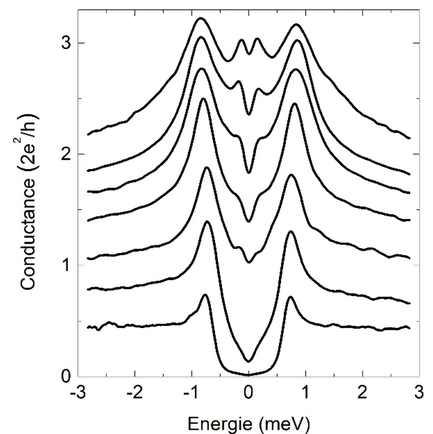


Deux énergies pour une seule transition de phase

Dans un matériau supraconducteur, sous le seuil d'une température dite critique (T_c), les électrons sont appariés deux par deux. Ces paires, appelées paires de Cooper, forment un état décrit par une même onde quantique, le condensat. C'est cet état condensé qui explique la superfluidité du transport électrique et en particulier la résistance électrique rigoureusement nulle de ces matériaux quand ils sont portés à des températures inférieures à T_c . Dans la plupart des supraconducteurs, les paires de Cooper se forment et se condensent simultanément à T_c . Mais les supraconducteurs fortement désordonnés dérogent à cette règle.

Il existe en effet une classe de matériaux où, en raison d'un désordre important (défauts d'empilement, impuretés atomiques, etc...), et par des effets de confinement (couches minces de quelques nm d'épaisseur), les électrons peinent à se mouvoir au-dessus de T_c . Ces matériaux sont alors proches d'une **transition quantique** vers un état isolant, dit d'Anderson, pour lequel les électrons restent localisés à température nulle. Paradoxalement, les paires de Cooper font basculer la matière entre deux états quantiques opposés: d'un état d'isolant d'Anderson caractérisé par une résistance électrique infinie vers un état supraconducteur de résistance nulle (voir fait marquant « [un isolant supraconducteur](#) »). Cependant, leur condensation est retardée par l'effet du désordre et une fois formées elles ne se condensent qu'à plus basse température. Cette transition supraconductrice en deux temps est logiquement pilotée par deux échelles d'énergie que des chercheurs du laboratoire Photonique Electronique et Ingénierie Quantiques de l'Irig ont mises en évidence grâce à un microscope à effet tunnel refroidi à très basse température (50 mK). Voir Figure pour en savoir plus.



Spectres de conductance tunnel obtenus à 50 mK sur un film d'oxyde d'Indium amorphe. La conductance (à -3 mV) est ajustée en faisant varier la distance entre la pointe du microscope et l'échantillon.

Les chercheurs du laboratoire Pheliqs ont enregistré des spectres pour différentes valeurs de conductance. Pour de faibles conductances (régime d'effet tunnel, courbe du bas), seuls deux pics sont visibles dans le spectre. Ils caractérisent le « pseudogap » relié à la formation des paires de Cooper (voir fait marquant « [Qui se cache derrière le pseudogap](#) »). En revanche pour des conductances supérieures au quantum de conductance ($2e^2/h$, régime de réflexion d'Andreev), une paire de pics supplémentaire émerge dans les spectres à une énergie plus basse. Elle correspond à la condensation des paires de Cooper en un état collectif superfluide.

Contact : [Claude Chapelier](#)
Pheliqs
Laboratoire Photonique Electronique et
Ingénierie Quantiques
UMR - CEA - UGA

RÉFÉRENCE

Dubouchet T, Sacépé B, Seidemann J, Shahar D, Sanquer M and Chapelier C. Collective energy gap of preformed Cooper pairs in disordered superconductors. *Nature Physics*, 2019

Une **transition de phase quantique** est une transition de phase entre différents états quantiques. Contrairement aux transitions de phase classiques, les transitions de phase quantique ne sont accessibles que par la variation d'un paramètre physique tel que le champ magnétique ou la pression à une température proche du zéro absolu.

