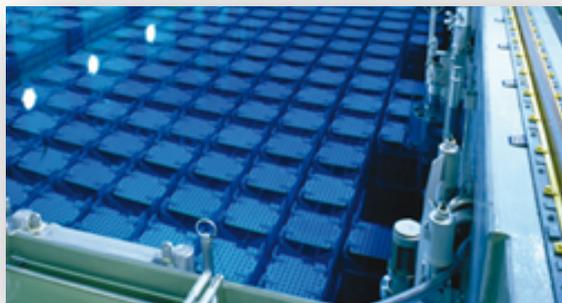


# IRSN

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

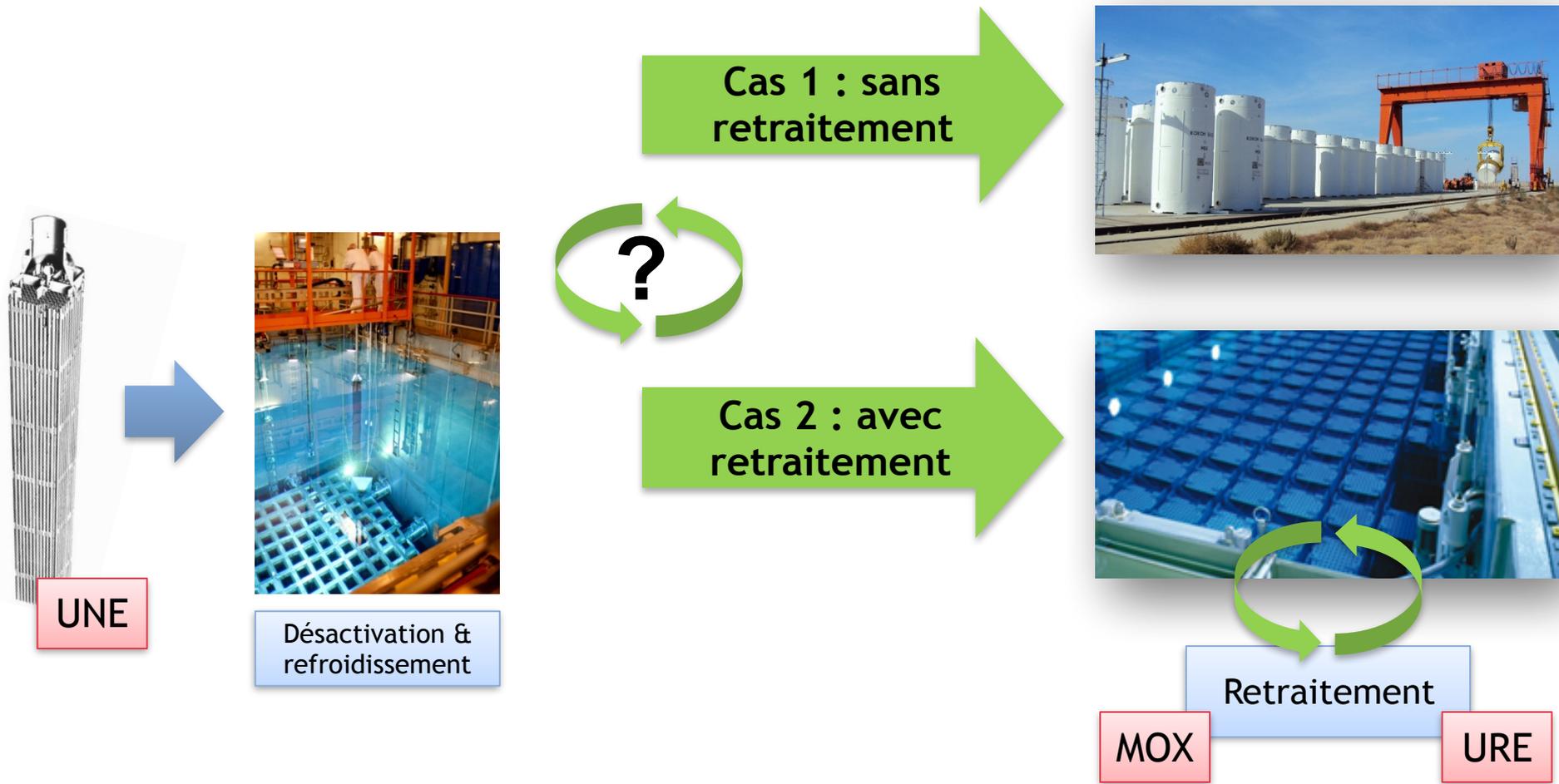
*Faire avancer la sûreté nucléaire*

## Entreposage du combustible nucléaire usé : concepts et enjeux de sûreté



Commission d'enquête parlementaire  
Remise du rapport IRSN - 8 juin 2018

# Le devenir des assemblages combustibles usés



# Qu'est-ce qu'un entreposage ?

*Installation accueillant provisoirement des matières ou des déchets nucléaires*



