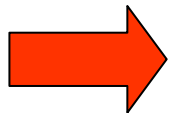


# L'approche sécurité des nanoparticules au CEA

H. Burlet, F. Tardif  
CEA/LITEN Grenoble

## LE CONSTAT

- On ne sait pas aujourd'hui s'il existe des nanoparticules toxiques pour l'homme et l'environnement
- Il existe des premiers résultats de nanotoxicité qui peuvent susciter une certaine prudence



**Il faut appliquer le principe de précaution !**

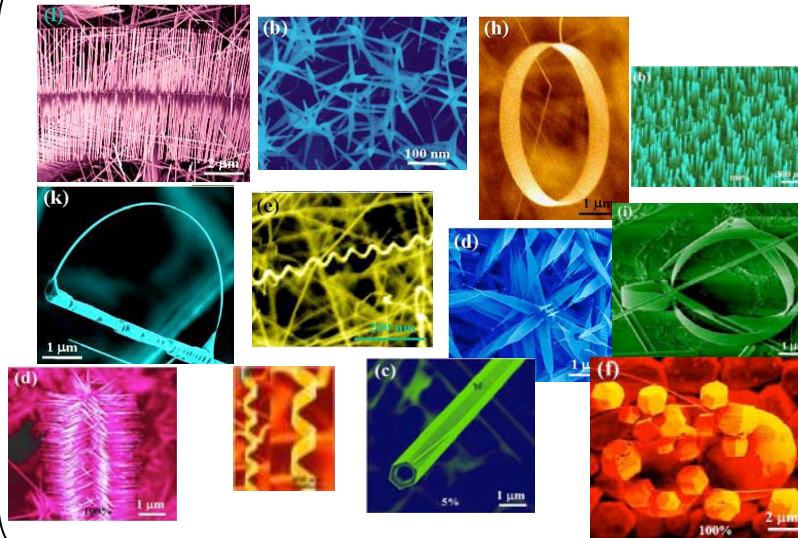
**1<sup>ère</sup> stratégie : utiliser des particules > 100 nm si c'est possible**

## 2<sup>ème</sup> stratégie : minimiser l'Exposition

$$\text{Risque} = \text{Danger} \times \text{Exposition}$$

La nanotoxicologie : un sujet complexe  
➔ Rendez-vous dans quelques années ...

