



HAL
open science

Développement des instabilités plastiques dans le HDPE : influence de la température

Farge Laurent, Julien Boisse, Stéphane André

► **To cite this version:**

Farge Laurent, Julien Boisse, Stéphane André. Développement des instabilités plastiques dans le HDPE : influence de la température. DEPOS 28 : DEformation des POLymères Solides 28ème édition, Sep 2018, La Bresse, France. . hal-03810216

HAL Id: hal-03810216

<https://hal.science/hal-03810216>

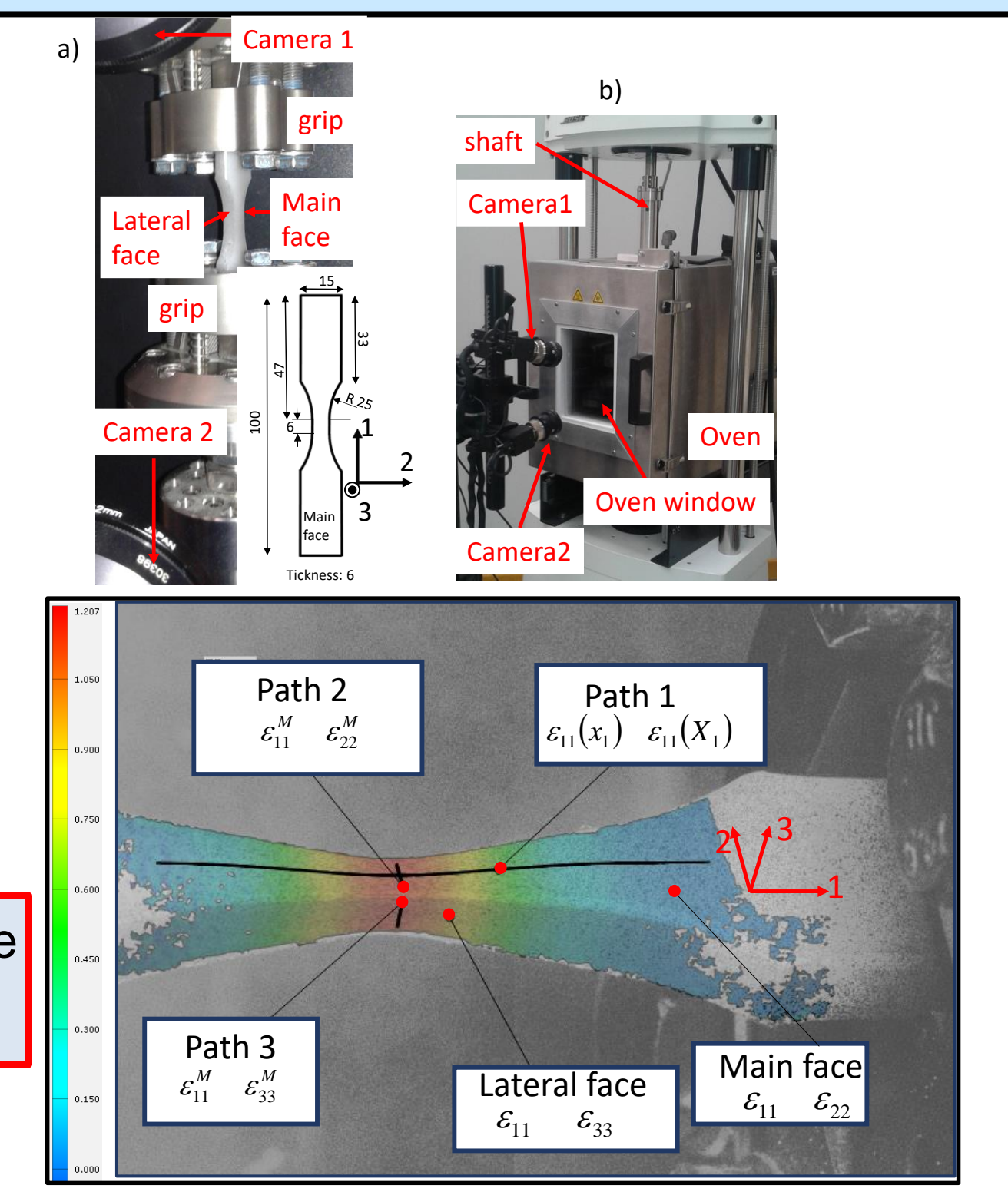
Submitted on 19 Oct 2022

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.

