DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

SÉMINAIRE DEN

RÉACTEURS À SELS FONDUS

… INTRODUCTION - PART 1

OBJECTIFS – PLANNING DE LA JOURNÉE

INNOVATION… ET MSR

Guillaume CAMPIONI

http://irfu.cea.fr/Meetings/seminaires-MSR

SACLAY & CADARACHE | 15 ET 16 NOVEMBRE 2018

INTRODUCTION : POURQUOI SOMMES-NOUS LÀ ?

- **Rendre compte des journées scientifiques des 22-23 mars 2018 à Massy**

- **Former les agents CEA sur la base du rapport publié**
  - Poser le contexte des MSR
  - Voir les MSR pour les besoins français
  - Faire un point technique
  - Créer des discussions pluridisciplinaires
  - Identifier des points bloquants et les axes de progressions (scientifiques, technologiques, certification, etc.)
  - Poursuivre l'inventaire des moyens disponibles au CEA pour une éventuelle R&D (+ ceux nécessaires à court et moyen termes)

Réacteurs à Sels Fondus /

Rapport Scientifique des Journées des 22-23 mars 2018

M. Allibert[a], S. Beils[g], S. Bourg[e], M. Brovchenko[i], G. Campioni[c], B. Carluec[g], P. Chamelot[j], M. Delpech[c], S. Delpech[b], P. Gauthé[d], D. Gerardin[a], A. Gerschenfeld[c], Y. Gorsse[c], J. Guidez[c], D. Heuer[a], E. Ivanov[i], A. Laureau[a,f], D. Lecarpentier[h], J. Martinet[a], E. Merle[a], J. Serp[e]

[a] LPSC-IN2P3-CNRS, UGA, Grenoble INP, Grenoble, France
[b] IPNO-IN2P3-CNRS, Orsay, France
[c] CEA, Direction de l'Energie Nucléaire, Saclay, France
[d] CEA, Direction de l'Energie Nucléaire, Cadarache, France
[e] CEA, Direction de l'Energie Nucléaire, Marcoule, France
[f] EPFL, Lausanne, Suisse
[g] FRAMATOME, Lyon, France
[h] EDF, Saclay, France
[i] IRSN, Clamart, France
[j] LGC - UMR 5503, Université Toulouse III

RAPPEL ORGANISATION 1/2 (SACLAY)

- **Ce matin :**

- **Introduction** → Innovation + Etat des filières GEN-IV
- **n°1 :** qq éléments sur les MSR (termes, idées, concepts, etc.)
- **n° 2 : Massy (1ère partie)** → REX, historique et MSR dans le monde

→ Pause « *café à l'italienne* » vers 10h40 (20 min)

- **n° 3 : Massy (2ème partie)** → aspects techniques (sels, matériaux, …)
- **n° 4 : Massy (3ème partie)** → aspects techniques (combustible, neutronique, …)

- 40 min de discussion générale

→ Midi « *Buffet* » vers 12h40 (~1h20)

RAPPEL ORGANISATION 2/2 (SACLAY)

- **Cet après-midi :** reprise à 14h… 00 !

- **n° 5 :** REX des réacteurs ARE et MSRE

- **n° 6 : Présentations par centre**

  - à Saclay → Boucle à sels fondus du CNRS Grenoble (V. Ghetta & J. Giraud)
  - à Cadarache → Retraitement du combustible (DMRC – Marcoule)

→ Pause « *thé à l'anglaise* » vers 15h00 (20 min)

- **Ateliers & discussions techniques :**

  - à Saclay → Cahier des charges d'une boucle à sels fondus
  - à Cadarache → Instrumentation, systèmes, accidents pour MSR (inventaire de moyens nécessaires)

- 1h de discussion générale (vers 16h30)

- **Les maux de la faim (vers 17h30)**

EN INTRO… METTRE UN PEU DE PERSPECTIVE

- **Cadre actuel :** des outils, des schémas de pensées, des structures (humaines, organisations), des codes, des repères, des manières de raisonner et de poser les problématiques → **lié aux types de réacteurs**

- **Dans ce cadre existant… Quid des MSR ?**

→ Fondés sur un concept physique (très) différent des réacteurs à combustible solide

Or pour progresser :

1- Faire une « analyse technique » des MSR

2- Faire une « analyse de la technique » → Mettre de la perspective

Sans mise en perspective…
→ Risque de s'enfermer dans un cadre et des repères inappropriés

C'EST QUOI L'INNOVATION…??!?