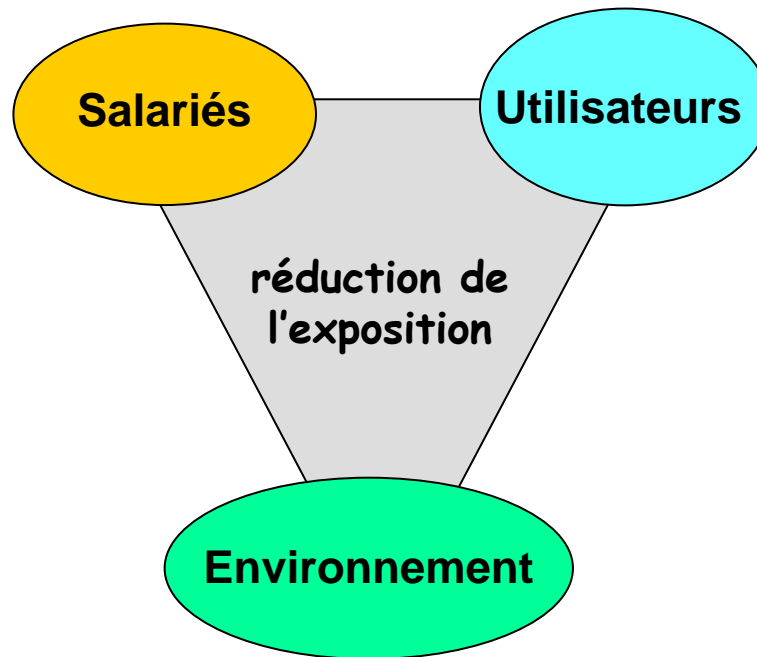
Nano  
ZnO



Une exposition → 0  
rend le risque  
acceptable quel  
que soit le danger

Stratégie  
Réduction de  
l'exposition

**A appliquer tout le long de la vie des produits**



# Réduction de l'Exposition au poste de travail

## Protection des salariés



✓ Ingénierie de la sécurité pour les ateliers et les laboratoires



✓ Métrologie pour le monitoring, Comportement des nanoaérosols



✓ Test des équipements de protection individuelle et des filtres



✓ Formation permanente



✓ Suivi médical des salariés



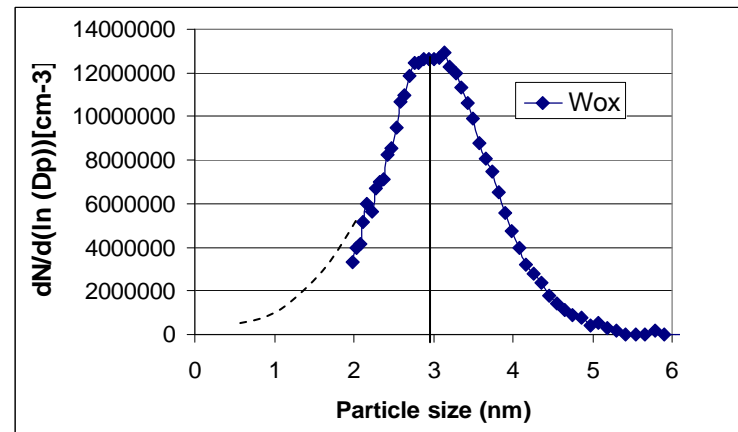
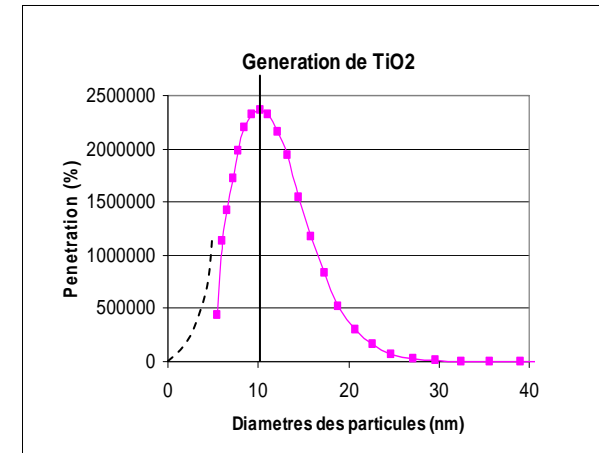
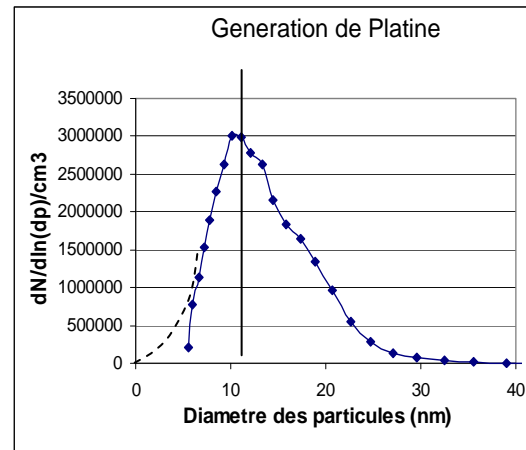
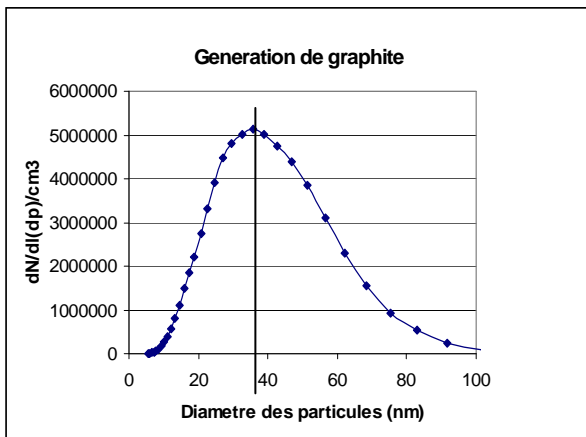
✓ Intervention



## Mise au point de sources de nanoparticules calibrées

### Etude au niveau 1 nm

### Etude au niveau 10 nm



- . Décharge plasma
- . Fil chaud

# Métrologie des nano particules jusqu'au niveau 1 nm

- Equipements de mesure du commerce :
  - . Compteur optique → 50 nm
  - . SMPS (référence) → 7 nm
  - . Tri DMA + comptage CNC



SMPS: Scanning Mobility Particle sizer  
CNC : Compteur à noyaux de condensation

- Prototypes d'équipement de mesure pour le niveau 1 nm :



**Prototype de DMA  
GRIMM 0.8 - 40 nm**

**+ électromètre  
Sensibilité 20 part/mL)**

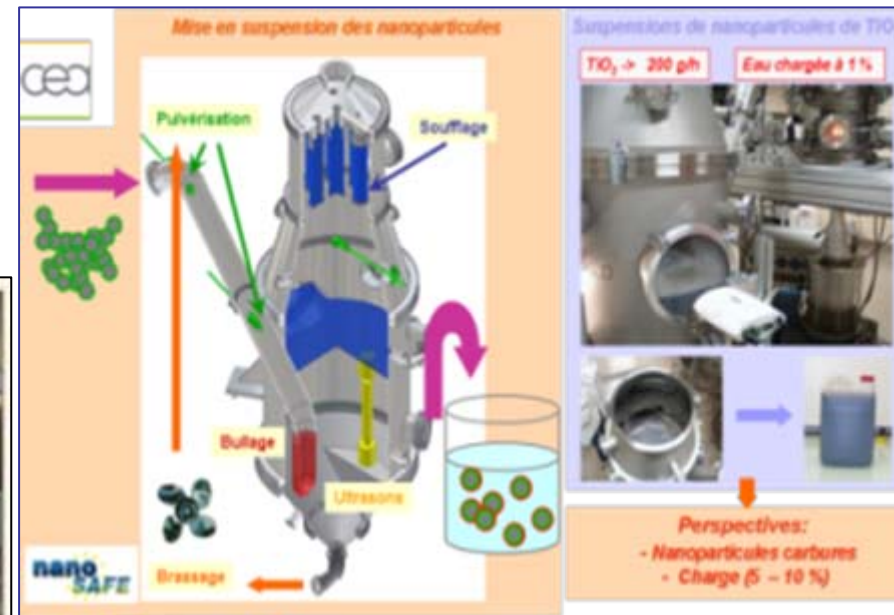
DMA : Differential mobility analyser

## Atelier de broyage sécurisé Nanomill du laboratoire au pilote

- . Equipments en dépression sous argon (boite à gant, réacteur de broyage,...)
- . Confinement à double barrière (physique + dynamique)
- . Filtres HEPA sur les exhausts
- . Optimisation des procédés pour acceptabilité industrielle