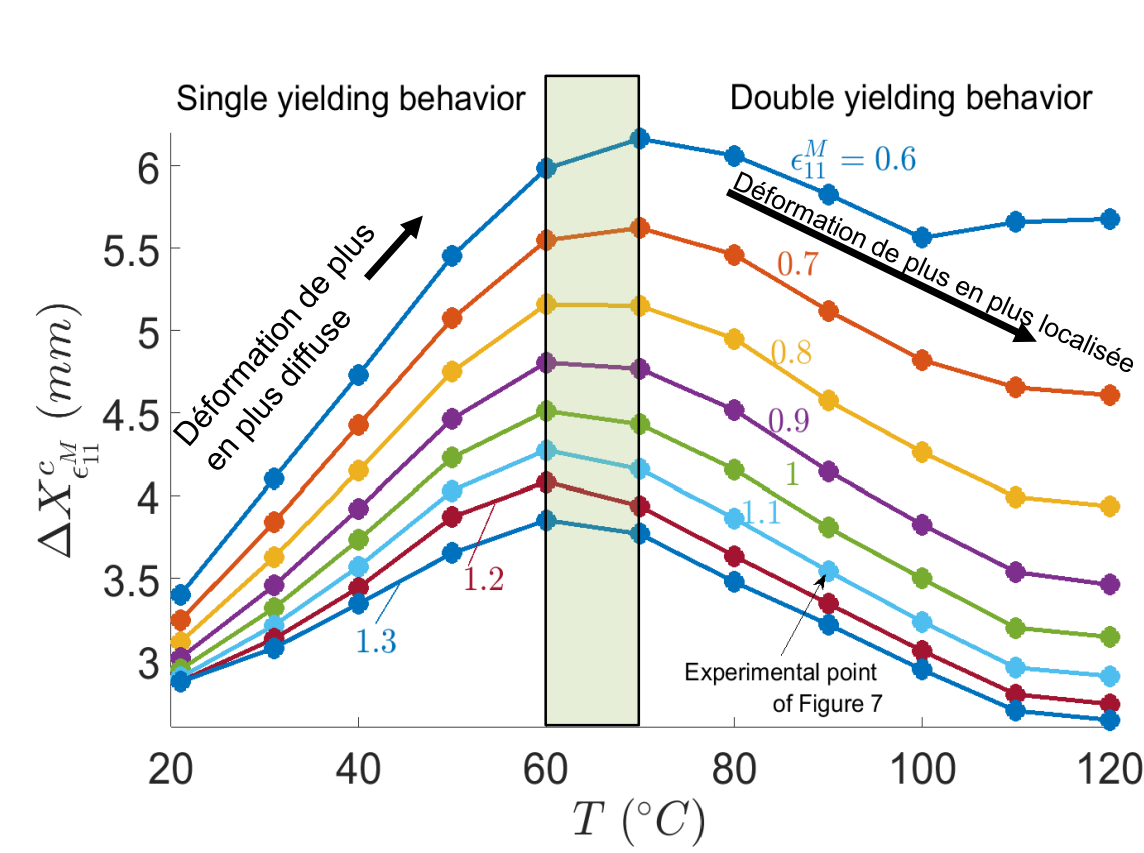
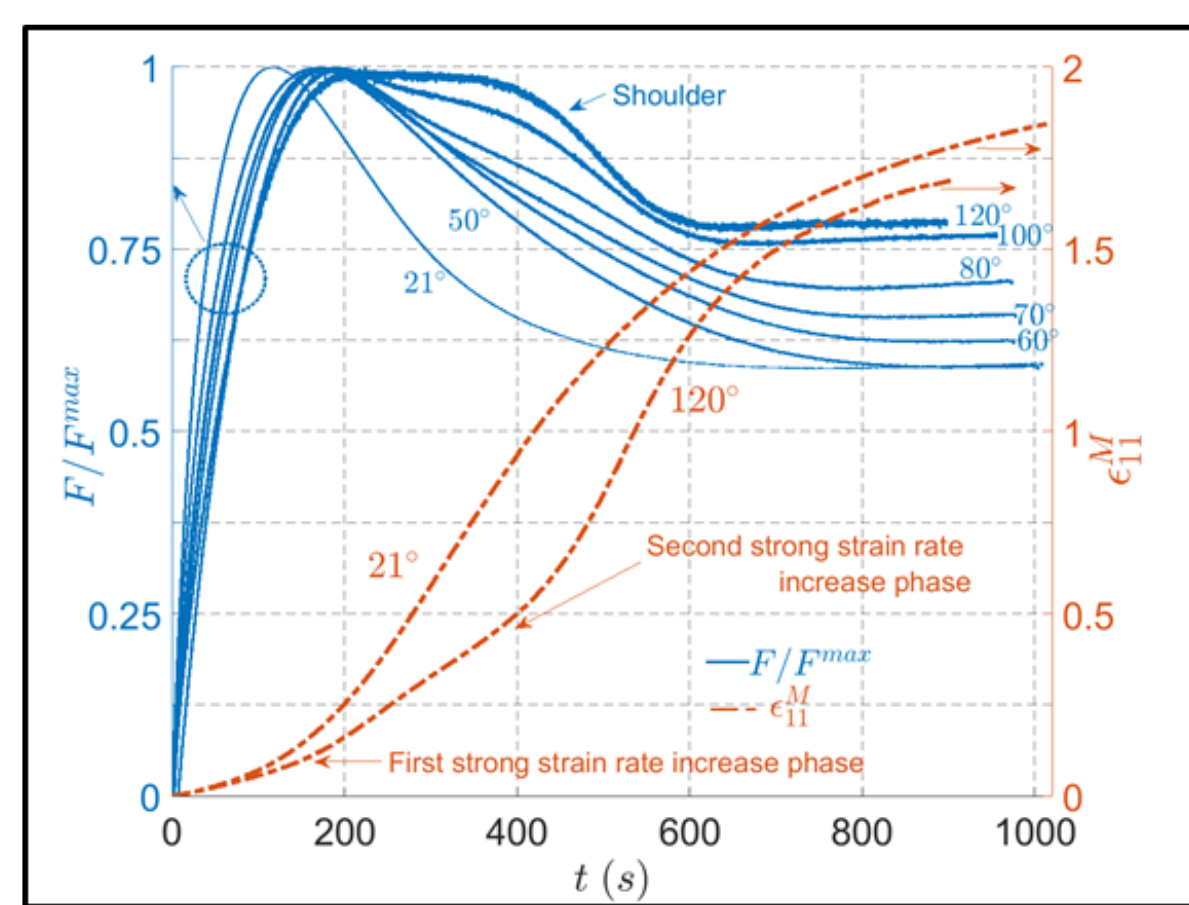
Résumé: Au cours d'essais de traction réalisés pour des températures comprises entre 21° C et 120° C, nous avons mesuré par corrélation d'images 3D des champs de déformation sur deux faces perpendiculaires d'éprouvettes en HDPE. Nous nous sommes intéressés à deux aspects du processus de déformation plastique : i) les conditions d'apparition d'un comportement en « double striction » et ii) la stabilisation de la striction. Une présentation détaillée des résultats résumés ci-dessous est disponible dans un article paru récemment [1].

