

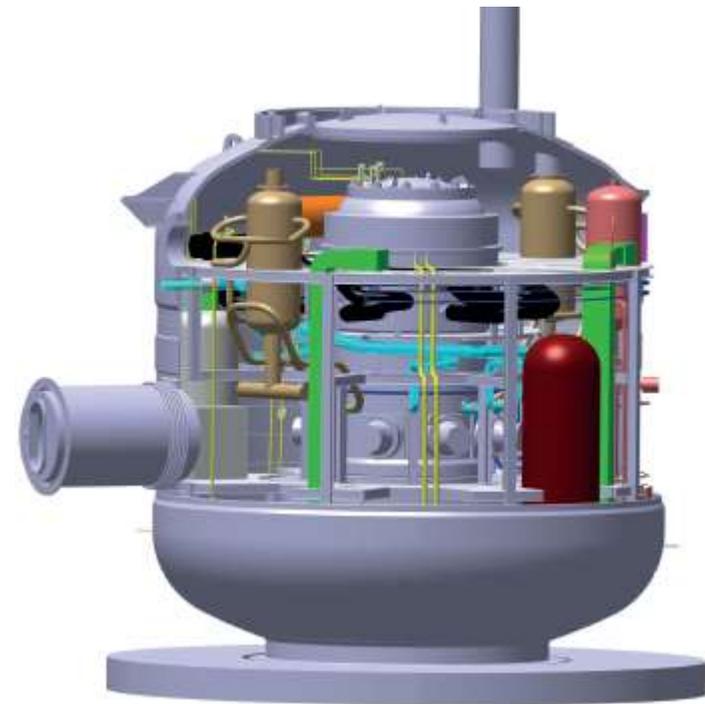
# Les SMR - Enjeux et avancées

## Le projet SMR NUWARD™

Jacques CHENAIS - CEA

Arnaud DOUVENEAU - TechnicAtome

Groupe professionnel Centrale-Energies  
15/01/2020



# SOMMAIRE

---

1. Contexte énergétique mondial / les SMR enjeux et avancées
2. NUWARD™ : le projet de SMR Français

# CONTEXTE ENERGETIQUE / PLACE DU NUCLEAIRE

- **Demande énergétique croissante et contraintes climatiques**

- L'approvisionnement en énergie : un enjeu politique, économique et environnemental pour l'avenir de la planète
- Le Nucléaire source décarbonée : une solution incontournable avec les énergies renouvelables



- **Large déploiement des réacteurs à eau légère**

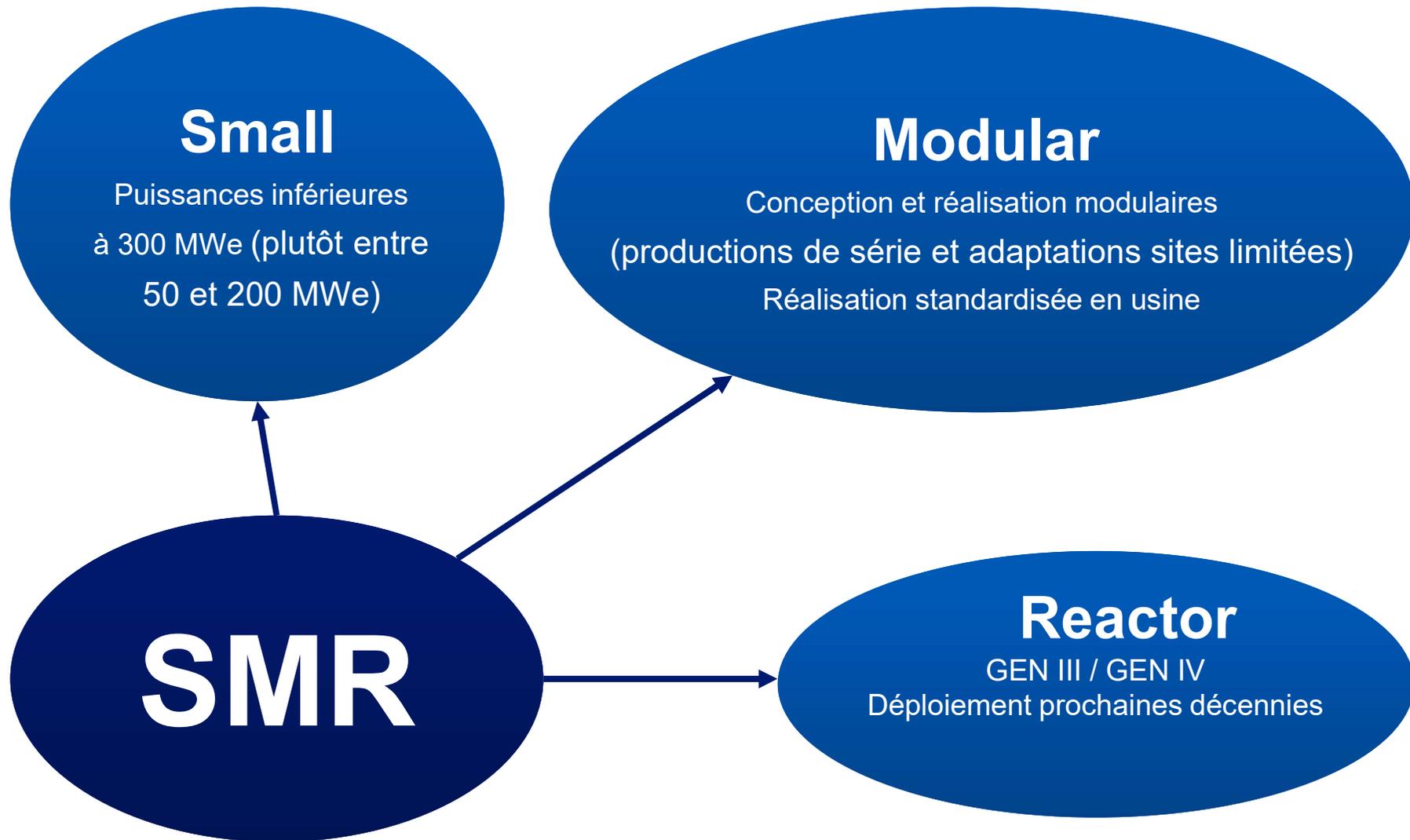
- Développement en parallèle pour les centrales électrogènes et la propulsion navale militaire (des REP pour l'essentiel)
- Le facteur d'échelle a conduit au développement de réacteurs de forte puissance pour la production d'électricité mais trouve ses limites

