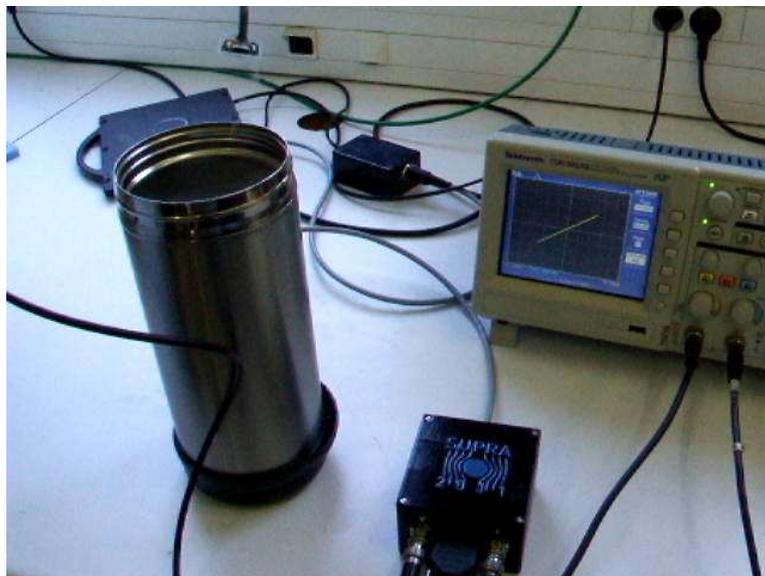


Loi d'Ohm dans un supraconducteur

Le service d'instrumentation et d'électronique du LPS a développé un petit circuit qui permet de mesurer la loi d'Ohm sur un échantillon, et de mettre ainsi en évidence la chute brutale de la résistivité dans un supraconducteur. Voici les informations nécessaires pour reproduire cette expérience.

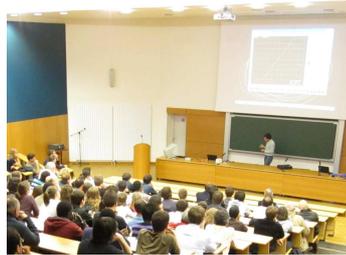


Vidéo de démonstration : <http://hebergement.u-psud.fr/bouquet/ohm/>

DESCRIPTION GENERALE

Ce boîtier génère un courant sinusoïdale à 100 Hz, d'environ 160 mA. Ce courant circule dans un échantillon, et la tension générée par le passage de ce courant est amplifiée par un gain de 100. Deux BNC permettent de suivre avec un oscillo les valeurs du courant et de la tension sur l'échantillon. En mode XY de l'oscillo, la loi d'ohm apparaît à l'écran. En trempant l'échantillon dans l'azote liquide, la pente s'annule.

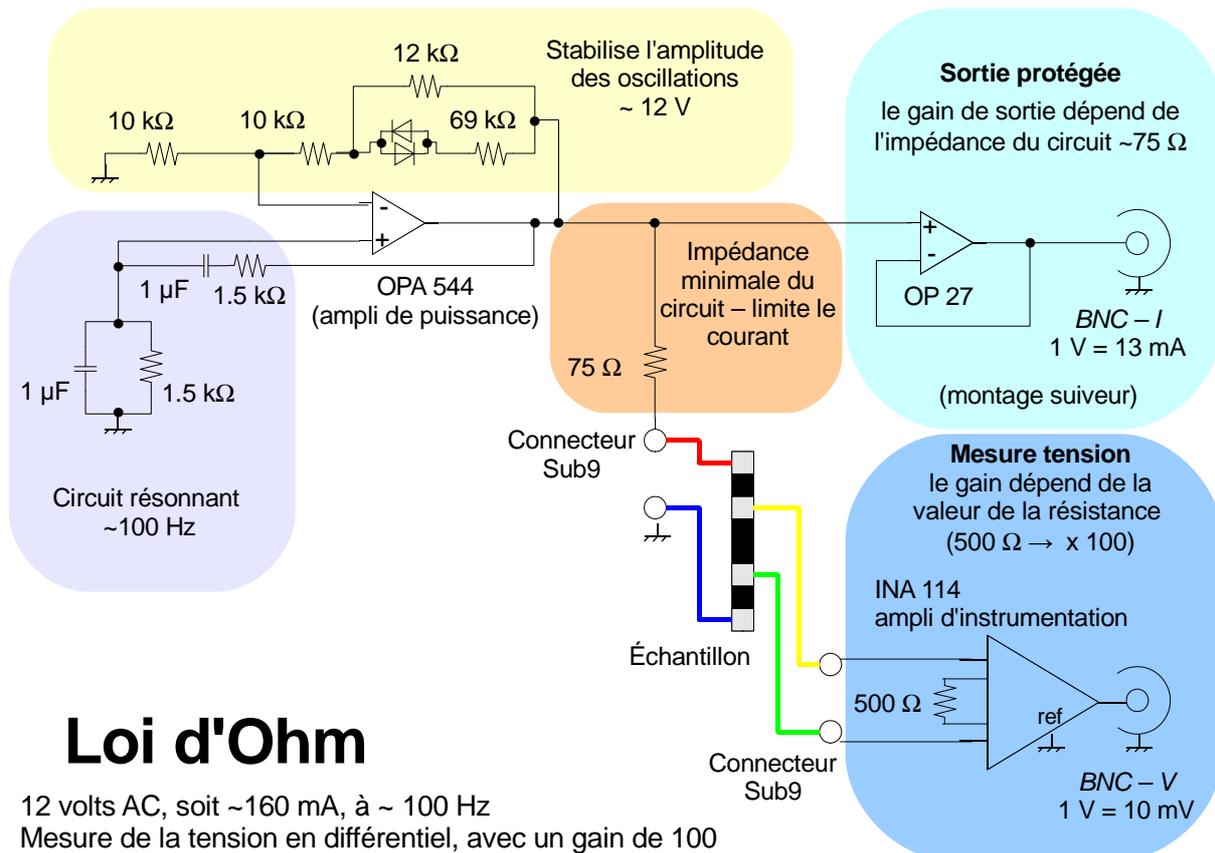
Pour les présentations devant un public nombreux, l'utilisation d'un oscilloscope numérique USB, avec affichage à l'écran d'un ordinateur, couplée à l'utilisation d'un vidéoprojecteur, assure une bonne visibilité à tous.



