

Ecole doctorale : EDSMRE  
Laboratoire : UCCS  
Discipline : Molécules et  
Matière condensée

**NOM/PRENOM DU CANDIDAT : DUCHATELET Aurélien**

**N° d'ordre : 41023**

**JURY :**

**Directeur de Thèse : Daniel LINCOT, Directeur de Recherche**

**Co-directrice de Thèse : Rose Noëlle VANNIER, Professeur à l'ENSCL**

**Rapporteurs : Marie-Paule BESLAND, Chargé de recherche  
Arnaud ETCHEBERRY, Directeur de Recherche CNRS**

**Membres : Elisabeth CHASSAING, Directeur de recherche CNRS  
Pierre-Philippe GRAND, Ingénieur chez Nexcis  
Grégory SAVIDAND, Ingénieur chez EDF**

**TITRE DE LA THESE :**

Synthèse de couches minces de  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$  pour cellules solaires par électrodépôt d'oxydes mixtes de cuivre-indium-gallium.

**RESUME :**

Les cellules solaires en couches minces à base de  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$  peuvent atteindre des rendements de conversion supérieurs à 20 % par un procédé de dépôt sous vide. Afin de diminuer les coûts de production, d'autres méthodes de dépôts sont envisagées. L'une d'elle, déjà développée à l'échelle industrielle, consiste à électrodéposer Cu, In et Ga successivement sur un substrat de molybdène, puis à sélénier la couche par traitement thermique réactif. L'alternative étudiée dans ce travail consiste à tirer partie de l'affinité de l'indium et du gallium pour l'oxygène en électrodéposant les trois éléments simultanément sous forme d'oxydes, puis à les réduire par recuit. Le mécanisme de dépôt est étudié par voltampérométrie et chronoampérométrie. Celui-ci est basé sur une augmentation locale du pH par réduction d'ions nitrates, permettant la précipitation des oxydes/hydroxydes de Cu, In et Ga. Les conditions d'électrodépôt sont optimisées et les dépôts sont caractérisés. La réduction des dépôts d'oxydes par recuit est ensuite étudiée sous atmosphère d'hydrogène dilué dans un gaz inerte. La cinétique de réduction de l'oxyde de Ga est très lente et les conditions de recuit mises au point conduisent à la formation de la phase  $\text{GaMo}_3$ , en plus des phases Cu-In-Ga attendues. La sélénisation à 550°C conduit à la formation de  $\text{CuInSe}_2$  et à la ségrégation de Ga vers la face arrière de la cellule. Les premiers résultats de cellules obtenues par ce procédé ont donné un rendement de conversion maximal de 9,4 %. Un procédé de sélénisation en plusieurs étapes est développé et permet une meilleure homogénéisation du Ga dans la couche.

**Soutenance le 19/12/2012 à 14 Heures**

**Lieu : Amphithéâtre Friedel de Chimie Paristech (11 rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris)**