



**HAL**  
open science

## Les plateaux techniques Matériaux

Jérôme Charliac, Laurence Rozes

► **To cite this version:**

Jérôme Charliac, Laurence Rozes. Les plateaux techniques Matériaux. Ecole Résidentielle Interdisciplinaire en Nanosciences et Nanotechnologies, Jul 2023, Saint Jacut de la Mer, France. hal-04754126

**HAL Id: hal-04754126**

**<https://hal.science/hal-04754126v1>**

Submitted on 25 Oct 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License



**RDM** - La résistance des matériaux est une discipline particulière de la mécanique des milieux continus, permettant le calcul des contraintes et déformations dans les structures des différents matériaux. Lorsque l'intensité de la contrainte augmente, il y a **déformation élastique** (le matériau se déforme proportionnellement à l'effort appliqué et reprend sa forme initiale lorsque la sollicitation cesse), suivie parfois (selon la ductilité du matériau) d'une **déformation plastique** (le matériau ne reprend pas sa forme initiale, il subsiste une déformation résiduelle), et enfin **rupture** (la sollicitation dépasse la résistance intrinsèque du matériau).

## Plateau Mesures Mécaniques

Salle 43-44 401

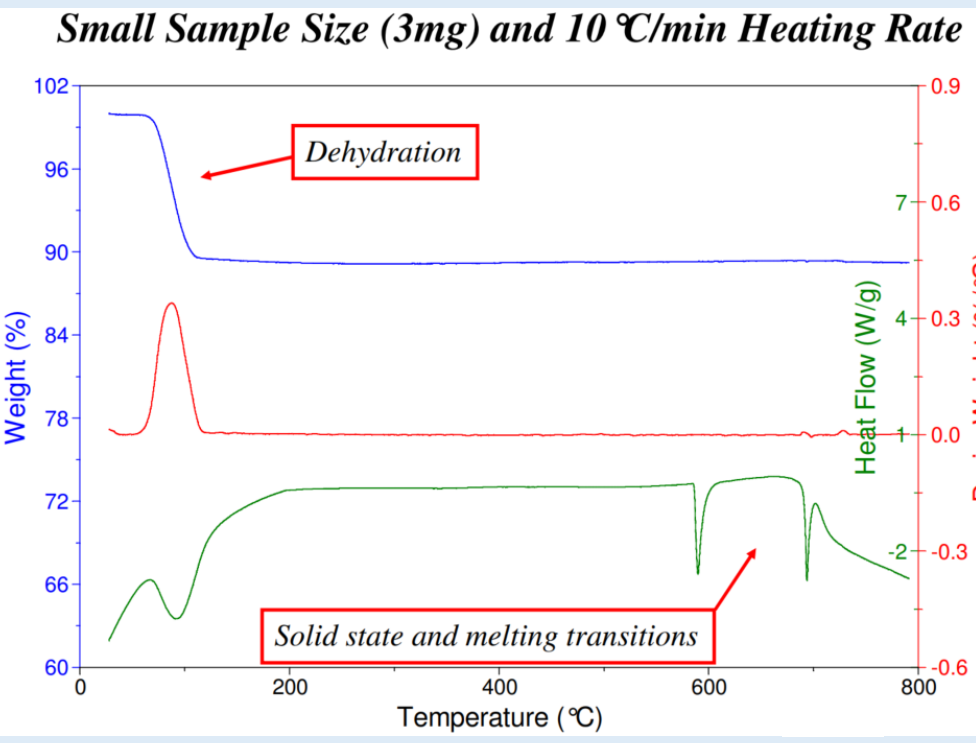


Cette plateforme permet de mesurer les propriétés physico-mécaniques des matériaux et d'étudier les phénomènes chimiques au niveau des chaînes macromoléculaires et liaisons chimiques

### Essais thermiques



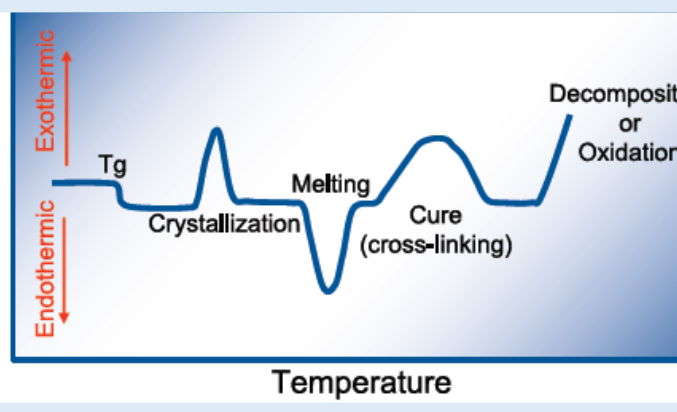
**ATG (Analyse Thermo-Gravimétrique)**  
L'ATG mesure de la variation de masse d'un échantillon en fonction du temps, pour un profil de température donné.



L'ATG détermine les effets de décomposition thermique, évaporation, réduction, désorption, sublimation, oxydation, absorption, ainsi que de doser certains composés volatils dans un échantillon solide.



