



HAL
open science

Microfluidic tools for the analysis of radionuclides

M. Losno, I. Ferrante, R. Brennetot, S. Descroix, C. Mariet

► **To cite this version:**

M. Losno, I. Ferrante, R. Brennetot, S. Descroix, C. Mariet. Microfluidic tools for the analysis of radionuclides. workshop scientifique sur la transition energetique, Oct 2016, Paris, France. cea-02438711

HAL Id: cea-02438711

<https://cea.hal.science/cea-02438711v1>

Submitted on 14 Jan 2020

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.

La microfluidique au service de l'analyse des radionucléides

M. Losno¹, I. Ferrante², R. Brennetot¹, S. Descroix², C. Mariet¹

¹ Den - Service d'Etudes Analytiques et de Réactivité des Surfaces (SEARS), CEA, Université Paris-Saclay, F-91191, Gif sur Yvette, France

² MMBM Group, Institut Curie Research Center, CNRS UMR 168, Paris, France

Contexte et enjeux

L'analyse des radionucléides est actuellement réalisée selon des protocoles expérimentaux comportant de nombreuses phases de séparation/purification. La chromatographie, l'extraction liquide-liquide et la précipitation/dissolution sont les techniques couramment utilisées en radiochimie. Ces méthodes sont longues et difficiles à mettre en œuvre en boîte à gants et leur automatisation est souvent impossible. Une solution pour réduire les temps d'analyses, la quantité de solvant utilisée et l'exposition des opérateurs consiste à travailler à l'échelle micrométrique en intégrant les opérations chimiques dans un « laboratoire sur puce » (Figure 1) au format carte bancaire.

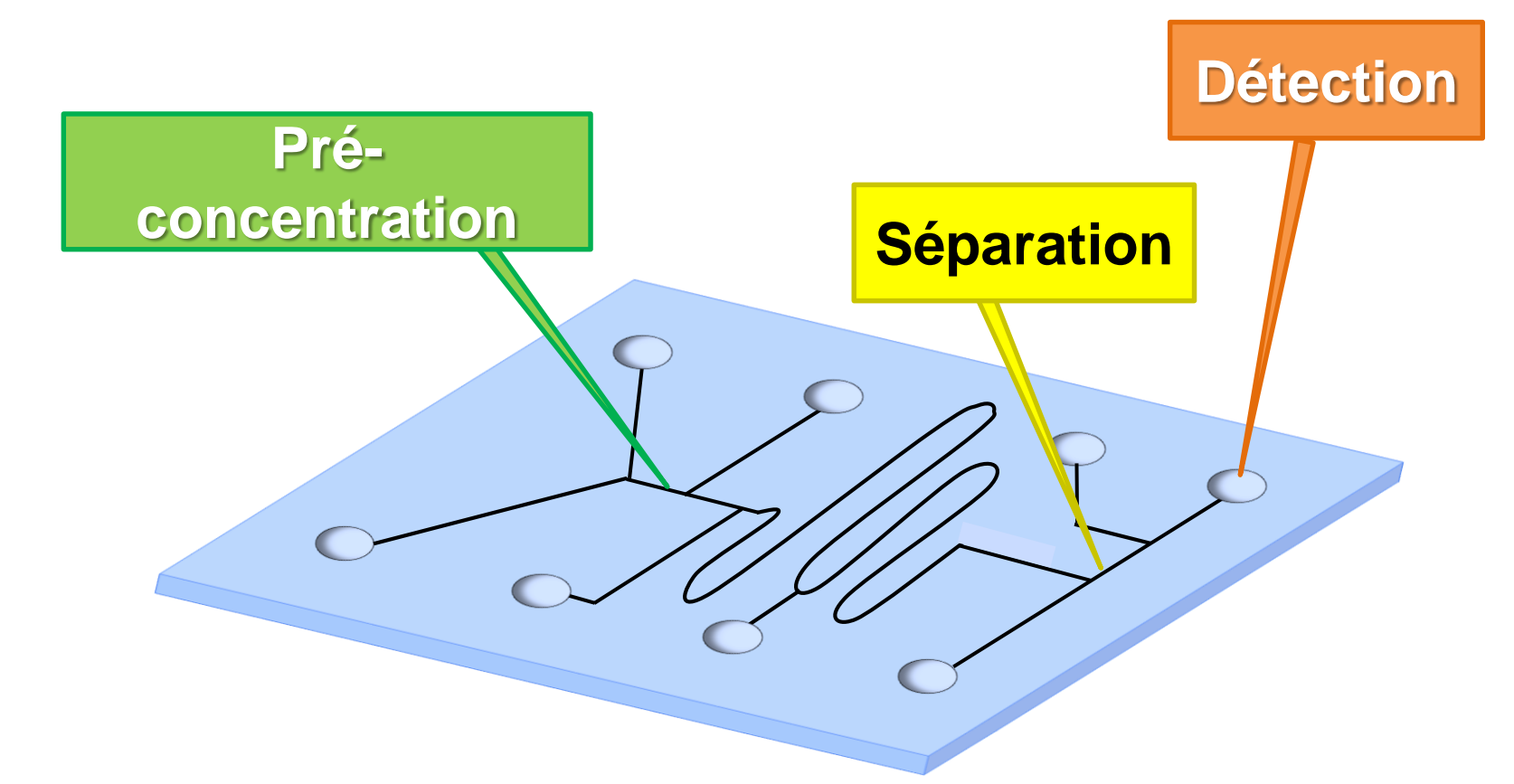
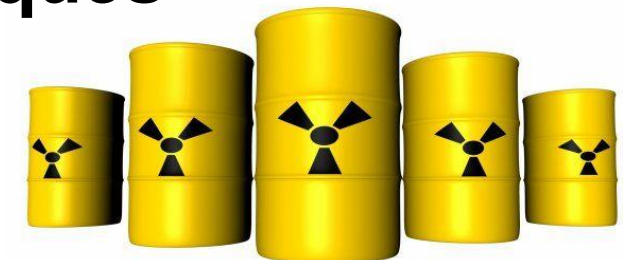


