

## Bientôt des électrodes «bio»?

Par Jean-François Cliche, Le Soleil

26 décembre 2024 à 04h15



Le chercheur en chimie de l'Université Laval Mario Leclerc. (Jocelyn Riendeau/Le Soleil)

**PERCÉES SCIENTIFIQUES 2024 / «C'est 35 ans de vie, ces résultats-là. L'électronique organique, je suis tombé dedans quand j'étais jeune, j'étais presque tout seul.»**

Ça fait longtemps que Mario Leclerc, professeur de chimie à l'Université Laval, n'est plus tout à fait «seul» – après tout, il est l'un des chercheurs [les plus cités](#) au Canada depuis [les années 2010](#). Et il le sera probablement encore moins après les [résultats qu'il a publiés en août dernier](#) dans les *Macro Letters* de l'Association américaine de chimie, qui laissent entrevoir un avenir plus ou moins rapproché où des circuits électroniques «organiques», dont les avantages seraient multiples, remplaceraient une bonne partie des circuits actuels, à base de métal.

«Avec ces résultats-là qu'on vient de publier, on obtient des performances qui commencent à accoter sérieusement celles de l'oxyde-d'indium-étain sur le plastique», se réjouit M. Leclerc.

## Tous les écrans

Cet «oxyde d'indium-étain» est un mélange est présent dans pratiquement tous les écrans à cristaux liquides et à DEL de la planète parce qu'il a cette particularité, très rare, d'être à la fois transparent et bon conducteur électrique.

«Pour conduire de l'électricité, les métaux comme le cuivre sont idéaux, mais ils ne sont pas transparents. Et les matériaux qui sont transparents, d'habitude, ne conduisent pas bien l'électricité. Alors quand on a découvert l'oxyde d'indium-étain, c'était comme miraculeux», relate M. Leclerc.

Autour de 90 % des électrodes transparentes dans le monde sont faites de cet alliage. Le problème, c'est que l'indium est un des minéraux les plus rares du monde: il est relativement abondant dans la croûte terrestre mais ne forme presque jamais de «filons» où il est assez concentré pour qu'il soit rentable de l'extraire. Et comme environ la moitié des réserves connues d'indium de la planète sont en Chine, «ça crée des vulnérabilités», dit M. Leclerc.

(L'agence de presse Bloomberg [rapportait d'ailleurs au début du mois](#) que la Chine pourrait se servir de ses réserves de minéraux critiques, dont l'indium, pour répliquer aux tarifs douaniers que Donald Trump menace d'imposer aux produits chinois.)



Mario Leclerc (Jocelyn Riendeau/Le Soleil)

D'où l'intérêt de trouver des alternatives. Dans leur étude de cette année, M. Leclerc et son équipe ont testé sept polymères (des molécules assemblées comme des «chaînes») différents, tous à base de carbone. Et deux d'entre eux ont montré des conductivités électriques de 800 à 1000 «siemens par centimètre» (une unité de conductivité).

C'est nettement moins que des métaux classiques – «l'argent est autour de 1 million», illustre M. Leclerc –, et les oxydes d'indium-étain que l'on applique sur des écrans de verre sont eux aussi plus performants parce que le verre peut soutenir des

températures élevées, ce qui permet d'utiliser des procédés de fabrication qui donnent de meilleures conductivités.

Mais beaucoup d'industries ont besoin d'imprimer des électrodes transparentes sur des plastiques, qui fondraient si on les chauffait autant que le verre. Les autres procédés qui sont utilisés pour ces usages ne donnent pas la même conductivité.

Or les valeurs de 800 à 1000 S/cm obtenues par M. Leclerc sont tout à fait compétitives avec les performances des oxydes d'indium-étain sur plastique – ce qui, mine de rien, représente environ la moitié du marché des électrodes transparentes.

Un des polymères testés dans l'étude respecte même les exigences de l'industrie pour les écrans tactiles, les écrans à cristaux liquide et les diodes électroluminescentes organique, «ce qui ouvre la possibilité de fabriquer des appareils sans oxydes d'indium-étain», conclut l'article.

En outre, un des problèmes classiques des conducteurs en polymères a toujours été leur instabilité, mais ceux de M. Leclerc n'ont pas cet inconvénient.

---

**«Pendant la pandémie, on avait oublié des échantillons dans une armoire pendant 450 jours. Mais on avait seulement perdu quelque chose comme 5 % de la performance.»**

– Mario Leclerc, professeur de chimie à l'Université Laval

---

Ces polymères sont également solubles dans l'eau, ce qui permettrait d'imprimer des circuits électroniques transparents de manière écologique.

## **Grand potentiel économique**

«On n'est vraiment pas encore rendu là [à entrer en production]», avertit M.

Leclerc, qui admet qu'en termes de coût, ses électrodes transparentes organiques ne peuvent pour le moment pas rivaliser avec ce que les énormes usines d'Asie sont capables de faire.

Mais il est loin d'être impossible que cela devienne moins cher, insiste-t-il, parce que le procédé de fabrication est très simple.

«La beauté de la chose, c'est que pour doper notre polymère [doper: ajouter une substance, habituellement un métal, pour améliorer la conductivité d'un matériau], ça prend juste de l'oxygène. Il faut un simple contact avec l'air [... et] ça se fait à la température de la pièce», indique M. Leclerc.

Cela pourrait éventuellement donner une grande souplesse pour la production, laquelle pourrait se faire n'importe où sur la planète et dans des usines qui coûteraient quelques millions de dollars à construire, et non des milliards comme c'est le cas présentement.

---

*L'année 2024 a été riche en découvertes pour la communauté scientifique de la capitale. Chacun dans son domaine, des chercheurs de la région ont écrit de nouveaux chapitres de l'histoire scientifique. Le Soleil vous présente, à raison d'une par jour, les percées les plus marquantes de l'année.*