# CONTEXTE ENERGETIQUE / PLACE DU NUCLEAIRE

- **Une place pour des petites unités nucléaires pour prendre en compte**
  - les contraintes de taille de réseau et les contraintes économiques des états / opérateurs
  - Les besoins spécifiques pour les sites isolés, la production de chaleur, la production d'eau douce,...
  - Les besoins d'unités manoeuvrantes (dans un mix doté d'intermittents)

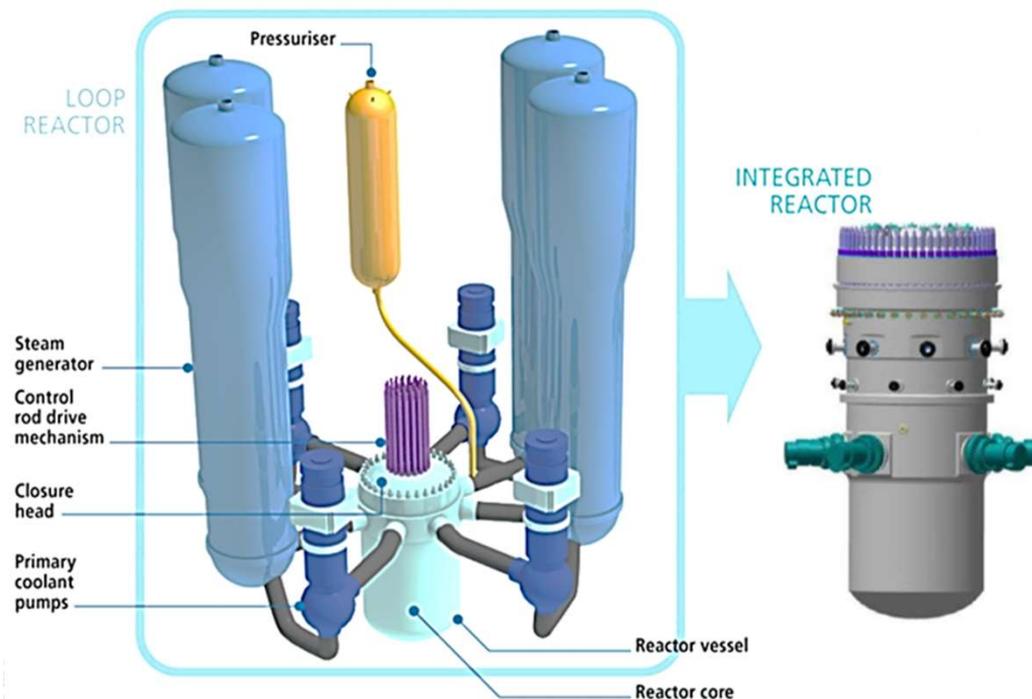


# UNE NOUVELLE CONCEPTION DE RÉACTEUR



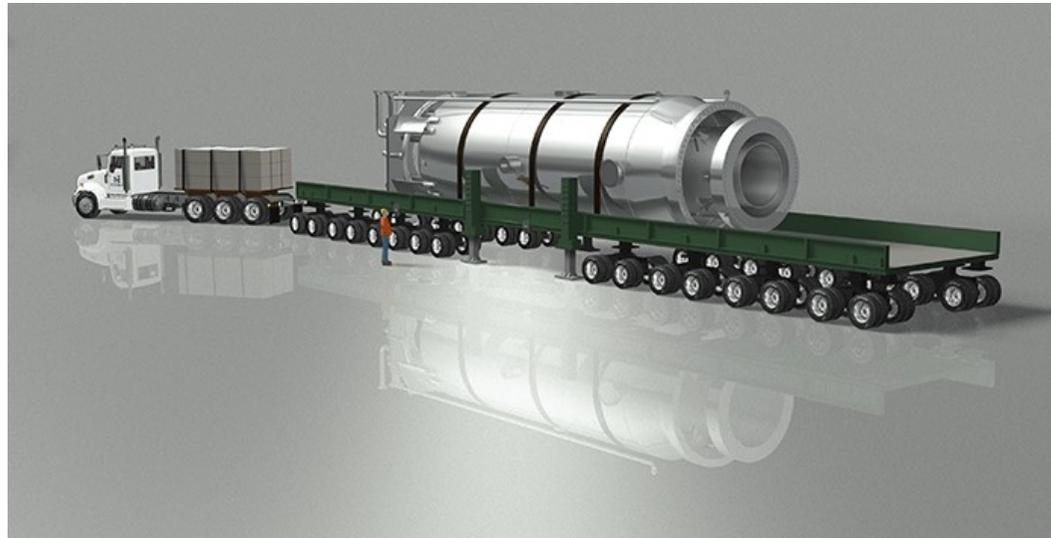
# DES RÉACTEURS DE FAIBLE PUISSANCE POUR UNE CONCEPTION SIMPLE ET SÛRE

- Architecture compacte et simplifiée, limitant les initiateurs et scénarios d'accidents
- Puissance résiduelle limitée permettant l'usage de systèmes passifs de sûreté



# UN RÉACTEUR MODULAIRE POUR UNE CONSTRUCTION PLUS AISÉE

- Modules en nombre limité, fabriqués et testés en usine, transportables en containers
- Réduction des contraintes et de la durée de construction sur site



## UNE PRODUCTION NUCLÉAIRE ABORDABLE

- Investissement modéré pour une première centrale
- Réduction des frais financiers avant production des premiers MWh

