



HAL
open science

Surveillance des procédés LCM (Liquid Composite Moulding) par intégration d'implants piézoélectriques (PZT).

Corentin Tuloup, Walid Harizi, Zoheir Aboura, Yann Meyer

► **To cite this version:**

Corentin Tuloup, Walid Harizi, Zoheir Aboura, Yann Meyer. Surveillance des procédés LCM (Liquid Composite Moulding) par intégration d'implants piézoélectriques (PZT).. JNC2019 : 21èmes Journées Nationales sur les Composites, Aug 2019, Bordeaux, France. 10.13140/RG.2.2.36132.63363 . hal-02963216

HAL Id: hal-02963216

<https://hal.science/hal-02963216>

Submitted on 9 Oct 2020

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.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/358612134>

Surveillance des procédés LCM (Liquid Composite Moulding) par intégration d'implants piézoélectriques (PZT).

Poster · July 2019
DOI: 10.1002/9781118100400.ch10


CITATIONS
0


5 authors, including:

 **Corinne Tuloup**
Université de Technologie de Compiègne
88 PUBLICATIONS 26 CITATIONS
[SEE PROFILE](#)

 **Zahar Abouza**
Université de Technologie de Compiègne
111 PUBLICATIONS 1,804 CITATIONS
[SEE PROFILE](#)


Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

 PhD thesis of Corinne TULOUP View project

 NDI and evaluation View project

READS
84

 **Walid Ranzal**
Université de Technologie de Compiègne
82 PUBLICATIONS 185 CITATIONS
[SEE PROFILE](#)

 **Yvan Royer**
Université Savoie-Mont Blanc
74 PUBLICATIONS 244 CITATIONS
[SEE PROFILE](#)

Surveillance des procédés LCM (Liquid Composite Moulding) par intégration d'implants piézoélectriques (PZT).

Corentin TULOUP¹, Walid HARIZI¹, Zoheir ABOURA¹, Yann MEYER^{1,2}, Kamel KHELLIL¹

1 : Laboratoire Roberval FRE UTC-CNRS 2012, Sorbonne Universités – Université de Technologie de Compiègne, 60203 Compiègne Cedex France
2 : Université Bourgogne Franche-Comté – UTBM, 90010 Belfort Cedex FRANCE

IDÉE : Insérer un transducteur piézoélectrique (PZT) dans la préforme sèche avant fabrication (infusion)

« Smart materials » mimant le fonctionnement d'un système biologique [Ahras, 2000]

- Récupération d'informations sur le procédé en temps réel
- Mieux comprendre le procédé grâce à ces informations



Infusion multi-instrumentée : comprendre le comportement du PZT in-situ lors de la fabrication