- Reprise
- Transport

Tracabilité & outils ad hoc

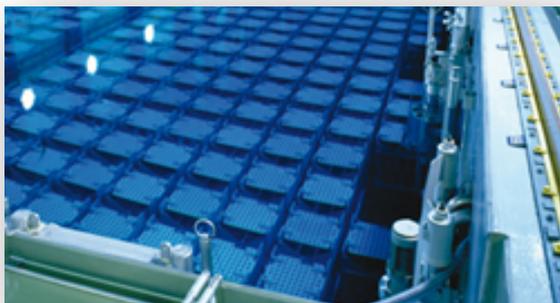


## Fonctions fondamentales de sûreté

- Radioprotection
- Sous-criticité
- Confinement
- Refroidissement

Situations normales & incidentelles

# Les différents types d'entreposages



Sous eau  
sur site

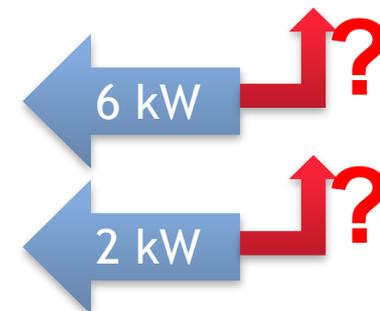
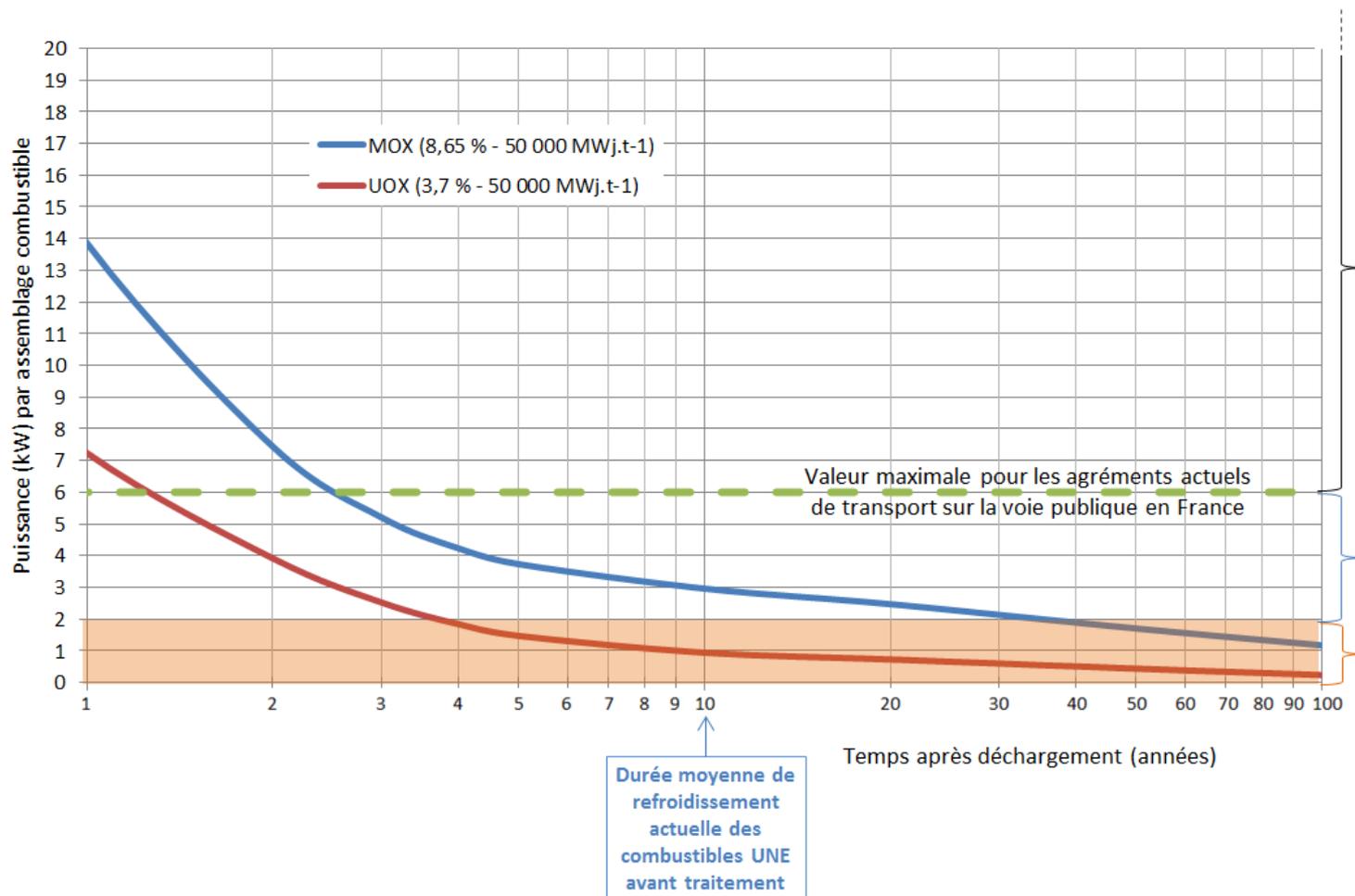
Sous eau  
centralisé