[1] Farge, L., André, S., & Boisse, J. (2018). Use of Digital Image Correlation to study the effect of temperature on the development of plastic instabilities in a semi-crystalline polymer. *Polymer*, 153, 295-304.

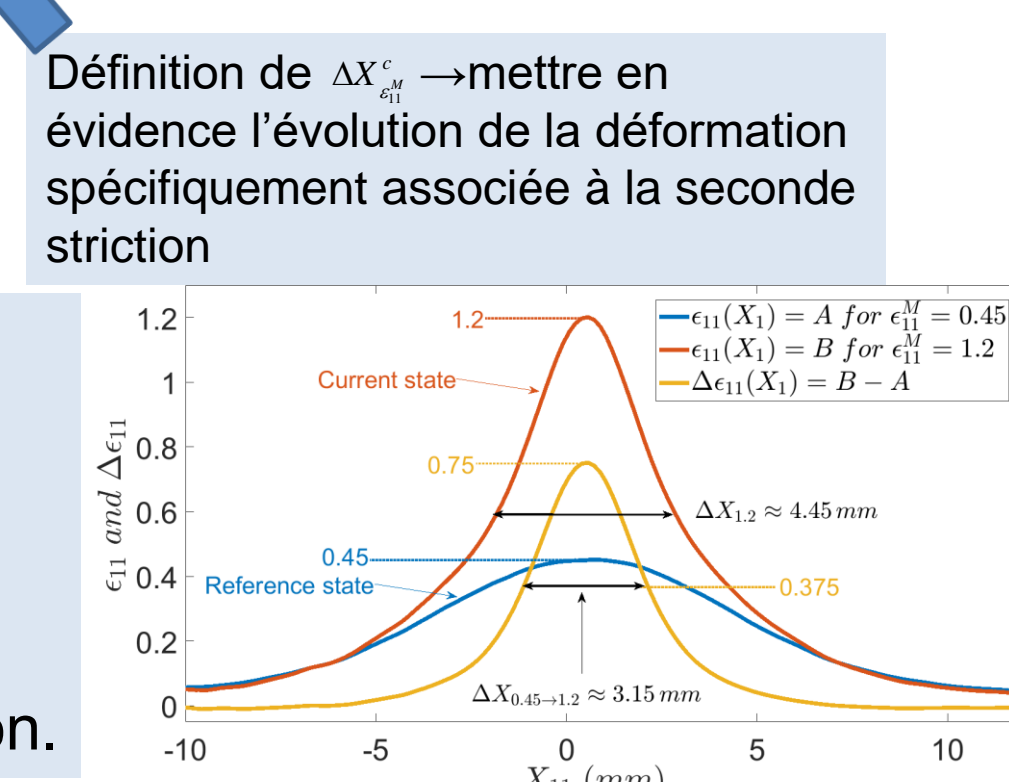


Déformation longitudinale maximale notée ϵ_{11}^M

Transition de comportement: « striction-simple » ↔ « striction double »



Définition: La seconde striction correspond à une « reprise » de la localisation de la déformation après la première striction.



La quantité ΔX_{11}^c est une mesure de la taille lagrangienne (=quantité de matière) de la région « strictionnée ». Du fait de la définition de ΔX_{11}^c , les variations de cette quantité sont spécifiquement liées à l'apparition éventuelle de la seconde striction.

Mise en évidence de la seconde striction:
-détection d'un épaulement sur la courbe de force
-détection d'un second régime durant lequel la vitesse de déformation au centre de l'éprouvette ($\dot{\epsilon}_{11}^c$) augmente

Conditions d'apparitions de la seconde striction :

- observable pour $T > 60^\circ \text{C}$
- Indépendamment de la température, la seconde striction commence pour la déformation critique: $\epsilon_{11}^M \approx 0,4$

