

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

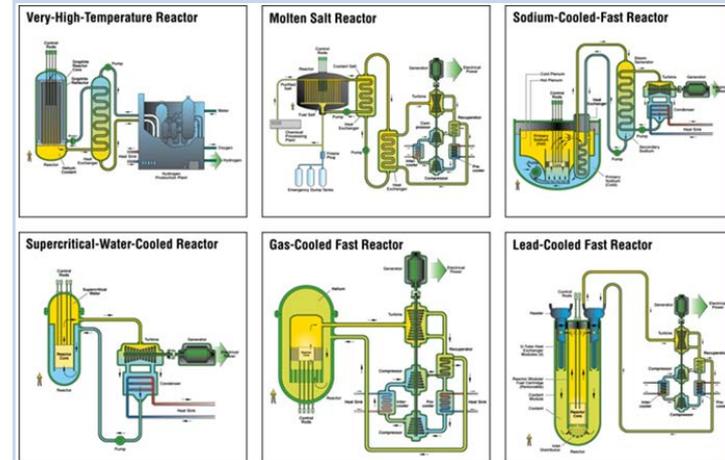
# Cadre général de la réunion du Groupe Permanent Réacteur (GPR) sur les systèmes de GEN IV

V. TIBERI

NEEDS - *Systemes Nucléaires et scénarios*

Projet "Sûreté MSFR"

Grenoble - 24/25 Novembre 2014



# Contexte international : le GIF

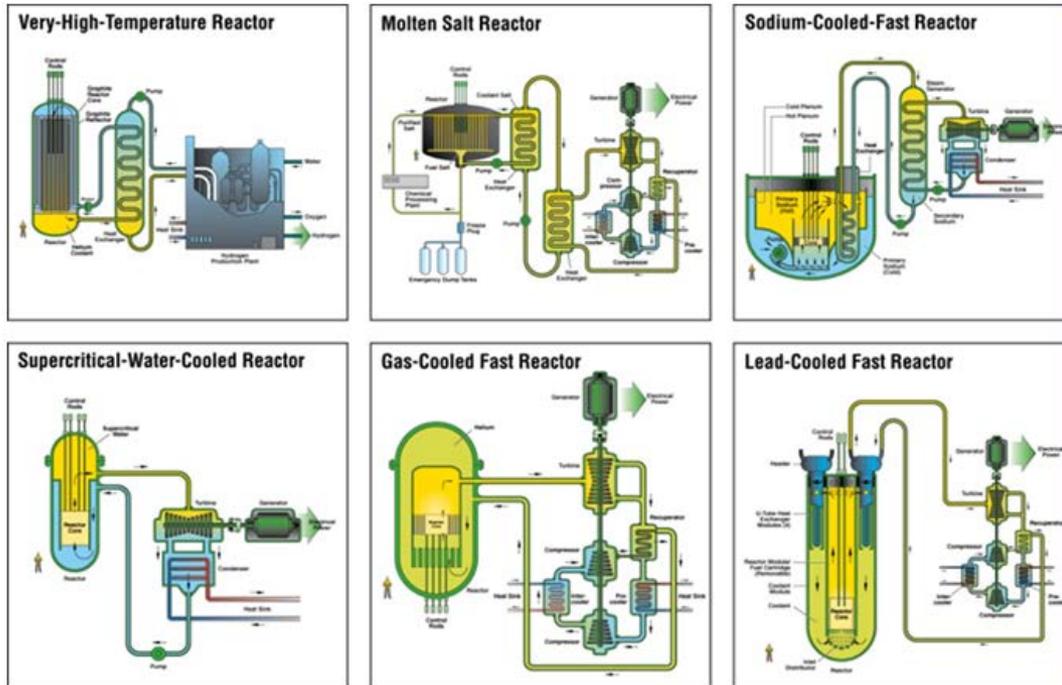
2000

GEN IV International Forum™



- Objectif : Coordonner les activités de R&D devant aboutir au déploiement de systèmes nucléaires à l'horizon de la seconde moitié du XXI<sup>ème</sup> siècle
  
- 2001 : Sélection de six systèmes nucléaires jugés comme les plus prometteurs au regard de différents critères, établis sur la base des objectifs suivants :
  - la poursuite des progrès en compétitivité et en sûreté réalisés pour les réacteurs à eau de troisième génération
  - une meilleure utilisation des ressources en uranium
  - une réduction des déchets radioactifs, notamment ceux de haute activité à vie longue
  - une protection renforcée contre les actions de malveillance et les possibilités de détournement ou de vol de matières nucléaires

