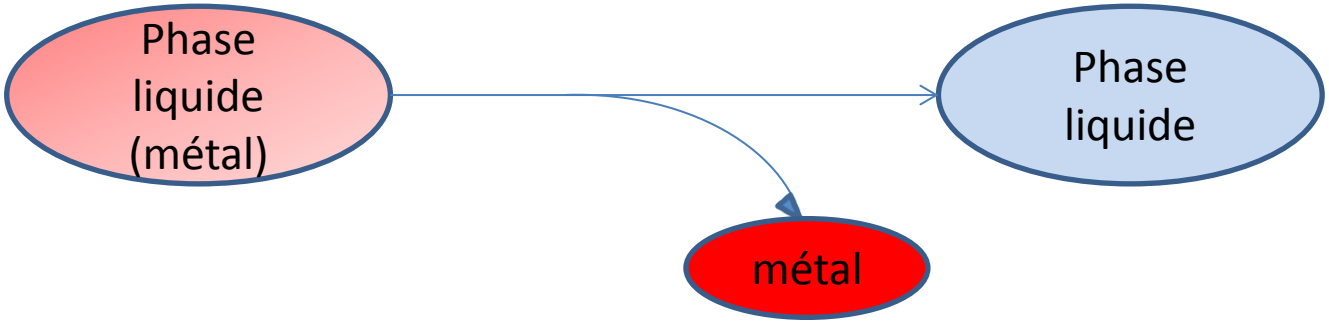
Projet « CYTER » : reCYclage des TErres Rares

Ekaterina Shilova, Pascal Viel, Vincent Huc

AAP « Valorisation »

Université Paris Sud – ICMMO / CEA Saclay

Récupération d'ions métalliques en phase liquide : un enjeu majeur



<u>Dépollution</u> : - métaux lourds (Pb, Cd, Cr, Cu…)
- éléments radioactifs (Cs, Sr ; Fukushima)

<u>Valorisation de ressources minérales</u> :
- métaux lourds (Pb, Cd, Cr, Cu…)
- éléments radioactifs (Cs, Sr ; Fukushima)

Récupération d'ions métalliques en phase liquide : un enjeu majeur

H2O (métal) → H20

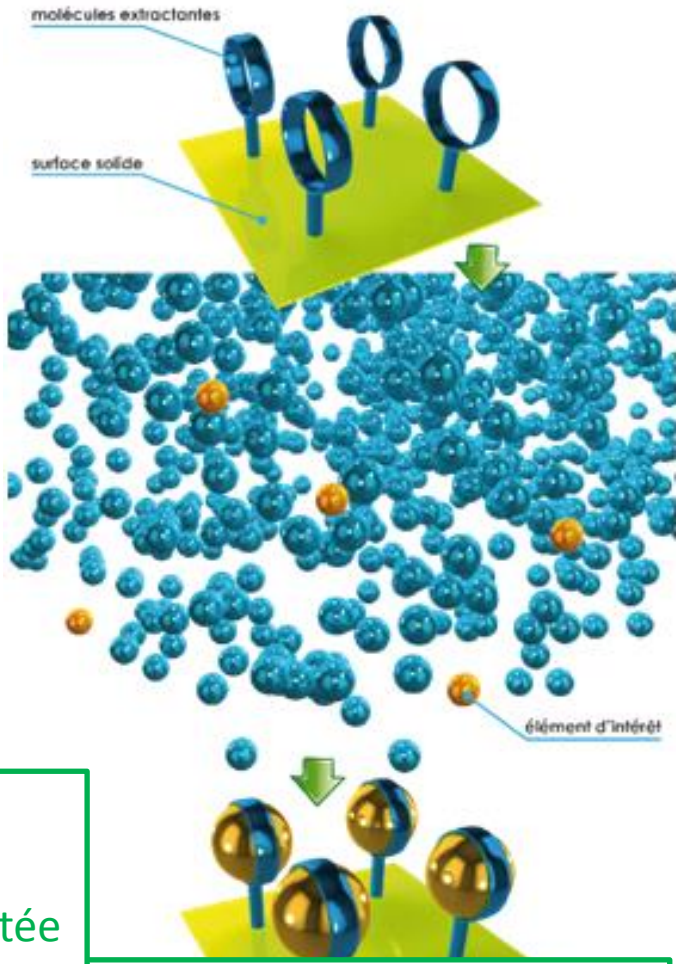
Solvants Organiques (extractant) → Solvants Organiques (métal)

