1984, ISBN 0-933616-02-3.

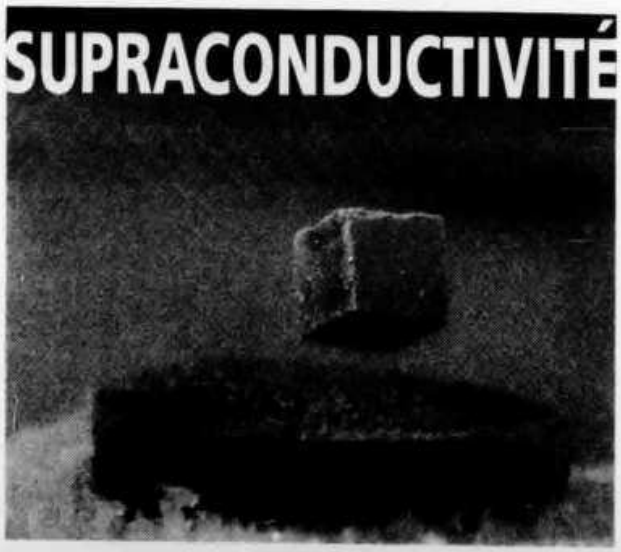
La supraconductivité

Werner Tobler (HB9AKN), Chemin de Palud 4, 1800 Vevey

La notion de résistance électrique fût énoncée la toute première fois par le célèbre physicien Georges Ohm en 1827. Auparavent, on se servait déjà, à l'époque de l'électrostatique, de roseaux humides en guise de conducteurs pour transporter des charges électriques d'un endroit à un autre. On avait donc, déjà à cette époque, l'idée intuitive de la conductance, qui est l'inverse de la résistance:

$$C = 1/R \text{ (Mhos ou Siemens)}$$

Les très hautes tensions électrostatiques de l'époque permettaient, malgré la très grande résistance des roseaux, l'échange de charges.



Dès 1827 Georges Ohm écrivit sa célèbre équation $R = U/I$ ce qui permit de placer la notion de résistance électrique au premier plan. Dès lors, on fit l'impossible pour la ramener à la plus faible valeur dans les conducteurs, étant donné l'équation:

$$P[\text{Watts}] = I^2 \cdot R$$

qui montre que, pour un courant donné, la puissance perdue est directement proportionnelle à la résistance. On opta pour le cuivre, qui représente encore actuellement, le meilleur compromis performance/coût. Il ne faut pas oublier, en effet, que, par performance, on n'entend pas seulement le minimum de résistance électrique, mais encore des qualités d'ordre mécanique telles que résistance à la traction, possibilité d'être tiré en fils, d'être soudé etc. Ainsi, on le voit, un bon conducteur doit satisfaire à un certain nombre de conditions parfois contradictoires, et c'est pourquoi il est si difficile d'innover.

On sait que la résistance, résultant de l'agitation moléculaire, augmente avec la température, et que nous avons classiquement:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \text{ avec:}$$

ρ: coefficient de résistivité (Ohm.mm²/m)
L: longueur du conducteur (Mètre)
S: Section du conducteur (mm²)
R: Résistance en Ohms

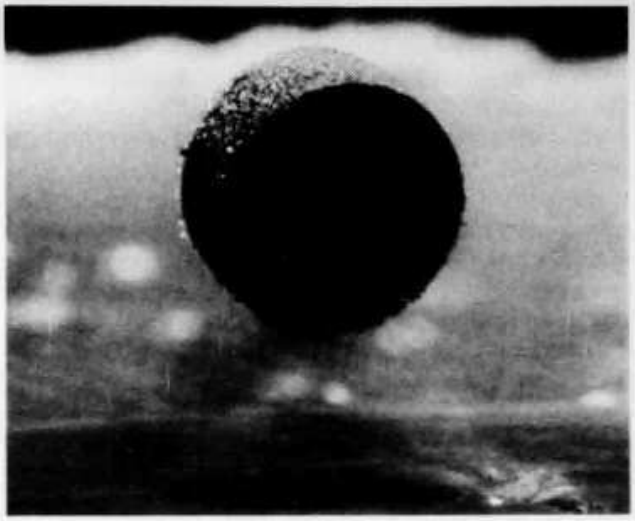
Ceci à la température ambiante de 25 degrés C.