Petite précision utile : Pas question ici d'éléments de type « marketing »…

- **L'innovation : ensemble de théories qui étudient comment progressent les techniques et les objets qui nous entourent.**

- **Objectif :** comprendre les ressorts des avancées technologiques qui façonnent notre monde… pour aider au développement.

REX « habituellement utilisé » : l'ensemble de la période industrielle.

Exemples concrets :

- Diligence → Train
- La voiture
- Les moyens de communication
- L'industrie des loisirs
- L'informatique
- Les moteurs (machine à vapeur, moteur à explosion)
- Etc.

INNOVATION : DEUX NOTIONS (*SOURCE CNAM*)

1- La notion de « Dominant Design » :

Tout ce qui définit un objet technologique : architecture (composants, assemblages,…), modèles d'affaires, performances de l'objet et les compétences nécessaires à sa production (identifiées, structurées et enseignées, problématiques majeures sont posées, limitations connues, etc.).

Par exemple le dominant design du smartphone : dimensions, écran tactile, des fonctionnalités (appel, messagerie,…), itinérance, accès à internet, les réseaux de production, la taille du marché, les limitations, les compétences pour la production (en électronique, informatique, etc.), les acteurs du marché, etc.

2- La notion « d'innovation » :

Se fait par amélioration, par création d'un nouveau procédé technologique, par un nouvel assemblage de composants déjà existants, par un changement d'organisation, etc. → **plein de manière d'innover !**

(erreur commune : innovation = découverte technique majeure)

→ **Possibilités multiples pour innover mais… 2 types d'innovation.**

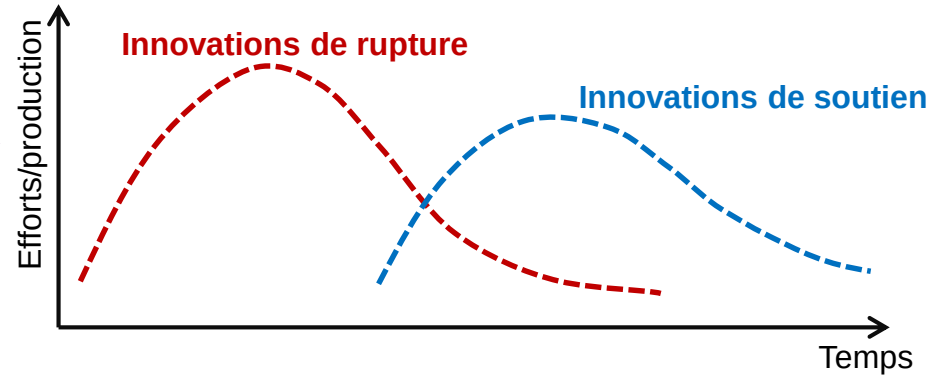
INNOVATION DE « SOUTIEN » OU DE « RUPTURE »

Innovation « de soutien »

Amélioration à la marge d'un « dominant design » déjà existant
(soit sur l'objet en lui-même, soit sur la production de l'objet)

Exemples : mettre un appareil photo au smartphone, direction assistée d'une voiture, optimisation de la chaine de production.
Dans le nucléaire : amélioration des barres de commandes de REP, optimisation du rechargement d'un réacteur, etc.

Différences de temporalités dans la productivité et les efforts



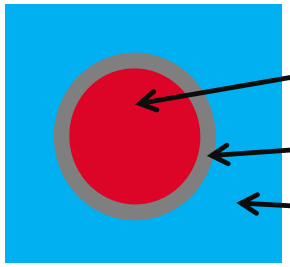
Innovation « de rupture »

Création d'un nouveau dominant design ou sa modification profonde

→ Très rarement liée à une *invention technologique majeure*
→ Repérable par les effets collatéraux (impacts, conséquences et modifications des structures existantes, etc.) Exemple : la photographie numérique et Kodac

LES MSR ET LE DOMINANT DESIGN NUCLÉAIRE

- **3 éléments du dominant design actuel dans le nucléaire :**



Combustible solide
Gaine solide
Caloporteur fluide

} PWR, RNR-Na, CANDU, etc.