Série DSC25 Plage de T°C -120°C à 400°C

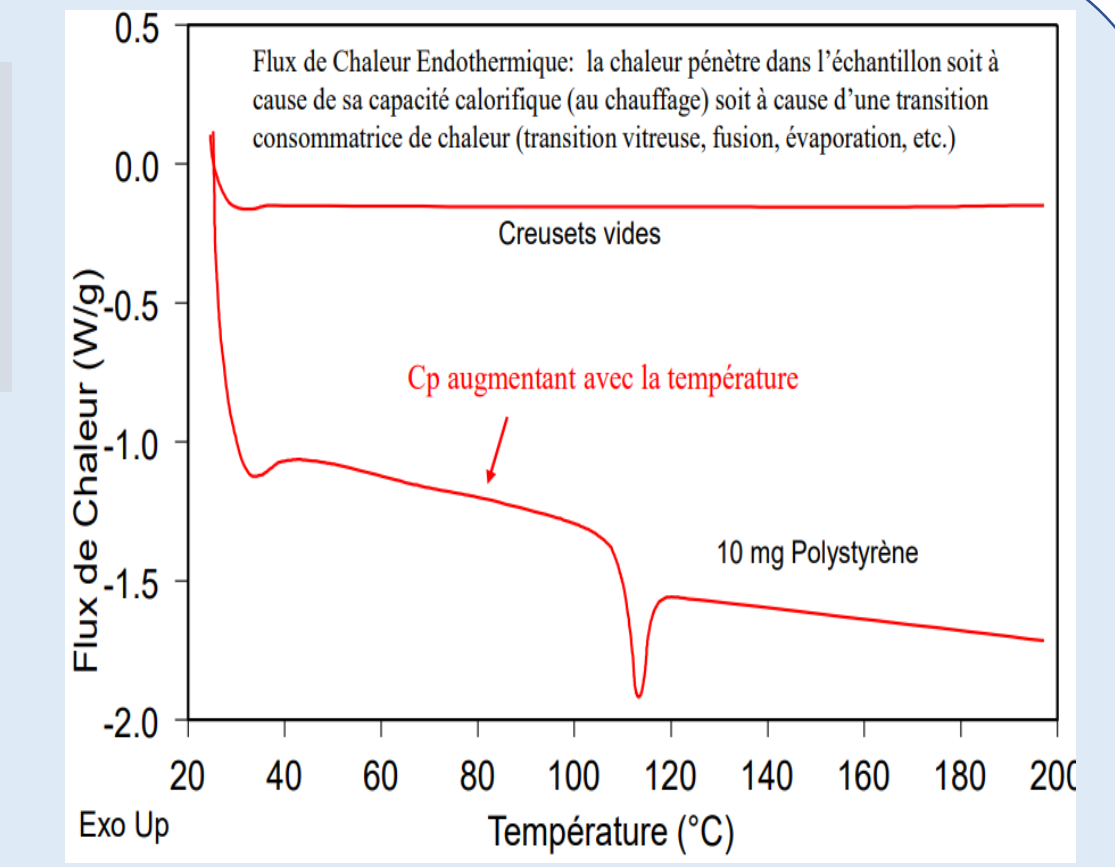


**DSC (Differential Scanning Calorimetry)**  
La calorimétrie différentielle à balayage mesure les différences de chaleur (mW=m/sec) entre un échantillon et une référence en fonction du temps et de la température.

Définition de l'enthalpie H :  
 $H = E + p \cdot V$   
 $\Delta H = \Delta E + p \cdot \Delta V + V \cdot \Delta p$   
 $\Delta H = \Delta Q - p \cdot \Delta V + p \cdot \Delta V + V \cdot \Delta p$   
 $\Delta H = \Delta Q + V \cdot \Delta p$

Si  $\Delta p = 0$ , il est possible d'en déduire en DSC :  
une mesure de la chaleur à pression constante est une bonne approximation de la variation d'enthalpie  
 $\Delta H_p = \Delta Q$

La DSC détermine les transitions de phase : température de transition vitreuse ( $T_g$ ) des matériaux amorphes, températures de fusion et de cristallisation ; les enthalpies de réaction pour connaître les taux de réticulation de certains polymères.