# Contexte international : le GIF



- Des réacteurs à neutrons rapides
  - Meilleure utilisation des ressources énergétiques
- Des caloporteurs à haute température
  - Meilleur rendement énergétique
- Différents cycles du combustible possibles
  - Permet de s'adapter à des divers contextes nationaux (retraitement ou non)
- Possibilité de production de chaleur industrielle

# Contexte français

2006

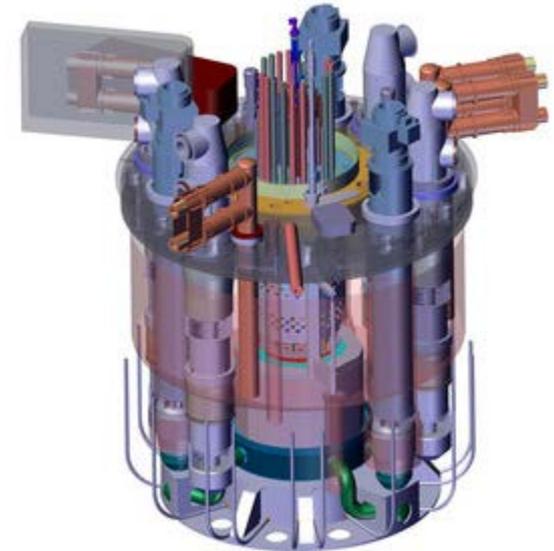


Loi 2006-739 (28/06/2006) relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs

□ 2006-2008 : Orientation des industriels français vers des réacteurs à neutrons rapides, refroidis au sodium ou au gaz

□ 2009 : Efforts de développement recentrés sur le concept SFR :

- maturité de la filière
- savoir-faire disponible
- cohérence avec les objectifs de la stratégie nationale de fermeture du cycle et de gestion des déchets à vie longue



Cœur du prototype de RNR-Na, ASTRID © CEA

□ 2009 : Création du « Projet RNR-Na », chargé de définir et de mener la R&D nécessaire au développement d'une future filière de SFR

# Contexte de l'analyse réalisée par l'IRSN : réunion des Groupes permanents d'experts du 10 avril 2014

- Avis du GPR sur les caractéristiques en termes de sûreté et de radioprotection des six systèmes étudiés par le GIF
- « *l'analyse se focalisera sur les **réacteurs** mais abordera également les considérations relatives aux **cycles du combustible**. A titre d'information, des éléments sur les **possibilités de transmutation des éléments radioactifs à vie longue** dans les différents systèmes seront également présentés »*

## Sûreté des réacteurs

- Caractéristiques générales
- Maturité des concepts, retour d'expérience et besoins de R&D
- Risques spécifiques
- Principaux accidents
- Points durs et éventuels verrous technologiques

## Cycles du combustible associés

- Les options de cycles envisageables par système
- L'état de la R&D sur les procédés associés aux opérations du cycle
- La gestion des matières et des déchets issus des opérations du cycle

# Examen des systèmes de génération IV : limites de l'exercice

- ❑ Disparités très importantes entre les différents systèmes en termes :
  - de retour d'expérience d'exploitation
  - d'état des connaissances
  - d'études disponibles

 **Difficulté de dresser un bilan « équilibré » des différents systèmes**

- ❑ Les conceptions actuellement à l'étude ne correspondent pas nécessairement à celles qui pourraient in fine être retenues pour des réacteurs de quatrième génération et le cycle du combustible associé :

 **La sûreté des installations, qui repose à la fois sur leurs caractéristiques intrinsèques et sur les dispositions de conception et d'exploitation mises en œuvre, ne peut être appréciée que de façon très partielle**

# Examen des systèmes de génération IV : limites de l'exercice

- Différences notables en termes d'objectifs poursuivis (économie des ressources...) et de conception entre les systèmes de génération III et les systèmes de génération IV

 **Difficulté pour se prononcer sur le niveau de sûreté des systèmes de génération IV au regard des objectifs de sûreté visés pour les réacteurs de génération III**

L'évaluation réalisée par l'IRSN vise à apprécier le « potentiel de sûreté » des différents systèmes tel qu'il peut être appréhendé actuellement, compte tenu des connaissances disponibles.