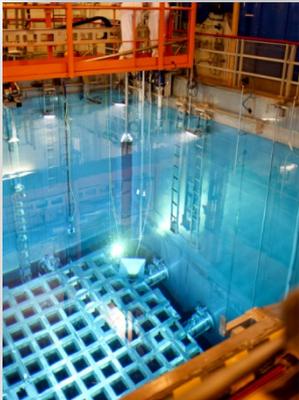
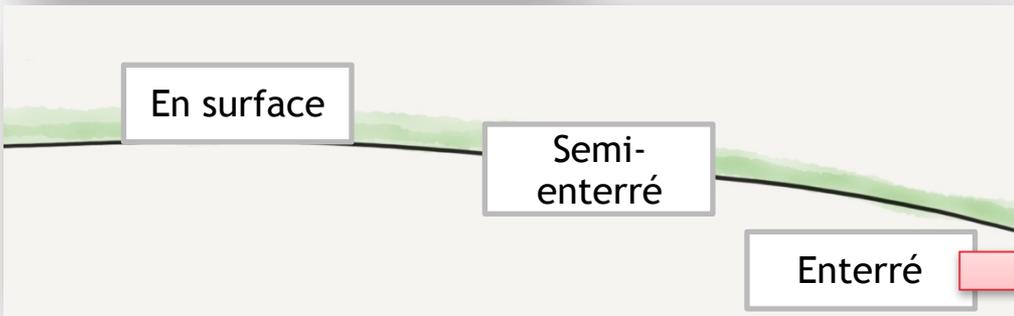
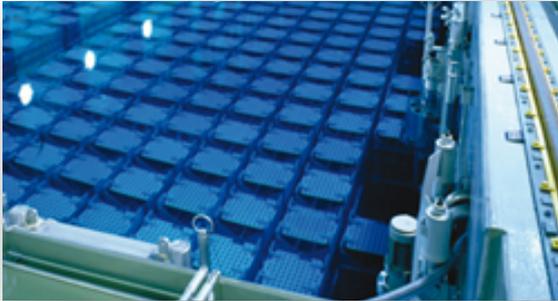
À sec  
sur site