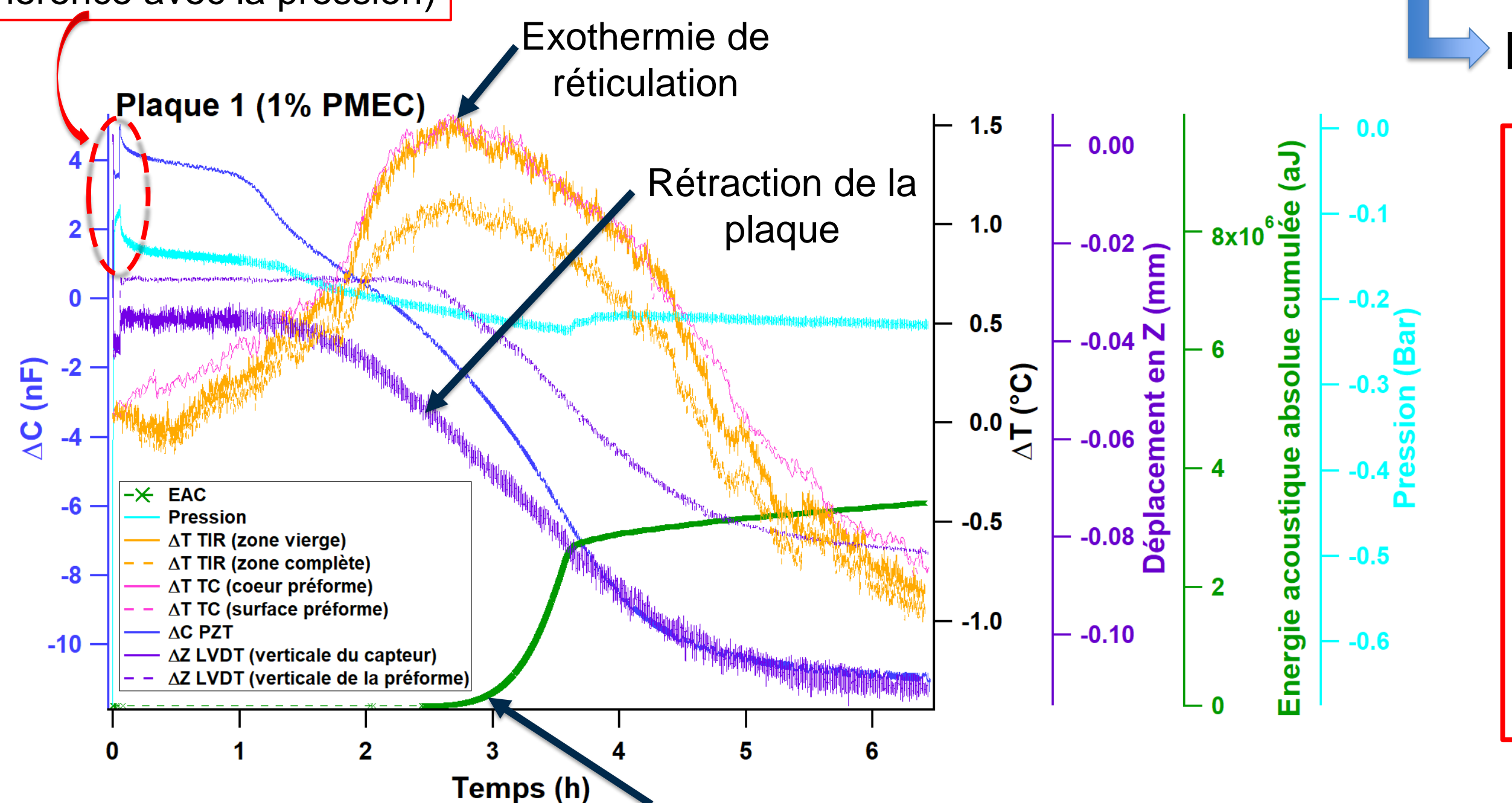
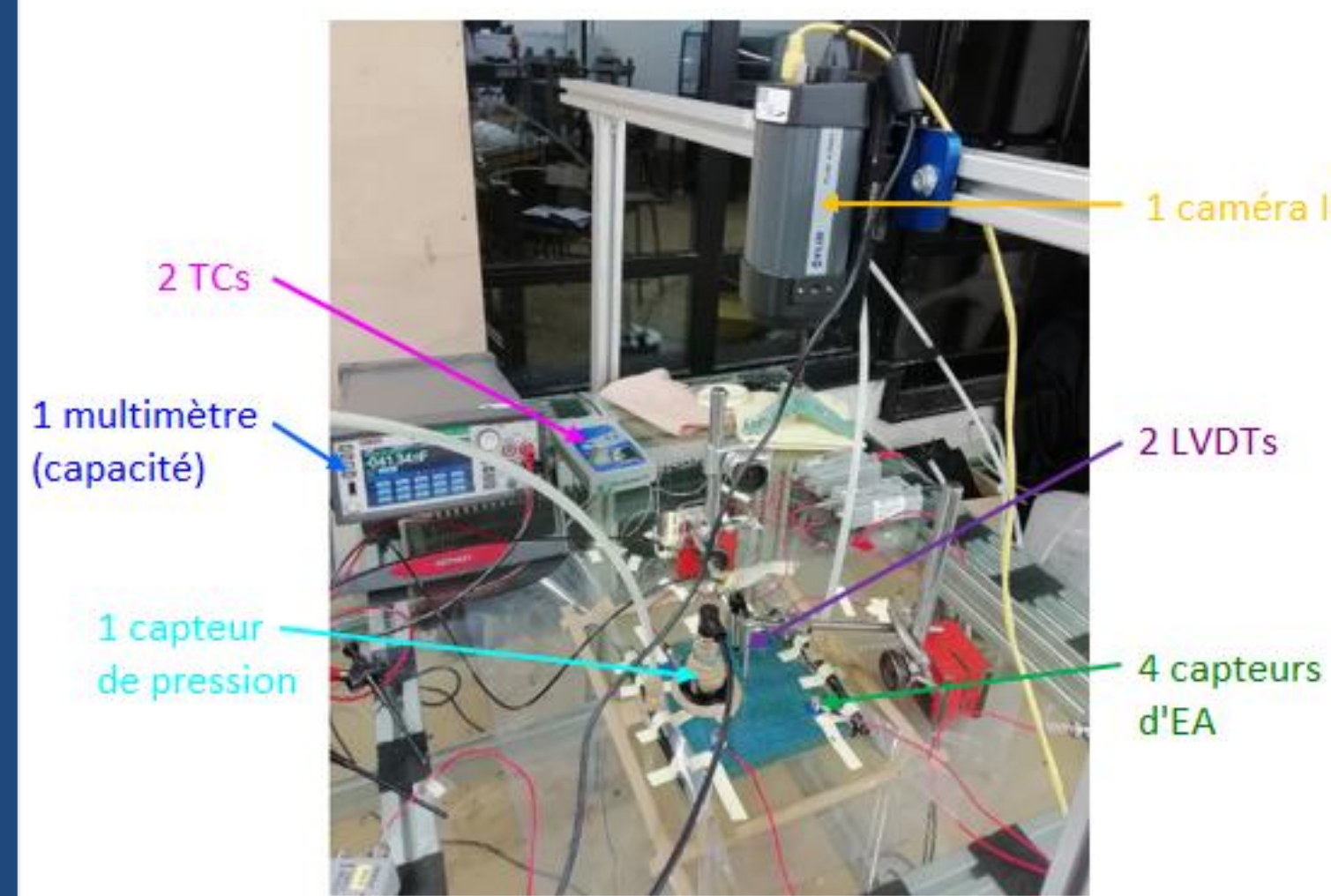
Objectifs : coupler les signatures in et ex-situ de diverses techniques CND avec le signal du PZT (capacité électrique afin de comprendre son évolution. Evaluer le potentiel d'une multi-instrumentation en fabrication.

