

PETITS RÉACTEURS MODULAIRES (PRM) ET ENJEUX DE SÛRETÉ ASSOCIÉS

Rencontres des CLI du bassin de la Loire - Orléans - 10 décembre 2024

SOMMAIRE

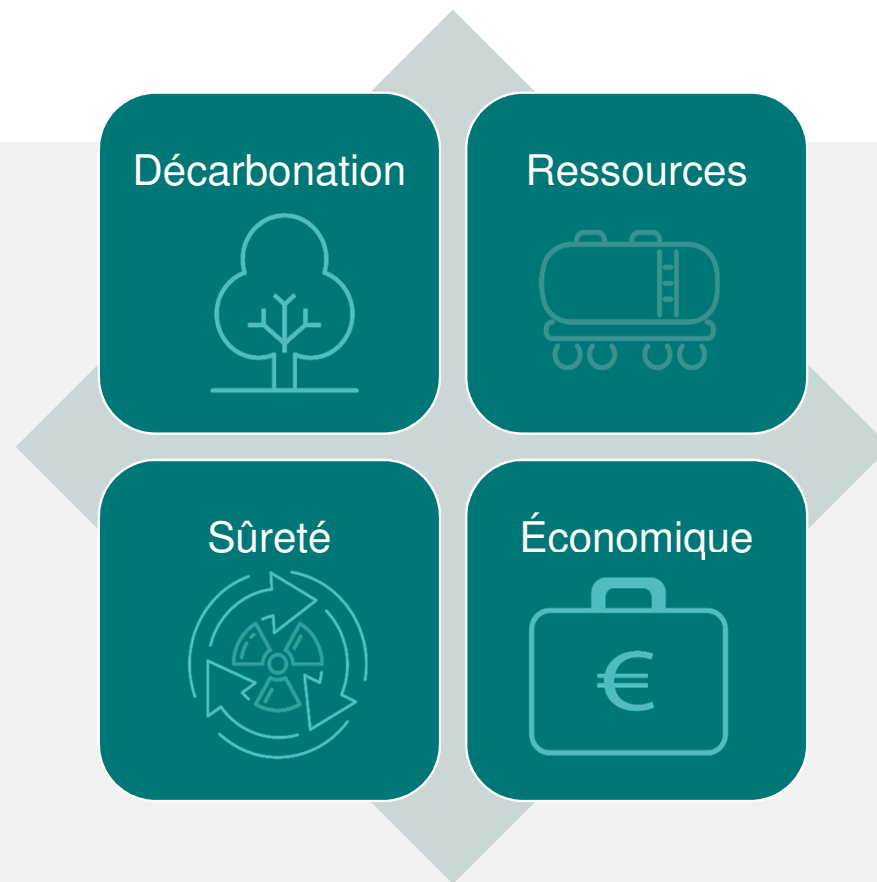
- ❑ **Connaissances générales sur les PRM**
- ❑ **Les projets de PRM en France**
- ❑ **Les modalités de dialogue et d’instruction**
- ❑ **Les enjeux de sûreté des PRM**

CONNAISSANCES GÉNÉRALES SUR LES PRM

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIÉTAUX

Quels sont les enjeux?

1. Décarboner la production énergétique
2. Préserver les ressources naturelles
3. Garantir un haut niveau de sûreté nucléaire
4. Prendre en compte les contraintes économiques



Les Petits Réacteurs Modulaires = une proposition de réponse

DÉFINITION DE PETIT RÉACTEUR MODULAIRE (PRM)

C'est quoi un PRM?

Une diversité d'acronymes pour les qualifier à l'image d'une tentative « taxinomique »

PRM: Petit Réacteur Modulaire

SMR: Small Modular Reactor

Dénomination générique

AMR: Advanced Modular Reactor

PRM avec innovations majeures de conception et de technologie

MMR: Modular Micro Reactor

PRM d'une très faible puissance

Sous-ensembles

DÉFINITION DE PETIT RÉACTEUR MODULAIRE (PRM)

C'est quoi un PRM?

1. Un réacteur nucléaire de petite à moyenne puissance

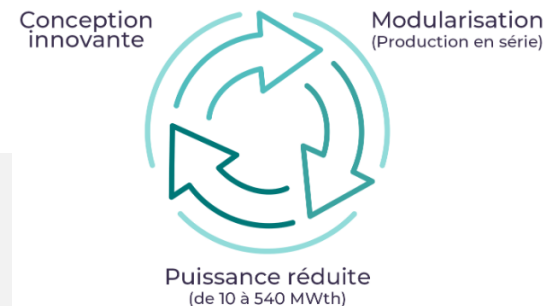
- ✓ pour répondre à de nouveaux usages

2. Une conception modulaire et intégrée pour un déploiement en grande série

- ✓ pour répondre à des contraintes économiques
 - Préfabrication en usine
 - Standardisation et production de série
 - Réduction des délais de construction)

3. De nouvelles technologies dont certaines :

- ✓ favorise la fermeture du cycle du combustible (préservation des ressources)
- ✓ améliore la gestion des déchets radioactifs