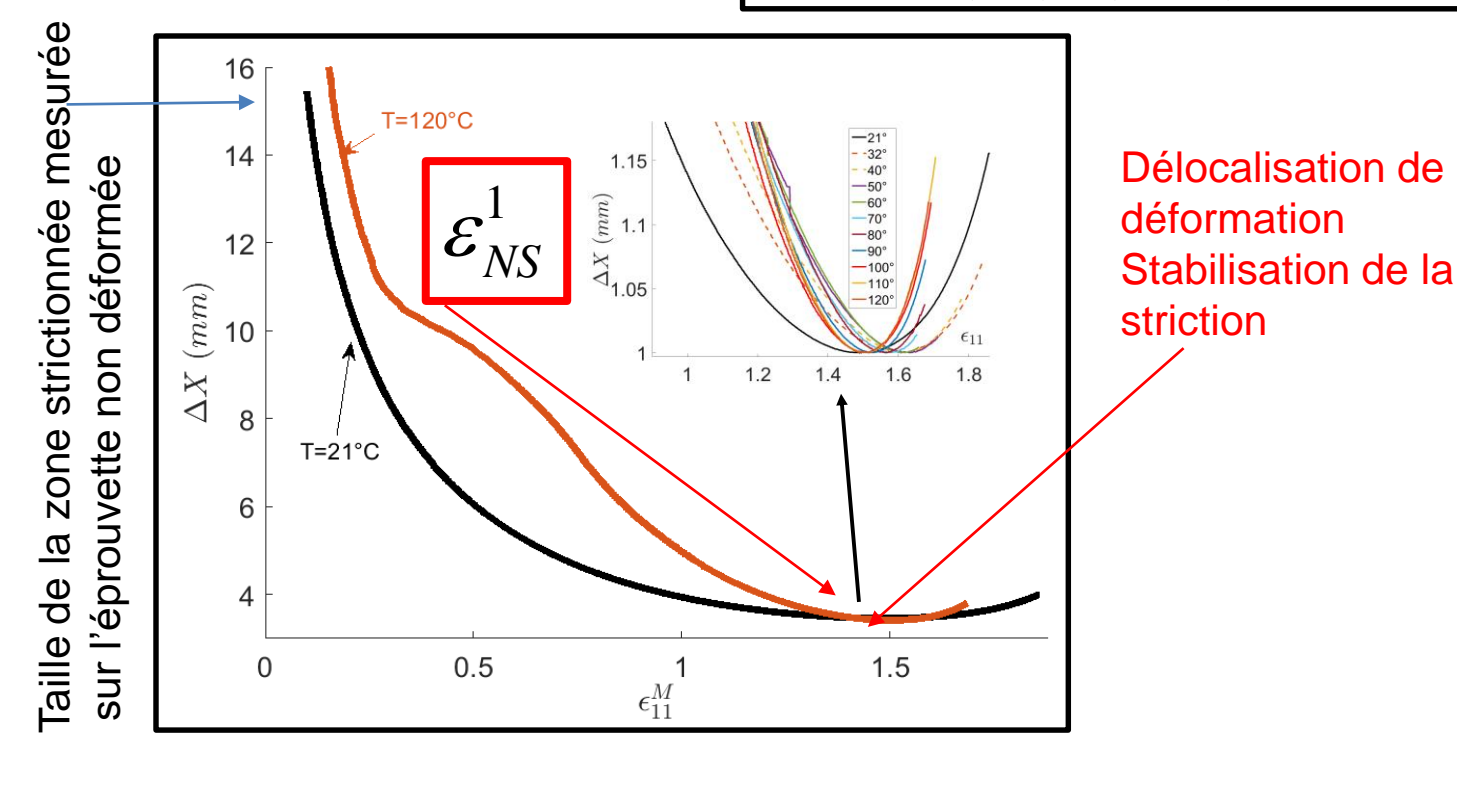
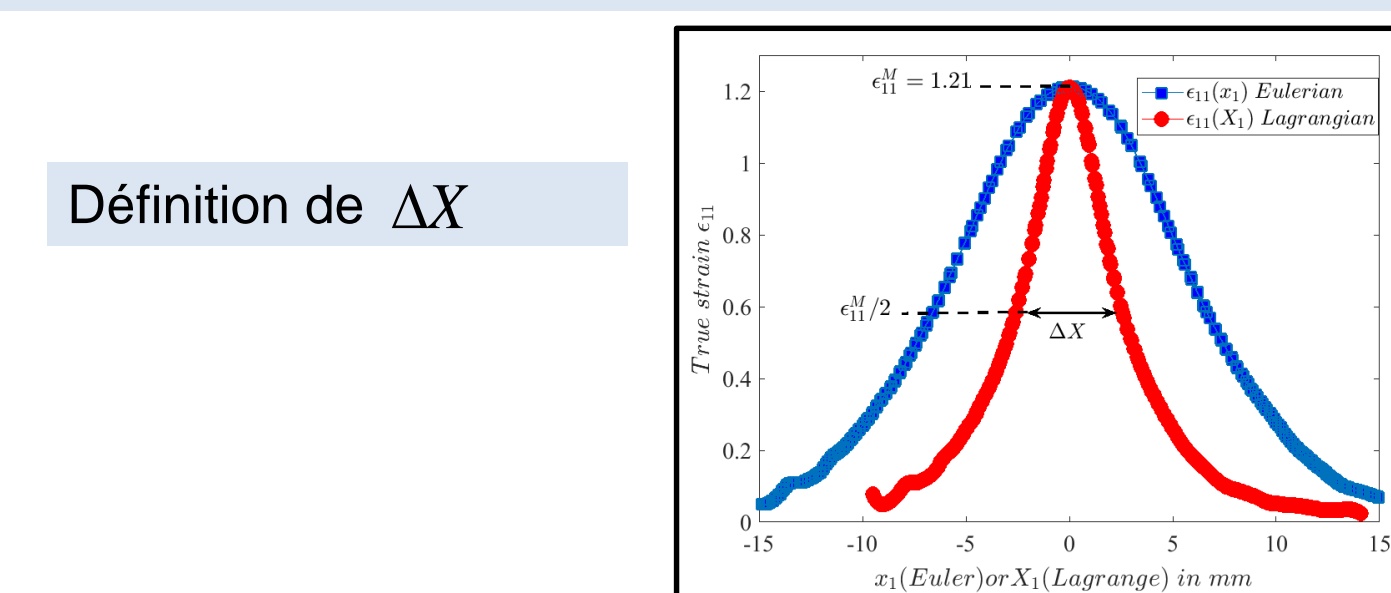
Stabilisation de la striction