## UNE INTÉGRATION DANS LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES FACILITÉE

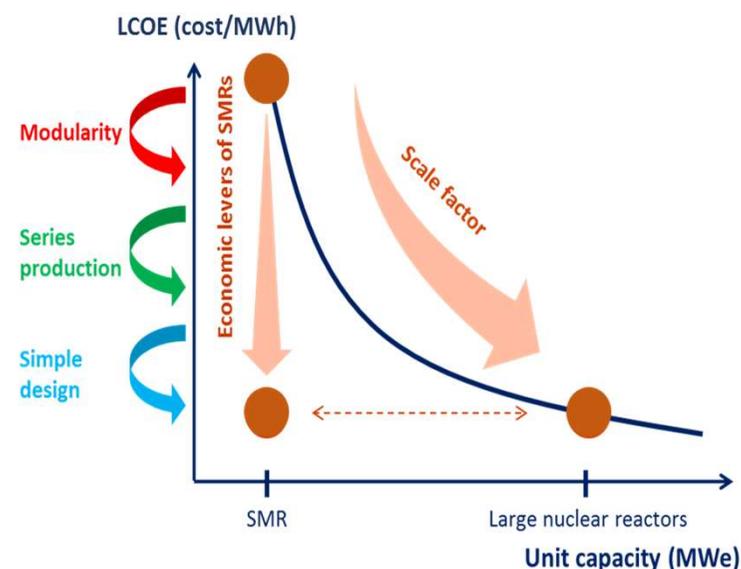
- Architecture adaptable d'un seul réacteur à une centrale multi-réacteurs selon besoins client et capacité du réseau
- Production flexible et manœuvrante adaptée à l'émergence des ENR intermittents

## UNE NÉCESSAIRE STANDARDISATION ET HARMONISATION POUR UN DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL

- Exigences réglementaires adaptées aux SMR et harmonisées entre pays
- Certification des usines de fabrication

# UNE COMPÉTITIVITÉ GRÂCE À DES LEVIERS ÉCONOMIQUES POUR CONTRER L'EFFET D'ÉCHELLE

- **Conception simplifiée** (architecture, matériels, structure de génie civil, facilité et rapidité de construction) ;
- **Conception et fabrication modulaires** (diminution du coût de construction, réduction de la durée de construction) ;
- **Effet de série** (fabrication en série des composants, standardisation, normalisation, grand programme de construction...).



# QUELS MARCHÉS POUR LA TECHNOLOGIE SMR ?

## Un nouveau marché : les utilisateurs de petite puissance

- **Réseaux insuffisants pour les grosses puissances** : 65 % des réseaux nationaux auront une taille < 10 GWe en 2040 (croissance des métropoles régionales)
- **Electrification** de sites isolés
- **Facilitation** du financement avec un investissement progressif



## Faciliter le déploiement des énergies renouvelables

- **Un besoin de complément aux renouvelables avec une base bas carbone pilotable et flexible** qui croît avec leur taux de pénétration



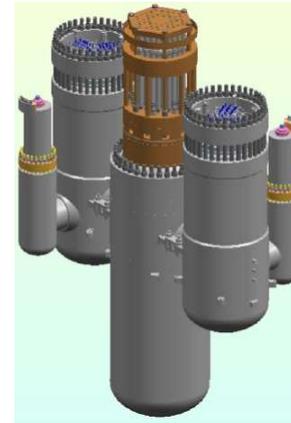
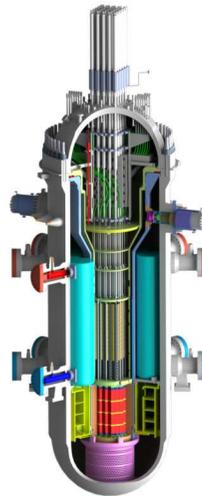
## Répondre à l'augmentation de la demande électrique & au remplacement des sources carbonées

- Augmentation globale de la demande d'énergie électrique (+60% en 2040)
- Fermeture progressive des centrales à charbon/gaz (décarbonation)



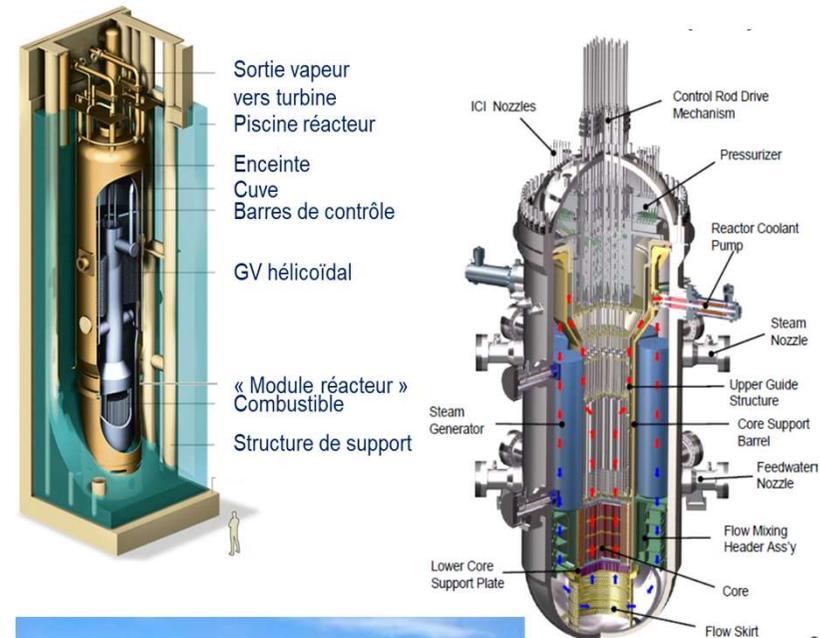
# PRINCIPES DE CONCEPTION – TENDANCES SMR REP

- Architecture intégrée / multipots
- Circulation naturelle / forcée
- Enceinte de confinement métallique, refroidissement par volume d'eau
- Systèmes passifs
- Construction semi-enterrée