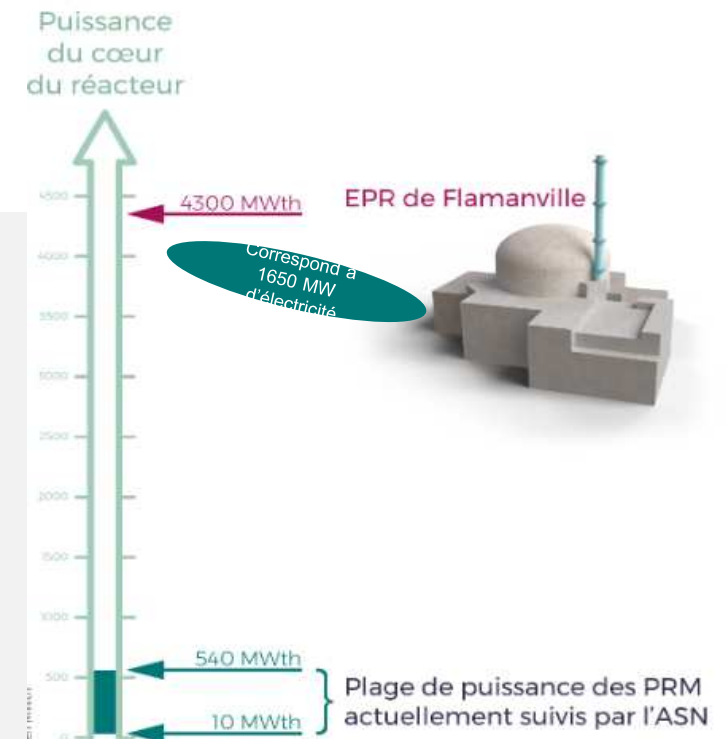


Les PRM en complément des réacteurs de puissance pour couvrir de nouveaux usages

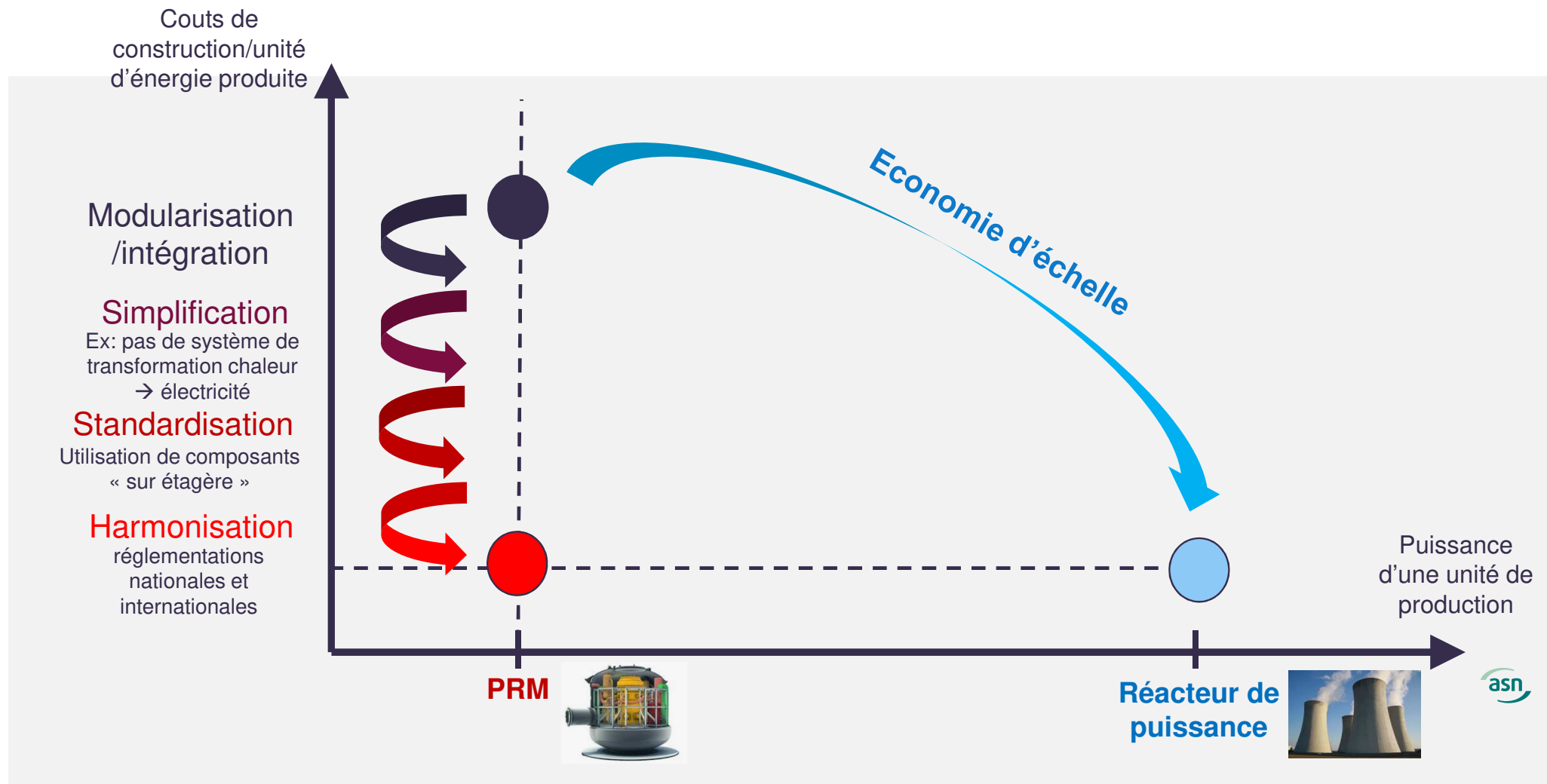
PLAGE DE PUISSANCE POUR UN PRM

Pourquoi des puissances plus petites?

1. Pour des usages différents (chaleur urbaine ou industrielle, sites isolés, ...)
2. Un modèle économique différents (standardisation et production en série)
3. Une meilleure sûreté intrinsèque (évacuation puissance résiduelle, ...)