Définition: La stabilisation (ou propagation) de la striction correspond à la phase du processus de déformation plastique pendant laquelle la déformation se « délocalise » et s'étend aux zones précédemment non déformées de l'éprouvette.

Deux déformations seuil ont définies grâce aux mesures DIC pour marquer le début de la phase de stabilisation de la striction.

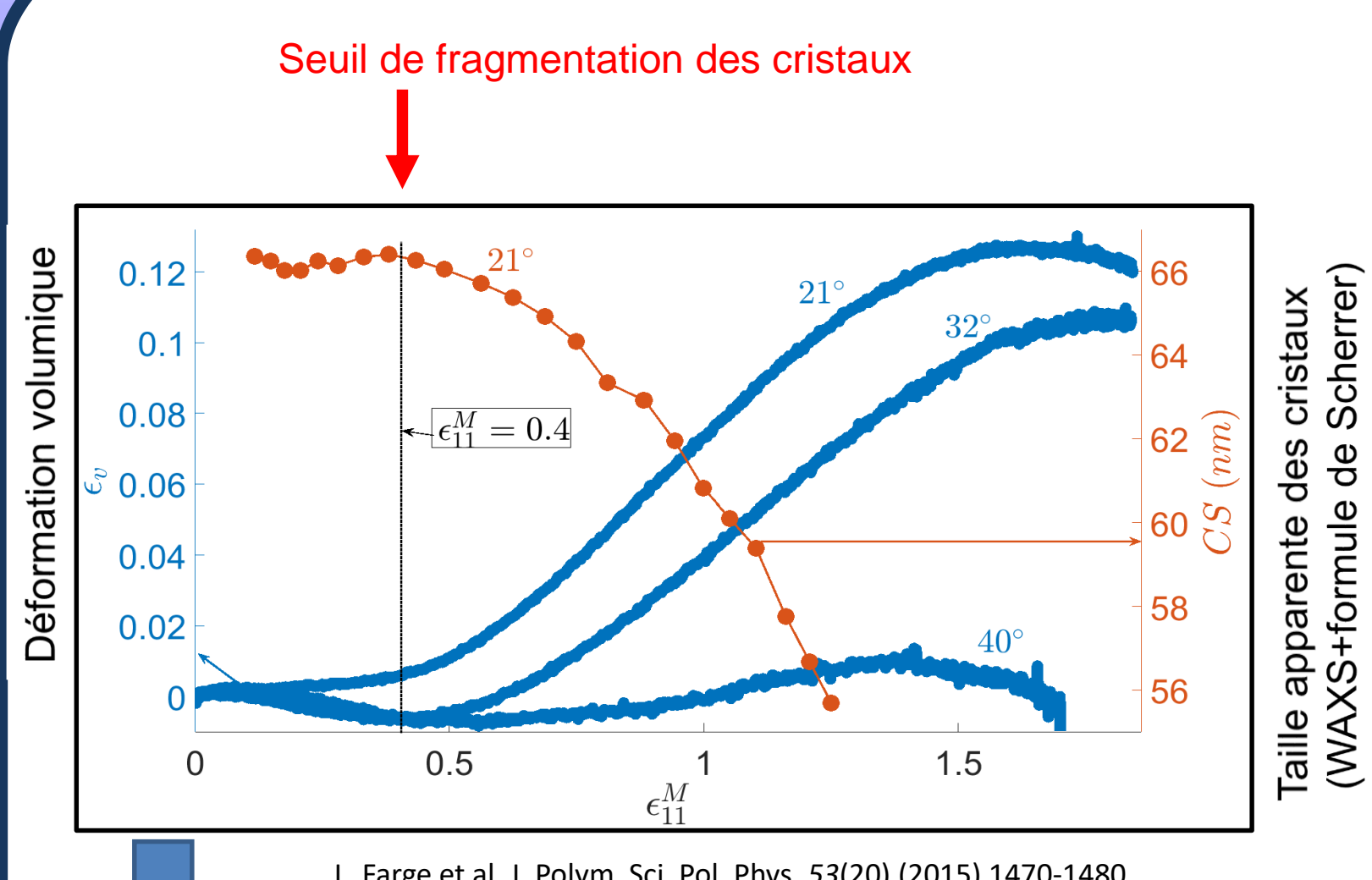
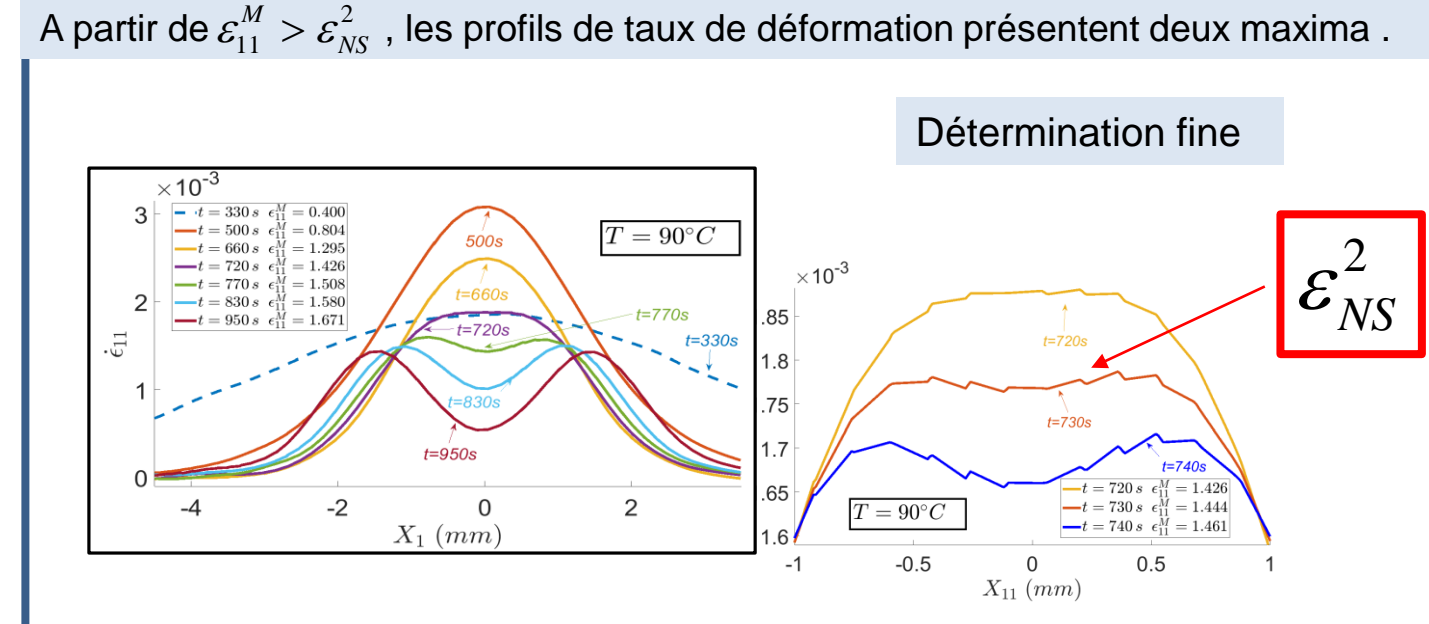
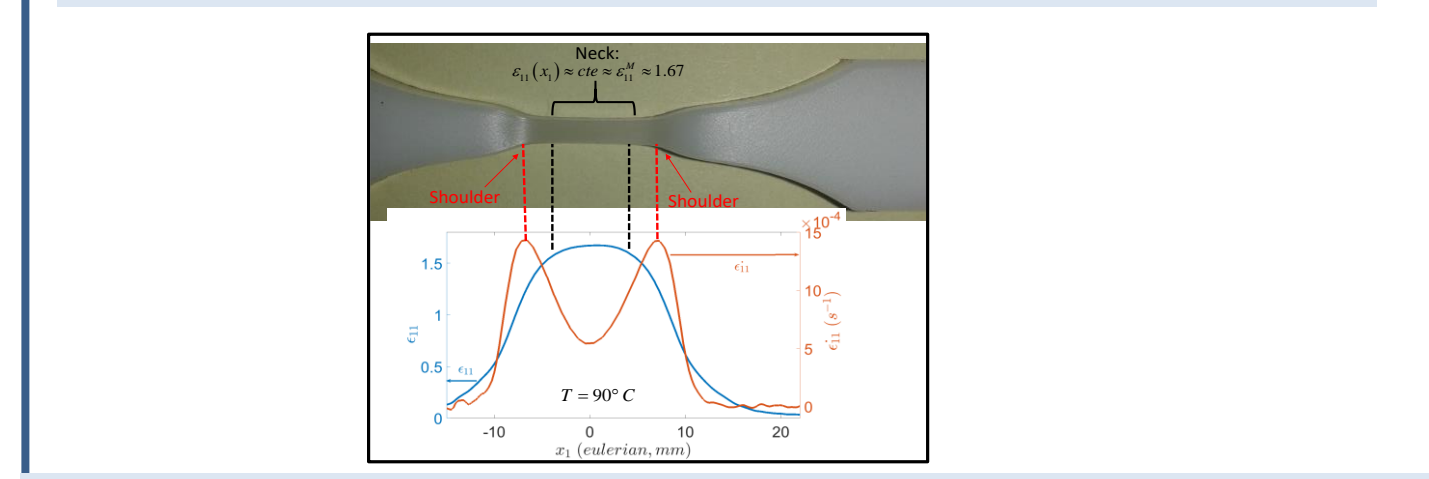
ϵ_{NS}^1