Solvants Organiques (métal) → métal

Solvants Organiques (extractant) → DECHETS ! Environnement coûts

- Selectivité
- Film mince
- Chimie du surface adaptée
- Haute surface spécifique / capacité de capture (nanostructuré)

extraction solide-liquide



Mise en œuvre simple
Moins de déchets secondaires
Stockage aisé
Aisément recyclables

Récupération d'ions métalliques en phase liquide : un enjeu majeur

Greffage de Calixarènes (entre autres) sur surfaces :
- **décontamination en milieu nucléaire**
- **Récupération de métaux « stratégiques » (lanthanides…)**

CEA/Université Paris-Sud

Ekaterina Shilova

Césium 137 :
-Fortement radioactif
-Difficile à précipiter complètement
-Très mobile
→ filière de récupération spécifique

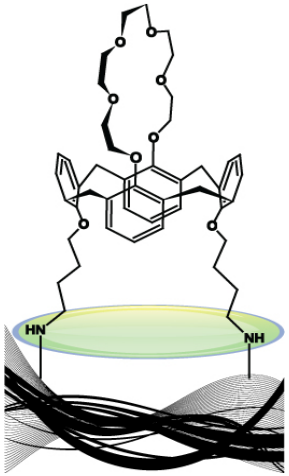
1) Précipitation par ferrocyanures

2) Solutions peu concentrées
→ extraire complètement ?

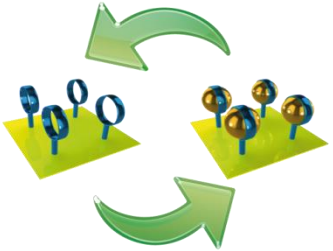
Extraction liquide / liquide par calix[4]arènes (ligand césium) (ex.: procédé DOE, 20000m^3/an)

Énormes volumes d'effluents secondaires : $$$!

Extraction liquide / solide : greffage calixarènes (césium) sur surfaces conductrices (régénération) : feutres de carbone (nanotubes)



Régénération Électrique (sans déchets 2nd aires)