MODÈLE ÉCONOMIQUE DES PRM



EXEMPLES D'USAGES DES PRM



Remplacement des centrales électriques à combustible fossile

Substitution de centrales à charbon, gaz ou fuel

En complément des centrales nucléaires de puissance



Fourniture locale d'électricité ou de chaleur

Industrie : chaleur ou électricité en local

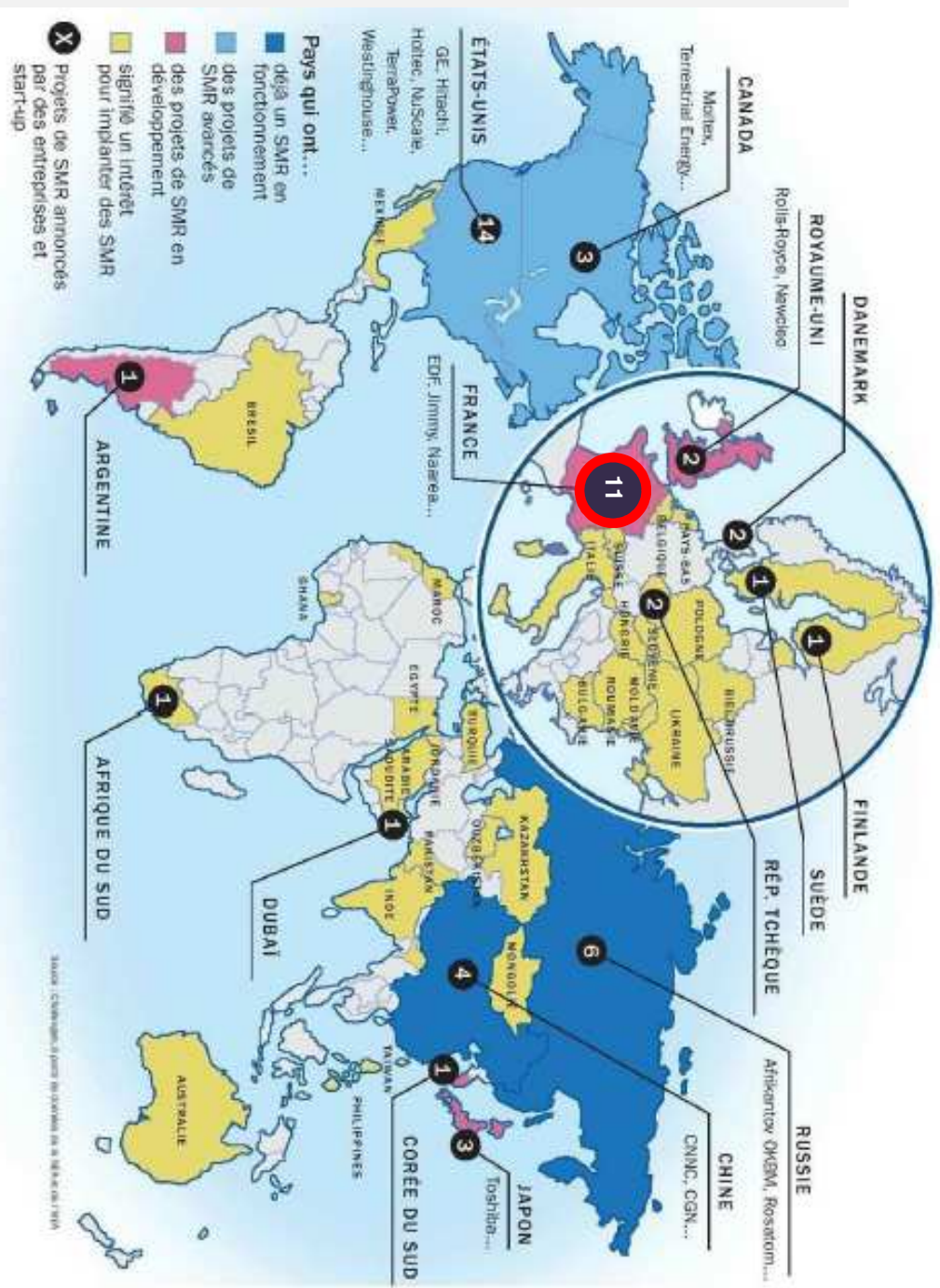
Résidentiel: Chauffage urbain



Production d'électricité pour des sites isolés

Sites non connectés à un réseau électrique

APERÇU DES PROJETS PRM « FISSION » À L'INTERNATIONAL



LES TECHNOLOGIES DE PRM « FISSION » EN FRANCE



Réacteurs à eau

- Combustible solide Uranium
- Modérateur eau
- Caloporteur eau



Réacteurs à métal liquide

- Combustible solide Mélange uranium et plutonium (MOX)
- Pas de modérateur
- Caloporteur métal liquide (sodium, plomb)



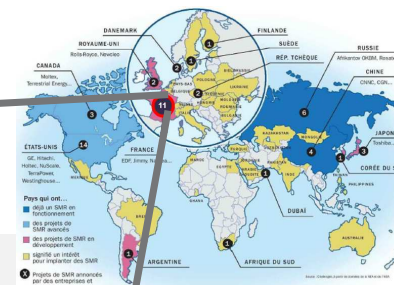
Réacteurs à haute température

- Combustible solide Uranium (particules TRISO)
- Modérateur solide (graphite) ou liquide (eau lourde)
- Caloporteur gaz (hélium) ou liquide (sodium)