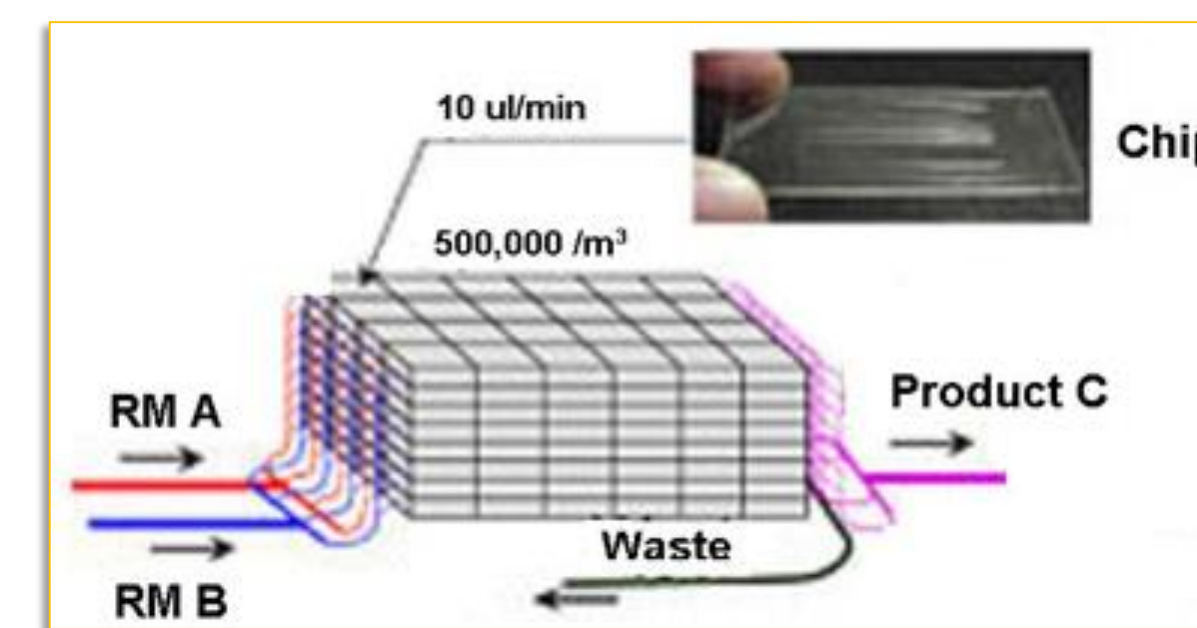
Figure 1: Exemple de laboratoire sur puce, dimension des canaux : 10 à 500 µm

Les avantages de la miniaturisation :