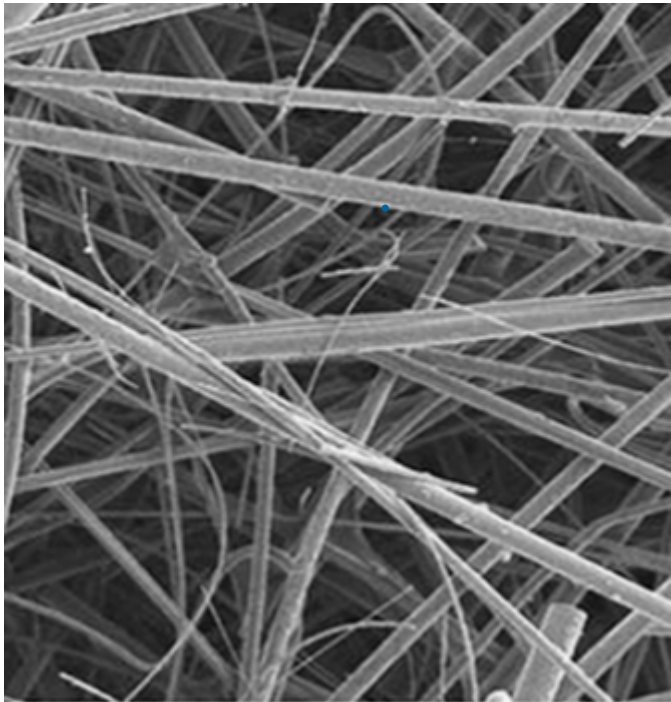
## Pilote de pyrolyse laser sécurisé . Collecte des nanoparticules en voie liquide



# Test des filtres jusqu'à quelques nm

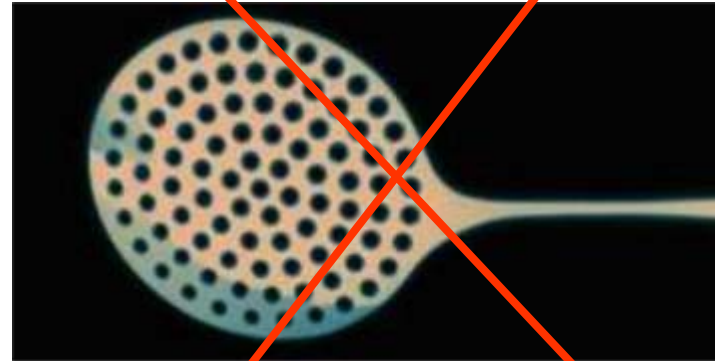


Les filtres à fibres sont constitués de fibres microniques



**Banc test sécurisé pour l'évaluation des filtres**

- . Boite à gant en dépression
- . Filtre HEPA

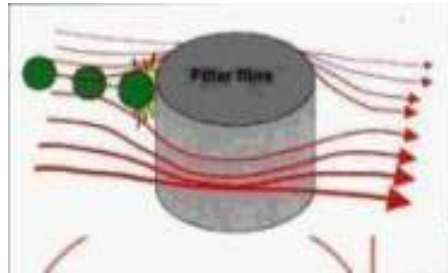


**➔ Les filtres à fibres ne fonctionnent pas comme des écumaires !**

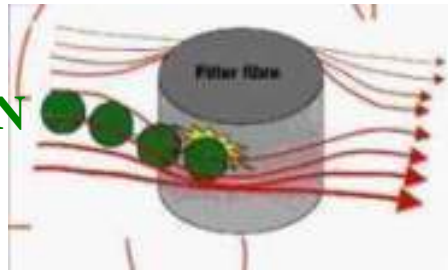
# Test des filtres jusqu'à quelques nm

Les 4 mécanismes de collection :

