

Les réacteurs de génération IV quelle dosimétrie?

H.Métivier, SFRP

R.Guillaumont, Académie des Sciences



*La dosimétrie individuelle des travailleurs et des patients:
mise en œuvre et perspectives
SFRP/SPT 27-28 mai 2008*

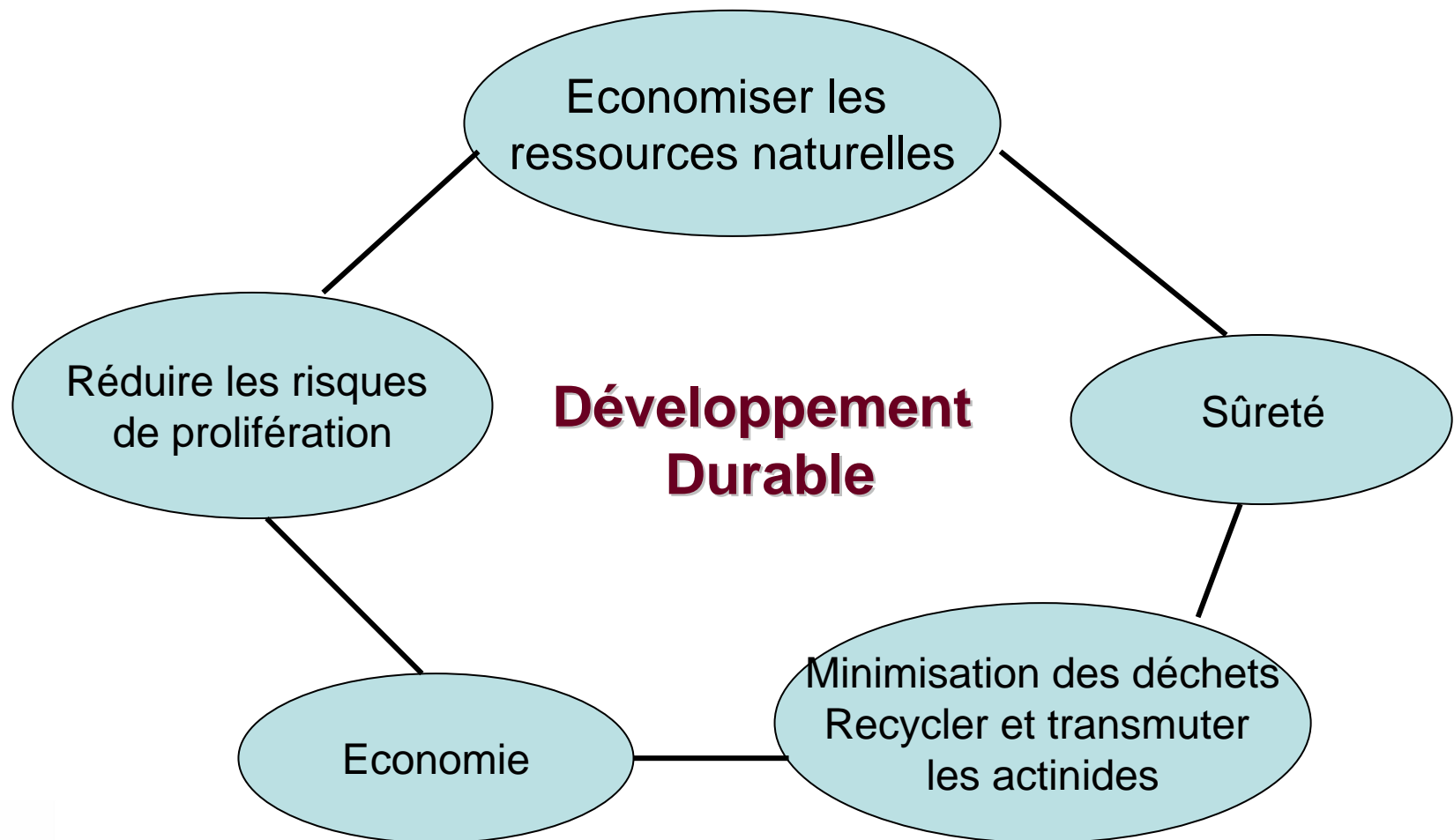
Génération IV

GIF

R&D internationale pour définir, développer et déployer des systèmes nucléaires de 4^o génération à l'horizon 2030 dans un cadre de développement durable



Cinq objectifs pour Génération IV



Les réacteurs sélectionnés

Le **SFR**, réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium



Le **LFR**, réacteur à neutrons rapides refroidi au plomb,

Le **SCWR**, réacteur à neutrons thermiques modéré et refroidi par de l'eau supercritique

Le **VHTR**, réacteur à neutrons thermiques à très haute température refroidi à l'hélium



Le **GFR** réacteur à neutrons rapides refroidi à l'hélium



Le **MSR**, réacteur à neutrons épithermiques modéré au graphite et refroidi par des sels fondus.

Et en complément l'**ADS** (accelerator driven system)

Familles de composés(1)

À côté du combustible oxyde largement utilisé sous forme de pastilles (voire de microbilles dans certains assemblages MOX pour réacteurs à neutrons rapides) on voit apparaître pour de futurs combustibles les possibilités d'utiliser des **carbures** et **nitrures** d'actinides et on voit aussi apparaître la possibilité d'utiliser deux nouveaux types de combustible, le combustible à **particules enrobées** et le combustible liquide à **sels fondus**.

