

GRAPHENE : CARACTERISATIONS



Caractérisations à une échelle macroscopique

=> Diffusion de lumière

=> Comportement à l'équilibre ou en écoulement d'une dispersion

Caractérisations à une échelle microscopique

=> Spectroscopie Raman

=> AFM

=> Microscopie électronique

Granulométrie, diffusion de lumière

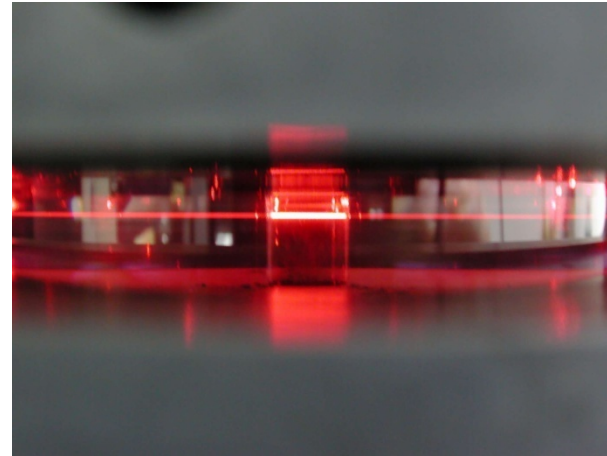
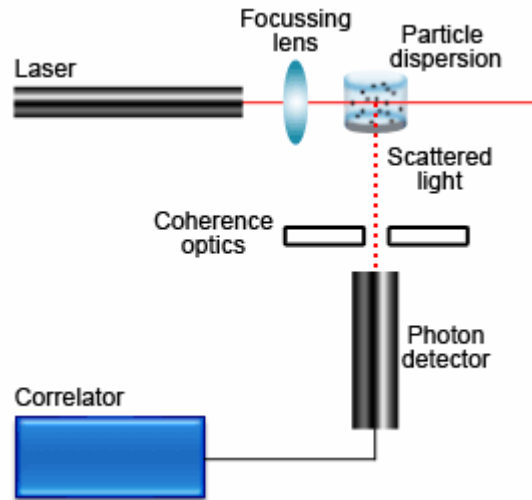
Diffusion dynamique de la lumière (DLS)

Analyse des fluctuations d'intensité diffusée

Fluctuations liées à la diffusion brownienne des particules

⇒ Coefficient de diffusion D_t

$$D_t = \frac{kT}{6\pi\eta R_h}$$



Rayon hydrodynamique R_h sphère équivalente à l'objet étudié.

Besoin de modèles pour aller plus loin: lien entre D_t et les dimensions d'un disque par exemple.

Particularités graphène:

Grand rapport d'aspect => systèmes très dilués

Puissance laser à limiter pour éviter convection

Polydispersité

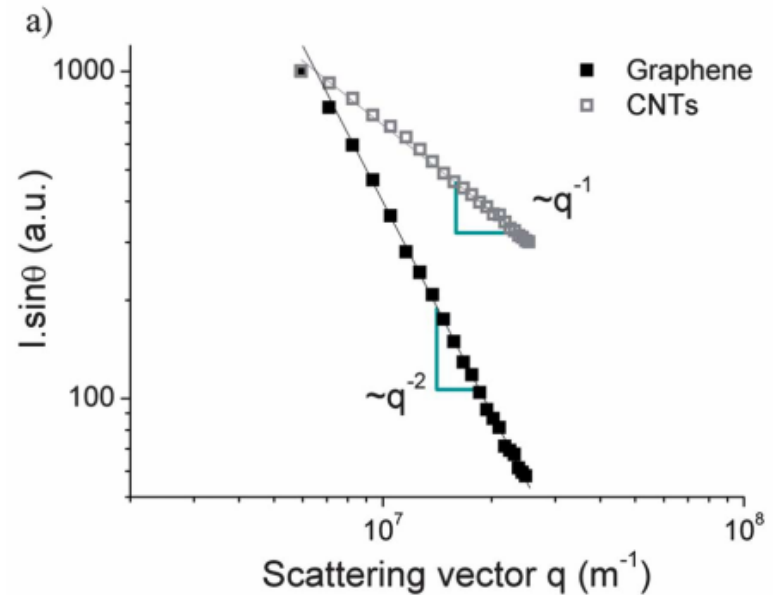
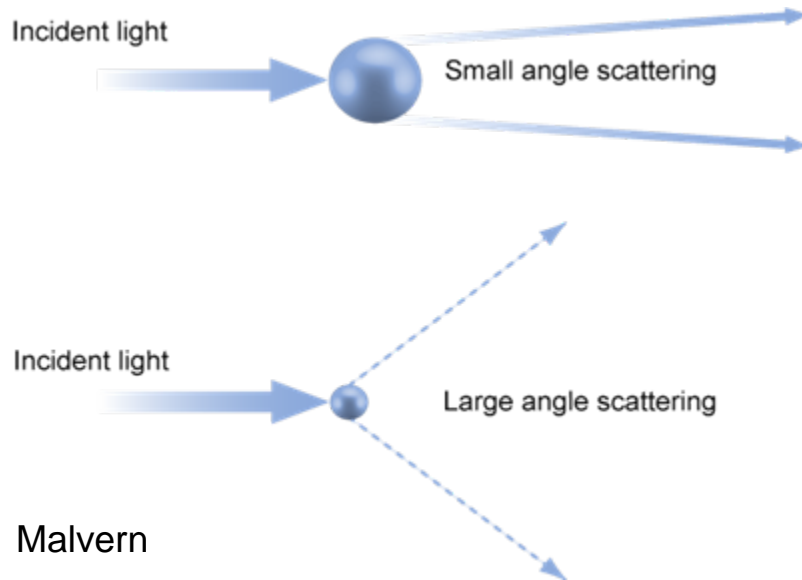
Ne dit rien sur la forme : ruban, disques, rectangles ?