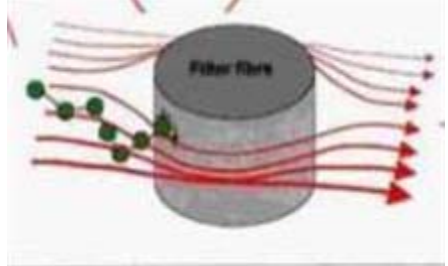
❖ **INERTIE**



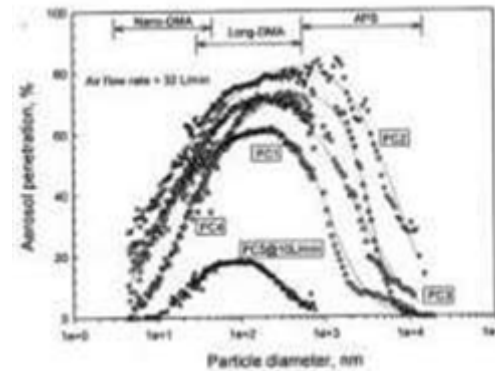
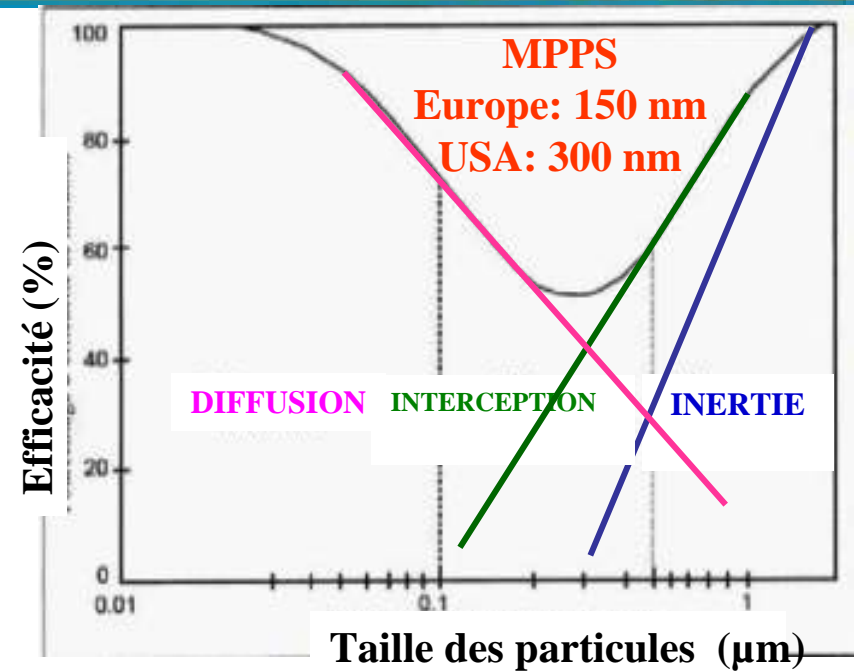
❖ **INTERCEPTION**



❖ **DIFFUSION**



❖ **ELECTROSTATIQUE**

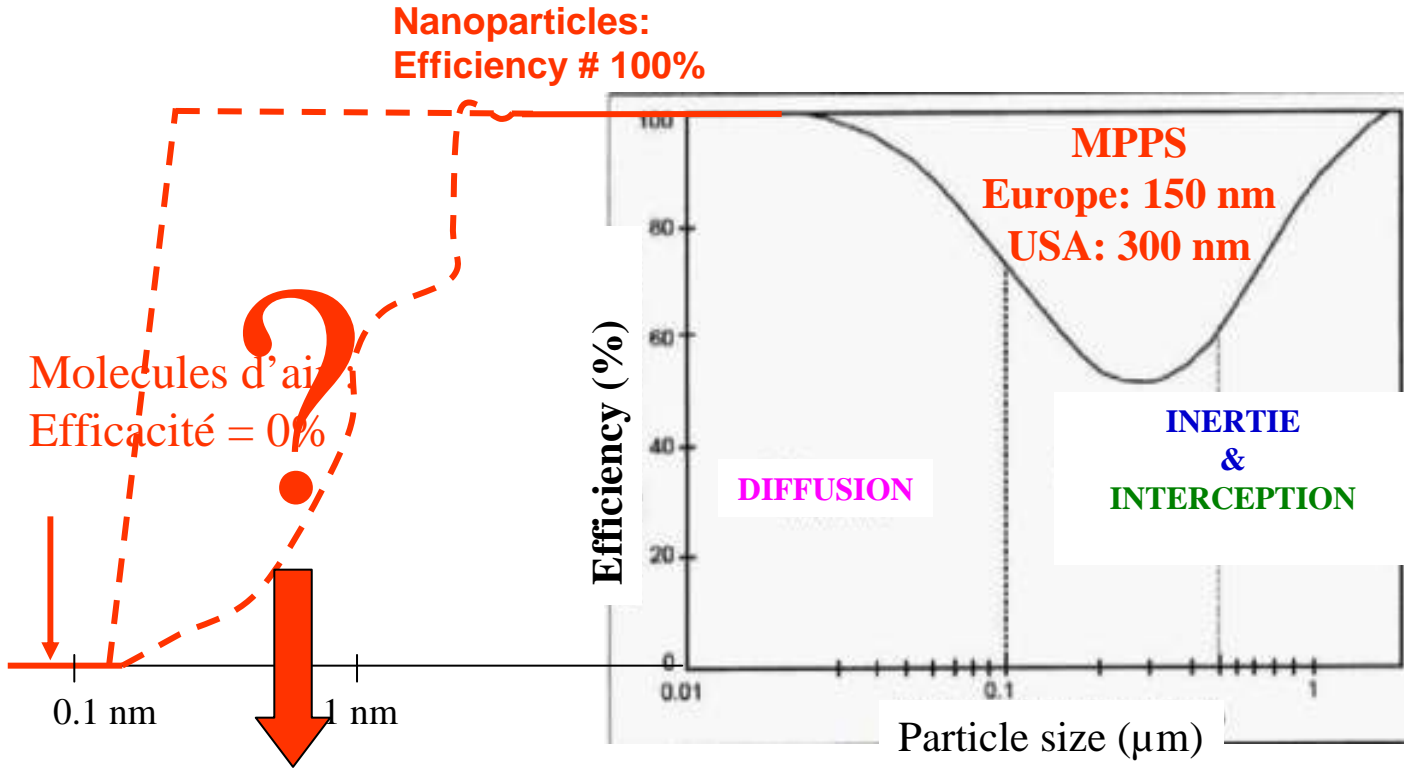


On parle de perméance (pénétration) (1- efficacité)