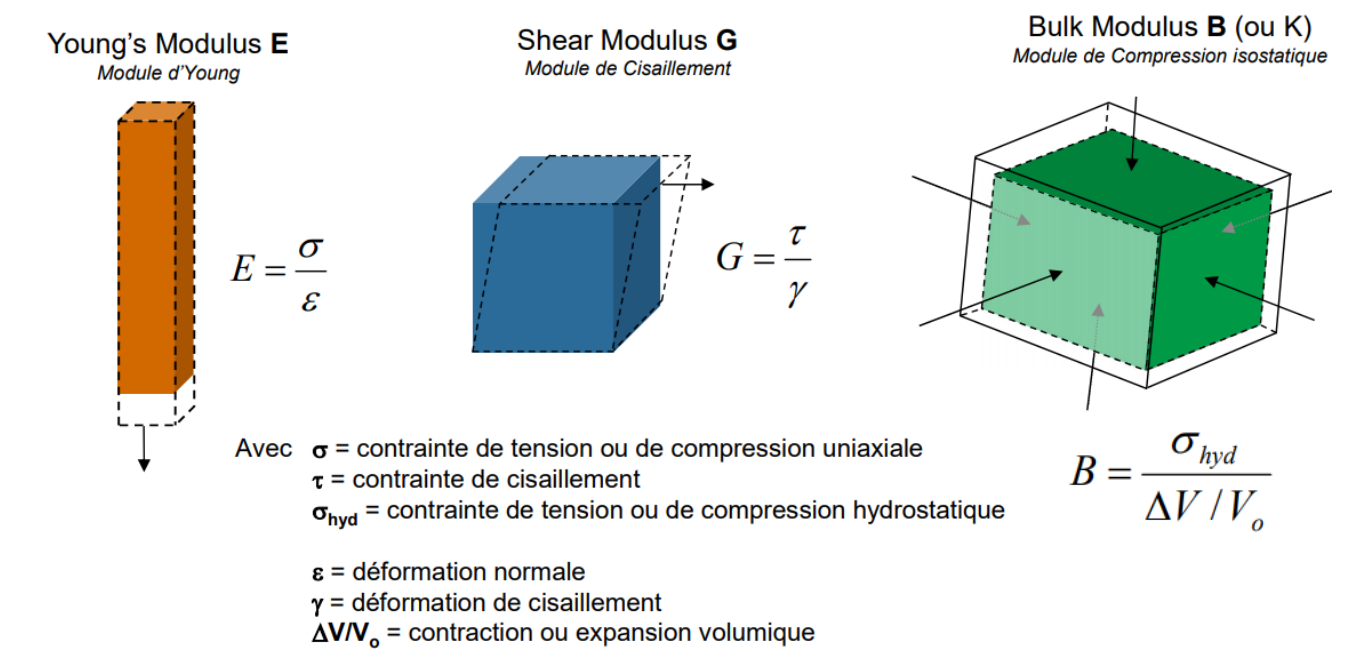
### Essais thermiques / mécaniques



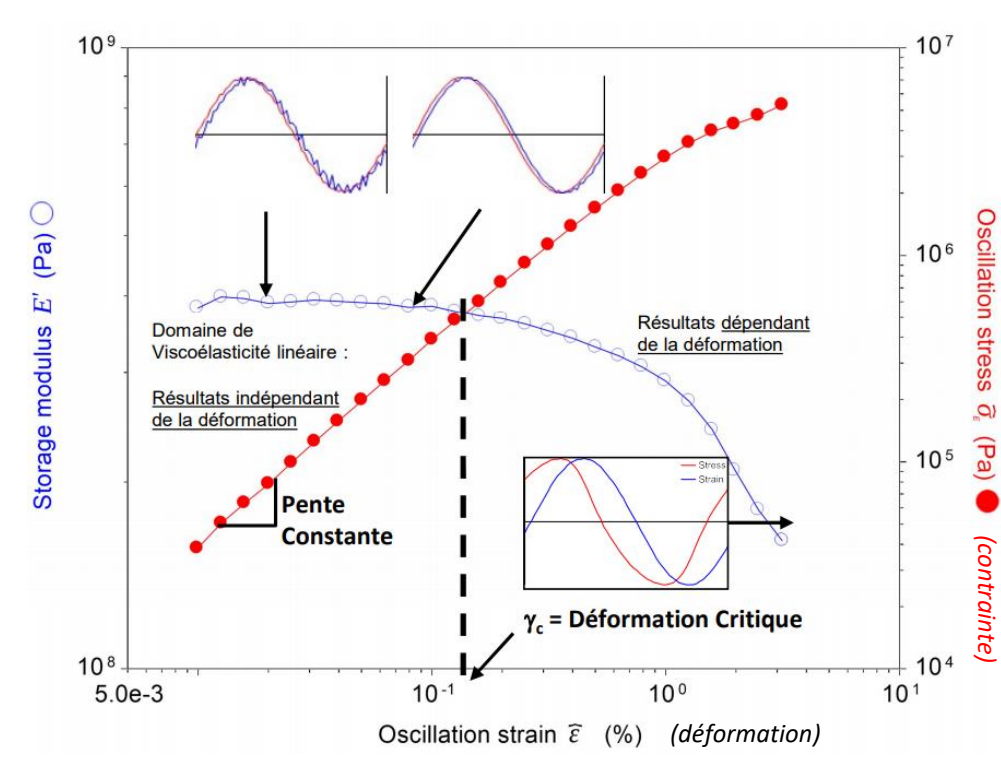
**DMA (Dynamic Mechanical Analysis)**  
L'analyse mécanique dynamique mesure les propriétés viscoélastiques en appliquant une force et une amplitude d'oscillation sur des plages de températures et de temps déterminés. Cette sollicitation mécanique se fait sur le domaine linéaire du matériau, lorsqu'il est élastique, avant qu'il ne soit plastique.



La DMA détermine les grandeurs physiques intrinsèques d'un matériau, tels les modules complexes de Young ( $E'$  module de conservation,  $E''$  module de perte) et de Coulomb (G), et la viscosité complexe ( $\eta$ ) ; le facteur d'amortissement (dit de perte), tangente delta ( $\tan \delta$ ) ; la  $T_g$ .