Pour $\epsilon_{11}^M > \epsilon_{NS}^1$, la taille lagrangienne ΔX (quantité de matière) de la zone strictionnée (taille sur l'éprouvette non déformée pour laquelle $\epsilon_{11} > \epsilon_{11}^M/2$) commence à croître → Délocalisation de la déformation → stabilisation de la striction



ϵ_{NS}^2

Pour $\epsilon_{11}^M > \epsilon_{NS}^2$, le taux de déformation maximale n'est plus au centre mais dans les épaules de striction → Propagation de la striction vers les zones précédemment non déformées → stabilisation de la striction



Bilan de nos mesures
Le niveau de déformation $\epsilon_{11}^M \approx 0,4$ correspond à un changement de régime dans le développement de la plasticité :

- Pour $T > 60^\circ \text{C}$, une reprise de la striction est observable (seconde striction).
- Pour $T < 60^\circ \text{C}$, une phase de forte augmentation de la déformation volumique commence.

Microstructure associée à la déformation critique $\epsilon_{11}^M \approx 0,4$?

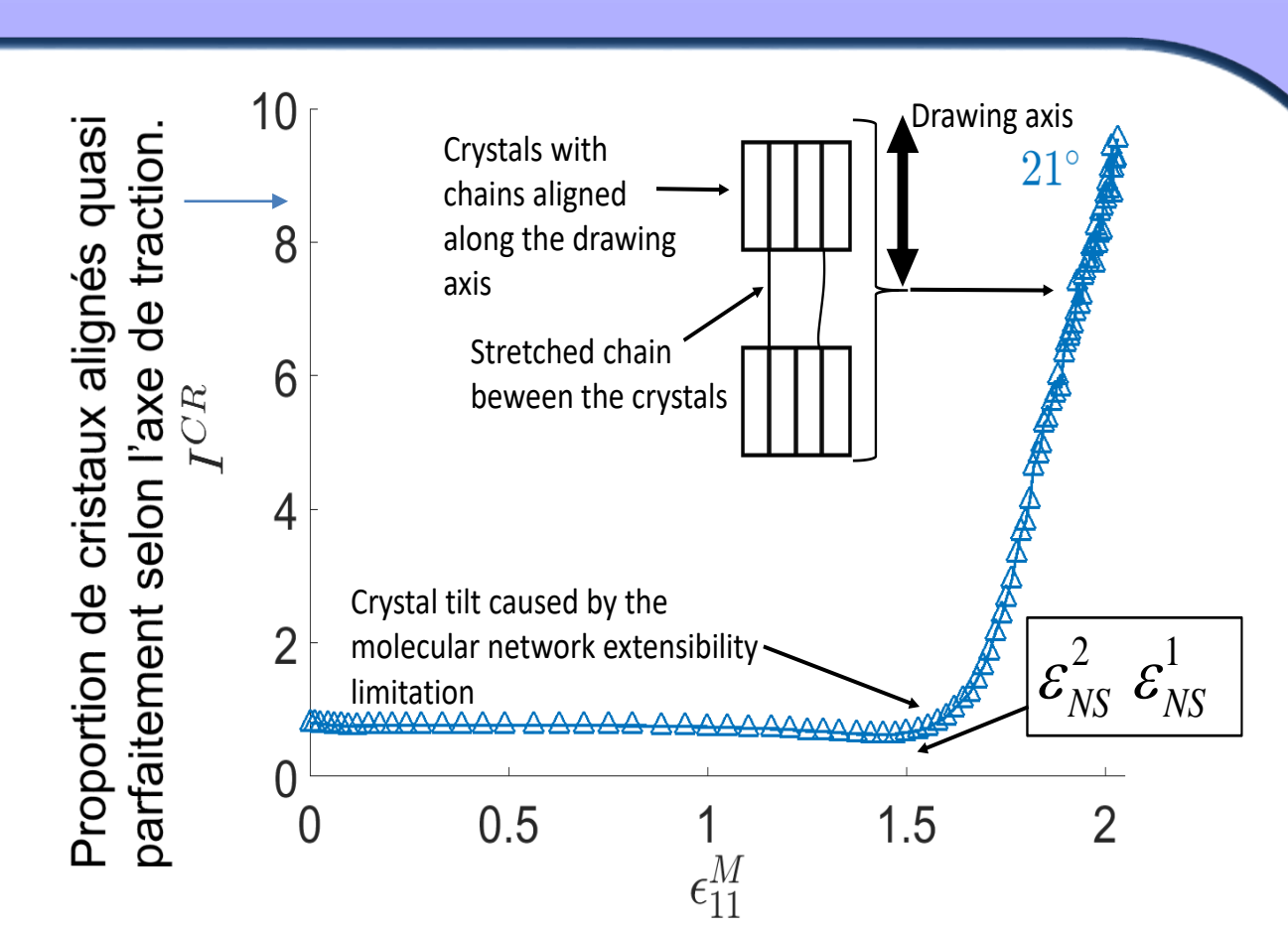
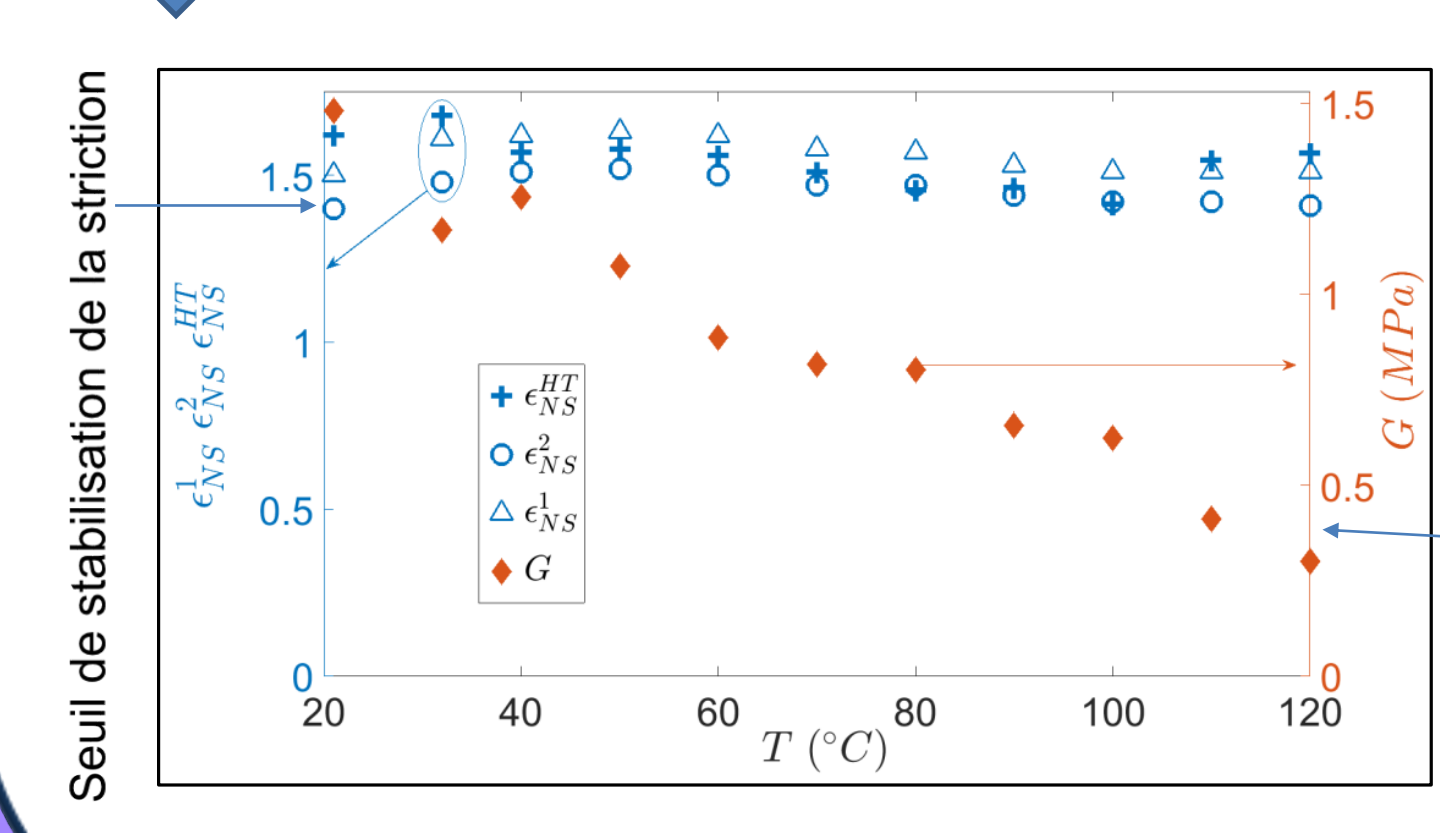
La déformation critique $\epsilon_{11}^M \approx 0,4$ marque la limite d'extensibilité du réseau lamellaire au-delà de laquelle la fragmentation des cristaux est nécessaire pour accommoder la déformation.