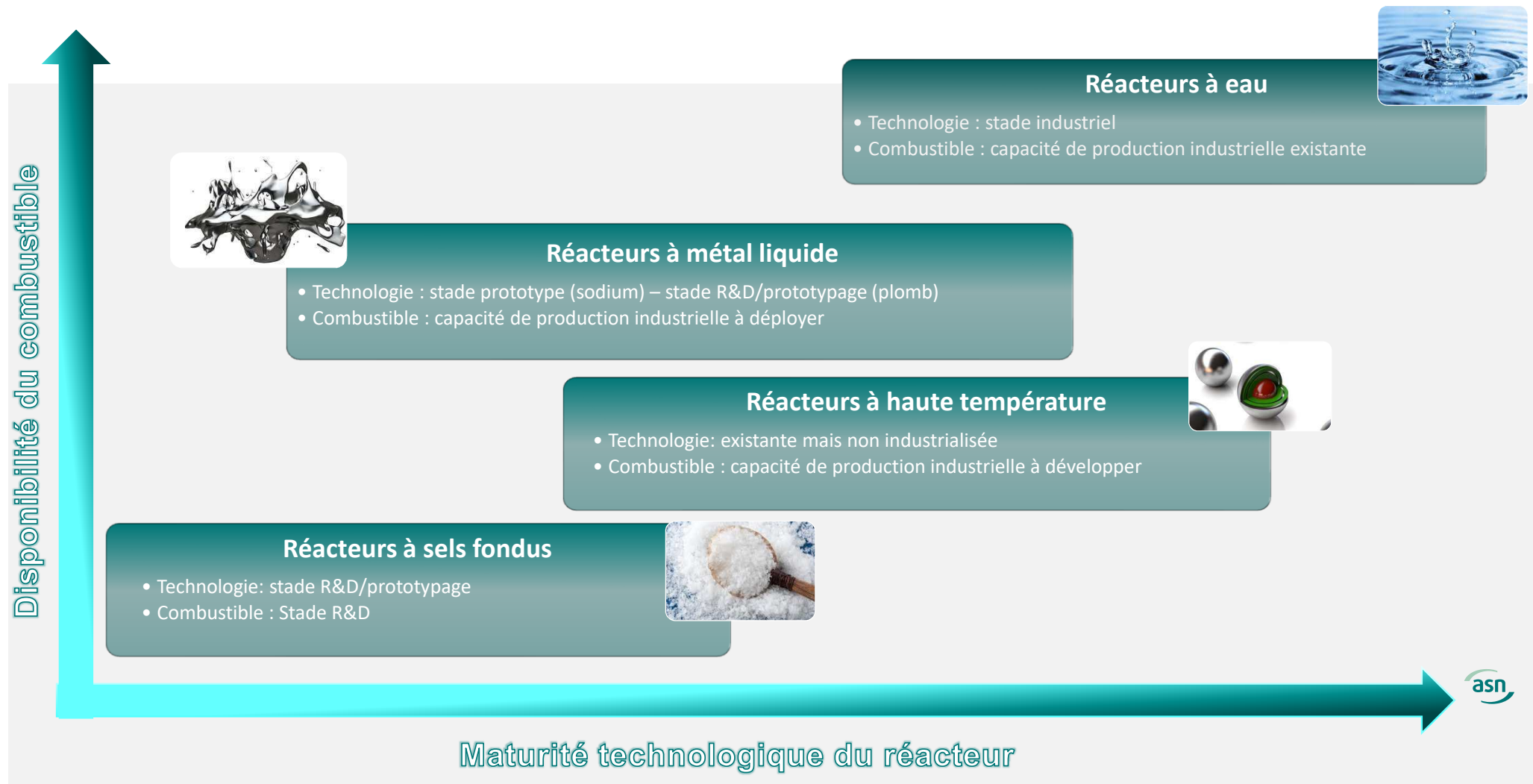


Réacteurs à sels fondus

- Combustible liquide plutonium sous la forme d'un sel
- Pas de modérateur
- Caloporteur liquide (sel fondu)



MATURITES DES TECHNOLOGIES UTILISÉES PAR LES PRM



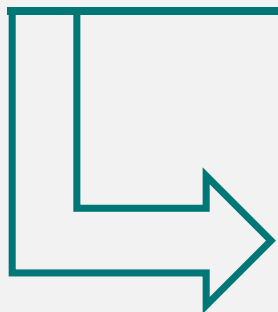
LES MODALITÉS DE DIALOGUE ET D'INSTRUCTION

ORGANISATION DE L'ASN POUR LES PRM

France 2030 : 1^{er} appel à projet du gouvernement lancé le 2 mars 2022 et terminé le 28 juin 2023, avec deux axes :

Axe 1 : Le soutien du développement d'un projet de petit réacteur modulaire (PRM) européen porté par la filière française.

Projets de PRM européen



Direction des Centrales Nucléaires (DCN)

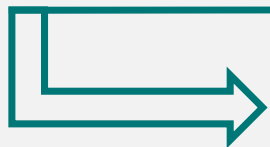


ORGANISATION DE L'ASN POUR LES PRM

France 2030 : 1^{er} appel à projet du gouvernement lancé le 2 mars 2022 et terminé le 28 juin 2023, avec deux axes :

Axe 2 : Le soutien de nouveaux concepts complets de réacteurs nucléaires innovants, dans les domaines de la fission et de la fusion nucléaire, s'appuyant sur un nouvel écosystème de start-ups nucléaires et d'innovations de rupture dans la R&D de la filière nucléaire française

PRM innovants



Décision ASN 2023-DC-0766 du 6 juillet 2023 : création d'une nouvelle mission dédiée au PRM innovants



**Mission Réacteurs Innovants
(MRI)**

*PRM innovants: Prototypes industriels ou expérimentaux
Utilisant des technologies différentes des réacteurs à eau pressurisée du
parc actuel*



PROJETS DE PRM INNOVANTS SUIVIS PAR L'ASNR (1/2)