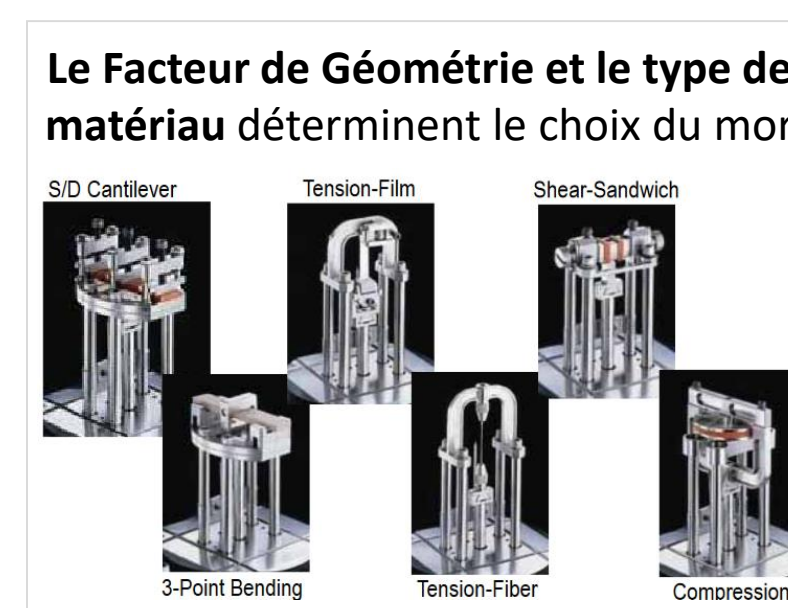


Série 850 Plage de T°C avec flux de N<sub>2</sub> refroidi par dewar N<sub>2</sub> liquide -130°C à 600°C



La raideur ou « stiffness » (K) est la mesure fondamentale du DMA  
 $K = \text{Force appliquée à l'échantillon} / \text{amplitude de déformation}$   
K dépendant du **Facteur de Géométrie**.

Série Q800 Plage de T°C avec flux de N<sub>2</sub> T ambiant à 500°C

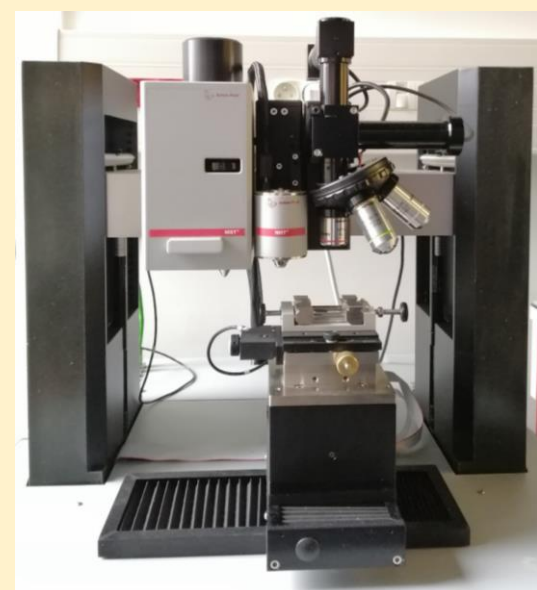


Analyser la courbe pour obtenir la relaxation

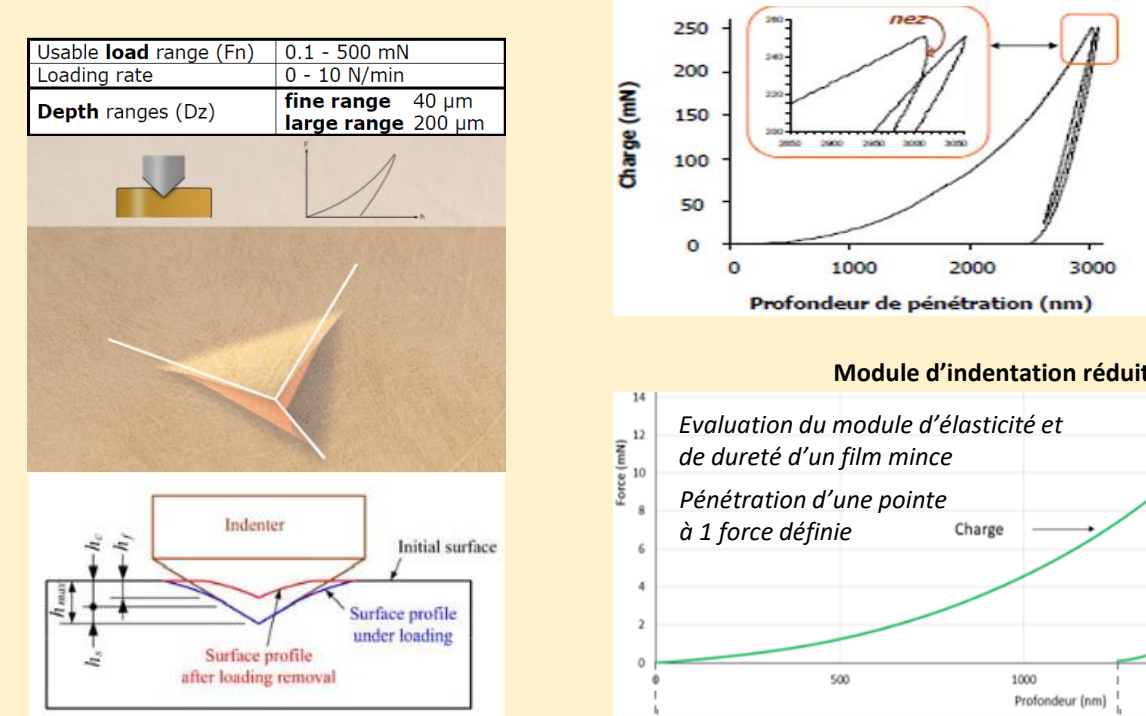
- Onset de E'** : Apparaît à la température la plus basse / liée à la rupture mécanique du matériau.
- Pic de E''** : Apparaît à une température intermédiaire - lié aux changements de propriétés physiques. Reflet des mouvements moléculaires, en accord avec le concept d'une transition vitreuse considérée comme la T° de début des mouvements des segments.
- Pic de tan δ** : Apparaît à la température la plus élevée. Utilisé historiquement dans la littérature - mesure du point du milieu entre les états vitreux et caoutchoutique. Sa hauteur et sa forme changent systématiquement avec la proportion de phase amorphe présente.