Difficile avec très grandes particules $10\mu\text{m}$ (temps de corrélation trop longs)

Granulométrie, diffusion de lumière

Diffusion statique de la lumière (Laser diffraction)

Analyse de l'intensité diffusée en fonction de l'angle de diffusion



A. Pénicaud *et al.* 2012

Particularités graphène :

Ok pour grande particules

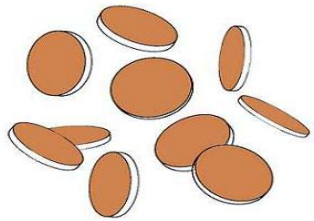
Plus difficile pour petites particules < 500 nm

Polydispersité

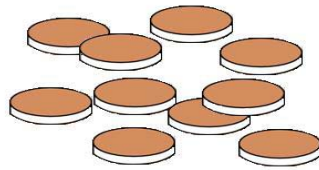
Dit que l'on a des objets plans (utiles pour mélanges ou modifications de forme comme enroulement, froissement)

Diagramme de phases

Les limites de transition dépendent du rapport d'aspect des particules

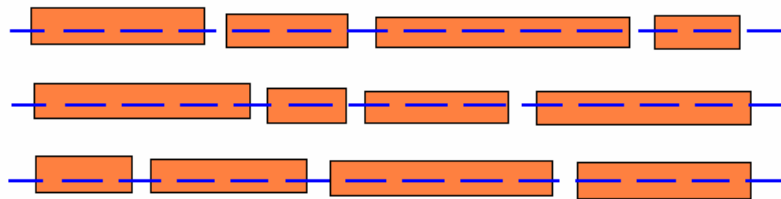
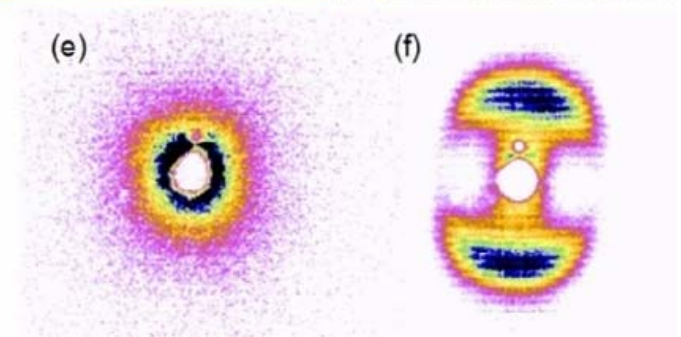
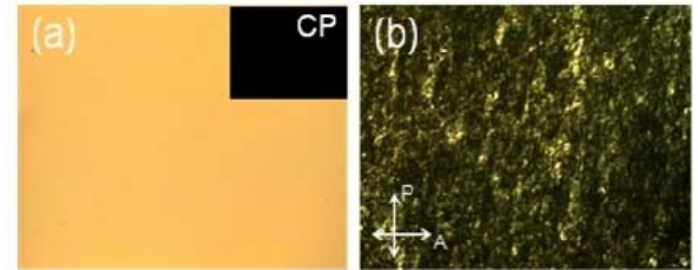