Les sociétés porteuses des projets de PRM et lauréats à l'appel projet

Réacteurs à eau



Réacteurs à métal
liquide



Réacteurs à haute
température

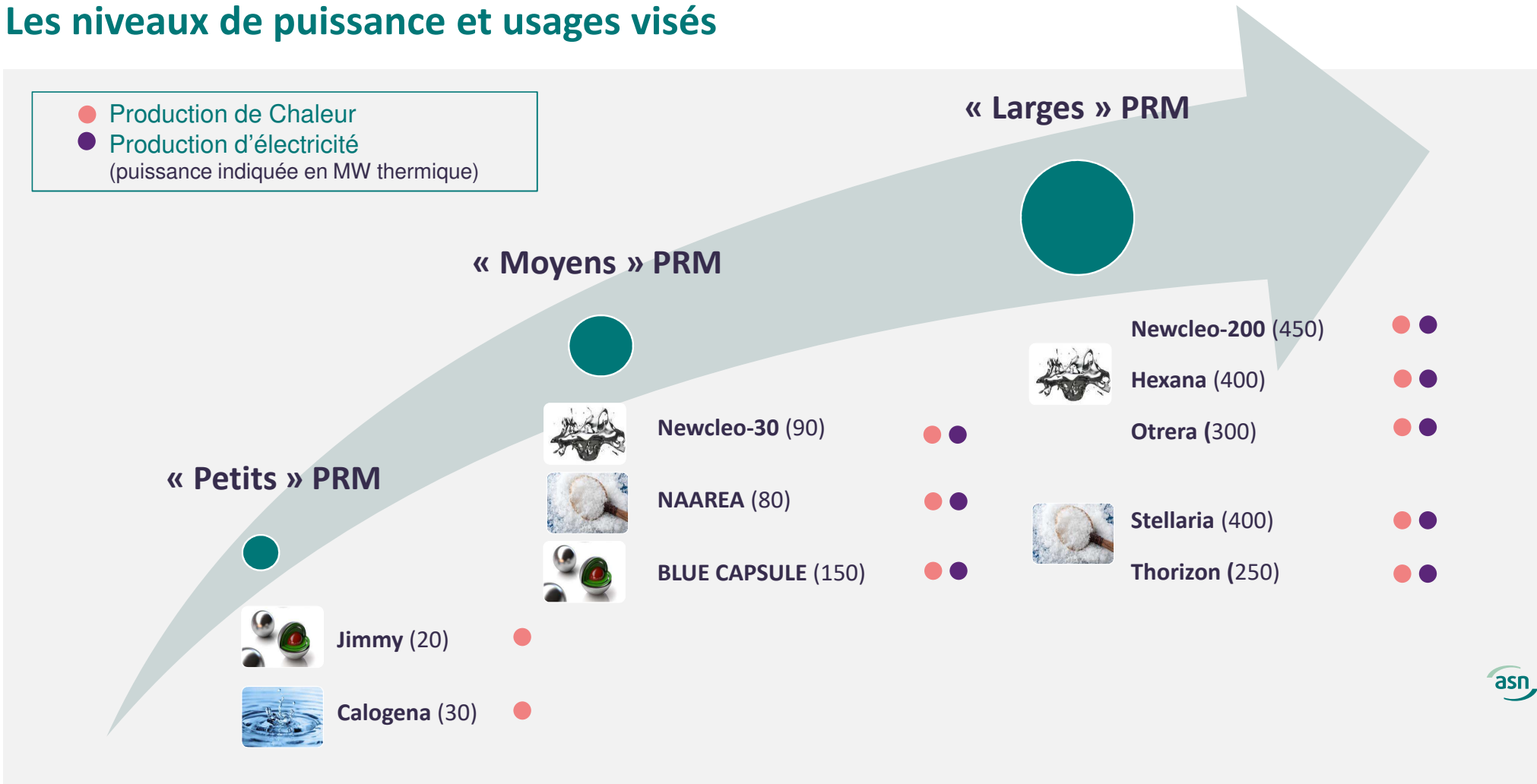


Réacteurs à sels fondus

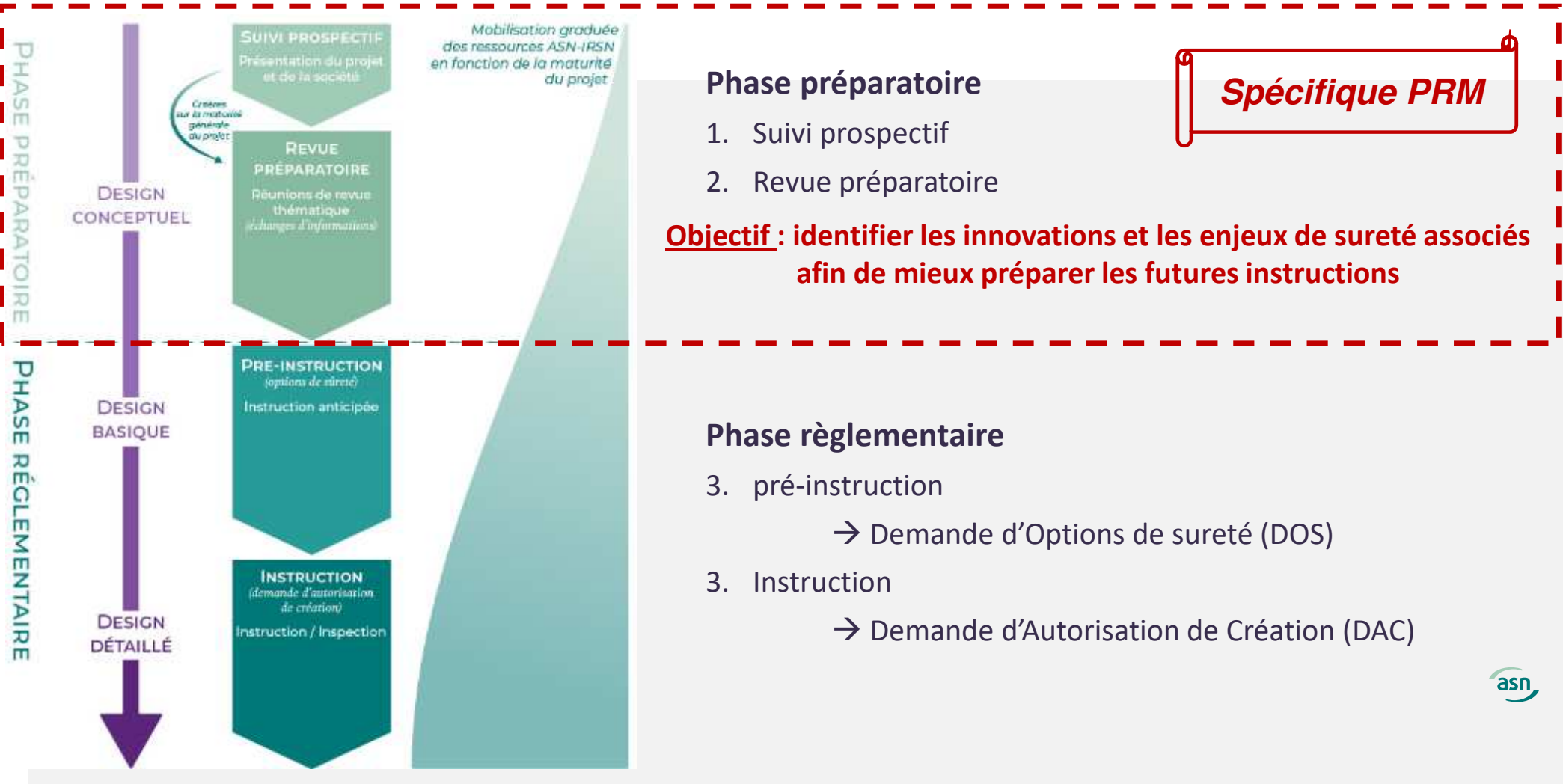


PROJETS DE PRM INNOVANTS SUIVIS PAR L'ASNR (2/2)