Bilan de nos mesures

$\epsilon_{NS}^1 \approx \epsilon_{NS}^2 \approx \epsilon_{NS}^{HT} \approx CTE \approx 1,4 - 1,6$

Microstructure associée à la déformation critique $\epsilon_{11}^M \approx 1,4 - 1,6$?

Prédiction obtenue avec le modèle Haward-Thackray



analyse bibliographique et travaux précédents (Séguéla, *Macromol. Mater. Eng.* 292 (2007) 235-244. L. Farge et al. *J. Polym. Sci. Pol. Phys.* 53(20) (2015) 1470-1480)

La stabilisation de la striction est liée à la limite d'extensibilité du réseau macromoléculaire qui dépend essentiellement du taux d'enchevêtrement et pas de la température.

Conclusions:

Pour notre HDPE déformé en traction, il a été possible de mettre en évidence le rôle de deux déformations critiques dont les valeurs sont indépendantes de la température:

- Première déformation critique $\epsilon_{11}^M \approx 0,4$: début du développement de la seconde striction pour $T > 60^\circ \text{C}$. Pour $T < 60^\circ \text{C}$: début de la phase de forte augmentation de la déformation volumique.
- Seconde déformation critique $\epsilon_{11}^M \approx 1,4 - 1,6$: début de la phase de stabilisation de la striction.

En termes d'évolution de la microstructure, nous considérons que :

- La première déformation critique peut être associée au niveau de déformation maximale auquel le réseau lamellaire peut être soumis tout en gardant son intégrité globale.
- La seconde déformation critique correspond à l'extensibilité maximale du réseau macromoléculaire.