



**HAL**  
open science

## Électronique Structurale Surmoulée sur acide PolyLActique (PLA)

Caroline Goument, Tony Gerges, Philippe Lombard, Valernst Gilmus, Hayet Lakhdar, Murat Arli, Simon A. Lambert, Bruno Allard, J-y Charneau, Michel Cabrera

► **To cite this version:**

Caroline Goument, Tony Gerges, Philippe Lombard, Valernst Gilmus, Hayet Lakhdar, et al.. Électronique Structurale Surmoulée sur acide PolyLActique (PLA). 9ème édition du Colloque LN2, Jul 2022, Annecy, France. hal-04069768

**HAL Id: hal-04069768**

**<https://hal.science/hal-04069768>**

Submitted on 14 Apr 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caroline Goument<sup>1\*</sup>, Tony Gerges<sup>1</sup>, Philippe Lombard<sup>1</sup>, Valernst Gilmus<sup>1</sup>, Hayet Lakhdar<sup>2</sup>, Murat Arli<sup>2</sup>, Simon Auguste Lambert<sup>1</sup>, Bruno Allard<sup>1</sup>, Jean-Yves Charneau<sup>2</sup>, Michel Cabrera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ Lyon, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Ecole Centrale de Lyon, CNRS, Ampère, UMR 5005, 69621 Villeurbanne, France

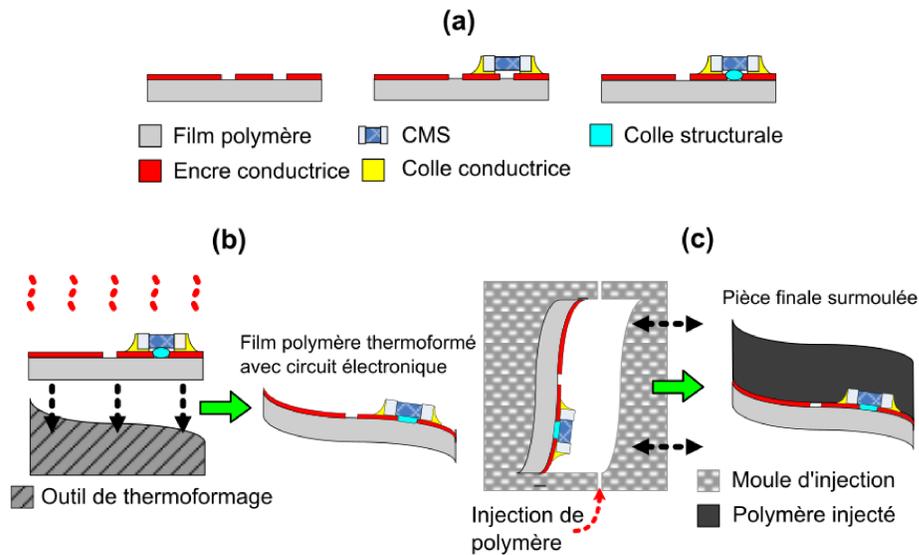
<sup>2</sup>Univ Lyon, INSA Lyon, IMP, UMR 5223, 01100 Bellignat, France

\*Contact : [caroline.goument@insa-lyon.fr](mailto:caroline.goument@insa-lyon.fr)

## Principe de l'électronique structurale surmoulée

- Technologie plastronique 3D associant le domaine de la plasturgie à celui de l'électronique.
- En anglais, In Mold Electronics (IME).

### Caractérisation des substrats polymères



- Procédé en trois étapes principales :
  - (a) sérigraphie (dépôt d'encre sur un film polymère) + collage des CMS
  - (b) thermoformage (mise en forme du substrat de la 2D à la 3D par chauffe)
  - (c) surmoulage par injection.

- Polymère choisi : acide polylactique (PLA 300 µm)
- Biosourcé et biodégradable pour fabrication de dispositifs IME plus durables

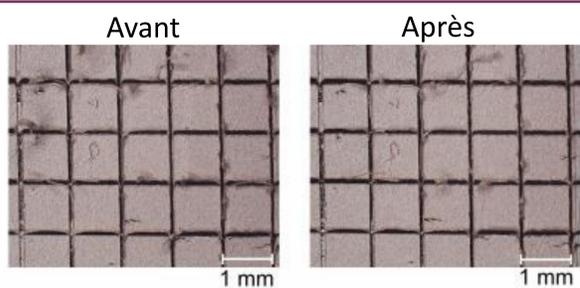
Propriété	PLA1	PLA2
Tg (°C)	55	59
Tf (°C)	151	171
Td (°C)	310	310
Allongement rupture (%)	3,9	/
Résistance impact (kJ/m <sup>2</sup> )	/	1,7 (entaillé)
Rugosité Sa (µm)	0,37	/
Energie surface (mN/m)	38	45

- Applications en électronique de signal

- Faible Tg (60°C) → nécessité d'optimiser le procédé et le choix d'application à cette contrainte.
- Faible allongement à la rupture (moins de 5%) et résistance aux chocs (à peine 2 kJ/m<sup>2</sup>) plutôt défavorables à l'IME en l'état.
- Rugosité faible et énergie surfacique autour de 40 mN/m : la mouillabilité du polymère peut avoir un impact sur l'adhésion de l'encre conductrice et des composants électroniques en sérigraphie. → conditions favorables.