Capacité détecte la fin d'imprégnation de la préforme et la fermeture des robinets d'injection (en cohérence avec la pression)

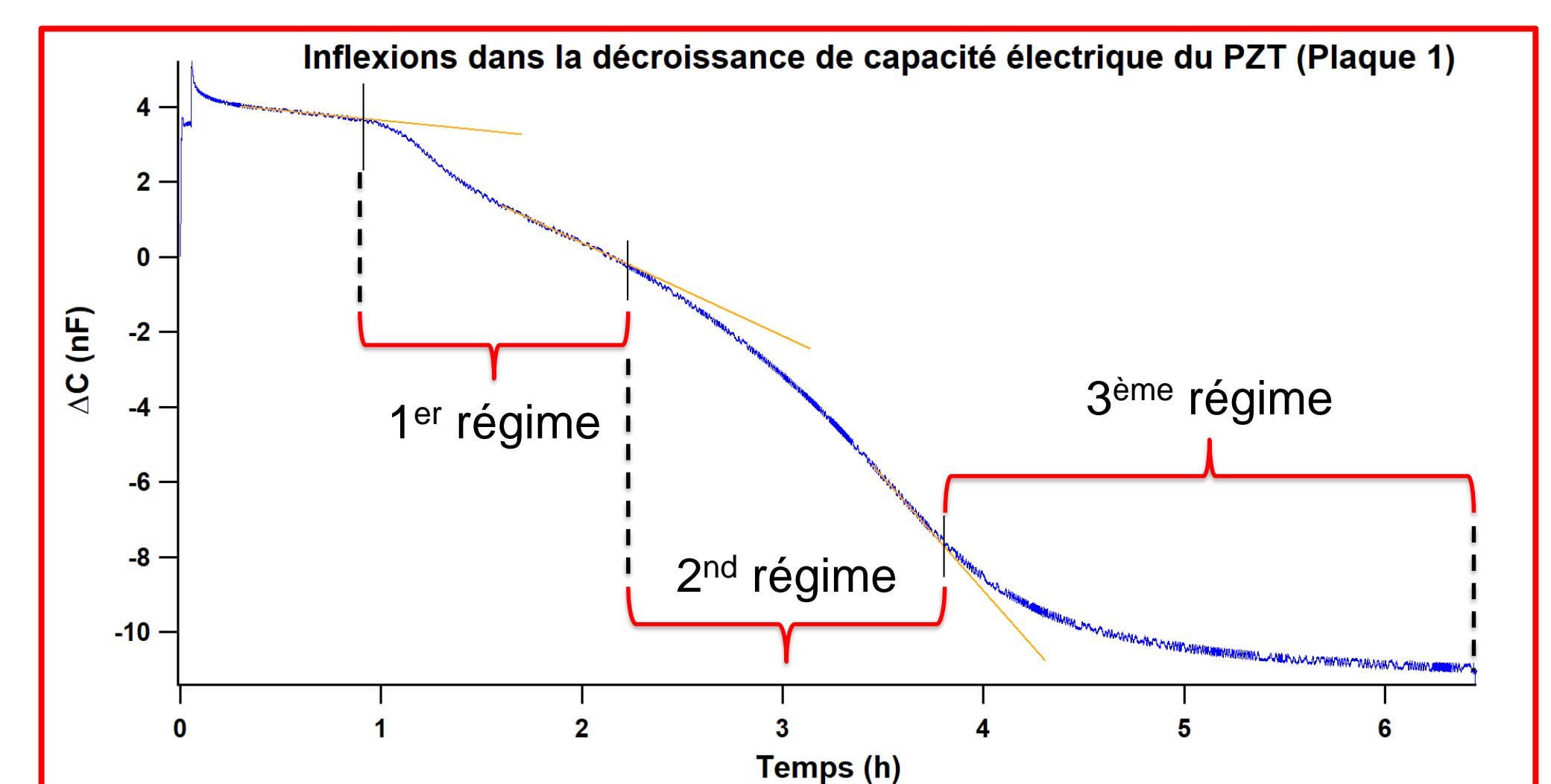
Résultats obtenus :