- **MSR:** Modification profonde → **Combustible + Caloporteur fluide** (pas de matériaux de gaine)

→ **Seule filière GEN-IV** en dehors du dominant design
Exemple d'impact : pulse sur-critique prompt

Deux options possibles :

1- Un avatar, un hybride, une voie sans issue (cf. l'histoire de l'automobile)

2- MSR porteur d'une innovation « de rupture »
… avec les conséquences sur production, performances, possibilités, perspectives...

INNOVATION : EXEMPLE !

- **Pour étudier/penser/estimer les MSR (technique et potentiel) :**
  Condition → se placer hors des schémas liés au « combustible solide »

- **En épilogue …**

Atterrissage des boosters de type « Falcon 9 »
(Lancement de la Falcon Heavy de Space X le 6 février 2018)

Aspect « technique » de la modification du dominant design :
Retour des lanceurs
→ Baisse du coût à l'espace : facteur 5 à 10.

→ **Très certainement une innovation « de rupture »**

INNOVATION : EXEMPLE !

- **Pour étudier/penser/estimer les MSR (technique et potentiel) :**

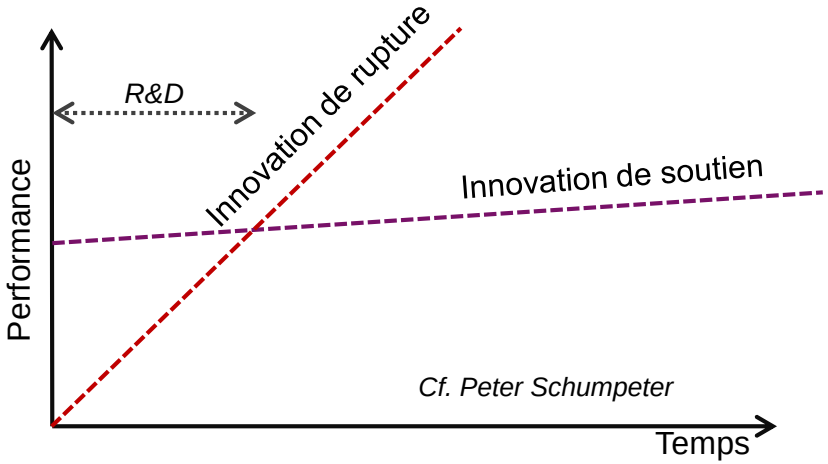
  Condition → se placer hors des schémas liés au « combustible solide »

- **En épilogue …**

Atterrissage des boosters de type « Falcon 9 »
(Lancement de la Falcon Heavy de Space X le 6 février 2018)

Aspect « technique » de la modification du dominant design :
Retour des lanceurs
→ Baisse du coût à l'espace : facteur 5 à 10.

→ **Très certainement une innovation « de rupture »**



Merci de votre attention !

… bon séminaire à tous !

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)1 69 08 31 86
Établissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

RAPPEL ORGANISATION 1/2 (CADARACHE)

- **Ce matin :**

- **Introduction** → Innovation + Etat des filières GEN-IV
- **n°1 :** qq éléments sur les MSR (termes, idées, concepts, etc.)
- **n° 2 : Massy (1ère partie)** → REX, historique et MSR dans le monde

→ Pause « *café à l'italienne* » vers 10h (20 min)

- **n° 3 : Massy (2ème partie)** → aspects techniques (sels, matériaux, …)
- **n° 4 : Massy (3ème partie)** → aspects techniques (combustible, composants, …)

- 40 min de discussion générale

→ Midi « *Buffet* » vers 12h (~1h20)

RAPPEL ORGANISATION 2/2 (CADARACHE)

- **Cet après-midi :** reprise à 13h20… 00 !
- **n° 5 :** REX des réacteurs ARE et MSRE
- **n° 6 : Présentations par centre**

  - à Saclay → Boucle à sels fondus du CNRS Grenoble (V. Ghetta & J. Giraud)
  - à Cadarache → Retraitement du combustible (DMRC – Marcoule)

→ Pause « *thé à l'anglaise* » vers 14h20 (20 min)

- **Ateliers & discussions techniques :**

  - à Saclay → Cahier des charges d'une boucle à sels fondus
  - à Cadarache → Instrumentation, systèmes, accidents pour MSR (inventaire de moyens nécessaires)

- 1h de discussion générale (vers 15h30)
- **Les maux de la faim de WE (vers 16h30)**