À sec  
centralisé

# Paramètre déterminant : la puissance thermique



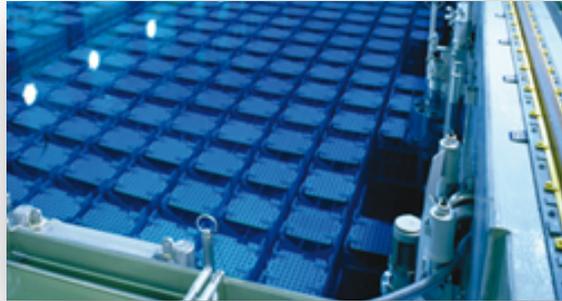
# Concepts



Râteliers



Paniers



# Fonctions de sûreté

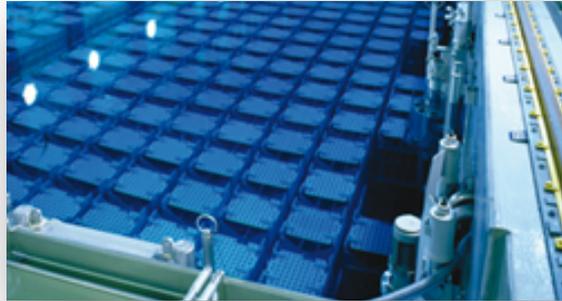
# Radioprotection

Protection radiologique

Manutention

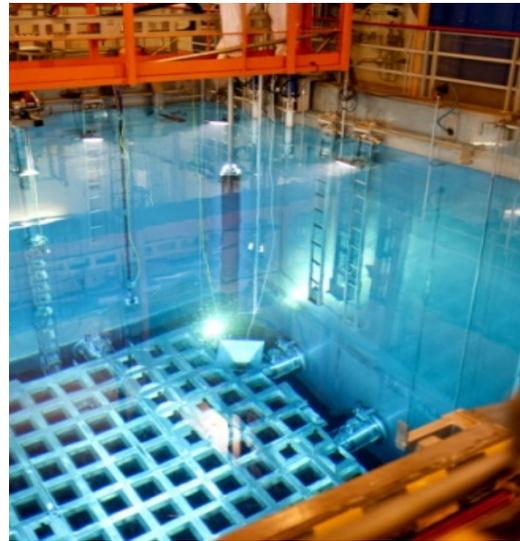
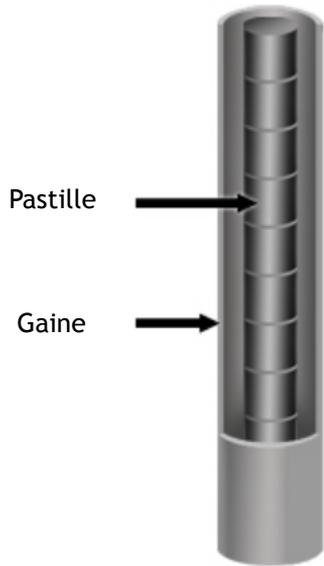
Entreposage