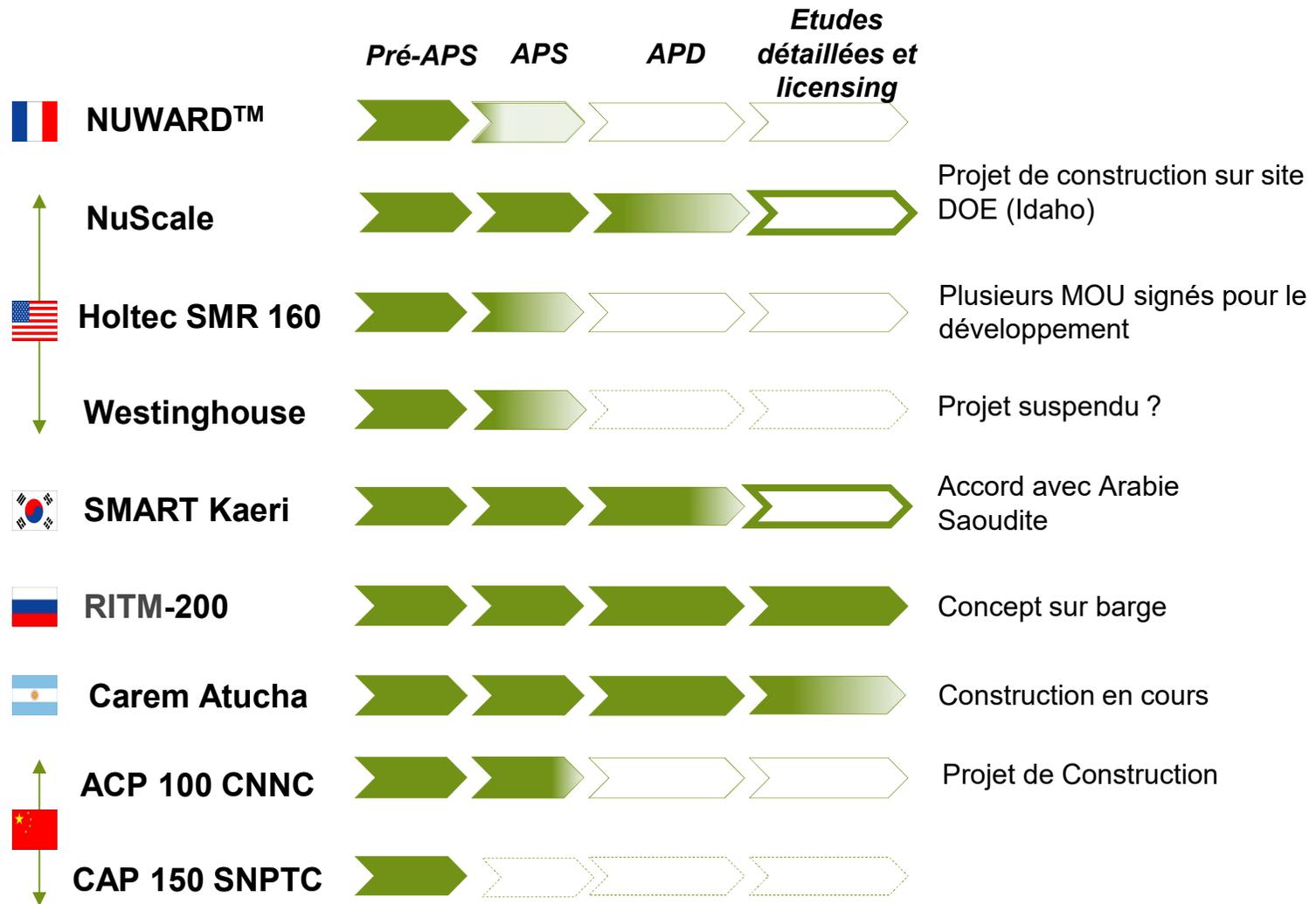


# DES ACTEURS DÉJÀ MOBILISÉS À L'INTERNATIONAL

- L'américain **NuScale** (12x60MWe) soutenu par le DOE (\$280M), en phase d'études détaillées pour un projet dans l'Idaho en 2026, certification NRC en cours.
- Le Coréen **SMART** (100MWe) déjà certifié, projet en partenariat avec l'Arabie Saoudite
- La barge russe **Akademik Lomonosov** (2x35MWe) mise en service fin 2019 à Pevek, site isolé en Sibérie
- Plusieurs concepts de **SMR chinois** en avant projet (électricité, réacteurs flottants, chauffage urbain,...)
- 1 petit démonstrateur argentin **CAREM** (25MWe) en construction



# DES PROJETS A DIFFÉRENTS STADES DE DÉVELOPPEMENT



# SOMMAIRE

---

1. Contexte énergétique mondial, rôle du nucléaire et les SMR
2. **NUWARD™ : le SMR Français**
  1. Organisation du projet
  2. Le concept NUWARD™

# NUWARD™ : LA COOPÉRATION DE 4 ACTEURS MAJEURS DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE FRANÇAISE

- A l'issue d'études de faisabilité, la conception préliminaire (Avant-Projet Sommaire APS ou Conceptual Design) est conduite entre 2019 et 2022 par les 4 partenaires (discussion en cours concernant la place de l'Etat)
- L'APS permettra de conforter les innovations techniques du projet, ainsi que la capacité à atteindre les performances clefs fixées à la centrale NUWARD™, dont son coût. L'APS préparera également l'enclenchement des phases suivantes du développement
- A terme, une société commune (à créer en 2020) détiendra la propriété intellectuelle générée et vendra les licences de conception. Elle ne portera pas le rôle commercial qui sera assuré par EDF (chef de file du nucléaire) en lien avec les partenaires