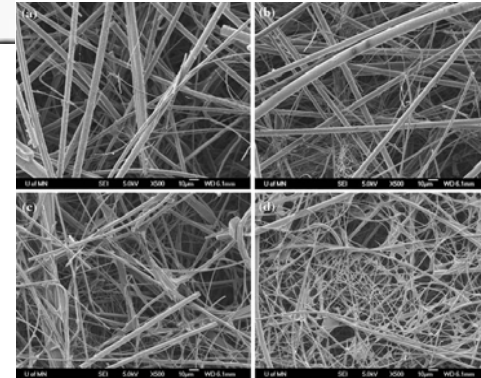
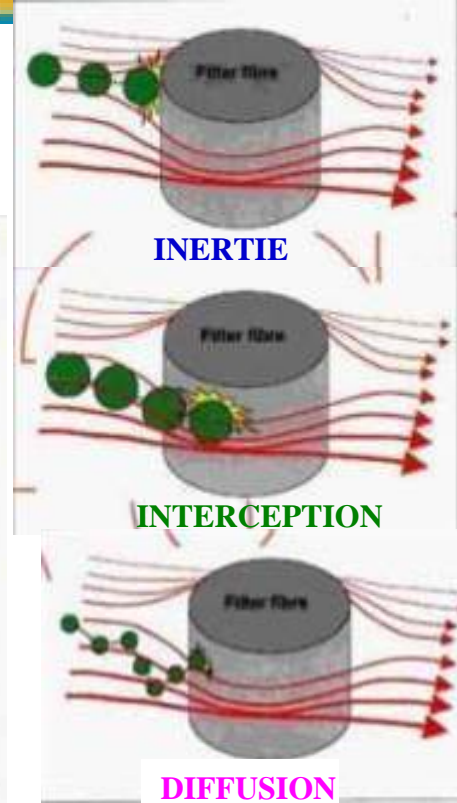
MPPS : maximum penetrating particle size

➔ **Théorie : pas de baisse d'efficacité pour les nanoparticules !**

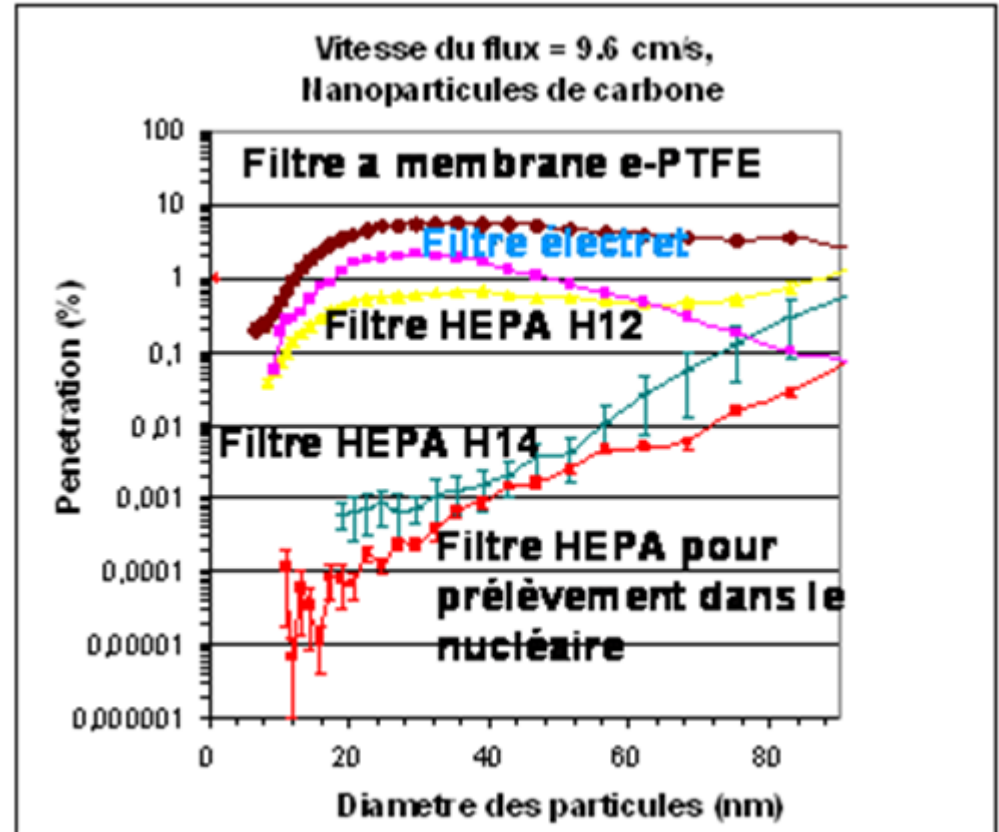
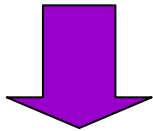
# Test des filtres jusqu'à quelques nm



