



université PARIS-SACLAY

# «DÉVELOPPEMENT DE POLYMÈRES HYDROPHOBES RÉSISTANTS À HAUTE TEMPÉRATURE POUR L'ENCAPSULATION DE MODULE DE PUISSANCE» PAR ARNAUD SOISSON

**Présentée par : Arnaud Soisson Discipline : physique Laboratoire : LISV**

mardi 29 mars 2016 à 13h30  
L'Université de Cergy-Pontoise  
Amphithéâtre 009  
5, mail Gay Lussac  
95031 Cergy-Pontoise

## Résumé :

L'objectif de cette thèse était de concevoir de nouveaux matériaux polymères hydrophobes pour la protection de composants semi-conducteurs, résistants à haute température, aux forts champs électriques et aux atmosphères agressives. Dans ce contexte, les polyimides d'addition sont apparus comme la famille de polymères la mieux adaptée pour l'application envisagée. La synthèse de l'encapsulant étant réalisée directement dans les boîtiers des modules, elle ne peut donc pas contenir de solvant

organique exogène. Ainsi, nous avons développé de nouvelles voies de synthèse sans solvant de poly(aminobismaléimide)s et de poly(bismaléimide)s.

Dans un premier temps, différentes diamines aliphatiques ont été utilisées comme solvant réactif lors de la synthèse de poly(aminobismaléimide)s à une température bien inférieure à la température de fusion du bismaléimide utilisé ( $T_f > 300\text{ °C}$ ). Une première série de 3 nouveaux poly(aminobismaléimide)s réticulés de 70 à 95 % a ainsi été réalisée. A partir de ces premières synthèses, 10 nouveaux poly(aminobismaléimide)s ont été élaborés. Pour 9 d'entre eux, des diamines aromatiques ont été utilisées et, pour le dernier, une diamine siloxane. Ces résultats démontrent la possibilité de généraliser ce procédé de synthèse.

Dans un second temps, des poly(bismaléimide)s ont été synthétisés, toujours sans solvant. Pour cela, les synthèses de quatre nouveaux bismaléimides liquides à température ambiante ont été mises au point. Ces composés ont une structure aliphatique ou siloxane dans laquelle un motif pyroméllitique a été, ou pas, introduit. Leur polymérisation amorcée avec l'amorceur radicalaire ad hoc, conduit à la formation des matériaux sans l'usage de solvant.

Selon le choix des réactifs, des matériaux thermodurcissables ou élastomères sont obtenus. Ces derniers semblent mieux adaptés à l'application souhaitée car, d'une part, la faible viscosité des mélanges réactionnels permet leur application sans difficulté dans un module de puissance et, d'autre part, leur caractère hydrophobe est plus marqué. L'un d'eux présente une stabilité thermique à  $250\text{ °C}$  particulièrement intéressante et une température de relaxation mécanique quasi hors gamme de température de fonctionnement. Ce matériau peut donc vraisemblablement être utilisé comme encapsulant.

### **Abstract :**

The aim of this work is to develop new hydrophobic polymeric materials for the protection of semi-conductor components. These materials must withstand high temperature, strong electric fields and aggressive atmospheres such as moisture. In this context, addition polyimides emerged as the most suitable polymers for the intended application. The synthesis of the encapsulant being made directly in the power modules, it must be solvent free. Thus, we have developed new solvent free synthesis routes of poly(aminobismaleimide)s and poly(bismaleimide)s.

First of all, different aliphatic diamines were used as a reactive solvent in the synthesis of poly(aminobismaleimide)s to a temperature well below the melting point of the used bismaleimide ( $mp > 300\text{ °C}$ ). A first series of 3 new poly(aminobismaleimide)s, crosslinked from 70 to 95 %, has thus been made. From these first syntheses, 10 new poly(aminobismaleimide)s have been developed. For 9 of them, aromatic diamines were

used and, for the latter, a siloxane diamine. These results demonstrate that this process can be generalized.

Secondly, poly(bismaleimide)s were synthesized, still without any solvent. In order to do so, the syntheses of four new bismaleimides, liquid at room temperature, have been developed. These compounds have an aliphatic or siloxane structure in which a pyromellitic pattern has been or not introduced. Their polymerization initiated with the suitable radical initiator leads to the formation of materials without the use of any solvent. Depending on the choice of reagents, thermosetting materials or elastomers are obtained. These latter seem more suitable for the desired application because, on one hand, the low viscosity of the reaction mixtures enables their application in a power module without any difficulty and, on the other hand, their hydrophobic behaviour is stronger. One of them has a particularly attractive thermal stability at 250 ° C and a mechanical relaxation temperature almost out of the working temperature range. Therefore, this material may be used as encapsulant.

## INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

**Marc ABADIE**, Professeur des Universités, à l'Université de Montpellier/Laboratoire Agrégats, Interfaces et Matériaux pour l'Energie (AIME) - UMR 5253 - Montpellier - Rapporteur

**Fabrice BUREL**, Professeur des Universités, à l'INSA de Rouen/Laboratoire Polymères Biopolymères Surfaces (PBS) - UMR CNRS 6270 - Saint-Etienne-du-Rouvray - Rapporteur

**Victor ETGENS**, Professeur des Universités, à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Laboratoire d'Ingénierie et des Systèmes de Versailles (LISV) - Vélizy - Directeur de thèse

**Odile FICHET**, Professeur des Universités, à l'Université de Cergy-Pontoise/Laboratoire de Physicochimie des Polymères et des Interfaces (LPPI) - EA 2528 - Cergy-Pontoise - Co-Directeur de thèse

**Chantal LARPENT**, Professeur des Universités, à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines/Institut Lavoisier de Versailles (ILV) - Versailles - Examineur

**Thierry LEBEY**, Directeur de Recherche CNRS, à l'Université Paul Sabatier /Laboratoire PLAsma et Conversion d'Energie (LAPLACE) - UMR 5213 - Toulouse - Examineur

**Régis MERCIER**, Chargé de Recherche, à l'Université Claude Bernard Lyon 1 /Laboratoire Ingénierie des Matériaux Polymères (IMP) - UMR CNRS 5223 - Villeurbanne - Examineur

**Jean-Michel MORELLE**, Ingénieur, à Valéo - Créteil - Invité