# Fonctions de sûreté

Confinement



Gaine

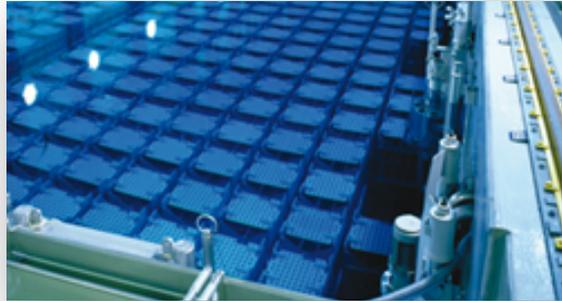
+

Eau + épuration

Hall + Ventilation

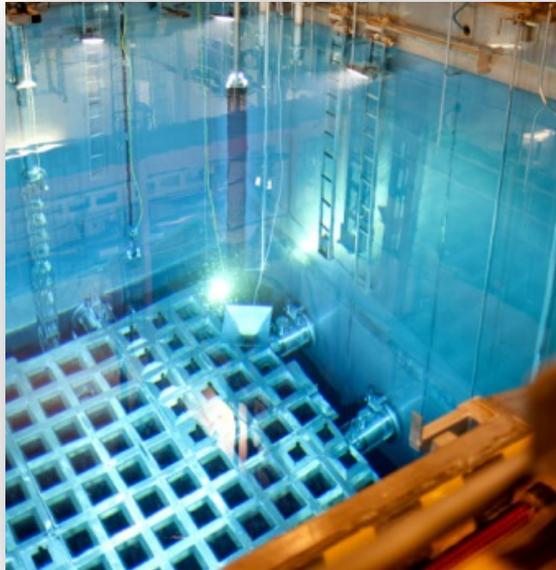
1<sup>er</sup> système de confinement

2<sup>nd</sup> système de confinement



Fonctions  
de sûreté

Refroidissement

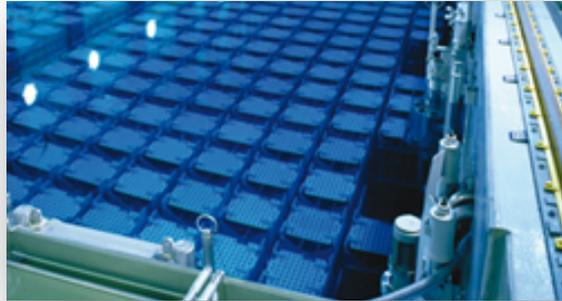


Eau

+

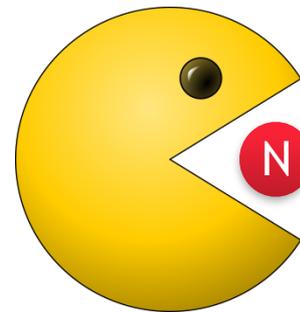
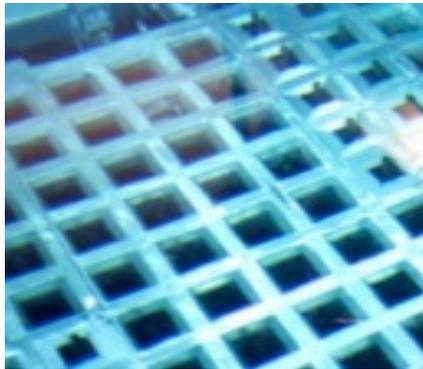


Système de  
refroidissement



Fonctions  
de sûreté

Sous-criticité



Géométrie

+

(matériau  
neutrophage)