**Rebond thermique**  
or not rebond thermique that is the question ...



# Test des filtres jusqu'à quelques nm

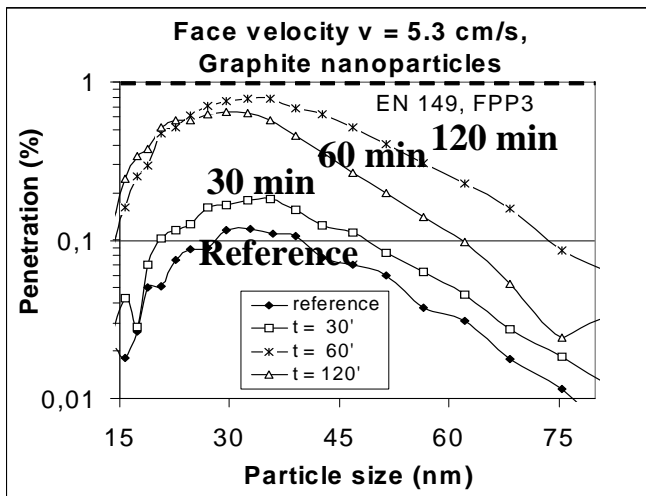


Résultats conformes à la théorie (pas d'effet de rebond thermique) : pas de baisse d'efficacité pour les nanoparticules !

# Test des EPI jusqu'à 10 nm

## Test des masques électrostatiques

- Les masques électrostatiques présentent une fraction la plus pénétrante à 30 nm (la norme préconise un test à 600 nm)
- Décroissance de l'efficacité avec la durée d'utilisation (humidité de la respiration)

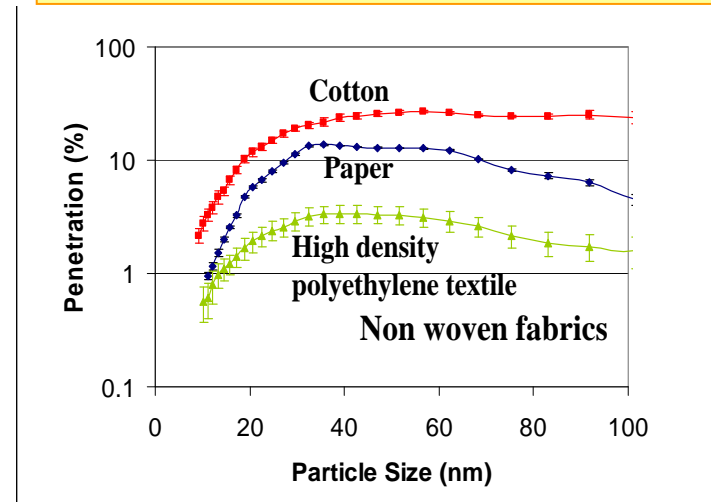


## Test des gants

- Malgré leur porosité intrinsèque les gants sont très efficaces contre les nanoaérosols (quid des nanocolloïdes?)

## Test des vêtements de protection

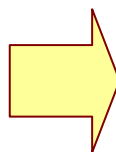
- Meilleurs résultats obtenus pour les tenues type Tyvek plutôt que coton



- ➔ Les gants, les tenues en non tissé type Tyvek sont très efficaces
- ➔ Masques électrostatiques : limiter la durée d'utilisation et modifier la norme EN 149 FFP3