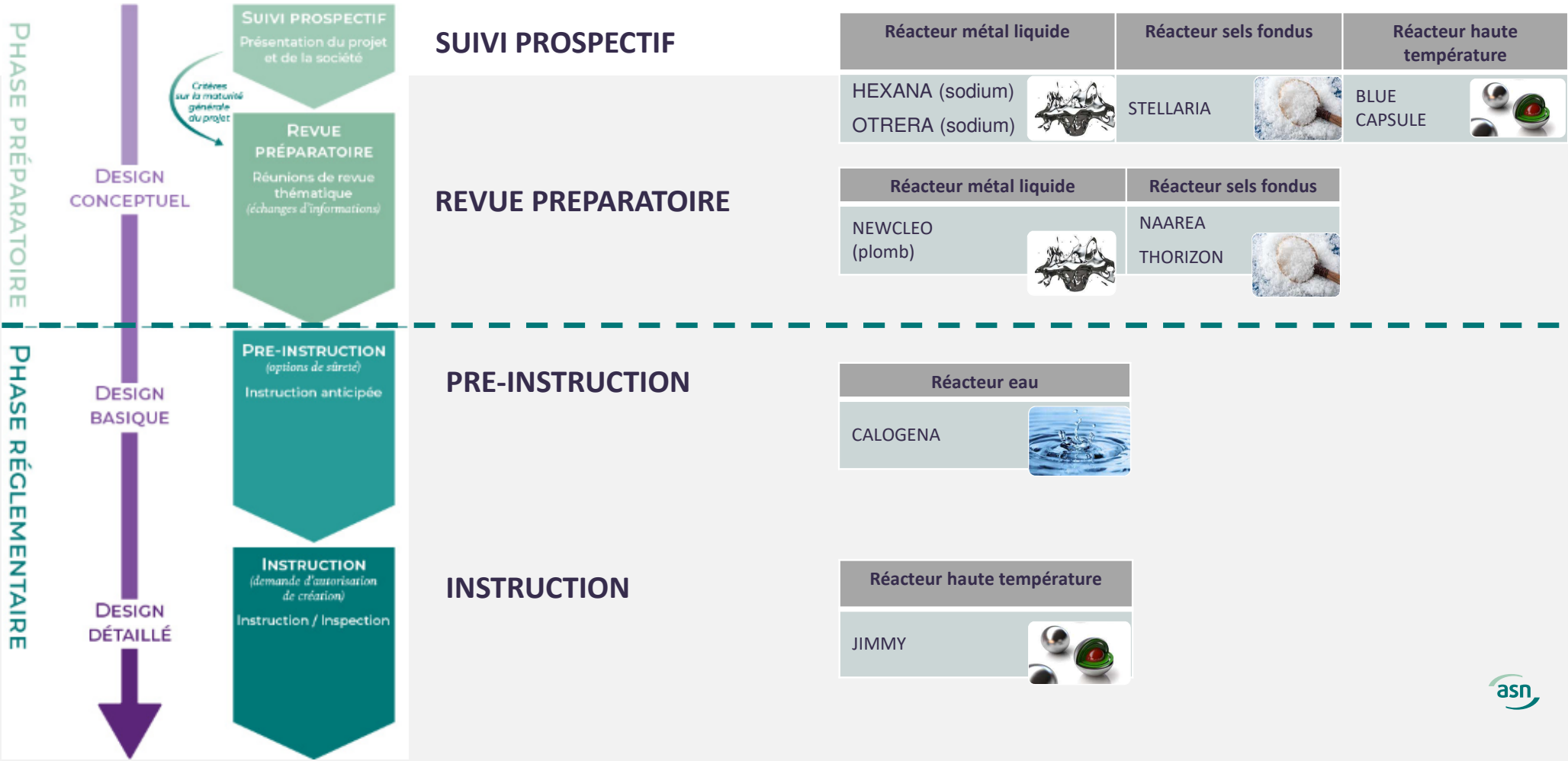
Les niveaux de puissance et usages visés



PRM INNOVANTS: CADRE D'ÉCHANGES TECHNIQUES ET RÉGLEMENTAIRES

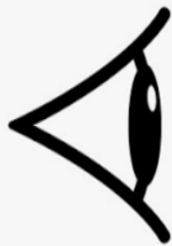


ETAT D'AVANCEMENT DES PROJETS DE PRM INNOVANTS SUIVIS PAR L'ASN

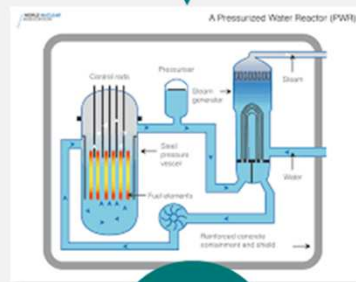


LES ENJEUX DE SURETÉ DES PRM INNOVANTS

LA SITUATION **AVANT** L'APPARITION DES PRM INNOVANTS (MODÈLE ACTUEL)