On a d'autre part:

$Rt2 = Rt1 (1 + d \cdot \Delta T)$ avec:

Rt2: Résistance à chaud (Ohm)
Rt1: Résistance à froid (Ohm)
ΔT: Augmentation de température (deg °C)
α: Coefficient d'augmentation de résistance. (1/degré)

On a ainsi diminué le plus possible la température, jusqu'à la température limite de 0 degré Kelvin = -273 degrés C à l'aide d'azote liquide. Pour aller plus bas, il faut de l'hélium liquide. La résistance électrique devient nulle à ces températures. Les électrons filent ainsi sans résistance entre les atomes constituant le conducteur. Après des recherches intenses effectuées dans les laboratoires IBM de Rüschlikon près de Zürich, M.J. Georg Bednorz (37 ans) et le professeur K. Alex Müller (60 ans) se sont vus décerner le prix Nobel de physique 1987. Ils ont reçu cette haute distinction pour avoir découvert une classe de matériaux qui conduisent le courant électrique sans résistance à des températures supérieures à -273 degrés Kelvin. Depuis, une véritable course aux supraconducteurs s'est engagée dans le monde entier qui promet de déboucher sur de profonds bouleversements dans notre vie quotidienne.
C'est le 27 janvier 1986, vers vingt heures que M.J. Georg Bednorz et le professeur K. Alex Müller firent leur grande découverte à Rüschlikon. En examinant un composé contenant du baryum, du lanthane et de l'oxyde de cuivre, ils constatèrent que la résistance électrique tomba subitement à zéro. Les supraconducteurs à haute température étaient nés. Ces chercheurs travaillaient d'arrache pied pour trouver un matériau présentant une résistance nulle à une température aussi élevée que possible. Après l'euphorie de la découverte, ces chercheurs eurent la prudence d'attendre et de s'assurer que leurs résultats soient sûrs et reproductibles. Le compte rendu final de l'expérience parut dans le numéro de septembre de la revue «Zeitschrift für Physik». Le scepticisme du début, propre à toute découverte sensationnelle fit place à une confirmation de tous les milieux scientifiques. Les laboratoires du monde entier se mirent en effervescence. Dans l'histoire moderne de la science, peu de découvertes ont suscité une telle fièvre parmi les chercheurs.
Les esprits se sont mis à rêver à des applications qui paraissaient utopiques. Pour la première fois depuis 1911, année de la découverte de la supraconductivité, un certain nombre d'applications semblent maintenant à portée de la main. Cela repose sur un seul phénomène, la possibilité de refroidir des matériaux à l'azote liquide qui deviennent supraconducteurs à une température supérieure à 77 degrés Kelvin soit -196 degrés C, ce qui est déjà considéré comme de la grande chaleur, tout étant relatif. Il est toujours permis de rêver et



Un petit aimant plane au-dessus d'un supraconducteur refroidi à l'azote liquide. L'effet Meissner deviendra-t-il un jour le symbole du transport de courant sans perte, des trains à lévitation magnétique, etc.?

l'on pense déjà à des trains en lévitation, à des supertransistors dont nous donnerons une possible description plus loin, à des bobinages atteignant des facteurs de qualité prodigieux, à des ordinateurs surpuissants etc. Voilà les perspectives offertes par la supraconductivité.
De nombreuses questions restent encore posées comme par exemple de savoir quels composés présentent la température de transition la plus élevée, c'est à dire la température à laquelle la résistance disparaît brusquement. Quelles sont parmi les formes cristallines d'un composé, celles qui sont supraconductrices? Encore faut-il que ces supraconducteurs soient capables de supporter les intensités de courant et de champs magnétiques nécessaires pour les applications. Enfin une dernière question, et elle est d'importance, nous en avons déjà parlé au début, ces nouveaux matériaux doivent posséder les caractéristiques mécaniques nécessaires (ductilité, solidité) afin de pouvoir les utiliser pratiquement.
On peut se demander comment les chercheurs MM. Bednorz et Müller trouvèrent le matériau adéquat. C'est après des mois de réflexions théoriques et d'expérimentation pratique qu'ils eurent l'idée d'examiner un composé céramique comprenant du lanthane, du baryum, et de l'oxyde de cuivre. Ils constatèrent en cours de travaux que ce système était constitué de plusieurs phases cristallographiques dont une seule était supraconductrice. Les chercheurs utilisèrent par la suite des oxydes de cuivre à composition variable, ils remplacèrent le baryum par du strontium. La voie était la bonne puisque MM Bednorz et Müller constataient des températures de transition de 35 degrés K, d'autres chercheurs obtenaient des chiffres encore plus élevés en modifiant la composition de l'échantillon.

La structure 1-2-3

Fin février 1987, le professeur Paul Chu de l'Université de Houston annoncait une température critique de plus de 90 degrés K pour un composé d'yttrium-baryum-oxyde de cuivre. Ces résultats parvinrent aux oreilles de Paul Grant du laboratoire IBM d'Almaden. Les savants d'Almaden parvinrent à isoler la phase supraconductrice du système (5% seulement) et à éliminer la phase étrangère. Ils déterminèrent la structure cristallographique et le mélange nécessaire à l'obtention d'une phase supraconductrice à 100%. Une part d'yttrium, deux parts de baryum, trois parts de cuivre et une quantité variable d'oxygène. Cette recette miracle fut baptisée structure 1-2-3.