Inflammasome et retard de croissance intra-utérin

Le retard de croissance intra-utérin (RCIU) est une des causes principales des grossesses pathologiques qui provoquent différents handicaps chez l'enfant (intellectuel, moteur, pulmonaire...). Le RCIU est aussi à l'origine d'autres maladies telles que le diabète, l'obésité, l'hypertension qui se déclareront plus tard à l'âge adulte. Dans la majorité des cas, le RCIU est lié à un mauvais fonctionnement du placenta qui n'assure pas correctement les échanges nécessaires entre la mère et l'enfant.



Depuis 2010, des dérégulations importantes dans la fonction de l'**inflammasome** ont été rapportées dans cette pathologie. En 2015, des chercheurs du laboratoire Biologie du Cancer et de l'Infection de l'institut IRIG se sont intéressés à l'étude du membre 7 de la famille de l'inflammasome, la protéine **NLRP7**. Ni le profil d'expression, ni les fonctions biologiques de NLRP7 n'étaient connues dans les grossesses normales et dans le RCIU. En collaboration avec le CHU de Grenoble, la maternité de Poissy-Saint-Germain-en-Laye et l'Hôpital Royal de la femme à Melbourne, ces chercheurs viennent de démontrer que la protéine NLRP7 est directement impliquée dans la prolifération des cellules placentaires et qu'elle est régulée par l'**hypoxie**, paramètre causal de l'insuffisance placentaire. Aussi, NLRP7 serait responsable des défauts dans l'établissement de la circulation foëto-maternelle, défauts souvent associés au RCIU. En effet, l'inactivation du gène **NLRP7** au niveau du **trophoblaste** augmente l'invasion précoce des cellules

trophoblastiques dans l'endomètre maternelle (muqueuse de l'utérus). L'analyse des sérums et des tissus placentaires des cohortes de femmes enceintes normales et de femmes ayant un RCIU a démontré une surexpression d'**NLRP7** et une augmentation de la réponse inflammatoire.

Ce travail rapporte pour la première fois un rôle direct d'une protéine de l'inflammasome dans la grossesse humaine. Des expériences supplémentaires sont nécessaires pour comprendre le rôle de NLRP7 dans le développement d'autres pathologies de la grossesse.

RÉFÉRENCE

Abi Nahed R, Reynaud D, Borg AJ, Traboulsi W, Wetzel A, Sapin V, Brouillet S, Dieudonné MN, Dakouane-Giudicelli M, Benharouga M, Murthi P and Alfaidy N. NLRP7 is increased in human idiopathic fetal growth restriction and plays a critical role in trophoblast differentiation. *Journal of Molecular Medicine* (Berlin), 2019

L'**inflammasome** est un complexe protéique oligomérique impliqué dans l'immunité innée.

NLRP7 est le membre de l'inflammasome le plus exprimé dans le placenta.

L'**hypoxie placentaire** est la diminution physiologique de l'oxygénation du placenta.

Le **trophoblaste** est l'unité fonctionnelle du placenta, responsable du transfert des nutriments.

Contact : [Nadia Alfaidy](#)
BCI
Laboratoire Biologie du Cancer et de
l'Infection
UMR 5249 CEA - CNRS - UGA

Un transfert de technologie en orbite

A l'environnement spatial sont associées des contraintes spécifiques dont la résistance mécanique liée au décollage de la fusée, l'absence de gravité et la fiabilité qui sont parmi les plus critiques. En particulier, la contrainte de fiabilité ou la nécessité de garantir des fonctionnements sans panne sur des durées typiquement de 5 ans à 10 ans conduit à concevoir des systèmes comportant des pièces mobiles sans frottement ou même idéalement aucune pièce en mouvement. Le Département des Systèmes Basses Températures (DSBT) développe des cryoréfrigérateurs de type **tube à gaz pulsé** qui se caractérisent par l'absence de pièces mobiles à froid et dont l'ESA a financé un certain nombre de développements au DSBT.