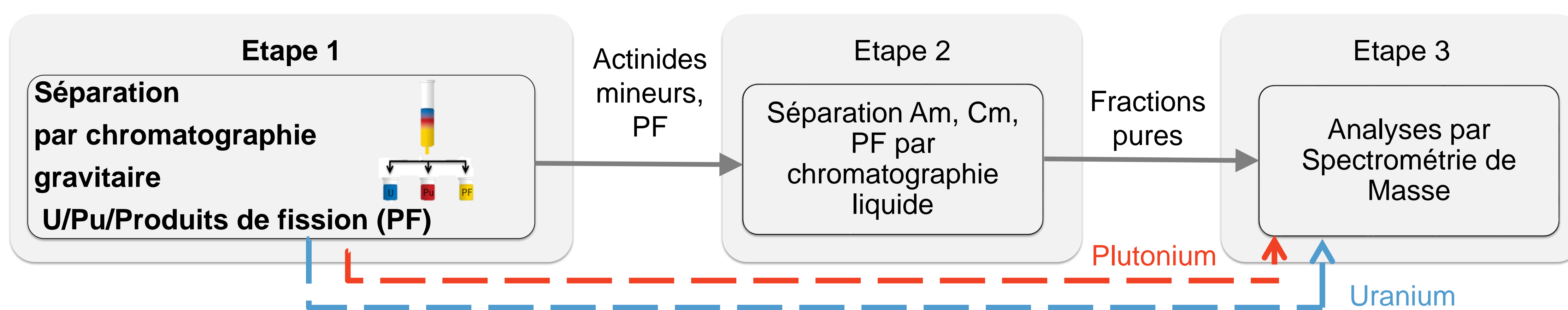
1 Diminution des déchets et des risques



2 Augmentation de la cadence analytique grâce à l'automatisation et la parallélisation des analyses



Exemple : Développement d'un microsystème pour la séparation U/Pu/PF des combustibles usés par chromatographie d'échange d'ions

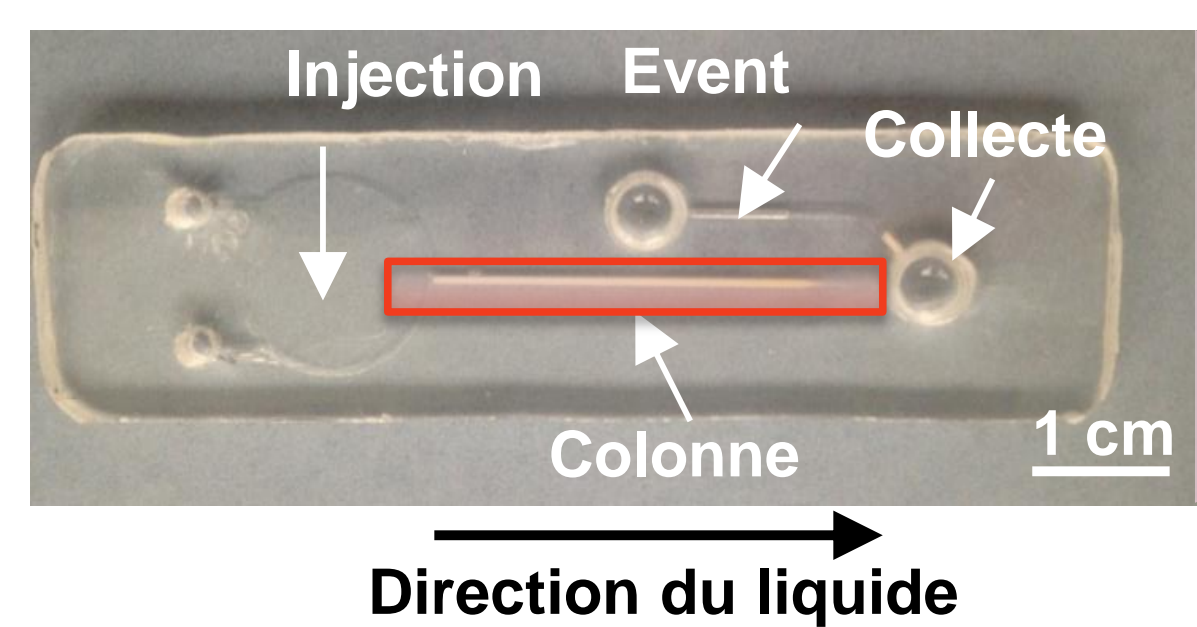


Il faut miniaturiser l'étape 1 :