A cette fin, l'IRSN s'est attaché à mettre en exergue les caractéristiques intrinsèques de chaque système et les contraintes associées en termes de conception et d'exploitation, intégrant les aspects propres aux installations du cycle

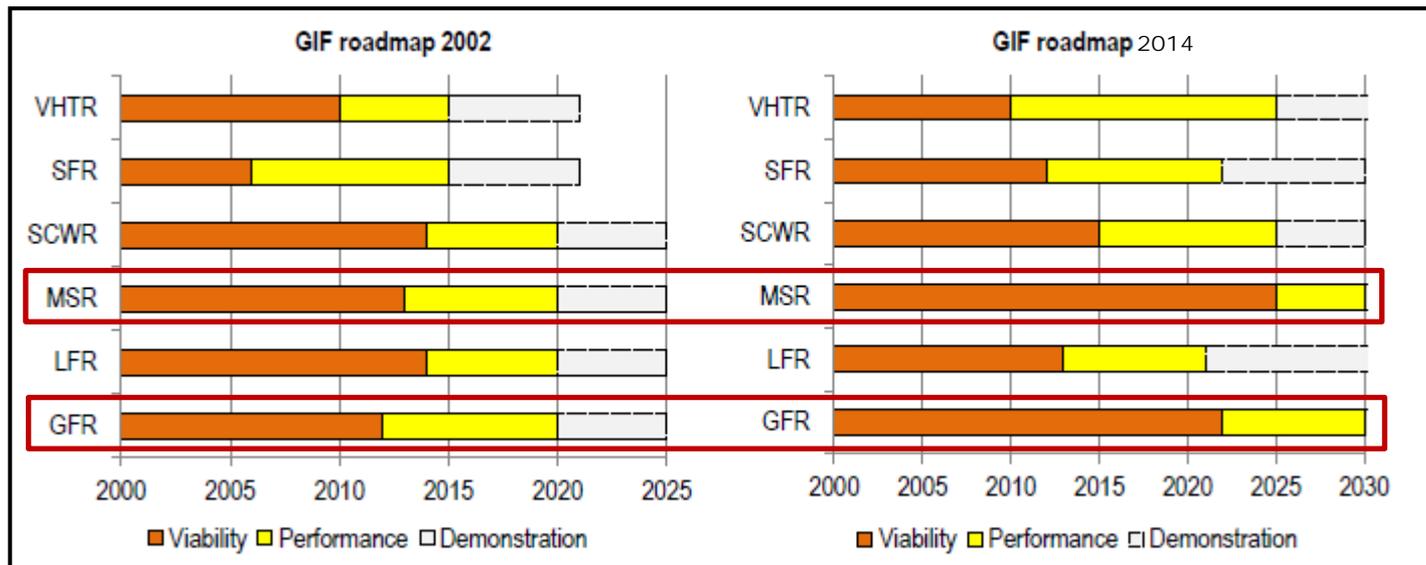
 **Les appréciations portées sur les différents systèmes nécessiteront d'être revues une fois la définition des systèmes plus aboutie et de nouvelles connaissances acquises**

# Approche retenue pour l'analyse transverse



# Conclusions (1/3)

- ❑ De nombreux travaux de recherche et développement seraient à mener pour le développement de systèmes nucléaires de 4ème génération, d'ampleur variable selon la filière retenue
- ❑ Les travaux les plus importants menés depuis la création du GIF ont porté sur les systèmes SFR et VHTR



- L'état des connaissances actuel pour la plupart des systèmes ne permet pas de se positionner sur le niveau de sûreté qui pourrait être atteint

## Conclusions (2/3)

- Le bilan effectué conduit l'IRSN à considérer que, à ce jour, parmi les différents systèmes nucléaires envisagés :
  - seul le système SFR présente une maturité suffisante pour que la réalisation d'un prototype de réacteur de quatrième génération soit envisageable dans la première moitié du XXI<sup>ème</sup> siècle. De plus, le scénario de déploiement de SFR se substituant à un parc de PWR, à l'horizon de la fin du siècle, semble accessible, compte tenu du plutonium disponible en début de déploiement et de la mise en œuvre d'un cycle du combustible « fermé », basé sur un combustible oxyde, déjà éprouvé
  - le système VHTR pourrait apporter des améliorations de sûreté notables par rapport aux réacteurs de troisième génération, notamment en termes de prévention de la fusion du cœur, mais au prix d'une limitation importante de la puissance unitaire ; de plus, nécessité de déterminer précisément les risques associés à la présence de poussières de graphite et de développer des combustibles et des matériaux résistant aux hautes températures ; il permettrait pas une gestion optimale dans la durée des ressources naturelles et des déchets, l'entreposage des déchets de structure et des combustibles usés ne pouvant pas être une solution pérenne.

## Conclusions (3/3)

- Les quatre autres systèmes étudiés ne bénéficient pas d'un retour d'expérience directement utilisable ; leur réalisation poserait des difficultés technologiques qui ne permettent pas d'envisager un passage à l'échelle industrielle aux échéances visées. On peut toutefois distinguer, d'une part le LFR et le GFR, pour lesquels la construction de réacteurs de petite taille pourrait intervenir dans la première moitié du XXIème siècle, d'autre part le MSR (à spectre rapide) et le SCWR, pour lesquels de premières réalisations apparaissent difficilement envisageables avant la fin du siècle.