Waters TGA

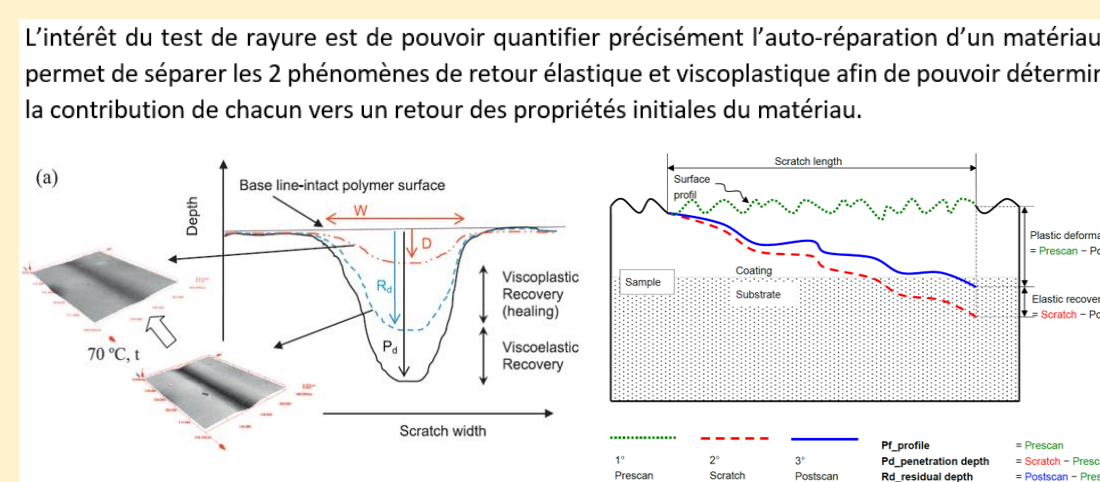
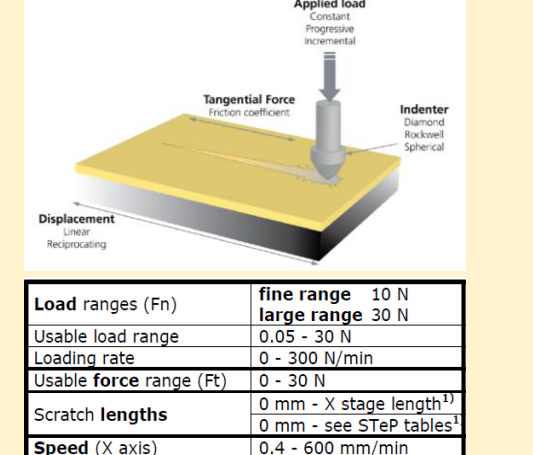
### Essais mécaniques



La **Nanoindentation (NHT<sup>3</sup>)** consiste à faire pénétrer une pointe de géométrie et propriétés mécaniques connues, dans un matériau pour en déduire ses propriétés mécaniques : dureté, module de Young, fluage, adhérence...

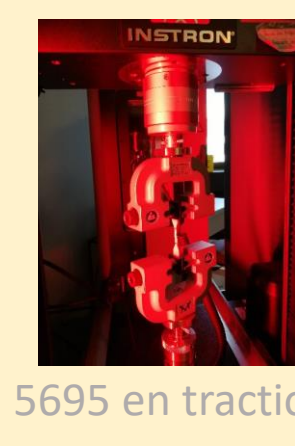


Le **nano-scratch testeur (NST<sup>3</sup>)** caractérise la résistance à la rayure et la perte d'adhérence des films et revêtements minces d'épaisseur inférieure à 1000 nm.