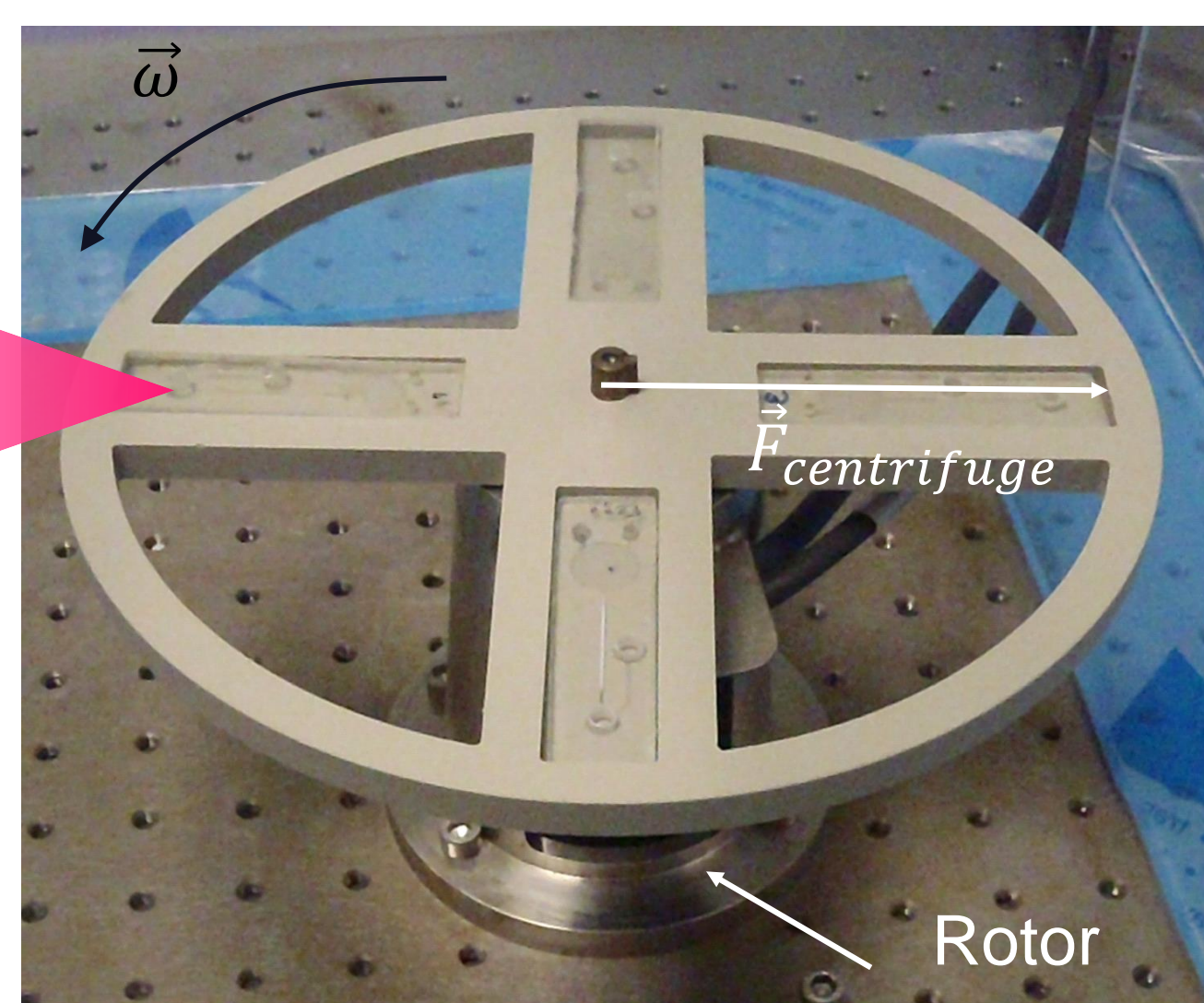
- ☺ Méthode robuste et éprouvée
- ☹ Temps d'analyse
- ☹ Pas d'automatisation
- ☹ Produit plusieurs dizaines de mL déchets radioactifs
- ☹ Phases hautement corrosives

Intérêt et principe du « Lab-on-CD »

- ☺ Pas de connexion à un système de pompage
- ☺ Le transport des fluides est assuré par la force centrifuge.
- ☺ Contrôle précis et robuste des débits
- ☺ Multiplexage, automatisation possibles



Microsystème chromatographique centrifuge en polymère thermoformable (Copolymère d'Oléfines Cycliques)