Modèle actuel du nucléaire en France



1

filière :
les réacteurs à eau sous
pression



1

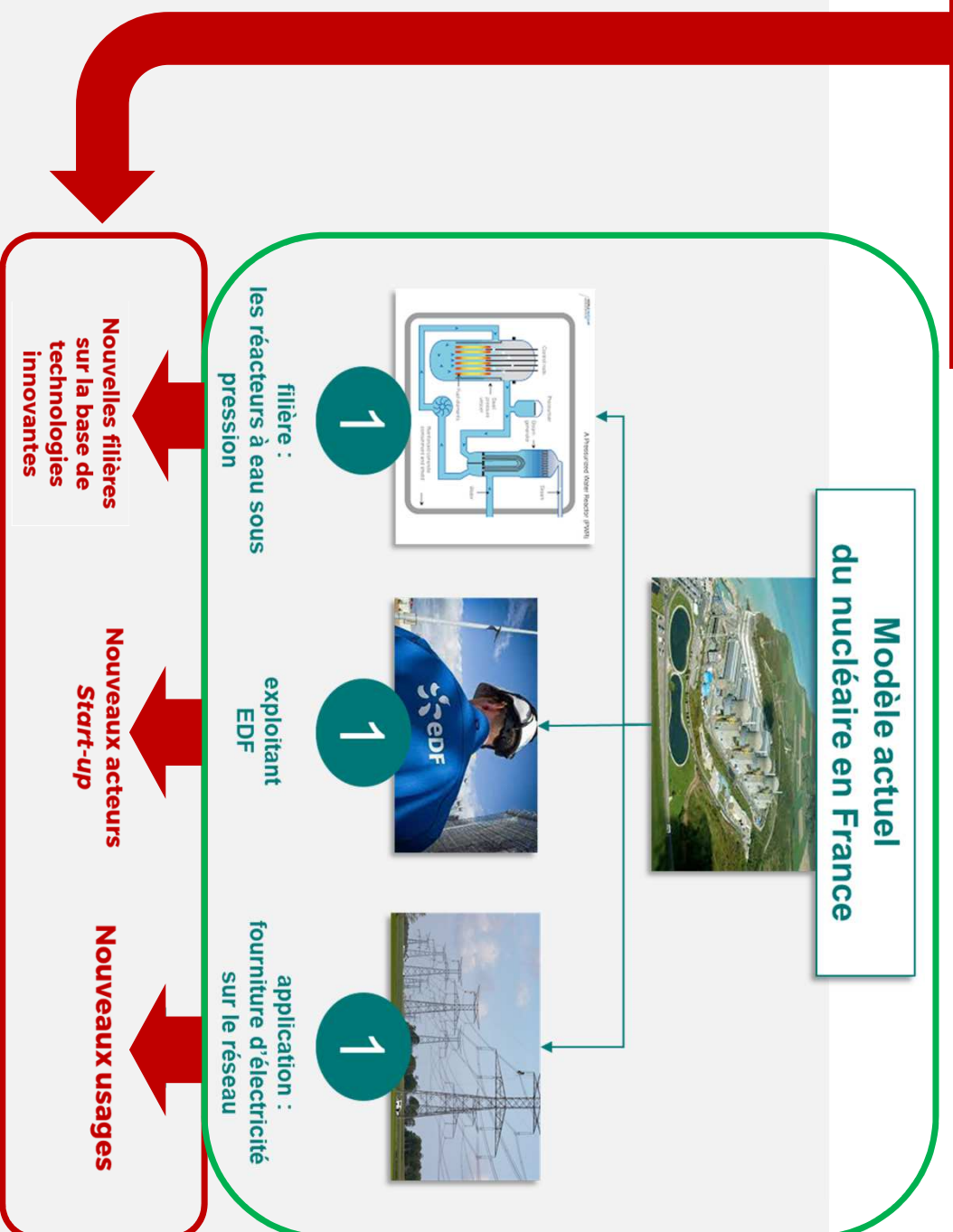
exploitant
EDF



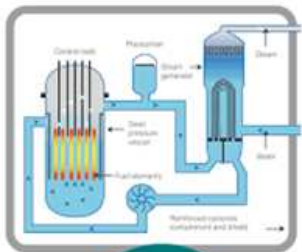
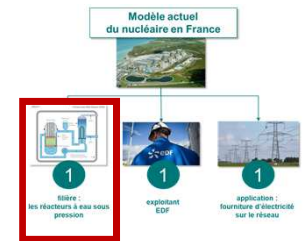
1

application :
fourniture d'électricité
sur le réseau

LA SITUATION **PROJETEE AVEC L'APPARITION DES PRM INNOVANTS**



LES PRM INNOVANTS : LES ENJEUX ASSOCIÉS (1/4)



1
filère



Nouvelles filières sur
la base de
technologies
innovantes

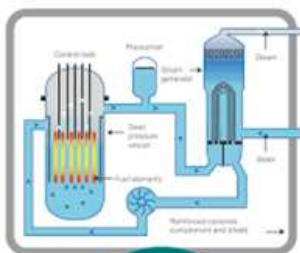
Des concepts nouveaux

- **Technologies en rupture**
 - ✓ Travaux de R&D conséquents – socle des connaissances à construire en tant que fondation à la démonstration de sûreté
- **Les réacteurs « autonomes »** (i.e. sans personnel d'exploitation sur site)
 - ✓ Pilotage uniquement par des automates
 - ✓ Flotte de réacteurs autonomes avec une salle de supervision centralisée (télésurveillance / pas de télé-opération)



Compréhension fine des enjeux de sûreté associés à chaque technologie de PRM

LES PRM INNOVANTS : LES ENJEUX ASSOCIÉS (2/4)



1
filère



Nouvelles filières sur
la base de
technologies
innovantes

Un cycle du combustible à créer pour chaque filière

Amont du cycle

- ✓ Capacité de production du combustibles spécifique à chaque filière

Cas Jimmy Energy : projet = 3 installations nucléaires de base (réacteur, atelier de montage, usine de fabrication du combustible)

Aval du cycle

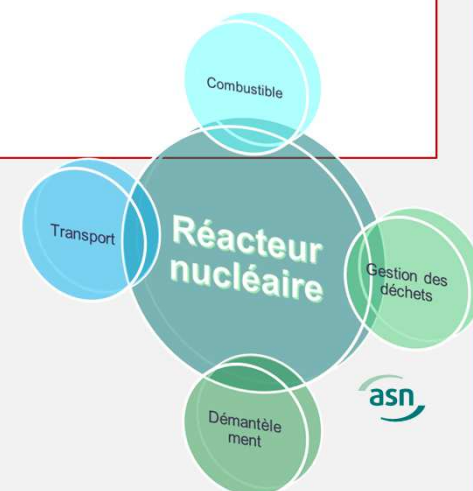
- ✓ Nécessité de développer à court terme des solutions d'entreposage temporaire des combustibles usés/déchets en attendant le développement d'une solution de stockage définitif.

Transport des combustibles neufs / usés

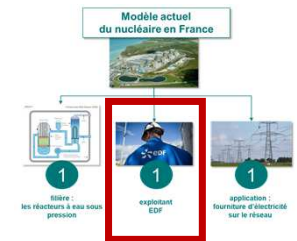
- ✓ Aucun emballage de transport existant n'est agréé pour ces nouveaux combustibles.



Multiplication des dossiers à fournir :
un projet global et cohérent, y compris dans son
calendrier



LES PRM INNOVANTS : LES ENJEUX ASSOCIÉS (3/4)



1

Exploitant



Nouveaux acteurs
Start-up

Evaluation de la capacité de ces start-ups à assurer la responsabilité d'exploitant nucléaire

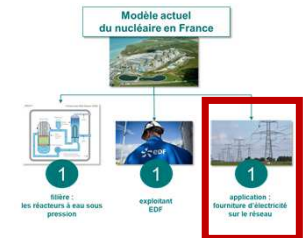
- Évaluation des capacités techniques de ces nouvelles sociétés :
 - ✓ Effectifs
 - ✓ Compétences
 - ✓ conception/exploitation
 - ✓ maîtrise de leur chaîne d'approvisionnement et de leur sous-traitance...
- Évaluation des capacités financières d'une start-up
- Évaluation du système de management et de la culture de sûreté de ces nouveaux acteurs



Importance accrue du volet « non technique » du dossier de demande d'autorisation de création



LES PRM INNOVANTS : LES ENJEUX ASSOCIÉS (4/4)



1

Application



Nouveaux usages

La fourniture d'énergie à des clients industriels

➤ Le choix du site n'est plus une option

- ✓ Nécessité d'implanter le PRM à proximité de l'utilisateur industriel

Implication: création de nouveaux sites nucléaires (nombreux ?) possiblement à proximité de zones moyennement ou densément peuplés.