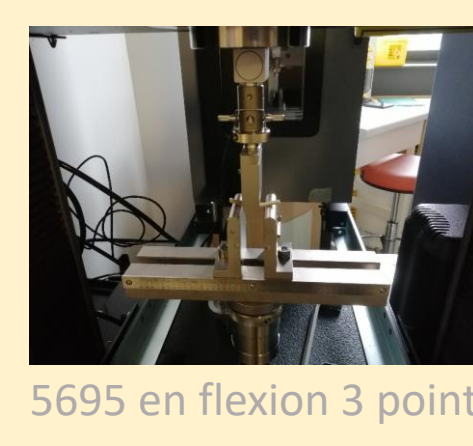


5965 en compression + chambre climatique

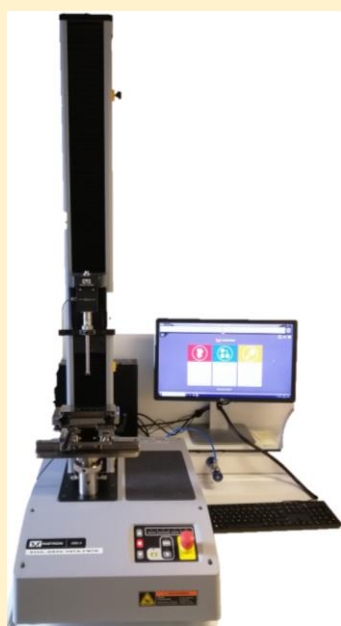
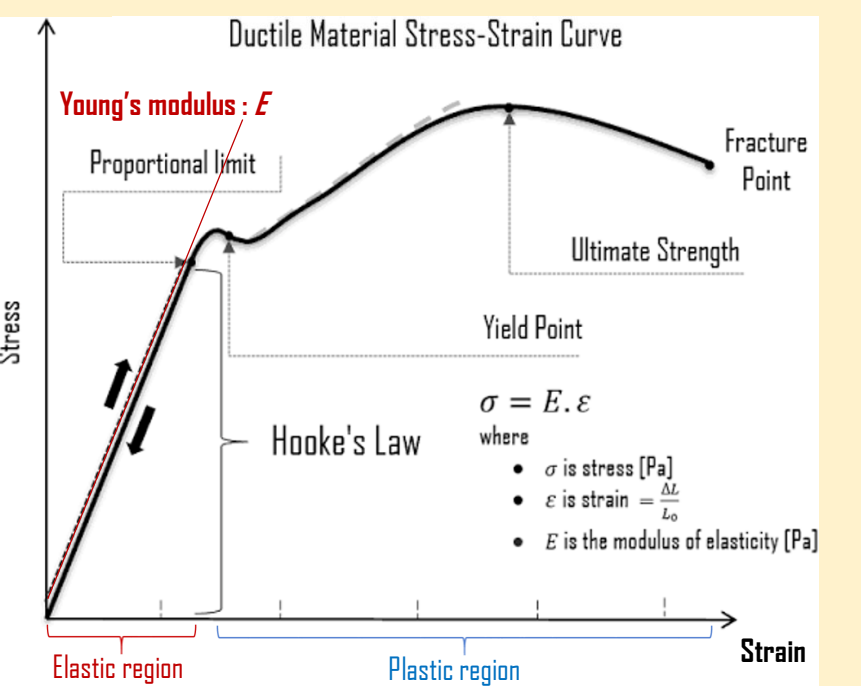
**Traction - Flexion - Compression**  
Ces 3 types d'essais mécaniques permettent d'obtenir des informations sur les comportements élastique/plastique et le degré de résistance à la rupture d'un matériau, lorsqu'il est soumis à une sollicitation uniaxiale.