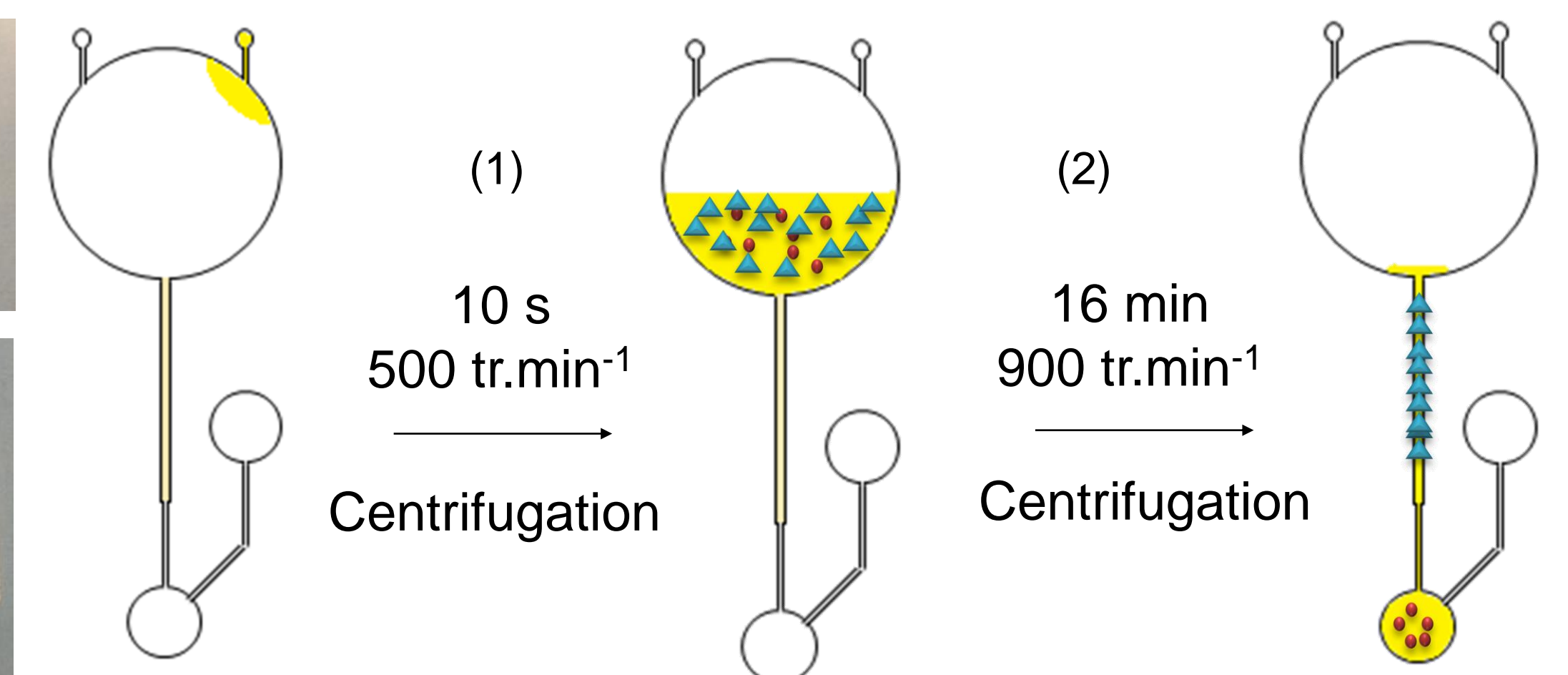
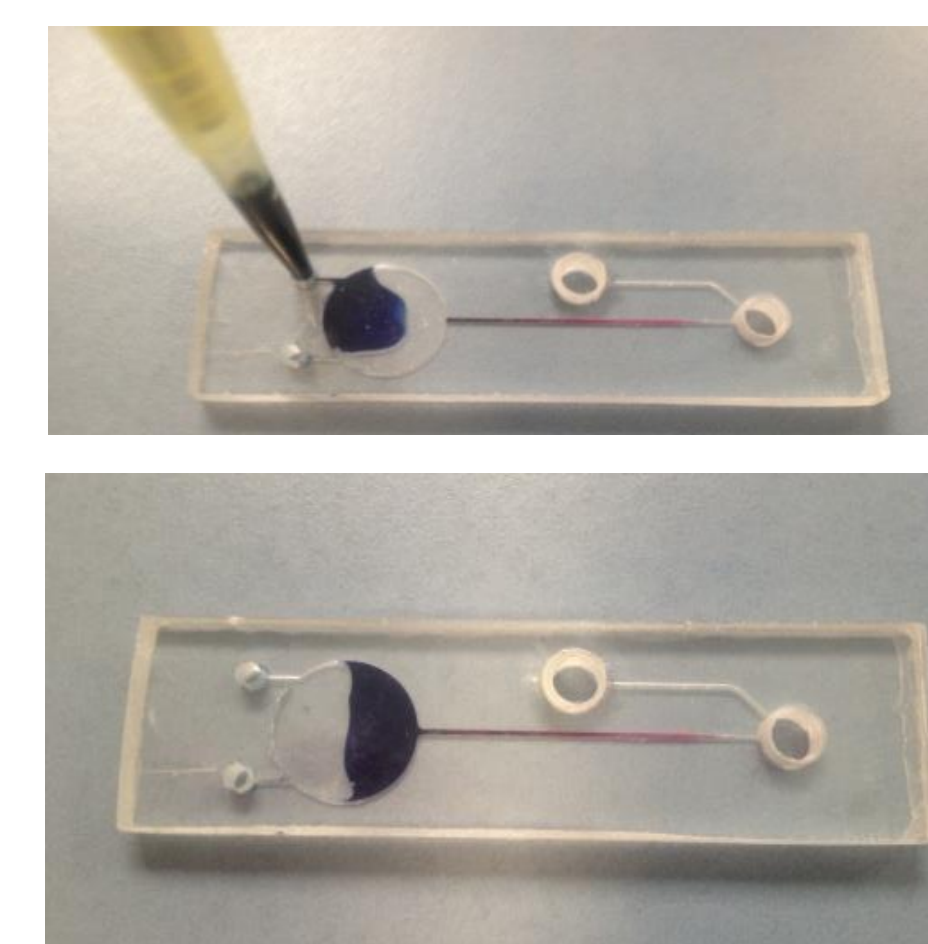