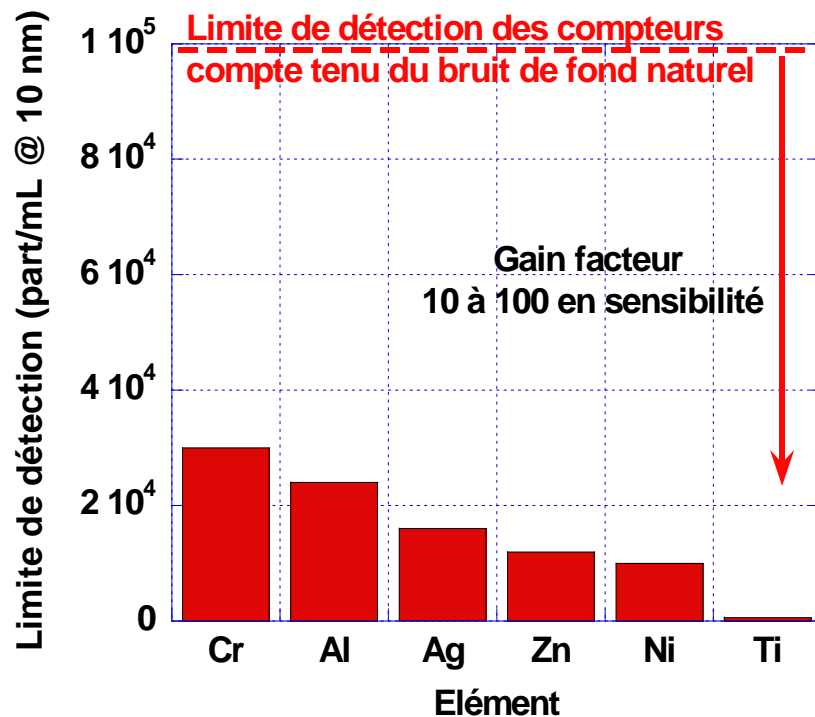
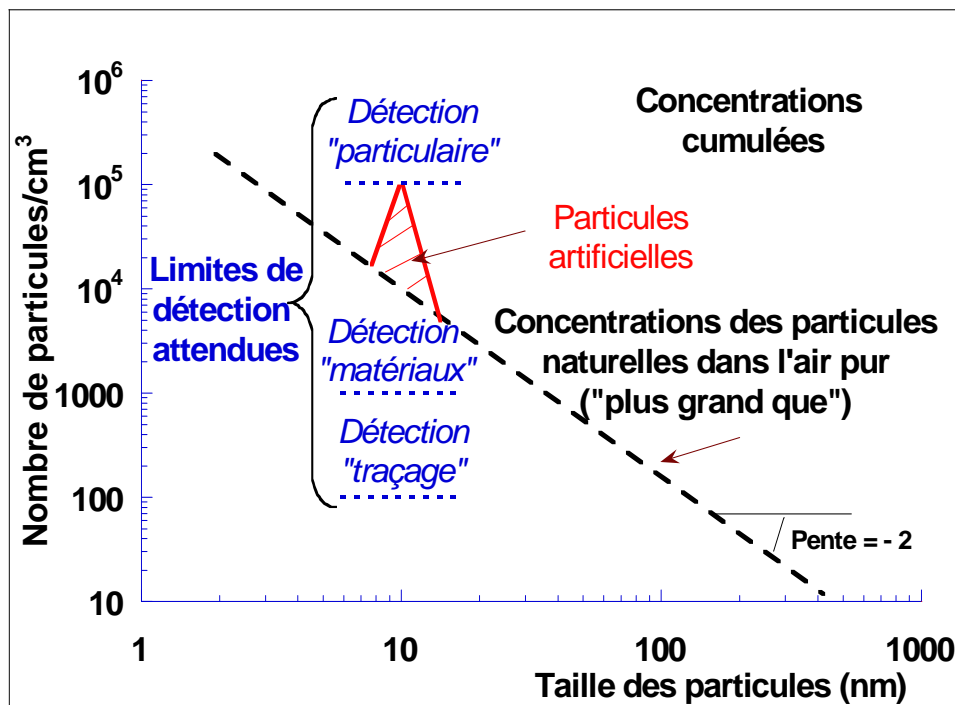
# Métrieologie pour le monitoring des nanoparticules au poste de travail

**Monitoring : comment détecter en continu les nanoparticules fabriquées parmi 10 000 part/cm<sup>3</sup> naturellement présentes ?**



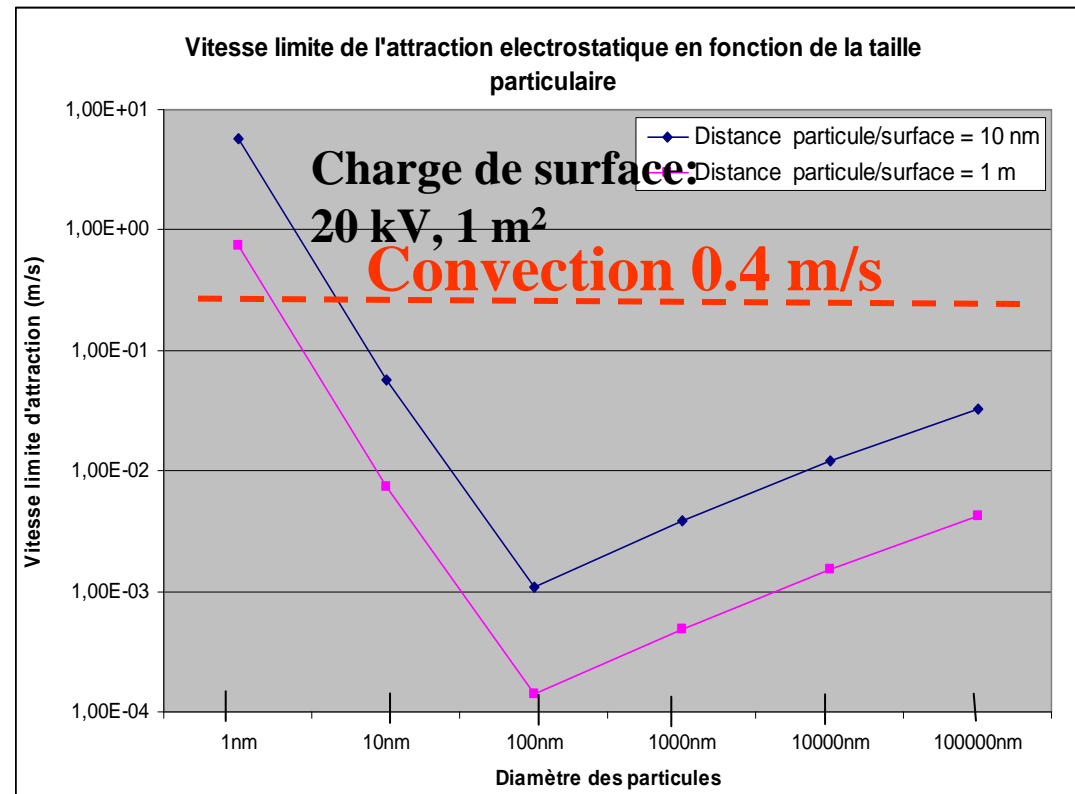
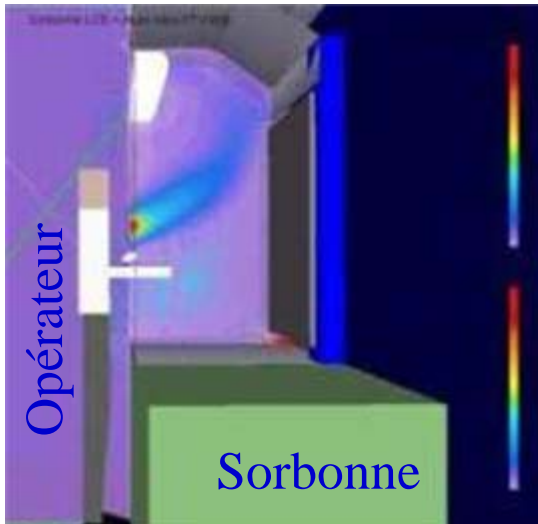
**détection spécifique des nanoparticules fabriquées (analyse élémentaire)**