Voyons maintenant sur le plan pratique quelles étaient les possibilités, car on sait, combien est parfois long le chemin qu'il faut parcourir entre la découverte des phénomènes physiques impliqués et la réalisation de dispositifs réellement utilisables pour des applications bien concrètes. L'exemple du transistor est là pour nous le rappeler.

On commença donc modestement par fabriquer des films minces à partir du nouveau matériau supraconducteur, l'épaisseur du film variant entre 0,1 et 1 micron. 1 micron = 10^{-3} mm. A la mi mars, le problème fût résolu. On choisit un procédé par vaporisation qui consiste à projeter un faisceau d'électrons sur des atomes d'yttrium, de baryum et de cuivre, ces derniers se déposant ainsi sur le substrat. Dans la seconde phase de leurs travaux, les savants du laboratoire de Yorktown Height utilisèrent des techniques de production de microplaquettes pour fabriquer des «SQUID» (Superconducting-quantum-interférence-device). Ce fût le premier composant électronique au monde élaboré à partir de ces nouveaux matériaux supraconducteurs. Les «SQUID's» sont des détecteurs extrêmement sensibles de champs électromagnétiques.

Une autre application bien réelle est celle du domaine de l'imagerie médicale par résonance magnétique nucléaire. Les instruments produisant ces images nécessitent des inductions magnétiques de l'ordre de 4 Teslas. Pour ce genre d'applications, les bobines supraconductrices surclassent les aimants permanents et les bobines de cuivre.

Construire un transistor supraconducteur

Depuis le milieu des années soixante, on rêve de construire un ordinateur à supraconducteurs. A cette époque, on réussit à prouver pour la première fois, dans un composant électronique, l'existence d'un effet prévu par le physicien Brian D. Josephson à savoir le passage d'un courant tunnel dans un isolant placé entre deux supraconducteurs. L'élément Josephson, constitué de deux couches supraconductrices séparées par une mince couche de matériel isolant, utilise ce courant tunnel. Ses avantages sont des temps de commutation de tension extrêmement courtes et une consommation d'énergie beaucoup plus faible que les composants usuels. De tels composants permettraient de diminuer le volume utilisé pour les éléments de refroidissement d'un ordinateur. Il serait dès lors possible de construire des ordinateurs plus compacts et plus rapides.

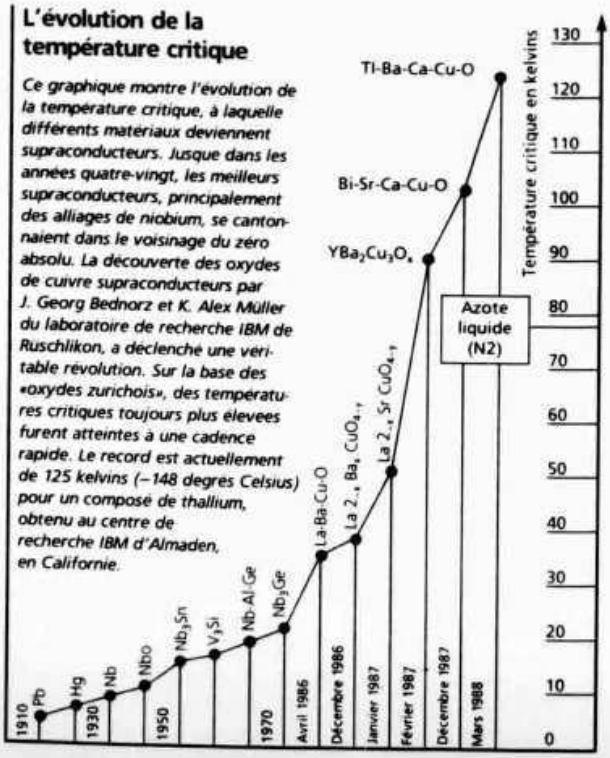
IBM a travaillé sur un ordinateur à effet Josephson jusqu'en 1983. Comme il fut impossible aux chercheurs d'obtenir une densité de cellules de mémoire suffisante, on abandonna le projet. Même avec les nouveaux matériaux, la réalisation d'un ordinateur utilisant uniquement des éléments supraconducteurs semble problématique. Un système mixte semble envisageable, le tout travaillant à la température de 77 degrés K..

Ce que l'on voudrait réaliser en premier, c'est un transistor supraconducteur déclare Alex Müller. Dans cette voie, le laboratoire de recherche IBM de Rüschlikon prend une position de pointe.