5695 en traction

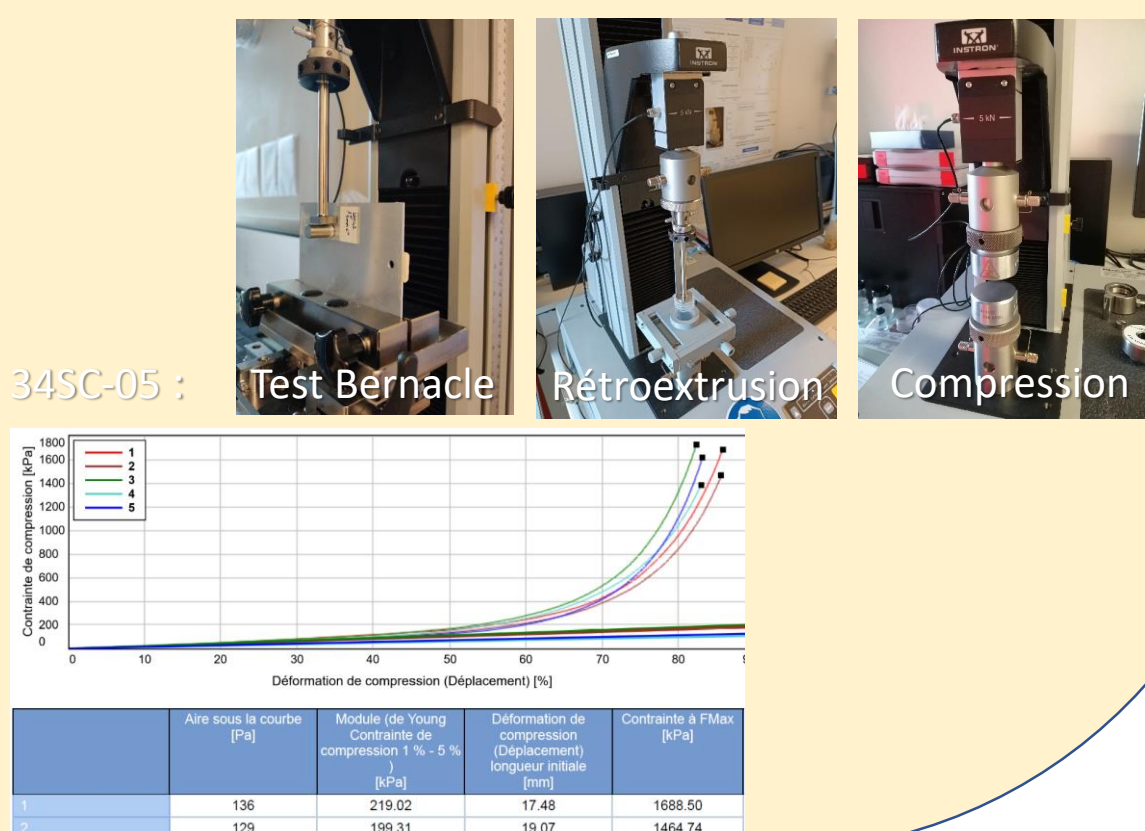


5695 en flexion 3 points

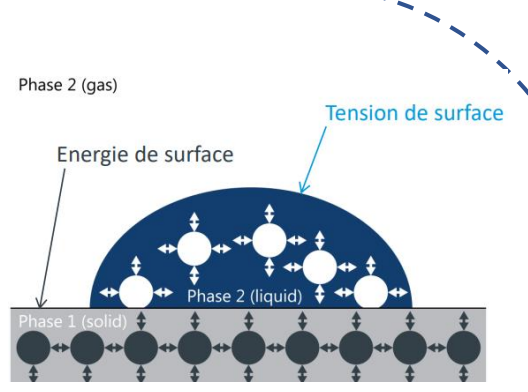
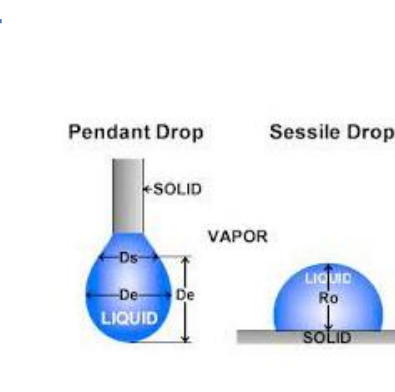


345C-05 en cisaillement

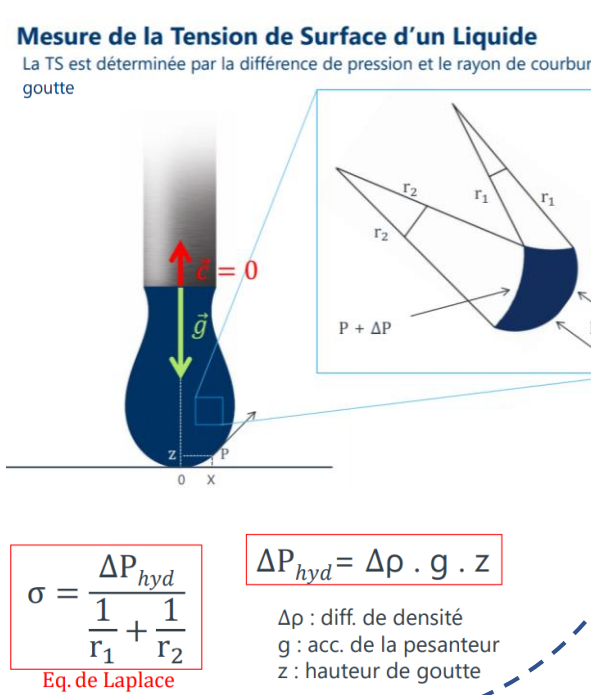
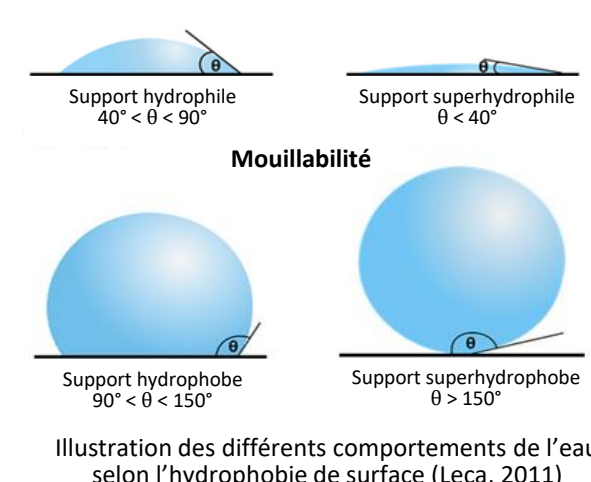
**Compression - Cisaillement en compression.**  
Le **test du bernacle** consiste à écarter un échantillon de matériau collé perpendiculairement à un support en appliquant une force de compression à partir de côtés opposés dans un plan parallèle. Ainsi, le matériau est soumis à un mouvement de glissement jusqu'à l'arrachement.



### Tension de surface & Angle de contact



- Le **Tensiomètre** permet de déterminer :
- l'**angle de contact θ**. C'est la mesure l'angle de la tangente du profil d'une goutte (déposée sur un substrat) avec la surface du substrat
  - la **moillabilité** est l'aptitude d'un liquide à s'étaler sur une surface (déterminée par θ)
  - l'**énergie de surface**. Elle est issue du calcul de la mesure du θ de 2 liquides connus sur le substrat à analyser
  - la **tension interfaciale dynamique entre deux fluides**. C'est l'analyse numérique de la forme du profil d'une goutte d'un 1<sup>er</sup> fluide formée dans un 2<sup>nd</sup> milieu.



