

LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES DE GRÄTZEL À COLORANT

Les cellules solaires sensibilisées par colorants associent physique et chimie autour d'un sujet majeur d'actualité : la production énergétique. En plus de leur rendement théoriquement très élevé, ces cellules allient simplicité d'interprétation visuelle et complexité scientifique, ce qui a piqué ma curiosité et m'a fait choisir ce sujet.

Les cellules photovoltaïques à colorant, dites "Grätzel", sont constituées de pigments organiques photosensibles. Plus faciles à intégrer aux architectures urbaines comme sur les murs ou les vitres et plus écologiques à la fabrication que les cellules photovoltaïques classiques, elles pourraient représenter les futurs dispositifs de production d'électricité dans nos villes.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- LACORDAIRE Rosa

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), CHIMIE (Chimie Théorique - Générale), CHIMIE (Chimie Inorganique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français) **Mots-Clés** (en anglais)

Cellule photovoltaïque à colorant *Dye-sensitized solar cell*

Energie renouvelable *Sustainable energy*

Caractéristique courant-tension *Current-voltage characteristic*

Eclairement *Illuminance*

Panneau solaire *Solar panel*

Bibliographie commentée

Depuis le début de l'ère industrielle, la demande énergétique mondiale n'a cessé de croître : les projections à 2050 prévoient un doublement de la production d'électricité. Notre consommation d'énergie repose aujourd'hui sur l'exploitation de ressources fossiles non renouvelables (à 79% [1]). Les problèmes environnementaux engendrés par leurs exploitations motivent la recherche de sources d'énergies renouvelables et non polluantes, devenue un des enjeux technologiques majeurs du XXIème siècle [2]. Le Soleil est une source d'énergie infinie à l'échelle humaine : la puissance de rayonnement solaire reçue par la Terre représente environ 10 000 fois la puissance électrique consommée dans le monde [3], la production d'électricité photovoltaïque semble être une solution pour l'avenir. Dominant actuellement le marché (90%), les cellules photovoltaïques à base de

silicium monocristallin ou polycristallin offrent des rendements de conversion énergie lumineuse/énergie électrique de l'ordre de 20 à 30% [4]. Toutefois, de nombreux progrès restent à réaliser tel que le coût de production des modules. En effet, les cellules solaires "classiques" à base de silicium restent chères et exigent des méthodes de fabrication fortement consommatrices d'énergie [5]. Les cellules solaires sensibilisées à colorant DSSC, basées sur l'utilisation de matériaux organiques et d'un semi-conducteur constituent une technologie prometteuse et peu chère pour le développement du photovoltaïque.

Les cellules photovoltaïques à pigment photosensible (DSSC) ou encore cellules « Grätzel », ont été inventées dans les années 1990 par Brian O'Regan et Michael Grätzel. Elles convertissent la lumière en électricité au moyen de pigments photosensibilisateurs adsorbés sur un réseau de nanocristaux d'oxyde métallique semi-conducteur (TiO_2 , ZnO ou encore SnO_2). Ces colorants absorbent la lumière et injectent des électrons dans un réseau de nanocristaux d'oxyde, lesquels sont ensuite collectés sous forme de courant électrique. Les électrons quittent le nanocristal (photoanode), traversent le circuit externe jusqu'à la contre-électrode, au niveau de laquelle ils sont recueillis par un électrolyte à activité redox (triiodure I_3^-/I^-) qui les restitue au colorant [6]. Les colorants les plus utilisés sont formés d'un complexe poly pyridyle de ruthénium possédant un large et intense spectre d'absorption dans le visible. Cependant, leur synthèse reste compliquée, coûteuse et peu écologique du fait de l'utilisation de métaux lourds. Les colorants organiques issus des végétaux (anthocyanine, caroténoïde, chlorophylle...) pourraient donc être de bon candidats [7 et 8].

Les DSSC sont transparentes et peuvent être fabriquées dans de multiples couleurs, elles s'intègrent donc très bien dans diverses réalisations architecturales comme des puits de lumière, des serres et des façades en verre. La clé pour améliorer l'efficacité des DSSC réside dans la compréhension et le contrôle de l'assemblage des molécules pigmentaires sur la surface des films de nanoparticules de dioxyde de titane favorisant la génération de la charge électrique [6]. Cette technologie reste freinée dans son développement à grande échelle. Le problème principal concerne le rendement de conversion énergétique encore trop faible : une cellule de Grätzel permet à ce jour de convertir l'énergie solaire en électricité avec un rendement de 8% à 12 %. À cela s'ajoute une autre difficulté : l'instabilité de la cellule en raison de l'évaporation de l'électrolyte liquide [4].