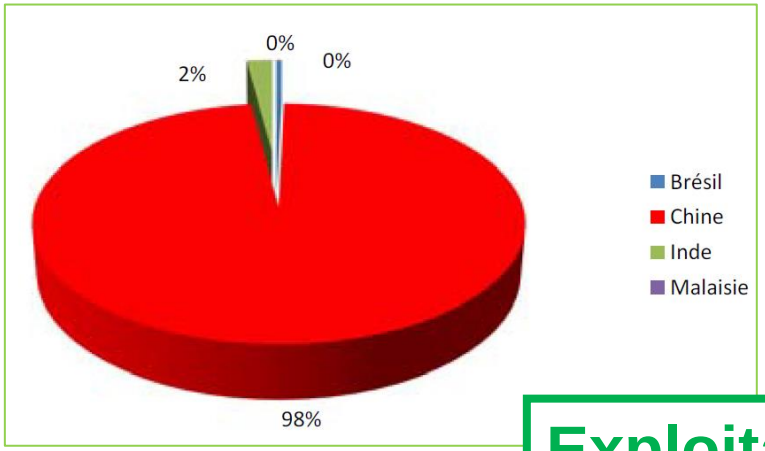
Généralisation : terres rares

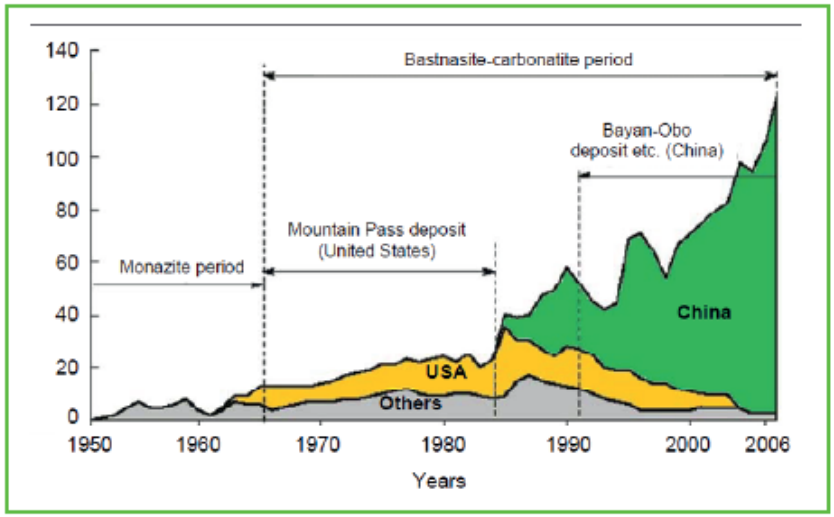
J Brevet européen, déposé le 24/02/2012, n°12305221.9