Plateforme centrifuge

L'échantillon est injecté dans le compartiment d'injection (1) et transporté à travers la colonne chromatographique grâce à la force centrifuge (2). L'euprotium, non retenu, est récupéré dans le compartiment de collecte. En injectant une nouvelle phase mobile, on décroche d'abord le plutonium, et enfin l'uranium [1,2].

[1] Bruchet, A., et al., Centrifugal microfluidic platform for radiochemistry: Potentialities for the chemical analysis of nuclear spent fuels. Talanta, 2013, 116, 488-494

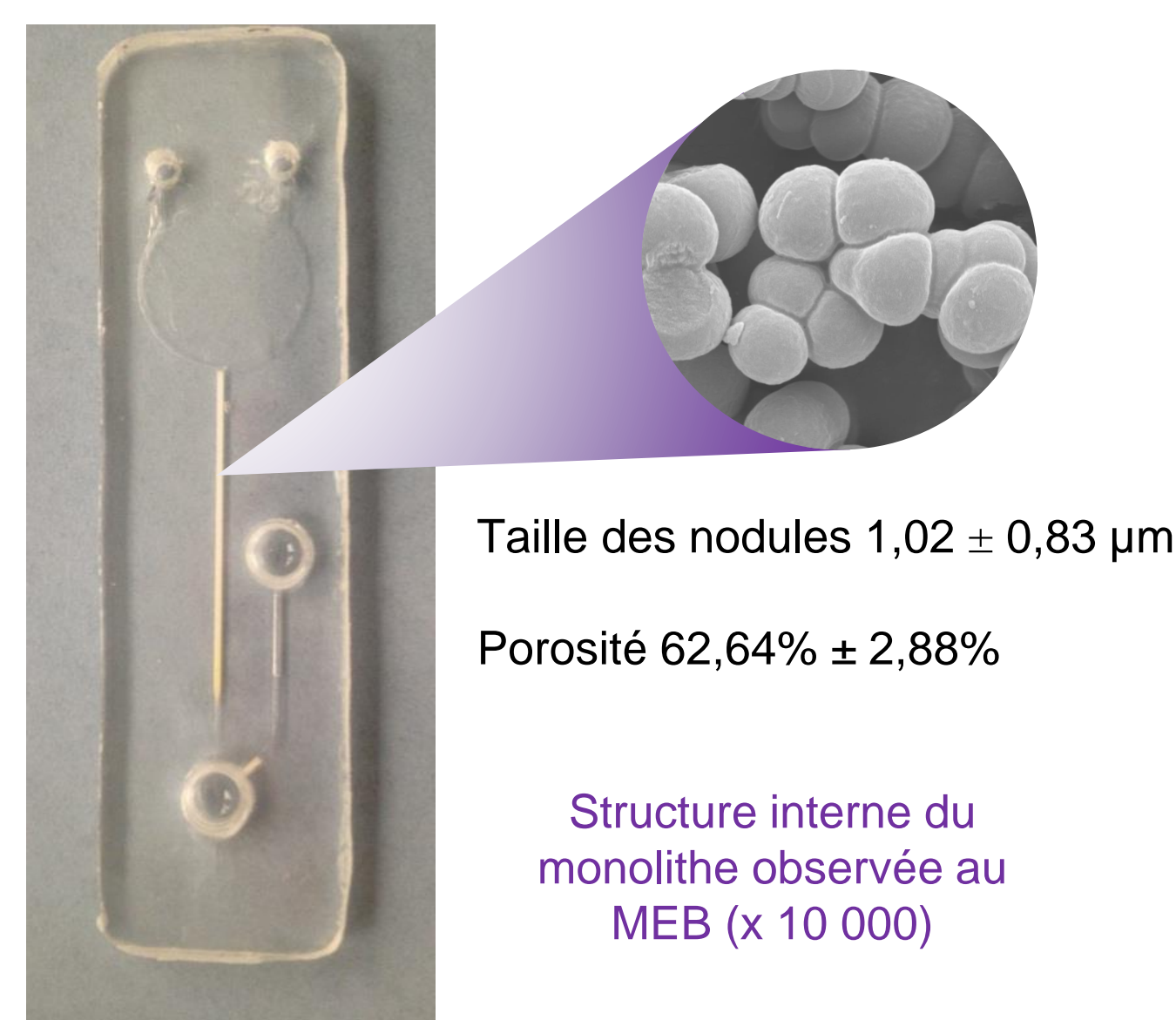
[2] Patent (WO 2014009379 A1)



Quelle phase stationnaire synthétisable in-situ en microcanaux [3] ?

Utilisation des monolithes organiques

- ☺ Facilité d'obtention en micro-canal
- ☺ Localisation possible
- ☺ Résistance chimique
- ☺ Résistance mécanique
- ☺ Faible résistance à l'écoulement