# Atouts

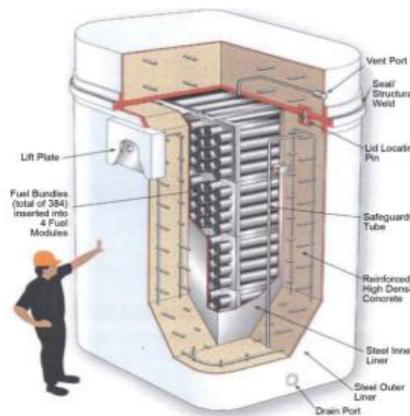
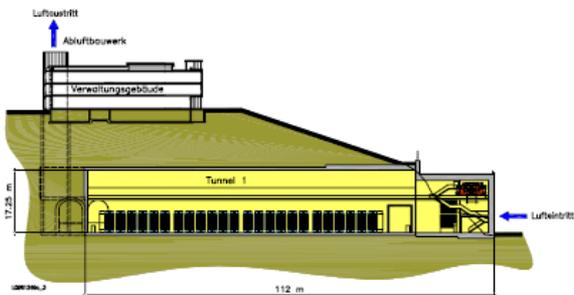
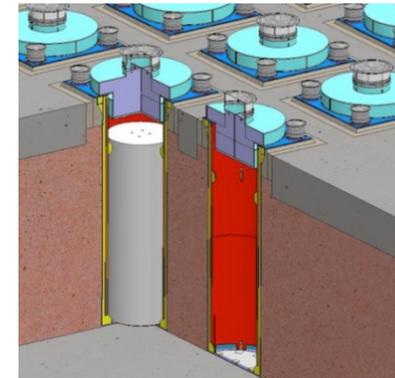
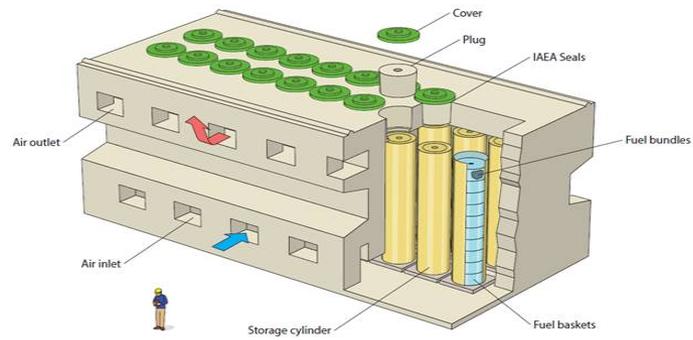
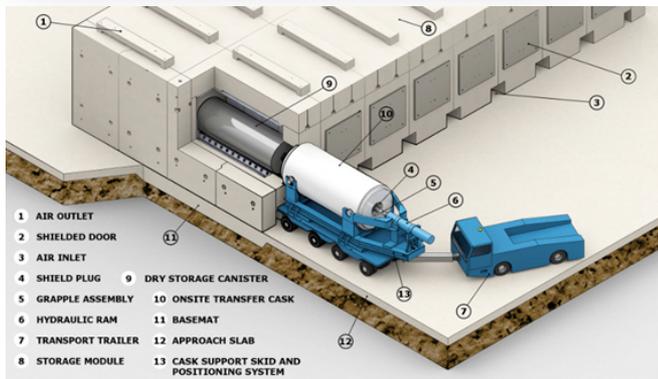
- **Protection radiologique très efficace**
- **Combustible maintenu à faible température (40 - 50 °C)**
- **Capacités de refroidissement importantes**
  - adapté aux combustibles peu refroidis
- **Inertie thermique importante**
- **Facilité de surveillance du combustible**



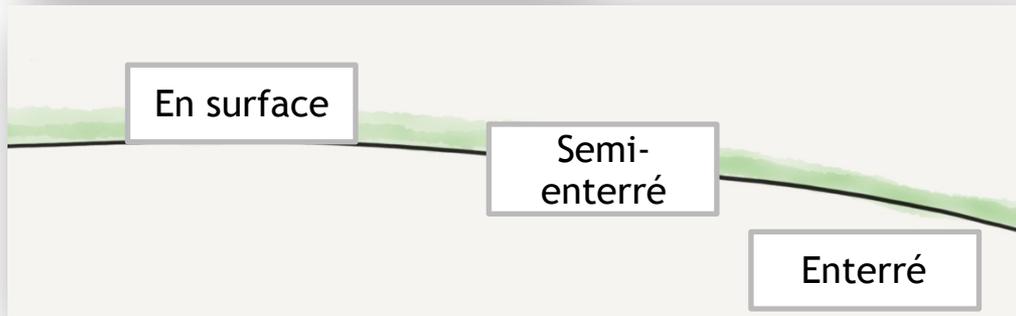
# Facteurs limitants

- **Risque de découverture du combustible**
- **Utilisation de systèmes actifs**
- **Conception complexe (bâtiments de grande taille avec contraintes de tenue aux agressions)**
- **Difficulté à localiser les pertes de première barrière ou les fuites de liner**