- Conception chaudière
- Développement des innovations technologiques



- Architecte ensemble
- Etudes de sûreté
- Exploitation maintenance



- Etudes de cœur
- Codes de conception
- Essais en installations



- Systèmes vapeur
- Enceinte métallique
- Conception modulaire

# NUWARD™, UN REACTEUR QUI COMPLÈTE LA GAMME DE TECHNOLOGIE NUCLÉAIRE FRANÇAISE

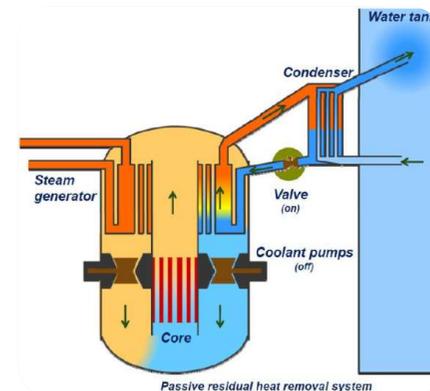
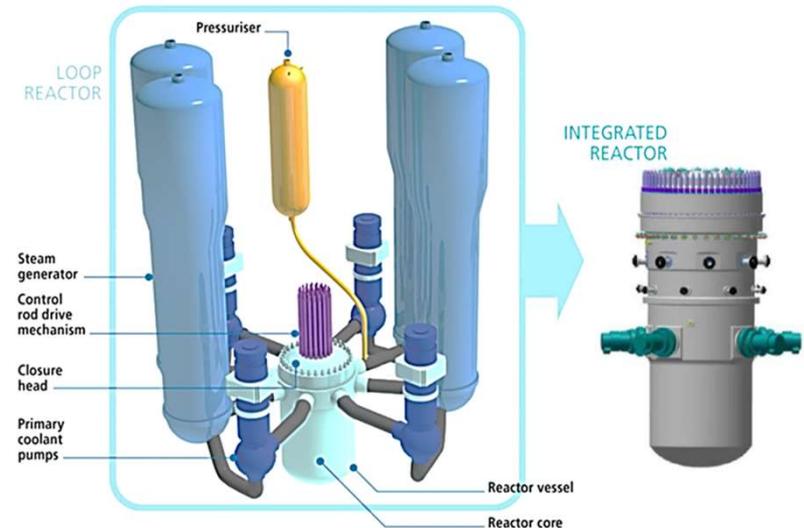


# LES PHASES DE DÉVELOPPEMENT DE NUWARD™

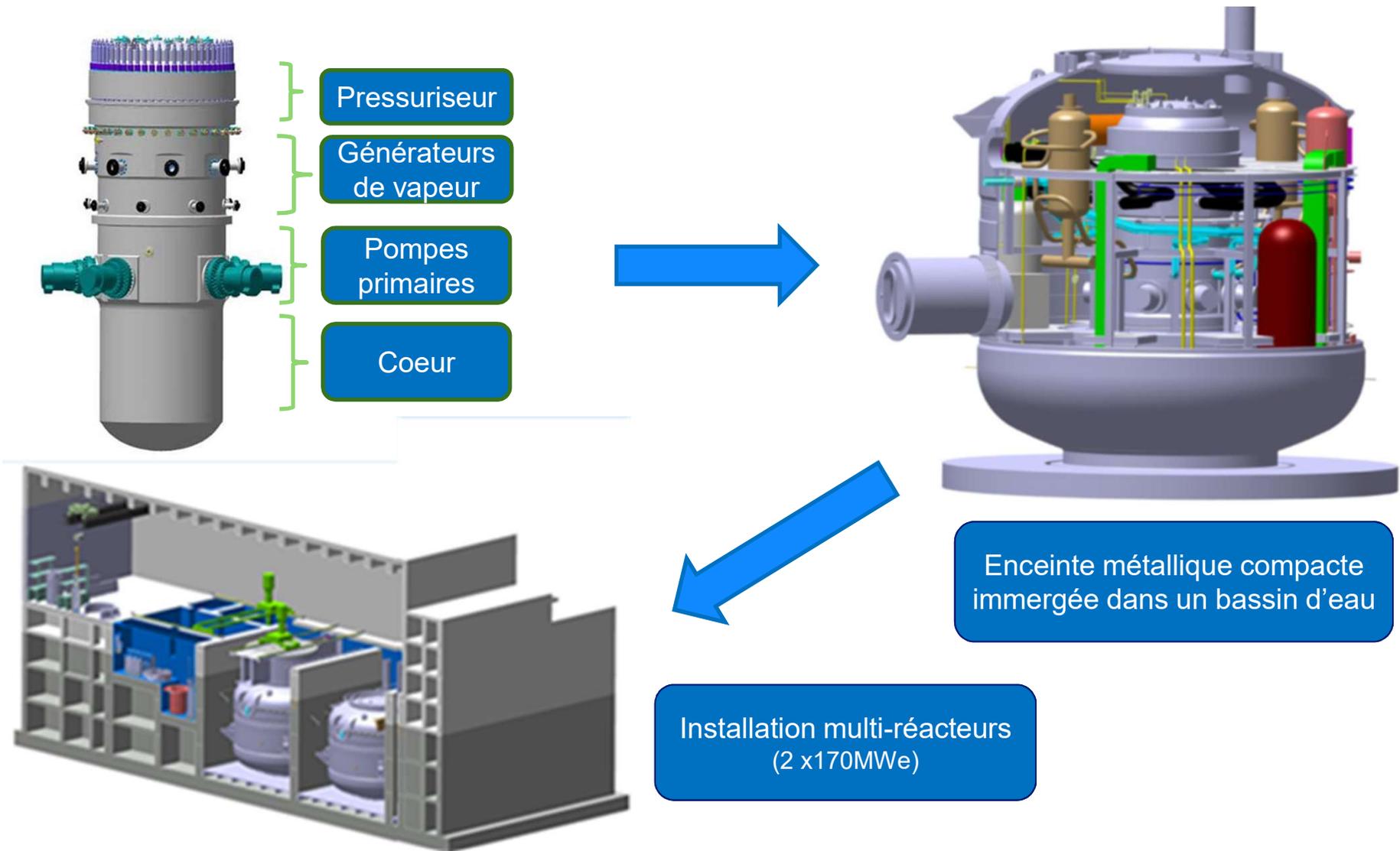


# NUWARD™ : DES SOLUTIONS INNOVANTES BASÉES SUR UNE LARGE EXPÉRIENCE DES RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE

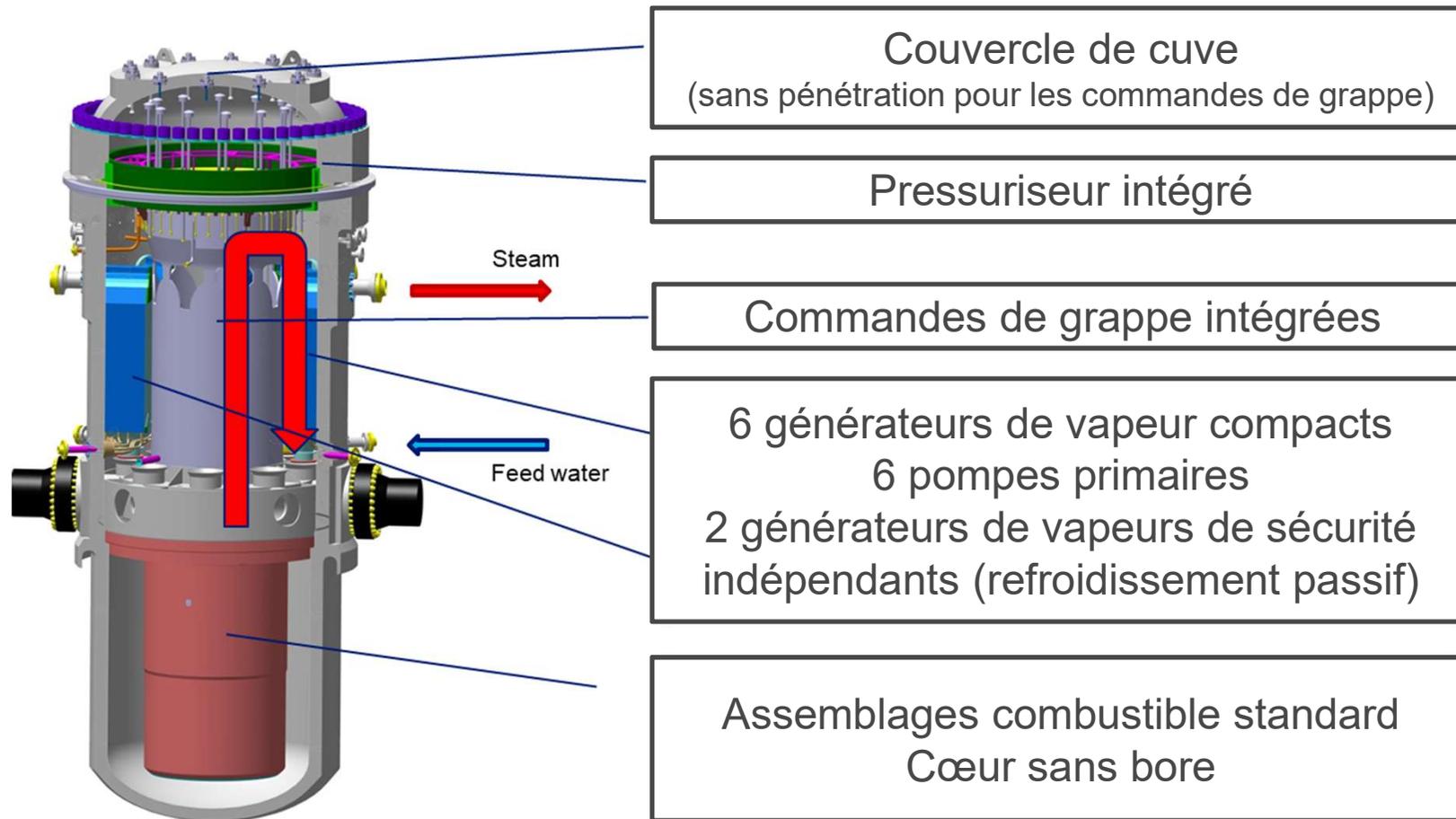
- Un réacteur à eau pressurisée
  - Technologie la plus répandue et la plus mature
  - Bénéficie d'un réseau industriel large (supply chain, cycle du combustible)
- Des innovations en cours de développement
  - Concept de réacteur intégré
  - Générateur de vapeur compact
  - Mécanismes de commande de grappe immergés
  - Cœur sans bore
  - Enceinte de confinement métallique immergée
- Haut niveau de sûreté
  - Génération III+ répondant aux exigences post Fukushima
  - Conception résistante aux agressions externes
  - Évacuation passive de la puissance résiduelle en autonomie pendant plus de 3 jours
  - Rétention du corium en cuve en accident grave
- Une exploitation flexible et multi usages
  - Suivi de charge
  - Installations de 2 à 6 réacteurs