Les terres rares : indispensables aux technologies de pointe

Projet CYTER : reCYclage des TErres Rares

Les terres rares :
un monopole Chinois…

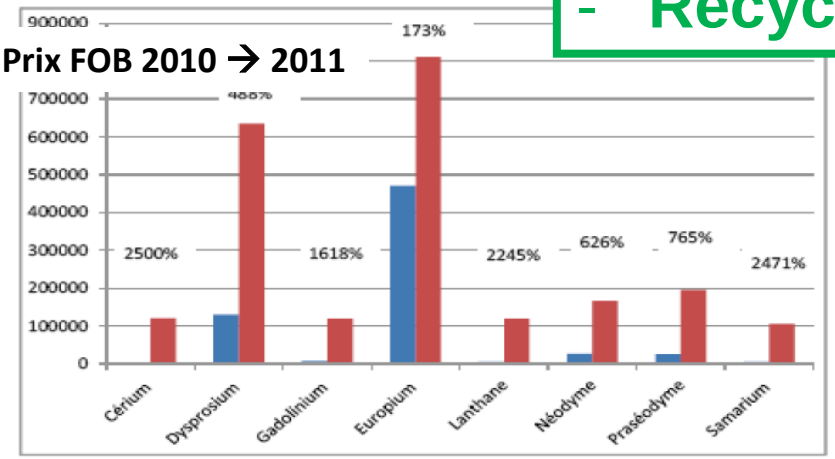


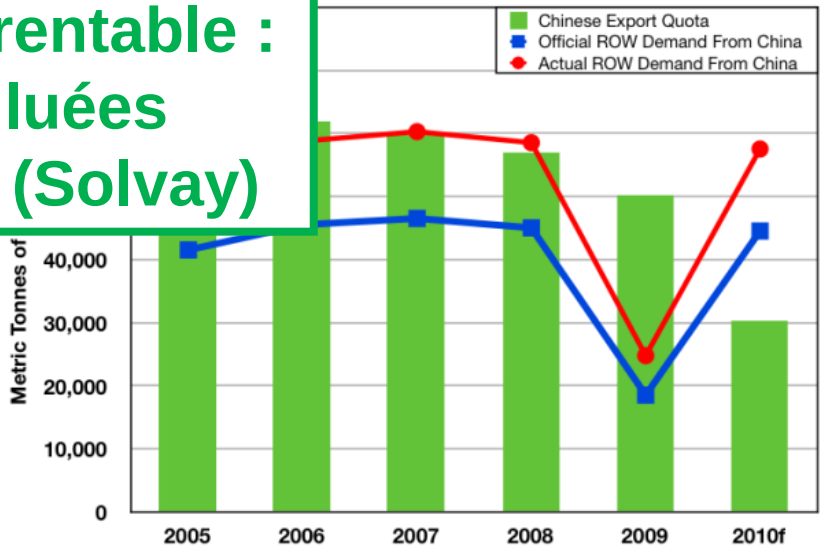


Production mondiale totale estimée
2010, exprimée en tonnes d'oxydes
133 260 t

Exploitation rentable :
- **Sources diluées**
- **Recyclage (Solvay)**

Prix FOB 2010 → 2011

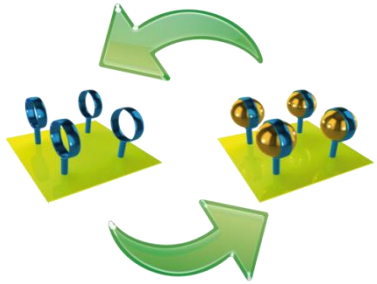




Distorsions de concurrence

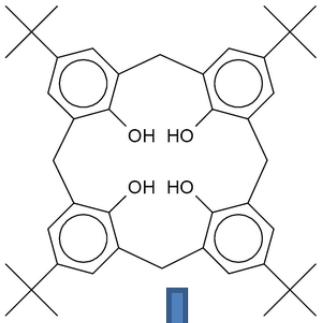
Prix arbitraires

Projet CYTER : reCYclage des TErres Rares

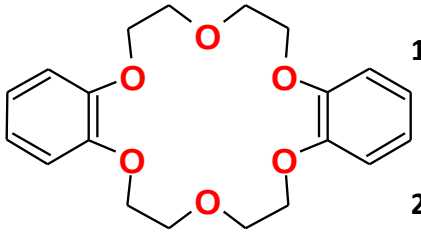


CYTER : nouveaux ligands

- sélectifs des lanthanides
- Adaptés au greffage sur surfaces



1) Fonctionnalisation
2) greffage

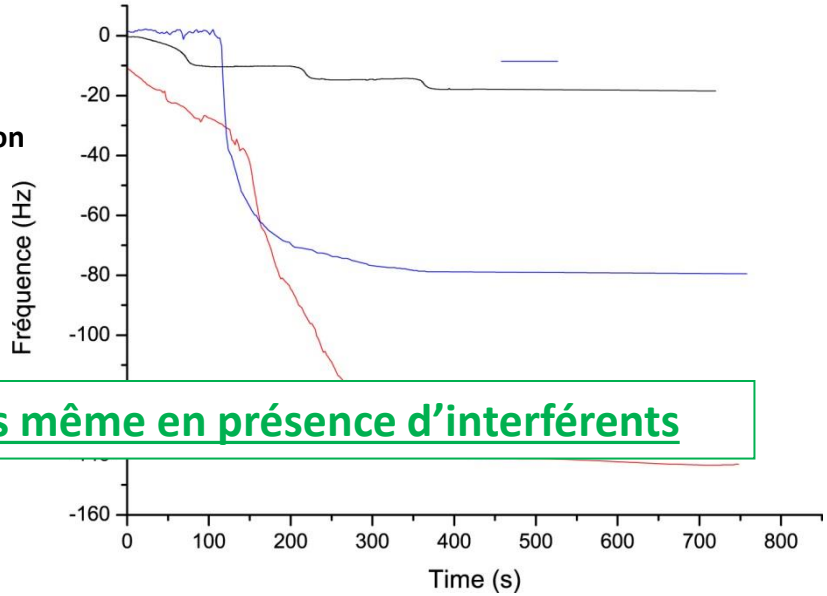


1) Fonctionnalisation

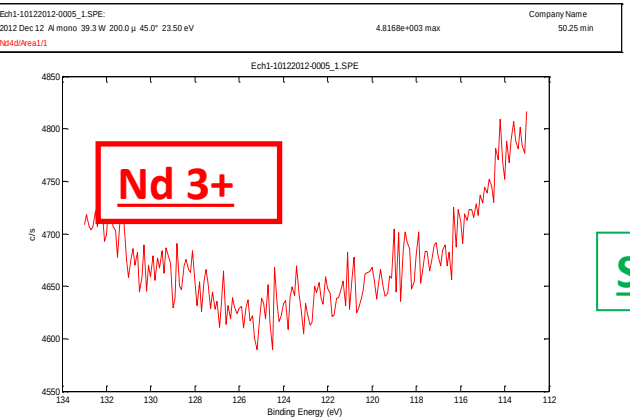
2) greffage

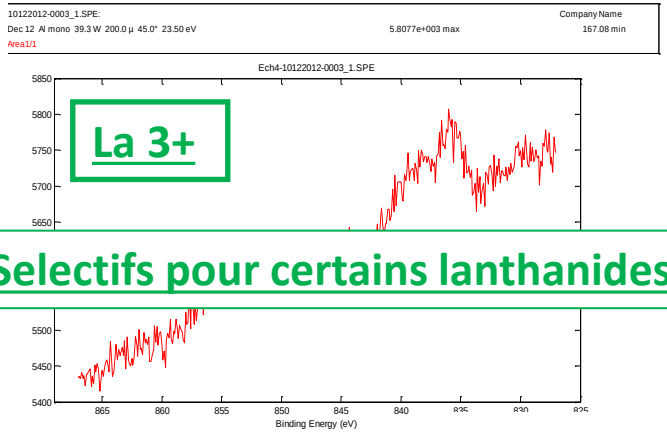
QCM

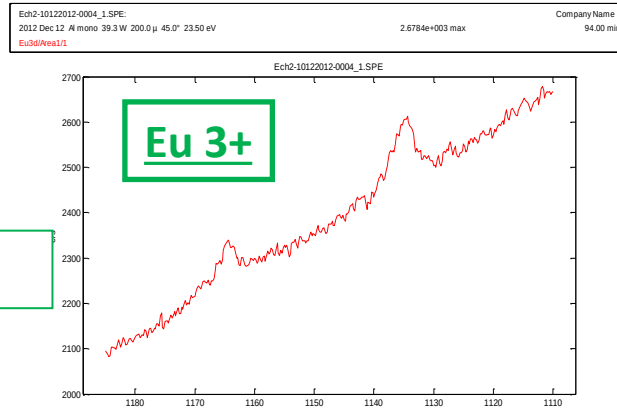
Yb 3+



Selectifs même en présence d'interférents







Selectifs pour certains lanthanides