. Mise au point de méthodes de purification des filtres et de dissolution des nanoparticules avant mesure par ICPMS



## Comportement des nanoparticules dû aux charges électrostatiques

- Les calculs montrent que les nanoparticules sont encore plus sensibles aux champs électrostatiques (0.4 m/s peuvent être atteint)
- Les simulation montrent que les matériaux des sorbonnes et des habits doivent être électrostatiques



→ Les nanoparticules sont très sensibles aux charges électrostatiques

# Réduction de l'exposition pour les usagers/environnement

## Protection des consommateurs



✓ Mesure du relargage des nanoparticules des produits nano



✓ Traçage des nano produits



## Protection de l'environnement



✓ Efficacités de filtration , protection de la ressource en eau



✓ Traitements de fin de vie des nano produits

**objectif de normalisation**

# Mesure du relargage des nanoparticules des nano produits

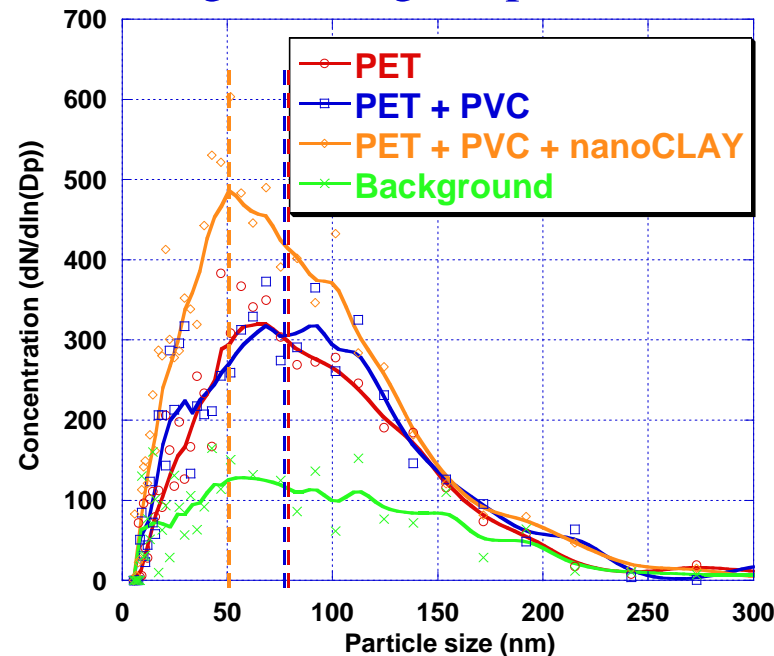
## Mise au point d'un banc de test basé sur la norme TABER

- . Mesure par SMPS du relargage des nanoparticules par abrasion
- . Augmentation de la sensibilité par un facteur 100 avec une tête de nouvelle génération



→ Un nouvel équipement de caractérisation du relargage des nanoparticules  
→ Norme proposée à la CEN, ISO

Ex.: Nano argile relarguée par un tissu IFTH (PET + PVC)



## Formation à l'INSTN de Grenoble



### E-learning: Nan☺Smile<sup>Education</sup>

- . Interactif, films, animations
- . Présentation à adressage direct
- . Procédure d'évolution en continu avec l'avis des internautes

- . Information sur les nanotechnologies
- . Best practices
- . Connaissances en nanotoxicologie
- . Métrologie et EPI
- . Communication interne & externe



<http://www.nanosmile.org>

Auteur: Yves.Sicard@cea.fr

## ➤ Une approche maîtrisée à Grenoble

- ✓ détection jusqu'à 1nm
- ✓ EPI qualifiés
- ✓ Procédés/ambiance sécurisés
- ✓ formation & guide de bonnes pratiques

## ➤ A venir :

- ✓ Étude des nanocolloïdes
- ✓ Diffusion de l'approche aux centres NanoINNOV & industriels
- ✓ Contribution aux normes