Focalisation sur la capacité du PZT in-situ :

Montage expérimental :



Régimes décroissants encadrés par des inflexions



Milieu suffisamment réticulé : transmission des ondes élastiques générées par le PZT (acousto-US)

Interprétations de ces régimes & inflexions?

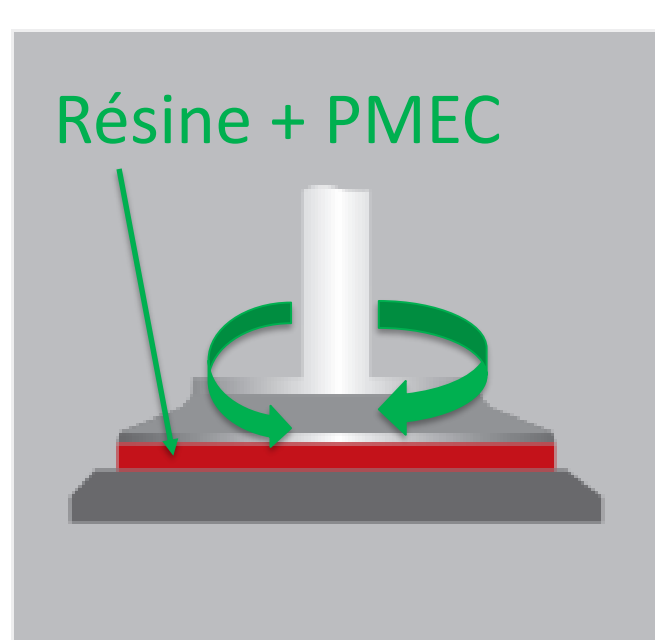
Caractérisation physico-chimique de la résine : évaluer la sensibilité du PZT à la réticulation de la matrice

Objectifs : déterminer les transitions d'états de la résine TD en réticulation → coupler avec les signaux du PZT (inflexions de capacité) et de la multi-instrumentation.

Méthodologie :