➤ Interconnexion du procédé nucléaire et du procédé industriel

- ✓ Electrons vecteur non contaminant → systèmes d'échange de chaleur entre le réacteur et le procédé industriel « client » (agroalimentaire, produits manufacturés, médicaments, réseau de chauffage urbain...) possiblement contaminants

Élément important de la démonstration de sûreté à couvrir



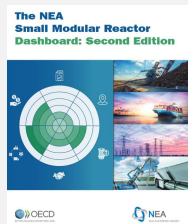
**Renforcer les objectifs de sûreté
Travaux en cours par l'ASN (contextes
européen et national)**



POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES PRM*

❑ Sur le site de l'ASN

<https://www.asn.fr/l-asn-controle/petits-reacteurs-modulaires>

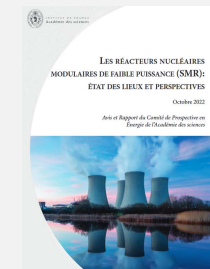


❑ Publications AIEA - NEA

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/55/024/55024235.pdf?r=1

❑ Académie des Sciences

https://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/221020_SMR.pdf



❑ Communication SFEN – journées technique thématiques

<https://www.sfen.org/replay/replay-les-petits-reacteurs-modulaires-smr-challenges-et-opportunités/>

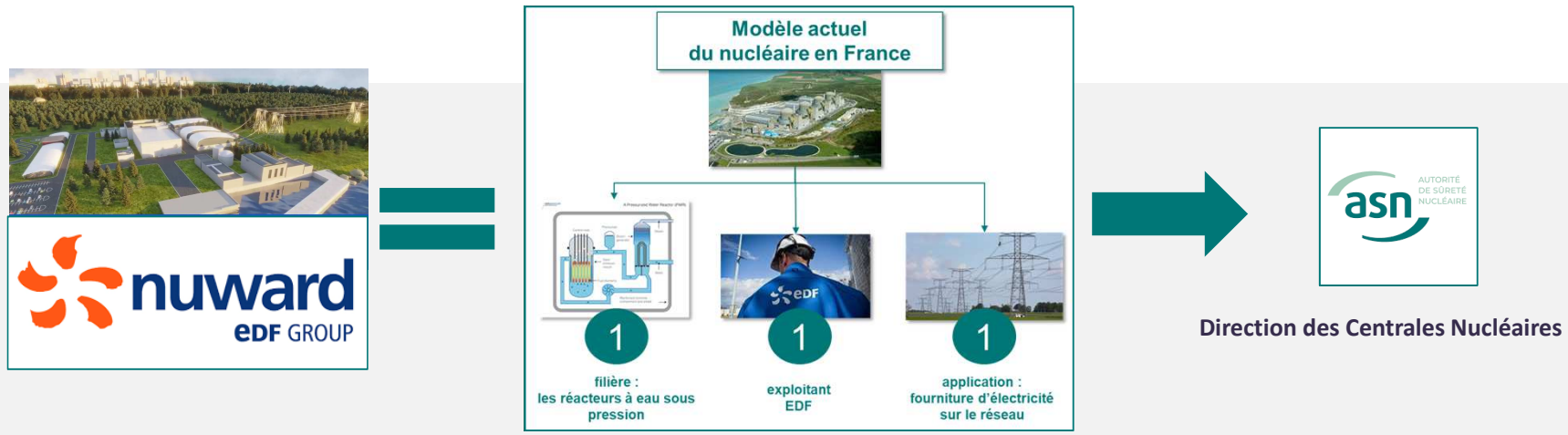


(*) à titre illustratif



Suivez l'ASN sur :  X (exTwitter)  Facebook  LinkedIn  YouTube


LE PROJET NUWARD



Un enjeu de coopération internationale


Une première mondiale :
évaluation conjointe par
six Autorités de sûreté

PROGRAMME « RENCONTRES DES CLI DU BASSIN DE LA LOIRE »



RENCONTRES des CLI du BASSIN DE LA LOIRE

À Orléans les 10 & 11 décembre 2024

Les CLI de Belleville-sur-Loire, Chinon, Clivaux, Dampierre-en-Burly et Saint-Laurent-des-Eaux vous accueillent pour leur 2^e Inter-CLI avec au programme, l'hydrogéologie, les petits réacteurs modulaires et une visite sur les travaux post-Fukushima.

MARDI 10 DÉCEMBRE

9h30 Accueil café

10h00 Atelier de travail sur le fonctionnement des CLI, leur évolution, leur coordination à l'échelle du Bassin de la Loire

12h30 Déjeuner

14h00 Lancement officiel de la 2^e rencontre des CLI du Bassin de la Loire
Accueil café & discours d'ouverture

14h30 Contexte hydrogéologique du Bassin de la Loire, sa complexité et sa gestion
Présentation par le BRGM & échanges avec les participants

15h30 Fonctionnement des hydro-collecteurs des centrales nucléaires du Bassin de La Loire
Présentation des études de l'IRSN & échanges avec les participants

16h30 Pause

17h00 SMR et enjeux de sûreté associés
Présentation par l'ASN & échanges avec les participants

18h00 Temps libre

19h30 Dîner

Matinée et déjeuner destinés aux responsables et animateurs de CLI, en présence de l'ASN, de l'IRSN et de EDF, ce temps d'expression libre vise à entendre et à partager les attentes des uns et des autres sur le fonctionnement des CLI et leur avenir dans le paysage nucléaire.

MERCREDI 11 DÉCEMBRE

8h00 Départ en car d'Orléans

9h00 Arrivée au CNPE de Dampierre-en-Burly
Accueil café et gestion des accès

10h00 Travaux post-Fukushima
Présentation par EDF & visite des installations

- » Diesel d'Ultime Secours (DUS)
- » Nouveau centre de crise local
- » Système PTR-Bis (système de refroidissement supplémentaire semi-mobile pour la piscine d'entreposage du combustible)

12h00 Déjeuner

14h30 Visite du Château de Sully-sur-Loire

16h00 Départ en car pour Orléans

17h30 Arrivée prévue sur Orléans, proche de la gare

Inscription obligatoire via le formulaire disponible en cliquant sur ce lien ou en flashant le QR Code

<https://form1.office.com/6fHQv0xep125>