## Caractérisation pour le circuit électronique

### Adhésion de l'encre conductrice ME603



- Test d'arrachement normalisé (ISO 2409, scotch test).
  - Très bonne adhésion sur PLA
- Classification 0 = Coins découpe propres et aucun carré de matrice décollé.

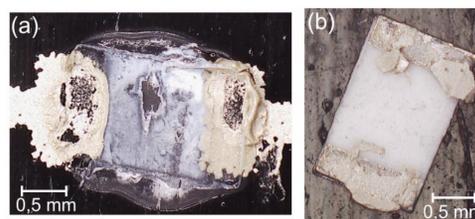
Séchage ME603 et ME902 sur PLA : 55°C – 2h30

### Adhésion des CMS

- Colle ME902 + cyanoacrylate d'éthyle
- Essais de cisaillement des CMS sur pistes ME603

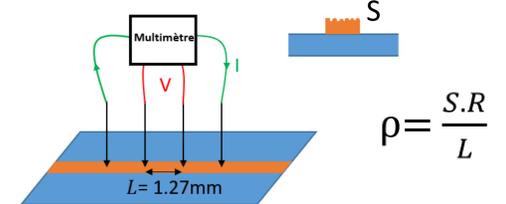
	Séchage	Force de cisaillement (N/mm <sup>2</sup> )
ME902 on PC (référence)	120°C – 20 min	7,68
ME902 sur PLA	55°C – 2h30	1,80
ME902 + superglue sur PLA	55°C – 2h30	9,10

- Faciès rupture = dans couche ME902 et superglue
- Diminution adhésion avec diminution température séchage



### Résistivité de l'encre ME603

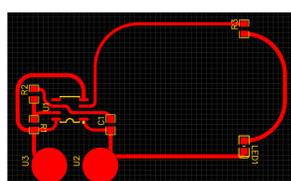
- Mesure de résistance par la méthode 4 pointes
- Section S de ligne conductrice avec sonde confocale



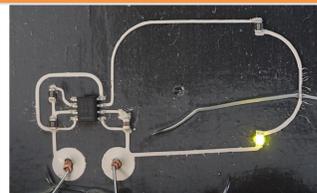
	ME603 sur PC (120°C – 20 min)	ME603 sur PLA (55°C – 2h30)
Résistivité (µΩ.cm)	31 – 54	290 – 300

- Résistivité plus élevée sur PLA que sur PC (55°C vs. 120°C) → Perte de conductivité sur PLA
- Suffisant pour fonctionnement d'un circuit électronique simple

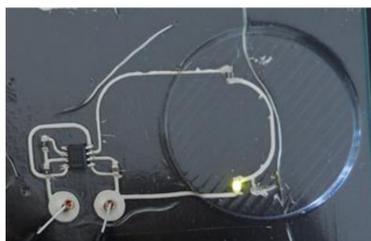
## Le démonstrateur



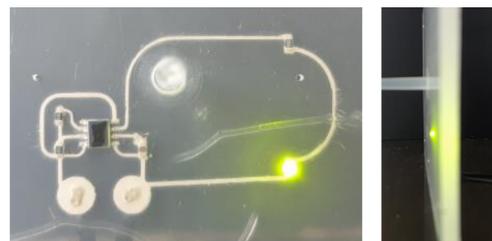
NE555 IC timer  
3 résistances  
1 condensateur  
1 LED



Après sérigraphie + collage CMS



Après thermoformage



Après surmoulage par injection

## Conclusion

- La faisabilité de l'ESS sur PLA est démontrée : le circuit électronique est encapsulé par le PLA et fonctionne (la LED s'allume et clignote).
- ✓ Les performances des encres conductrices sont suffisantes pour nos applications (électronique de signal) et l'adhésion de l'encre et des CMS est excellente.

## Perspectives

- Vers le démantèlement des dispositifs plastroniques
- ✓ PLA biodégradable
- Séparer l'électronique du polymère
- Recycler les matériaux