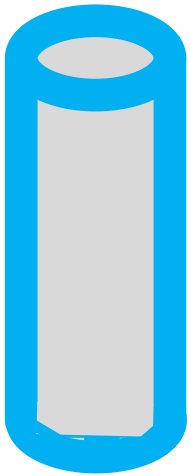
Brevet déposé 3 avril 2014, FR 14/52958

Projet CYTER : reCYclage des TErres Rares

CYTER : de nouveaux matériaux en films minces à forte capacité de capture

Traitement « de finition » (récupération / valorisation de faibles concentrations

- **Augmentation quantité adsorbant/fibres ?**
- **Diffusion dans le film adsorbant (hydrophilie) ?**



- **Revêtement "3D" → très grande capacité de capture**
- **Revêtement parfaitement hydrophile : diffusion "à coeur" de la solution à traiter → tout le revâtement est utilisable**

Traitement sources primaires (minerais)

Brevet déposé 3 avril 2014, FR 14/52958

Projet CYTER : reCYclage des TErres Rares

AAP « prématuration », IDEX Paris-Saclay-Innovation et entrepreneuriat

- **Réalisation d'un démonstrateur (pilote)**
- **Études de marché**
- **Start-up**

Séparation multiétage

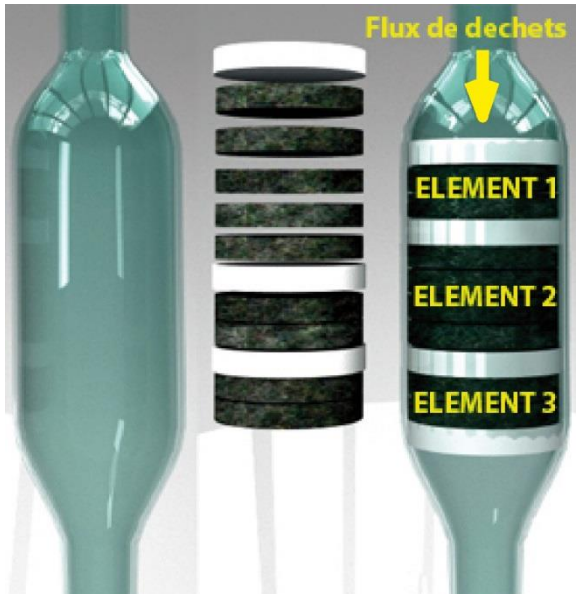


Fig.8. La séparation des différents éléments simultanément via un fonctionnement en multiétage.

Merci pour votre attention !