

## D'où vient le bruit électronique en $1/f$ ? Un problème vieux de presque 100 ans, enfin résolu !

Publié le vendredi 15 mars 2013

Voir en ligne : <https://www.france-science.org/D-ou-vient-le-bruit-electronique.html>

Le phénomène est bien connu : les circuits électroniques génèrent un bruit basse fréquence en  $1/f$  qui parasite la qualité des signaux transmis [1]. Depuis sa première identification dans des tubes à vide en 1925, l'omniprésence de ce bruit a incité de nombreux chercheurs à en chercher l'origine. Cependant, ce n'est que récemment qu'une réponse claire a été obtenue, grâce à des expériences basées sur l'utilisation de graphène multi-couches de haute qualité [2]. La découverte est essentielle pour permettre la poursuite de la course à la miniaturisation des dispositifs électroniques conventionnels, et pour améliorer les applications du graphène dans les domaines des capteurs et des communications à haute-fréquence.

L'étude a été menée par une équipe de chercheurs, dirigée par Alexander A. Balandin, professeur en génie électrique et directeur du "Nano-Device Laboratory", à l'Université de Californie - Riverside. Le professeur explique qu'il existe deux questions principales concernant le bruit en  $1/f$  au sein d'un matériau. La première concerne son origine : le bruit provient-il de la surface ou du volume du matériau ? La seconde relève du mécanisme par lequel il se produit : est-il lié à des fluctuations dans la mobilité des porteurs de charges ou à des fluctuations dans le nombre de porteurs de charges ?

L'article publié par le Dr. Balandin et son équipe apporte une réponse claire à la première question grâce à une nouvelle méthode expérimentale permettant d'aborder directement le problème. Ils ont pour cela utilisé du graphène multi-couches de haute qualité dont ils ont fait varier l'épaisseur par exfoliation mécanique. Partant d'un volume constitué de 15 couches de matériau, ils ont mesuré le "bruit en  $1/f$ " après exfoliation couche par couche de l'échantillon, jusqu'à ce qu'il soit réduit à une seule couche mono-atomique.

Leurs résultats révèlent l'existence d'une loi d'échelle pour le bruit en  $1/f$  au sein des conducteurs électriques homogènes. La contribution du volume au bruit en  $1/f$  domine lorsque l'épaisseur du matériau dépasse 2,5 nm. Pour une épaisseur inférieure, le bruit en  $1/f$  est un phénomène de surface. Il est intéressant de noter que ce protocole expérimental n'est pas réalisable avec des métaux ou films semi-conducteurs, car la structure de ces derniers ne permet pas d'en varier l'épaisseur de façon continue et uniforme au-dessous de 8 nm.

La connaissance de l'épaisseur à partir de laquelle le bruit en  $1/f$  devient un phénomène de surface a des implications importantes pour la réduction de la taille des composants électroniques. Cela permet de progresser dans la compréhension du bruit en  $1/f$  aux échelles nanométriques impliquées dans la technologie conventionnelle CMOS actuellement utilisée pour l'alimentation des ordinateurs et téléphones portables. De façon générale, toute application électronique pratique nécessite un niveau de bruit le plus bas possible. Dans le cas du graphène, le bruit en  $1/f$  limite la sensibilité et la sélectivité des capteurs à base de graphène. Le travail du Dr. Balandin présente un intérêt pour l'ensemble des applications électroniques, au-delà des seules applications à base de graphène.

Beaucoup d'autres projets de l'équipe du Dr Balandin portent sur les propriétés thermiques du graphène. En 2008, ils avaient découvert l'extrême conductivité thermique du graphène, propriété utilisée aujourd'hui pour évacuer la chaleur des circuits électroniques.

Les travaux du Dr Balandin sont un exemple parmi d'autres des nombreuses opportunités que l'exploitation des nanomatériaux peut ouvrir. Les progrès dans ce domaine évoluent rapidement, ce qui nécessite un échange continu des connaissances et savoir-faire parmi les spécialistes. Les séminaires et conférences ont ainsi un rôle particulièrement important pour permettre la mise en commun des compétences. Au Texas par exemple, le "Guadalupe Workshop" a pour but de rassembler internationalement, tous les deux ans, les experts du domaine de la nucléation et des mécanismes de croissance des nanotubes de carbone à paroi

simple. Pendant une semaine, les participants se retrouvent dans un ranch, avec au programme des séances de travail alternées avec des temps libres permettant les échanges conviviaux et informels, lesquels sont souvent sources de nouveaux projets de collaboration. Le prochain "Guadalupe Workshop" aura lieu du 12 au 16 avril 2013, au Flying L Ranch de la région de Bandera. Les inscriptions sont ouvertes en ligne : <http://swcnt.nano.rice.edu/default.aspx>

[1] Le bruit en  $1/f$  est présent dans tous les composants actifs et présent dans certains composants passifs. Il est aussi appelé bruit de scintillation, bruit de scintillement, bruit de papillotement, bruit de basse fréquence, bruit en excès ou bruit de flicker. Il fait partie des bruits roses ayant une courbe de puissance en  $1/f$ .

[2] Le graphène est un matériau découvert en 2004, qui présente des propriétés remarquables de conductivité électrique et de robustesse, combinées à une extrême légèreté. De plus, il est bidimensionnel et flexible, ce qui en fait une plate-forme idéale pour les composants électroniques à base de carbone et de silicium. Sa structure atomique est constituée d'atomes de carbone arrangés en "nid d'abeille", tous contenus dans un même plan.

### Sources :

- Entretien avec le professeur Alexander A. Balandin, 8 mars 2013
- Article "Origin of  $1/f$  noise in graphene multilayers : Surface vs. Volume", G. Liu et al., Applied Physics Letter 102, march 2013 : [http://apl.aip.org/resource/1/applab/v102/i9/p093111\\_s1?isAuthorized=no](http://apl.aip.org/resource/1/applab/v102/i9/p093111_s1?isAuthorized=no)

### Pour en savoir plus, contacts :

- Site personnel d'Alexander A. Balandin : <http://www.engr.ucr.edu/faculty/ee/balandin.html>
- Page d'accueil du "Materials Science and Engineering Program" de l'Université de Californie - Riverside : <http://www.mse.ucr.edu/>
- Page d'accueil du "Nano-Device Laboratory", au sein du Département d'Ingénierie Electrique de l'Université de Californie - Riverside : <http://ndl.ee.ucr.edu/>
- Page d'accueil du "Center for Integrated Electronics", "Rensselaer Polytechnic Institute", Troy, New York : [http://www.rpi.edu/dept/cie/about\\_us.html](http://www.rpi.edu/dept/cie/about_us.html)
- Page d'accueil du "Department of Electrical, Computer and Systems Engineering", "Rensselaer Polytechnic Institute", Troy, New York : <http://www.ecse.rpi.edu/welcome.html>
- Page d'accueil du "Ioffe Physical-Technical Institute", "The Russian Academy of Sciences," St. Petersburg, Russia : <http://www.istc.ru/istc/db/inst.nsf/all/C5B649C149F8BBADC32565D7002145F5?opendocument>
- Page d'accueil du "Guadalupe Workshop", 6e édition : 12-16 avril 2013 : <http://swcnt.nano.rice.edu/default.aspx>

Code brève

ADIT : 72565

### Rédacteurs :

- Catherine Marais, Attaché scientifique adjoint, [deputy-phys.mst@consulfrance-houston.org](mailto:deputy-phys.mst@consulfrance-houston.org) ;
- Retrouvez toutes nos activités sur <http://france-science.org>.