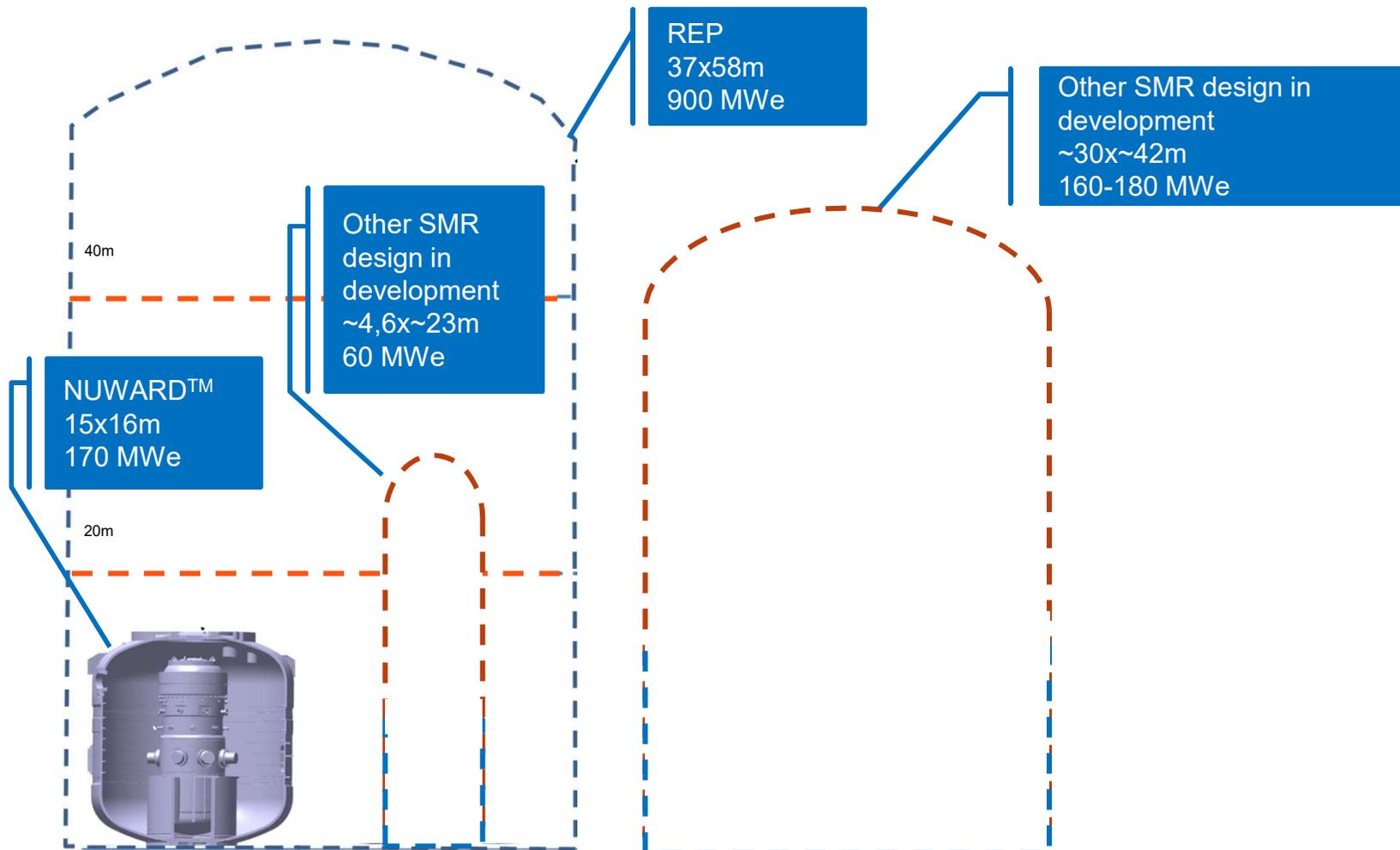
# NUWARD™ : UNE CENTRALE À 2 RÉACTEURS INTÉGRÉS DE 340 MWe



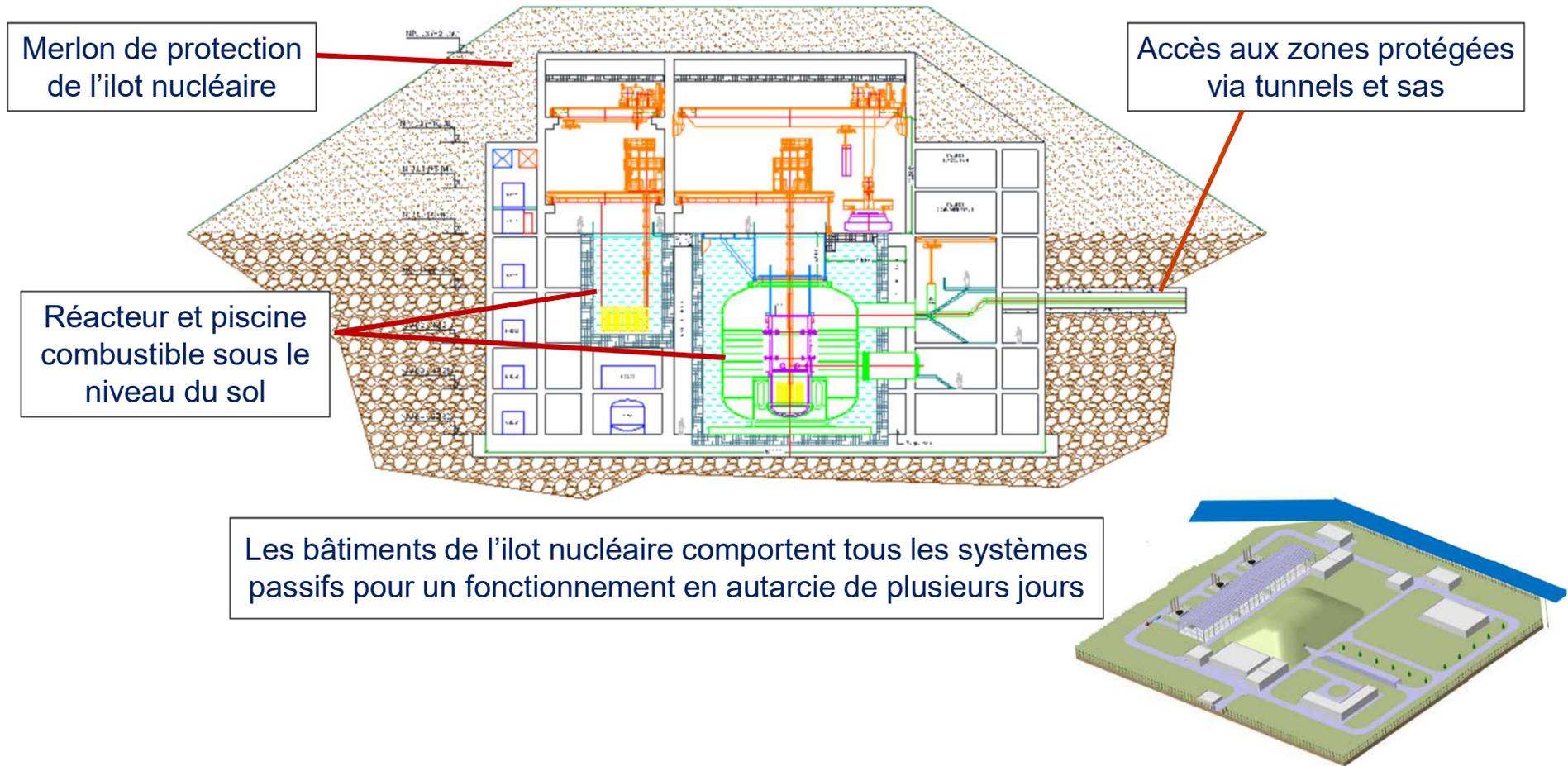
# UN RÉACTEUR COMPACT INTÉGRÉ ...