# Concepts



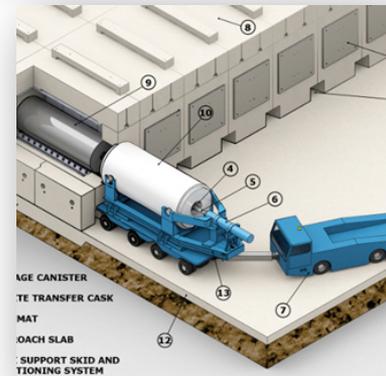
# Concepts



Puits



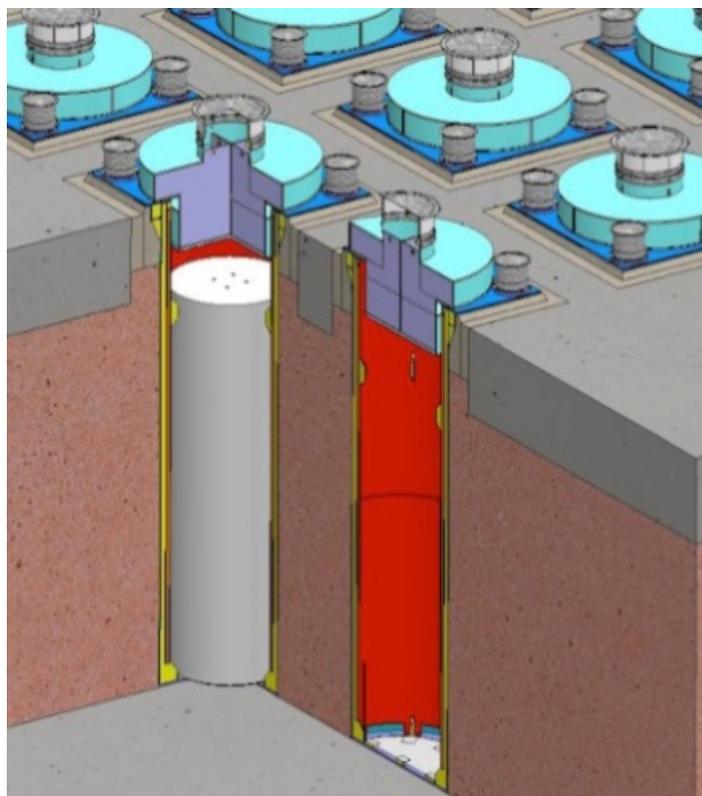
Emballages



Silos

# Fonctions de sûreté

# Radioprotection

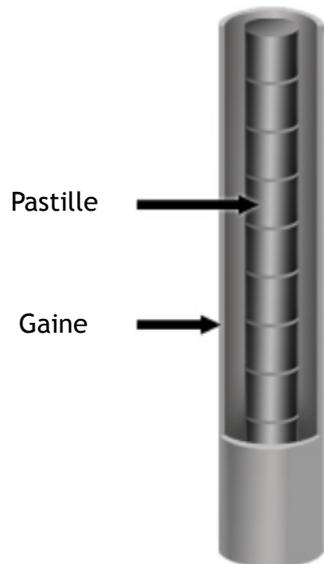


- Béton des alvéoles
- Bouchons d'obturation des puits
- Corps des emballages
- ...