Le DSBT développe des cryoréfrigérateurs de type tube à gaz pulsé depuis de nombreuses années. Très proche des machines Stirling, la technologie développée au DSBT se caractérise par l'absence de pièce mobile dans la **partie froide**. Ceci rend cette machine plus fiable et limite le niveau des perturbations mécaniques exportées (microvibrations) vers les parties sensibles des instruments qui les accueillent.

Entre 2004 et 2006, un tube à gaz pulsé de forte puissance (*Large Pulse Tube Cooler*, LPTC) a été développé conjointement avec Air Liquide et Thales Cryogenics pour le compte de l'ESA avec comme objectif le refroidissement de détecteurs infrarouge pour les missions d'observation de la terre. Sa capacité à produire de l'ordre de 2 watts de puissance de refroidissement vers 50 K permet de refroidir des matrices de détecteurs infrarouge avec un très bon rapport signal sur bruit. Le premier modèle d'ingénierie, réalisé par le DSBT pour la partie cryogénique, a été transféré à Air Liquide qui a

assuré la qualification en vue d'applications spatiales. De nombreux développements technologiques ont été nécessaires avant que le premier modèle soit mis en orbite sur un satellite d'observation de la terre. Douze autres modèles le rejoindront sur les satellites météorologiques européens de 3^{ème} génération (*Meteosat Third Generation* MTG). Ces satellites permettront de donner des images infrarouges de la terre et de sonder l'atmosphère afin d'en extraire des informations sur la vapeur d'eau et la température en vue d'améliorer les prédictions météorologiques.

D'autres développements sur la technologie des tubes à gaz pulsés ont permis d'abaisser leur température de fonctionnement jusqu'à 10 K environ. Ces machines sont une des briques incontournables des architectures thermiques des futures grandes missions d'astrophysique utilisant des détecteurs à très basses températures.

Les **tubes à gaz pulsé** sont des machines cryogéniques utilisées pour produire des températures allant jusqu'à 4 K (pour les applications sol). Ils sont constitués d'un compresseur situé à température ambiante et d'une **partie froide** (appelé doigt froid) où a lieu la détente qui produit l'effet frigorifique. L'avantage des tubes à gaz pulsé par rapport aux autres machines cryogéniques traditionnelles est l'absence de pièce mobile à froid ce qui a pour conséquence un faible niveau de vibrations induites ainsi qu'une fiabilité et une durée de vie élevées. Les tubes à gaz pulsé sont donc destinés principalement aux applications où la fiabilité et les vibrations sont critiques, comme le spatial ou le refroidissement de détecteurs sensibles.



Tube à gaz pulsé fabriqué par Air Liquide sous licence CEA pour refroidir les détecteurs infrarouge de MTG.

Contact : [Ivan Charles](#)
DSBT

Département des Systèmes Basses
Températures
UMR CEA - UGA

Protéine Prion et barrière pulmonaire

En 2016, 3 133 000 personnes ont été prises en charge pour maladies respiratoires chroniques (MRC), hors mucoviscidose. Les MRC sont caractérisées par l'augmentation de la perméabilité de la lumière bronchique aux antigènes et aux molécules pro-inflammatoires. Comprendre les causes physiopathologiques de la dérégulation de cette perméabilité devrait conduire au développement de nouvelles approches thérapeutiques.

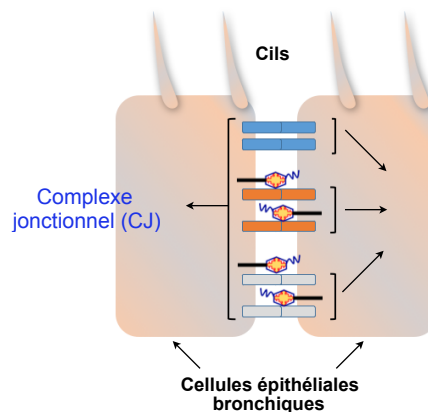
Les cellules de l'épithélium bronchique jouent un rôle central dans le maintien d'une barrière physique étanche et sélective grâce, entre autre, à la mise en place de structures, appelées "complexes jonctionnels" (CJ ; voir figure), localisées entre les cellules. Cette barrière protège les voies aériennes contre les polluants, les allergènes, les particules fines et les micro-organismes. Dans les pneumopathies infectieuses et inflammatoires comme la mucoviscidose, on observe une perméabilité excessive de cet épithélium pulmonaire. Les mécanismes moléculaires à l'origine de cette augmentation de perméabilité sont mal connus et méritent donc d'être étudiés.