Familles de composés (2)

Quant au combustible oxyde, il pourrait être largement différent de ceux utilisés jusqu'à aujourd'hui. Le combustible à particules pour réacteurs refroidis par un gaz a déjà été expérimenté sur des réacteurs prototypes. Il est fait de particules micrométriques de **céramique dense et réfractaire**, recouvertes de plusieurs **couches de carbone** et par exemple d'une **couche de carbure de silicium**, dont le rôle est de confiner les produits de fission et les actinides, comme le fait la gaine des aiguilles de combustible UOX et MOX actuelles.

Des réacteurs à **sels fondus** ont aussi été expérimentés.

Familles de composés (3)

Oxydes simples, mélanges d'oxydes, oxydes mixtes, stœchiométriques ou non:

- UO_2 (enrichi en ^{235}U jusqu'à 20%), PuO_2 , AmO_2 , Am_2O_3 , AmO_{2-x} , $\text{Am}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$,
- $(1-x)\text{UO}_{2-y}\text{NpO}_2$ ou $\text{U}_{(1-x)}\text{Np}_y\text{O}_2$, $(1-x)\text{UO}_{2-y}\text{AmO}_2$ ou $\text{U}_{(1-x)}\text{Am}_y\text{O}_2$,
- $(1-x)\text{UO}_{2-x}\text{NpO}_{2-y}\text{AmO}_2$ ou $\text{U}_{(1-x-y)}\text{Np}_x\text{Am}_y\text{O}_2$, $(1-x)\text{UO}_{2-x}\text{PuO}_{2-y}\text{AmO}_2$ ou $\text{U}_{(1-x-y-z)}\text{Pu}_x\text{Am}_y\text{O}_2$, $(1-x)\text{UO}_{2-x}\text{PuO}_{2-y}\text{NpO}_2$ ou $\text{U}_{(1-x-y-z)}\text{Pu}_x\text{Np}_y\text{O}_2$, etc.

Familles de composés (4)

Métaux,

Alliages métalliques à base de Zr:

UPuZr, UPuZr/Np/Am/Cm, PuZr, Pu/Zr/Np/Am/Cm.

Carbures

(U,Pu)C, UPuC, Carbure dans une matrice SiC et Zr_3Si_2

Nitrures

UN, PuN, nitrures à base de ZrN :

(ZrM)N avec M=Pu, Np, Am et à base d'autres nitrures, Hf et Y

Fluorures

UF₄, ThF₄ et UF₄ dans LiF-BeF₂, PuF₃, NpF₃, AmF₃

Familles de composés (5)

Composites

CERCER. Composé d'actinide + composé inerte (par exemple MgO ou ZrO₂ stabilisé à l'yttrium)

à l'état de céramiques

MgO + UO₂ (à 40%), MgO + PuO₂ (à 60%), MgO + AmO_{2-x},

MgO + (Am/Zr/Y)O_{2-x},

(Pu,Am,Cm)O_{2-x} + MgO, TiN+PuN (à 60%)

CERMET. Composé d'actinide à l'état de céramique + composé inerte métallique (par exemple Mo, W, Cr)

92Mo+(Am/Zr/Y)O₂

Familles de composés (6)

Enfin les les **cibles de transmutation** n'existent pas aujourd'hui en tant qu'objet industriel. Compte tenu de leur teneur élevée en actinides, il s'agira toujours d'objets à **composés chimiques très particuliers**.

Comment calculer la dose (1)

Quid des valeurs par défaut de la CIPR

Il sera toujours nécessaire de réexaminer les DPUIs spécifiques des nombreux oxydes mixtes et des différents actinides les composant

Il n'existe pas, à notre connaissance de données radiotoxicologiques concernant les carbures et les nitrures d'actinides

Les données (?) concernant PuF_4 ne reflètent pas ce que nous savons de UF_4

Comment calculer la dose (2)

La fabrication de MOX incorporant des actinides mineurs au degré d'oxydation 4 nécessite le contrôle délicat de ce degré d'oxydation pour des ces éléments a degré d'oxydation 3

Dans les solutions solides recherchées les éléments **perdent en partie leurs propriétés intrinsèques**

Les conditions d'obtentions de ces oxydes mixtes influenceront fortement leur solubilité

Comment calculer la dose (3)

Une mise en pratique des **oxydes du futur** comme combustibles ou cibles de transmutation conduit à s'interroger sur la valeur des données radio-toxicologiques dont on dispose aujourd'hui.

Les sels fondus et les **halogénures**, On a de bonnes connaissances pour U, un peu pour Pu, peu de choses pour Th et Actinides mineurs.

Conclusion

On ne sait pas tout,

L'accompagnement radiotoxicologique des procédés industriels est et restera toujours nécessaire, c'est une pièce maîtresse des études de poste,

Un programme qui devrait être international, et que représente t il devant le coût de Génération IV,

N'oublions pas que le médecin du travail doit avoir ces informations pour évaluer le risque et une thérapeutique éventuelle.

Merci pour votre attention



et vos contributions écrites