Oscilloscope USB "DS1M12", environ 270 €, pour utilisation avec un ordinateur (possibilité de vidéoprojection de la courbe)

DESCRIPTION TECHNIQUE

Le schéma électrique est le suivant :



Loi d'Ohm

12 volts AC, soit ~160 mA, à ~ 100 Hz
Mesure de la tension en différentiel, avec un gain de 100

Description : un ampli de puissance est utilisé pour générer une tension sinusoïdale à 100 Hz et 12 volts. L'ampli utilisé peut délivrer jusqu'à 2 ampères ; la résistance de 75 Ω mise en série permet de limiter ce courant à 160 mA. L'échantillon est mis en série ; sa résistance et celle des fils est normalement faible, et ne va pas influencer sur la valeur du courant. Un montage suiveur permet de

sortir sur une BNC la valeur de la tension d'excitation de façon protégée. Dans la mesure où l'impédance du circuit peut être considérée comme constante et valant 75Ω , ce signal sera proportionnel au courant circulant dans le circuit, 1 volt mesuré à l'oscillo correspondant à 13 mA. La tension mesurée varie de -12 à +12 volts, soit un courant variant de -160 à +160 mA. La tension générée par le passage du courant à travers l'échantillon est amplifiée par un facteur 100 par un ampli d'instrumentation, monté en différentiel, et cette tension est envoyée sur une seconde BNC. Ce signal est donc proportionnel à la tension développée dans l'échantillon, 1 volt mesuré correspondant à 10 mV réels.

L'échantillon doit être monté en mesure 4 fils, avec deux fils pour le courant, et deux fils pour la tension, de façon à ne mesurer que la résistance de l'échantillon. Ces quatre fils sont reliés à un connecteur standard au circuit électronique. Les éléments actifs du circuit sont alimentés en +15/-15V par une alime à découpage ; cette alimentation doit être éloignée du circuit pour éviter des problèmes de bruit parasite.

REFERENCES MATERIEL

Matériel électrique et consommables

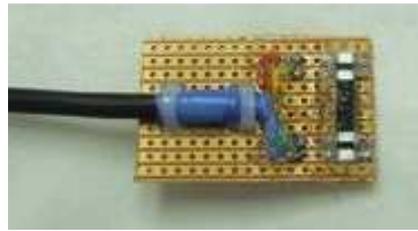
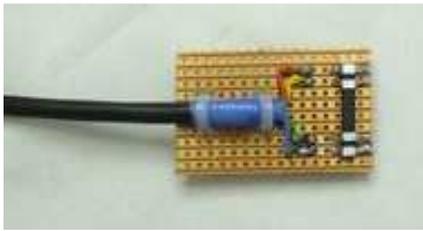
Tous les composants électroniques sont assez courants et peuvent être achetés sans trop de problèmes. Nous avons passé nos commandes chez radiospares (<http://radiospares-fr.rs-online.com>).

Échantillon



La solution la plus simple, pour mesurer un échantillon, est d'utiliser la référence CSB-2/3/20 Superconducting Bar de la société Can Superconductors (<http://shop.can-superconductors.com>). Ce barreau de dimension $2 \times 3 \times 20 \text{ mm}^3$ coûte environ 40 €, et possède quatre zones laquées qui permettent des soudures sans trop de difficultés. Le supraconducteur est un cuprate à base de bismuth, avec une transition supérieure à 100 K. Les deux contacts les plus extérieurs sont destinés aux fils de courant, les deux contacts intérieurs aux fils de tension.

Attention : la laque d'argent déposée sur le barreau ne supporte pas des efforts mécaniques trop importants. Il faut solidariser mécaniquement l'échantillon et les fils pour que le montage puisse être utilisé longtemps. La solution que nous avons adoptée est de noyer l'échantillon et les fils soudés dans de la colle adaptée à la cryogénie (stycast blanche). Une autre solution qui fonctionne est de souder l'échantillon et les fils sur une plaque à trous (voir photos). Pour protéger l'échantillon, une couche de joint silicone translucide suffit (les tubes de joints silicones du commerce conviennent, ceux pour faire l'étanchéité dans les salles de bain). Ce montage est très facile à réaliser par rapport au premier, car il ne nécessite aucun matériel difficile à trouver.

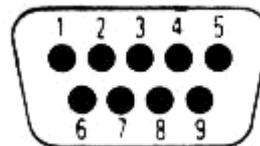


Échantillon monté sur une plaque à trous, avec bandes métallisées, sans (à gauche) et avec (à droite) la couche de joint silicone en protection. Le câble est solidarisé à la plaque par deux colliers autobloquants en plastique.

Connecteur

Le connecteur est un sub-D à 9 broches standard (male sur le câble, femelle sur le boîtier). Les connections sont les suivantes :

- 1 : $i+$
- 2 : $i-$, c'est-à-dire la masse
- 4 : $u-$
- 5 : $u+$



Plus d'infos

<http://www.manipsupra.fr>

SOUTIENS

Le développement de l'électronique à été fait par le service électronique du laboratoire de physique des solides, unité mixte CNRS / université Paris Sud 11, avec un soutien financier du conseil général de l'Essonne.