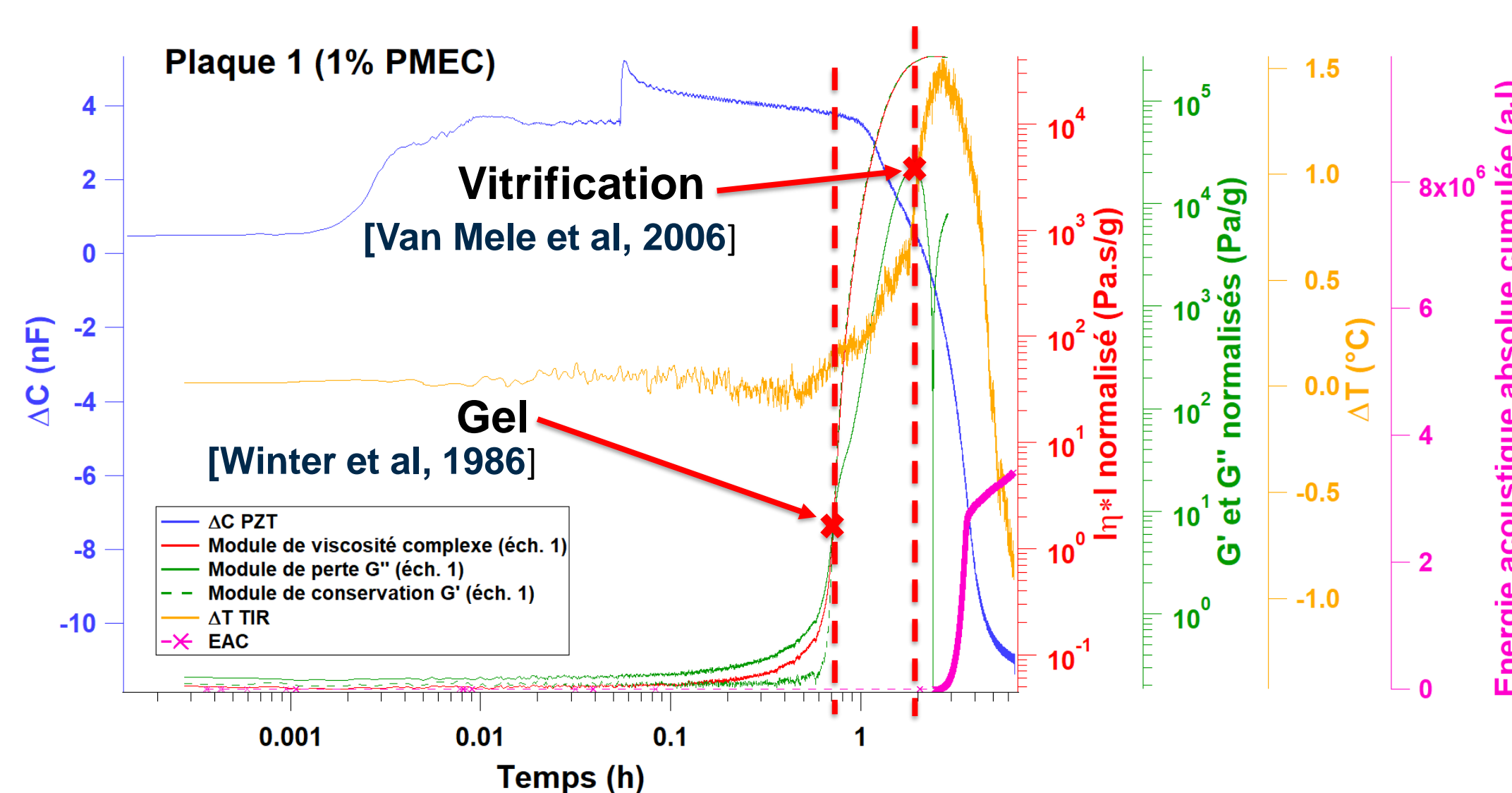
Rhéologie oscillatoire sur résine seule : comportement viscoélastique en régime dynamique → mesures de G' , G'' , $|\eta^*|$

Rhéomètre à plateaux plan/plan



Test: T_{amb} , $f = 1\text{Hz}$, $\gamma = 1\%$

Résultats obtenus :



- Croisement G'/G'' → gel
- Max G'' → début de vittrification
- 1^{ère} inflexion ΔC : gel
- 2^e inflexion ΔC : début vittrification
- 3^e inflexion ΔC : vittrification achevée
- 1^{er} régime ΔC : gélification
- 2nd régime ΔC : vittrification
- 3^e régime ΔC : fin de réaction
- Capteurs EA ex-situ → détection vittrification par acousto-US

Conclusion & Perspectives:

- ✓ PZT in-situ capable de détecter les diverses étapes de l'infusion → injection, transitions d'états de réticulation
- ✓ Potentiel évident : estimation du temps avant démoulage, informations même si moule fermé (RTM, « boîte noire »)
- ✓ Possibilité de monitorer la vie en service des structures composites résultantes → « in situ SHM » grâce au PZT

Contributions scientifiques:

Article 1 : On the use of in-situ piezoelectric sensors for the manufacturing and structural health monitoring of polymer-matrix composites: A literature review. Publié dans *Composites Structures*
Article 2 : On the manufacturing, integration and wiring techniques of in-situ piezoelectric devices for the manufacturing and structural health monitoring of polymer-matrix composites: a literature review. Accepté dans *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*
Article 3 : Detection of the key steps during Liquid Resin Infusion manufacturing of a polymer-matrix composite using an in-situ piezoelectric sensor combined to an external multi-instrumentation: a novel process monitoring approach. Soumis dans *Composites Part A : Applied Science and Manufacturing*