Différentes voies d'amélioration sont envisagées, particulièrement concernant le chromophore (colorant). L'objectif est d'une part de maximiser l'intervalle du spectre solaire absorbé et d'autre part d'optimiser l'adsorption du colorant sur l'oxyde. Une piste serait la co-sensibilisation, une technique de fabrication chimique qui produit des DSSC avec plusieurs pigments différents [6]. Enfin, lors de l'injection de l'électron du colorant au semi-conducteur, des différences d'affinité suivant leur nature peuvent augmenter ou réduire la vitesse de régénération de l'électron ainsi que son efficacité énergétique. Il est donc nécessaire d'obtenir le bon couple colorant/semi-conducteur [9].

Problématique retenue

Comment optimiser et caractériser l'efficacité d'une cellule photovoltaïque à colorant ?

Objectifs du TIPE

- Réaliser trois DSSC à base de ZnO utilisant comme pigments : l'anthocyanine (framboise), la chlorophylle A (spiruline), le caroténoïde (tomate), comprendre leur fonctionnement et les étudier.
- Expliquer les différences de rendements des cellules *via* l'étude des colorants et de la surface semi-conductrice
- Établir une comparaison avec une cellule photovoltaïque au silicium.
- Mesurer la longévité des cellules en les exposant à l'environnement

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] CONSEIL MONDIAL DE L'ÉNERGIE ET CONSEIL FRANÇAIS DE L'ÉNERGIE : Les scénarios mondiaux de l'énergie à l'horizon 2050 : <https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Les-scénarios-mondiaux-de-lenergie-a-lhorizon-2050.pdf>
- [2] T. LE BAHERS : Optimisation des cellules solaires à colorants à base de ZnO par une approche combinée théorie/expérience : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00661405/document>
- [3] MME : HOURI NADIA : Mise en œuvre d'une cellule solaire de type Grätzel à partir de l'optimisation des couches minces:TiO₂, SnO₂, ZnO et du colorant : http://univ-usto.dz/theses_en_ligne/doc_num.php?explnum_id=1353
- [4] DJEDDOUR YAKOUB & BAKOUCHE FOUAD : Réalisation et caractérisation d'une cellule Grätzel : [https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/2372/1/Mémoire%20de%20Master%20µElec%20\(Cellule%20Grätzel\).pdf](https://di.univ-blida.dz/jspui/bitstream/123456789/2372/1/Mémoire%20de%20Master%20µElec%20(Cellule%20Grätzel).pdf)
- [5] SAMUEL DE SOUSA : Ingénierie, synthèse et étude de chromophores organiques et organométalliques pour cellules solaires à colorant : <https://theses.hal.science/tel-00952228/document>
- [6] NIK PAPAGEORGIOU : Des cellules photovoltaïques «Grätzel» réalisent un nouveau record : <https://actu.epfl.ch/news/des-cellules-photovoltaïques-gratzel-realisent-un-/>
- [7] AGNES MBONYIRIVUZE : Natural Dye Sensitizer for Grätzel Cells: Sepia Melanin : <http://pubs.sciencemag.com/pmc/3/1/1/index.html>
- [8] HIROMASA NISHIKIORI : Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs) Based on Extracted Natural Dyes : <https://www.hindawi.com/journals/jnm/2019/1867271/>
- [9] UNIVERSITÉ MALAYSIA PAHANG, : Cellule solaire sensibilisée au colorant : <https://www.youtube.com/watch?v=XqNnRDy1R70>

DOT

- [1] *Septembre-Octobre : recherche bibliographique.*
- [2] *Novembre : Commande du matériel nécessaire à la fabrication, et Spectre d'absorbance des colorants.*
- [3] *Décembre : Fabrication et étude de la cellule d'anthocyane. Tracé des caractéristiques courant-tension et puissance-tension. Suivi de la puissance maximale au cours du temps.*
- [4] *Janvier : Fabrication et étude de la cellule de Chlorophylle. Tracé des caractéristiques courant-tension et puissance-tension. Suivi de la puissance maximale au cours du temps.*
- [5] *Février : Fabrication et étude de la cellule de lycopène. Tracé des caractéristiques courant-tension et puissance-tension. Suivi de la puissance maximale au cours du temps.*
- [6] *Mars : Etude de l'injection des électrons : tracé des caractéristiques courant-tension et puissance-tension.*
- [7] *Mai : Analyses et comparaison des résultats. Production du support de présentation.*