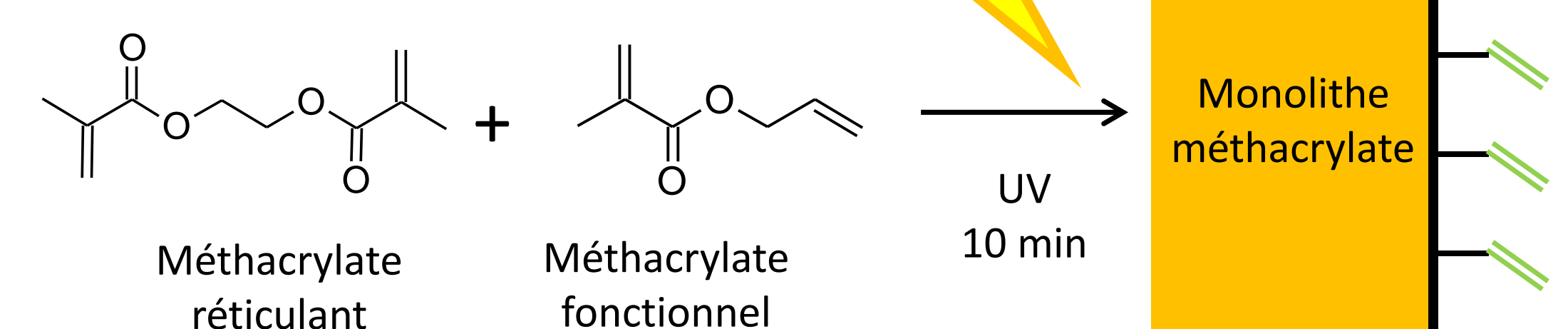


Taille des nodules $1,02 \pm 0,83 \mu\text{m}$

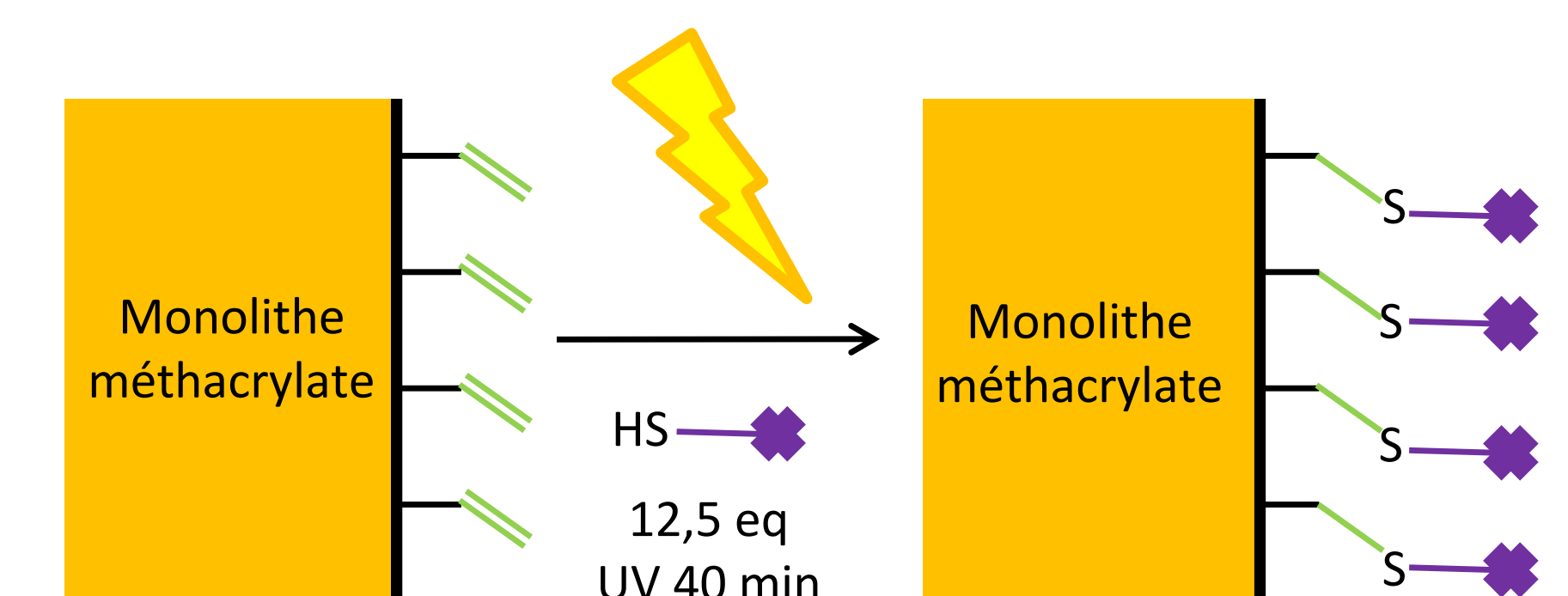
Porosité $62,64\% \pm 2,88\%$

Structure interne du monolithe observée au MEB (x 10 000)

1) Synthèse par photopolymérisation



2) Fonctionnalisation de la surface du monolithe par « chimie-clic » pour améliorer l'affinité avec les radioéléments



Méthode versatile et robuste = monolithe résistant et fonctionnalisable à façon

[3] Losno M. et al. Photochemical synthesis and versatile functionalization method of a robust porous poly(ethylene glycol methacrylate-co-allyl methacrylate) monolith dedicated to radiochemical separation in a centrifugal microfluidic platform. Micromachines, 2016, 7(6), 45-57.

Les outils microfluidiques permettent de conserver les performances analytiques attendues tout en divisant le volume de déchets par environ 1000 avec la possibilité d'effectuer jusqu'à plusieurs séparations simultanément. Quelques 2000 séparations U/Pu sont actuellement réalisées à l'usine de la Hague, aussi l'implantation de systèmes lab-on-CD tel que celui développé aurait un impact significatif sur le temps d'analyse, la radioprotection des personnels mais aussi sur la diminution de la production de déchets radioactifs, dont le traitement représente aujourd'hui une part importante du coût de fonctionnement d'un laboratoire.

Par ailleurs, la méthode développée de fonctionnalisation du monolithe organique permet une fonctionnalisation à façon de la phase stationnaire et donc une adaptation du monolithe à d'autres séparations chromatographiques d'intérêt de séparation chromatographique lab-on-CD plus complexes, appliqués à une grande variété de séparations et dont l'intérêt pour le domaine du nucléaire apparaît indéniable.



Exemple de dispositif commercial développé dans le domaine biologique