Au cours de leur étude des mécanismes participants au maintien du CJ, les chercheurs du laboratoire de Chimie et Biologie des Métaux de l'Irig ont identifié la protéine prion cellulaire normale (*Pr^{PC}*) comme étant essentielle. Ils ont démontré que, en plus de son interaction avec les protéines du CJ, la protéine *Pr^{PC}* participe au maintien de la barrière épithéliale en les protégeant de la dégradation induite par l'inflammation et le stress oxydatif d'origine cuprique.

Ces résultats apportent de nouvelles connaissances sur l'implication directe de *Pr^{PC}* dans la perte du rôle de défense de la barrière pulmonaire observée dans les pneumopathies infectieuses et inflammatoires.

RÉFÉRENCE

Kouadri A, El Khatib M, Cormenier J, Chauvet S, Zeinyeh W, El Khoury M, Macari L, Richaud P, Coraux C, Michaud-Soret I, Alfaidy N and Benharouga M. Involvement of the Prion Protein in the protection of the human bronchial epithelial barrier against oxidative stress. *Antioxidants & Redox Signaling*, 2019



Pr^{PC} est la forme cellulaire de la protéine prion qui sous sa forme infectieuse joue un rôle clé dans la transmission et la pathogénie des encéphalopathies spongiformes transmissibles et constitue un facteur critique dans la dégénérescence neuronale.

Contact : [Mohamed Benharouga](#)
CBM

Laboratoire Chimie et Biologie des
Métaux
UMR 5075 - CEA - CNRS - UGA

Les laboratoires

**Biologie du Cancer
et de l'Infection**
UMR_S 1036
CEA/Inserm/UGA
www.BCI-lab.fr

**Biologie à Grande
Échelle**
UMR_S 1038
CEA/Inserm/UGA
www.BGE-lab.fr

**Chimie et Biologie
des Métaux**
UMR 5249
CEA/CNRS/UGA
www.CBM-lab.fr

**Institut de Biologie
Structurale**
UMR 5075
CEA/CNRS/UGA
www.IBS.fr

**Modélisation et
Exploration des Matériaux**
UMR CEA/UGA
www.MEM-lab.fr

**Photonique Electronique
et Ingénierie Quantiques**
UMR CEA/UGA
www.Pheligs.fr

**Physiologie Cellulaire
& Végétale**
UMR 5168
CEA/CNRS/UGA/Inra
www.LPCV.fr

**Département des Systèmes
Basses Températures**
UMR CEA/UGA
www.d-SBT.fr

**Spintronique et Technologie
des Composants**
UMR 8191
CEA/CNRS/UGA/G-INP
www.Spintec.fr

**Systèmes Moléculaires et
nanoMatériaux pour
l'Énergie et la Santé**
UMR CEA/CNRS/UGA
www.Symmes.fr

Directeur
de la publication
Jérôme Garin

Éditeur et format électronique
Pascal Martinez
Pascal.Martinez@cea.fr

Comité de rédaction
**Nadia Alfaidy, Mohamed
Benharouga, Claude
Chapelier, Ivan Charles**

irig.cea.fr

Institut de recherche interdisciplinaire de Grenoble
CEA-Grenoble
17 avenue des Martyrs | 38054 Grenoble cedex 9

www.cea.fr/drf/irig/actu/lettres
Responsables : Jérôme Garin et
Pascale Bayle-Guillemaud