

# Caractérisation mécanique par nanoindentation

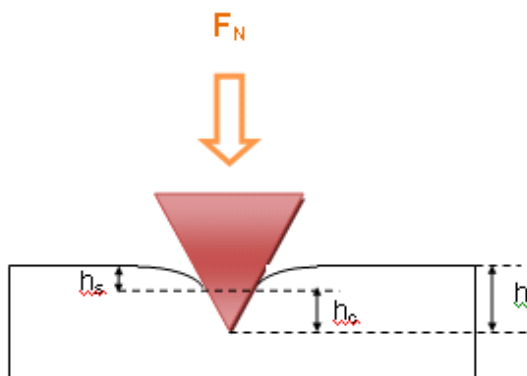
La nanoindentation est une technique d'indentation instrumentée permettant la détermination des propriétés mécaniques locales des matériaux. Elle peut aussi bien être appliquée aux matériaux massifs qu'aux revêtements ou couches minces.



RESCOLL est équipé d'un appareillage de nanoindentation de la société suisse CSM

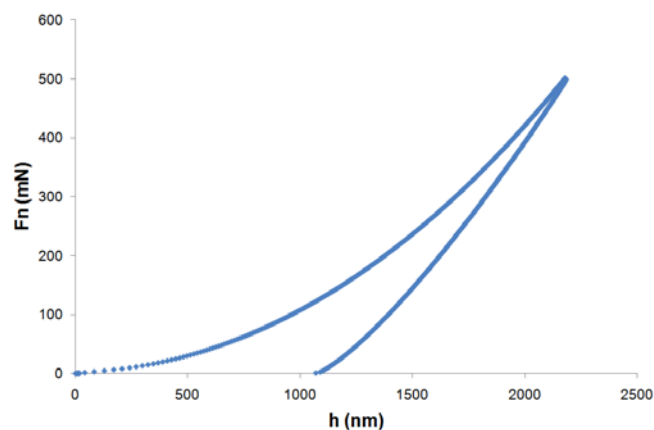
## Principe

La nanoindentation consiste à mesurer la profondeur d'enfoncement d'un indenteur de géométrie connue dans un matériau dans le but d'obtenir ses propriétés élastoplastiques.



Durant un test d'indentation un système d'acquisition enregistre la force appliquée en fonction de la profondeur de pénétration de la pointe. Ces deux paramètres sont continuellement mesurés lors d'une phase de charge et d'une phase de décharge. Le résultat est une courbe charge-déplacement.

Le pointe utilisée sur notre appareillage est une pointe Berkovich (géométrie pyramidale à base triangulaire). Nous pouvons appliquer une force normale comprise entre 0,3mN et 500mN.



Courbe charge - déplacement sur silice

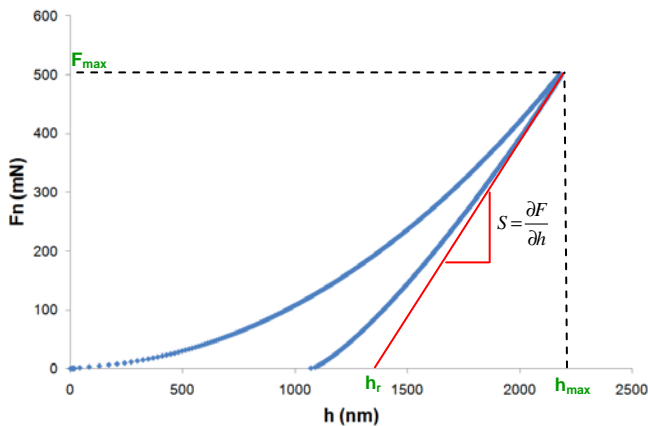


**RESCOLL**  
Centre Technologique

# Caractérisation mécanique par nanoindentation

## Propriétés mesurées

Les deux principales propriétés mesurées sont le **module élastique (E)** et la **dureté (H)** (selon la norme NF EN ISO 14577). Le modèle utilisé pour le calcul du module et de la dureté est celle développée par Oliver et Pharr. Il s'agit du modèle le plus largement utilisé dans le domaine de la nanoindentation.



L'aire de contact  $A_c$  entre l'indenteur et l'échantillon est défini pour la mesure de la dureté et du module élastique par la relation :

$$A_c = 24,56 \cdot h_c^2 \quad \text{pour un indenteur Berkovich}$$

$$\text{et} \quad h_c = h_{\max} - \varepsilon \cdot \frac{F_{\max}}{S}$$

### Détermination de la dureté :

$$H = \frac{F_{\max}}{A_c}$$

$E_r$  = module réduit.  
 $E_i$  = module de l'indenteur  
 $E$  = module de l'échantillon  
 $\nu$  = coefficient de Poisson

### Détermination du module :

$$S = \frac{\partial F}{\partial h} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot E_r \cdot \sqrt{A_c}$$

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1 - \nu_i^2}{E_i} + \frac{1 - \nu^2}{E}$$

Il est aussi possible de déterminer :

- Le fluage d'un matériau
- Travail élastique et travail plastique
- La ténacité

Plusieurs modes de mesure possibles :

- Simple indentation (point ou matrice de points)
- Essai multi-indentations à force progressive (obtention des propriétés en fonction de la profondeur).
- Essai en mode dynamique : obtention des propriétés en profondeur et détermination de  $E'$  et  $E''$  pour les polymères.
- Essais de fatigue

Contact : [jm.granger@rescoll.fr](mailto:jm.granger@rescoll.fr)

Site de RESCOLL : [www.rescoll.fr](http://www.rescoll.fr)

Blog de RESCOLL : <http://rescoll.fr/blog/>