Les applications possibles de la supraconductivité à haute température dans la micro-électronique ont laissé dans l'ombre celles de la technique des courants forts, dont on parlait et espérait tant au début. Où en est-on aujourd'hui dans l'application des supraconducteurs pour la production, le stockage et le transport du courant? Il s'agit ici avant tout de produire des fils utilisables à partir de matériaux céramiques friables. Ceux-ci doivent être souples et pouvoir supporter des courants et des champs magnétiques suffisants. Aujourd'hui déjà, on sait réaliser des fils dont le courant critique atteint 100.000 ampères par centimè-

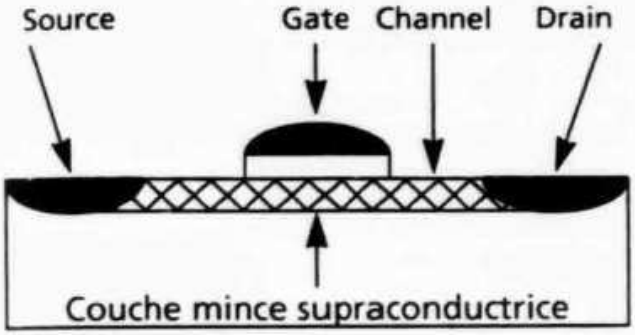
L'évolution de la température critique

Ce graphique montre l'évolution de la température critique, à laquelle différents matériaux deviennent supraconducteurs. Jusque dans les années quatre-vingt, les meilleurs supraconducteurs, principalement des alliages de niobium, se cantonnaient dans le voisinage du zéro absolu. La découverte des oxydes de cuivre supraconducteurs par J. Georg Bednorz et K. Alex Müller du laboratoire de recherche IBM de Ruschlikon, a déclenché une véritable révolution. Sur la base des «oxydes zurichois», des températures critiques toujours plus élevées furent atteintes à une cadence rapide. Le record est actuellement de 125 kelvins (–148 degres Celsius) pour un composé de thallium, obtenu au centre de recherche IBM d'Almaden, en Californie.



Transistor supraconducteur

L'idée à la base du transistor supraconducteur à effet de champ est d'exploiter l'influence qu'exerce un champ électrique sur la température critique d'un supraconducteur. En créant un champ électrique juste au-dessous de la température critique, le transistor peut être commuté de l'état supraconducteur à l'état normal. Les essais faits en laboratoire permettent d'espérer une utilisation de cette commutation, mais on est encore loin d'une application possible.



tre carré à 77 degrés K. Ces fils sont produits à l'aide d'un procédé de texture spécial. Ce procédé a pour effet d'orienter les différentes cristallites.

Conclusions

Malgré tous les obstacles encore présents, il est certain que les chercheurs ne reculeront devant aucune difficulté, et que ce domaine est vraiment porteur de progrès fulgurants.

Bibliographie: IBM Panorama no 4 revues «Electronique et L'onde électrique».

Qui est M. Müller?

Le professeur Karl Alex Müller, de Coire et de Schaffhouse, est né le 20 avril 1927 à Bâle. Il obtient le doctorat de l'EPF de Zurich en 1958 et travaille ensuite durant cinq ans à l'Institut Battelle de Genève. En 1963, il entre au Laboratoire de recherche IBM de Rüschlikon où il se consacre à la physique des solides. Une année plus tôt, il est nommé chargé de cours à l'Université de Zurich, en 1970, il devient professeur titulaire. Trois ans plus tard, il prend la direction du département de physique de Rüschlikon. En 1982, il est nommé «IBM Fellow». Depuis l'été 1985, il se consacre exclusivement à des activités de recherche dans le cadre de son groupe de «Fellow». A l'heure actuelle, son intérêt se porte sur les aspects fondamentaux de la supraconductivité à haute température.

Qui est M. Bednorz?

M. Johannes Georg Bednorz est né le 16 mai 1950 à Neuenkirchen, en Rhénanie du Nord-Westphalie (R.F.A.). Il passe son doctorat de physique à l'EPF de Zurich en 1982. Depuis, il travaille au département de physique du Laboratoire de recherche IBM de Rüschlikon. Dans le domaine de la recherche sur les matériaux, il se consacre aux oxydes, à la création de nouveaux composés, à leur caractérisation et à la croissance de leurs cristaux. Les grands axes de ses recherches concernaient au début les transitions structurelles de phase et la ferroélectricité. Depuis 1983, son intérêt se concentre sur l'étude des oxydes métalliques dans le but de créer des supraconducteurs à haute température. Depuis l'été 1987, il est chargé de cours à l'EPF et à l'Université de Zurich.