### Lexique en mécanique des matériaux

- Rigidité (module d'Young ou d'élasticité, E)** : capacité d'un solide à s'opposer à des déformations lorsqu'il est soumis à des sollicitations.
- Elasticité** : propriété de reprendre sa forme initiale lorsque la force qui agit cesse.
- Dureté** : propriété de résister à la pénétration et à la déformation.
- Ductilité (déformation plastique)** : propriété à être déformé de façon irréversible sans se rompre.
- Fragilité** : propriété de rompre sans déformation.

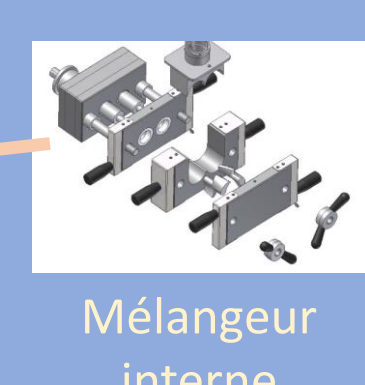
## Plateau de Mise en œuvre des Matériaux

Salle 34-44 425

L'extrusion réactive est une voie privilégiée pour la synthèse de nouveaux matériaux polymères et composites

**Rheoscam** (unité d'entraînement/régulation)

Ce procédé associe le déroulement de réactions chimiques grâce au Rheoscam couplé, soit à un mélangeur interne, soit à une vis simple (mono-vis) ou une double vis corotatives (bi-vis).



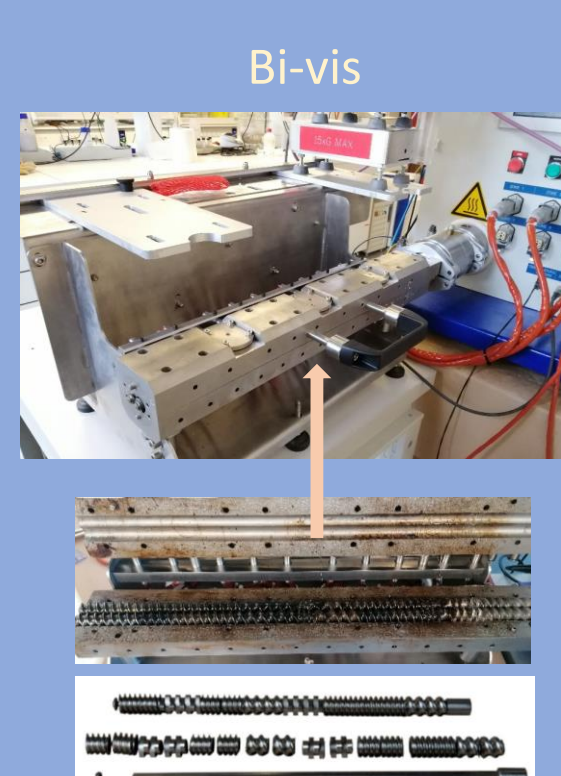
Mélangeur interne



Mono-vis



Bi-vis + boîtier réducteur



Bi-vis

Les presses sont utilisées pour réaliser des éprouvettes pour les essais mécaniques

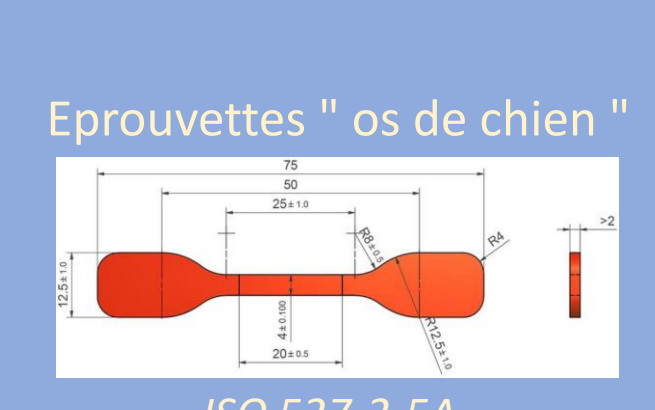
Le moulage par injection est un procédé industriel de mise en œuvre des matières plastiques thermo-formables. Nous évaluons l'injectabilité de nos matériaux et réalisons des éprouvettes.



Presse à injection



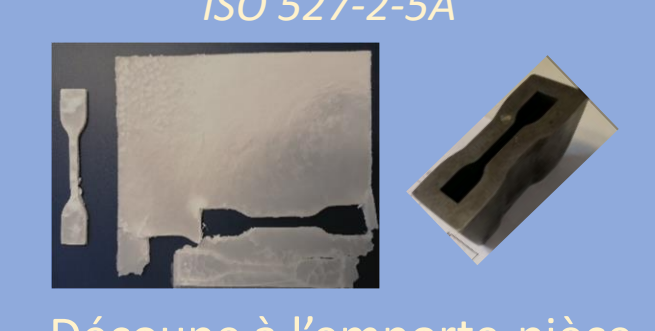
Moule pour éprouvettes de DMA



Éprouvettes " os de chien " ISO 527-2-5A



Presse Manuelle



Découpe à l'emporte-pièce



scamex