ISOTROPIC

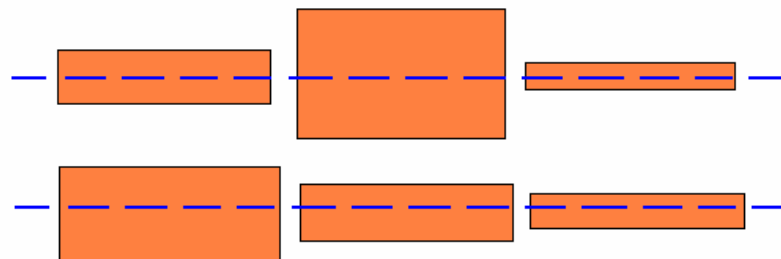


NEMATIC

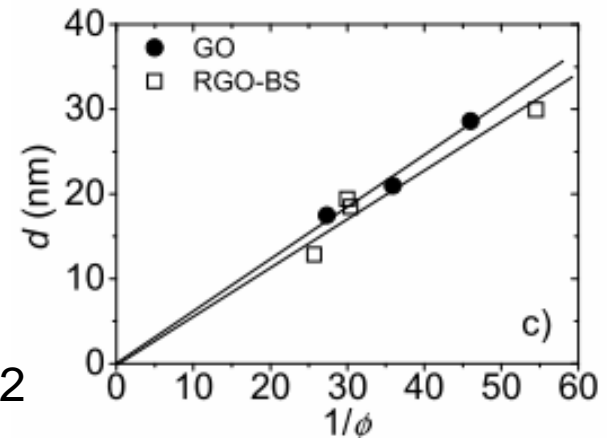
$$\phi^* \approx 4 \frac{\delta}{D}$$



Pseudo smectic



Rayons X confirment la présence d'objets plans, l'exfoliation et donnent l'épaisseur des feuillets



C. Zamora *et al.* 2012

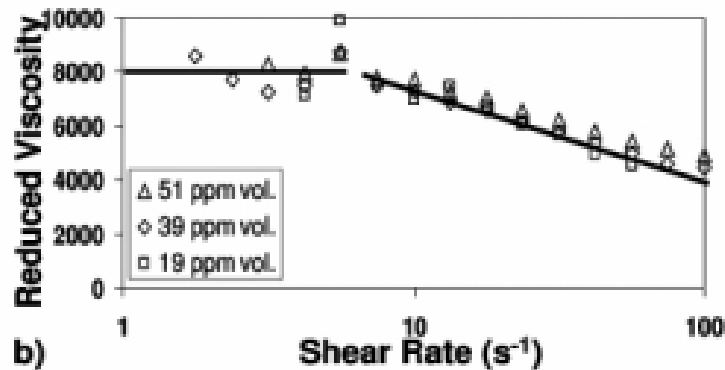
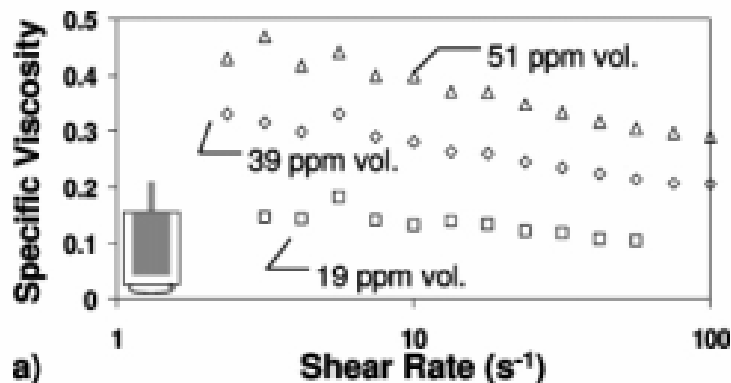
Rhéologie

Indirecte mais facile à mettre en oeuvre, systèmes dilués

Viscosité à bas taux de cisaillement dépend du rapport d'aspect des particules

Rhéofluidification de suspensions composées de particules anisotropes

Validation du concept pour CNT (M. Pasquali, Rice Univ)



Compétition
Mvt Brownien
Ecoulement

Toujours pas réalisé sur graphène (Revue Kim *et al.* 2010) ?

Approche valable pour particules ~1 μm

Difficile avec grand graphène :

Dilués (variations de viscosité faibles)

$$W_i = \frac{4\eta d^3 \dot{\gamma}}{3kT}$$

- Graphène 1 μm : 10⁻¹ – 1 s⁻¹
 - Graphène 10 μm : 10⁻⁴ – 10⁻⁵ s⁻¹
- γ

A suivre ...

Caractérisations macroscopiques

On a des particules planes dont on connaît les dimensions moyennes mais aucune information sur la forme, la nature chimique, l'exfoliation (hors CL) et on a travaillé avec des liquides et non une poudre.

**Caractérisations à un niveau microscopique
pour en savoir plus**