# Fonctions de sûreté

Confinement



■ Séchage

■ Gaz inerte

■ Surveillance de l'étanchéité

Gaine

+

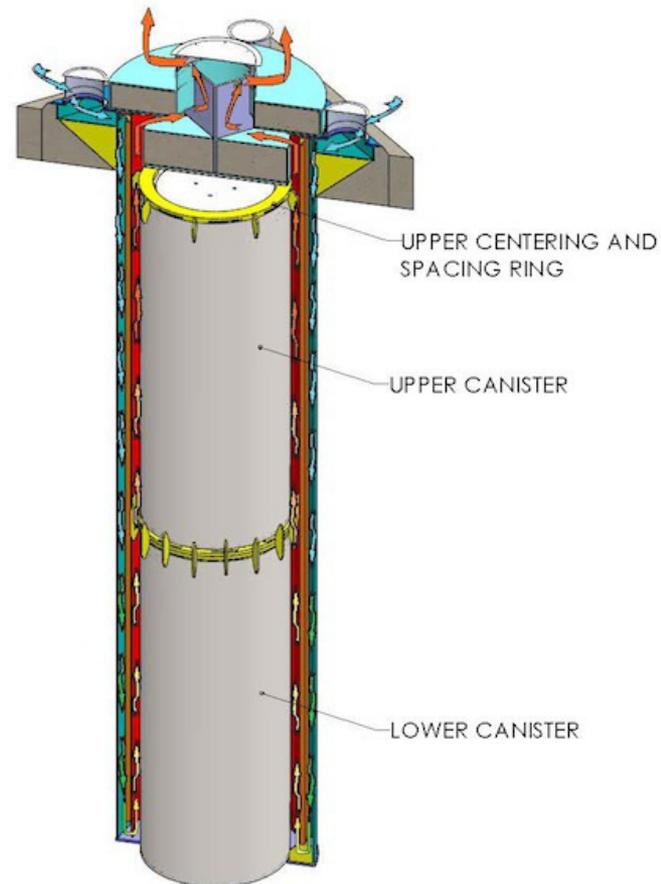
Conteneurs ou puits



## Fonctions de sûreté

## Refroidissement

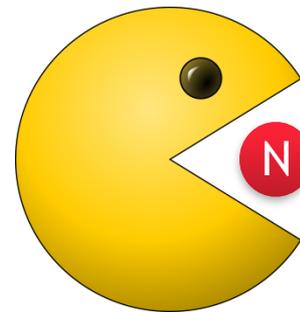
Circulation naturelle d'air





Fonctions  
de sûreté

Sous-criticité



Géométrie

+

(matériau  
neutrophage)

# Atouts



■ **Protection radiologique assurée par les structures**

■ **Refroidissement passif**

→ adapté aux combustibles très refroidis

■ **Exploitation très simple**

■ **En cas d'accident :**

- nombre de combustibles concernés moins important
- puissance thermique plus faible

→ **Conséquences plus limitées pour l'environnement**

# Facteurs limitants



- **Faible capacité d'évacuation de la puissance thermique des combustibles usés**
  - environ 2 kW / assemblage
  - pour le MOX, refroidissement préalable de quelques dizaines d'années en piscine nécessaire
- **Température élevée du combustible (350 - 450 °C)**
- **Surveillance du combustible difficile**

# Conclusion

- **Les deux types d'entreposages ne répondent pas au même besoin**
  - l'entreposage en piscine est impératif pour les combustibles peu refroidis
  - l'entreposage à sec convient bien aux combustibles très refroidis
- **Le type de combustible utilisé (UNE, MOX, URE) influe sur le choix du type d'entreposage à retenir (au moins au début)**
- **Pour la sûreté, le paramètre déterminant est la puissance thermique**
  - Nécessité de dispositions de sûreté plus importantes pour les entreposages sous eau

# Merci de votre attention



*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# Iconographie

Nota bene : dans le cas où une image est présentée sur plusieurs transparents, elle est associée ci-dessous au premier d'entre eux.

Transparent n° 1 : [Entreposage de combustible à La Hague / <https://tinyurl.com/yab8352c> / Crédit : IRSN]

[Entreposage à sec / <https://www.flickr.com/photos/nrcgov/14678900905> / Crédit : NRC]

Transparent n° 2 : [Assemblage combustible / [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear\\_fuel\\_element.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuclear_fuel_element.jpg) / domaine public]

Transparent n° 4 : [Centrale de Civaux/ [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vue\\_a%C3%A9rienne\\_de\\_la\\_centrale\\_de\\_Civaux.JPG?uselang=fr](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vue_a%C3%A9rienne_de_la_centrale_de_Civaux.JPG?uselang=fr) / Crédit : Civaux-communication]

Transparent n° 6 : [Installation CLAB/ <http://www.world-nuclear-news.org/WR-Positive-assessment-for-Swedish-encapsulation-plant-2303165.html> / Crédit : SKG]

[Piscine du bâtiment combustible du réacteur n° 1 du CNPE du Blayais / Crédit : Stéphanie Jayet/Médiathèque IRSN]

Transparent n° 7 : [Fuel pool / [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fuel\\_pool.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fuel_pool.jpg) / Crédit : DOE]

Transparent n° 8 : [Fuel rod / [https://emilms.fema.gov/IS3/FEMA\\_IS/is03/REM0404050.htm](https://emilms.fema.gov/IS3/FEMA_IS/is03/REM0404050.htm) / Crédit : FEMA]

Transparent n° 12 : [Figures 21, 23, 27, 51, 55, 42 du rapport IRSN/2018-0003 ]

Transparent n° 16 : [HI-STORM Consolidated Interim Storage / <https://tinyurl.com/ycjrbspp> / Crédit : Holtec International]

Transparent n° 18 : [Figure 20 du rapport IRSN/2018-0003]