# ... DANS UNE ENCEINTE MÉTALLIQUE



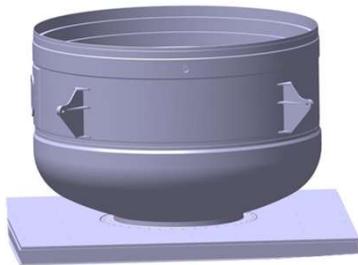
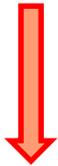
# ... DANS UN ILOT NUCLÉAIRE SEMI-ENTERRÉ



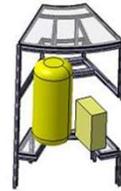
# ... LARGEMENT CONSTITUÉS D'ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS ET MODULAIRES



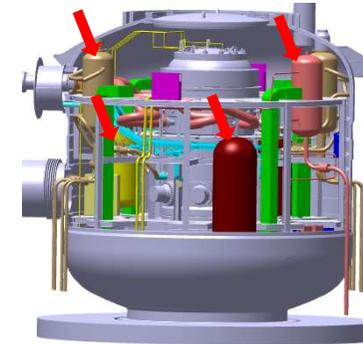
Reactor Pressure Vessel



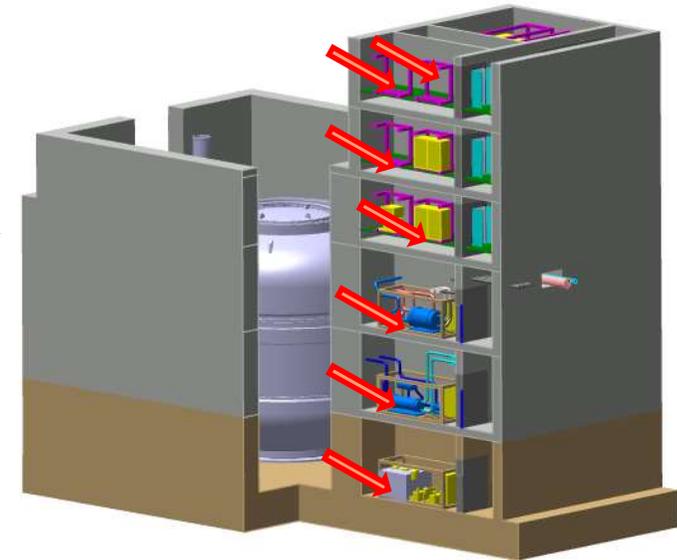
Reactor Containment



In-containment pre-tested skid  
class 2 transport



Out-containment pre-tested skid  
Standard 20' format



# LES SMR : UNE OPPORTUNITÉ POUR LE FUTUR RÉPONDANT À UNE ATTENTE FORTE

## ❑ Une réponse pertinente et abordable pour de nouveaux usages de la production nucléaire

- ❑ Exploitants ou pays en accession à l'énergie nucléaire
- ❑ En remplacement d'installations existantes à énergie fossile
- ❑ Solution adaptée aux sites éloignés, réseaux isolés, réseaux de chaleur, vapeur industrielle

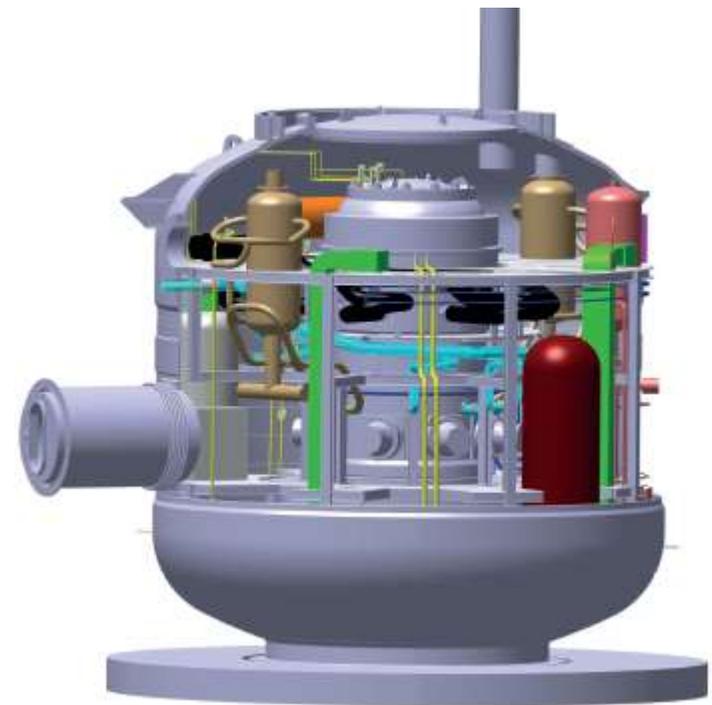
## ❑ Compatible et complémentaire d'un parc nucléaire installé

- ❑ Exigences d'installation réduites en termes de foncier (site existants), accès au réseau, source froide, ...
- ❑ Production électrique en semi-base, intermédiaire entre le gros nucléaire installé fonctionnant en base et le renouvelable par nature intermittent

**Comme les leaders mondiaux du nucléaire, les acteurs de la filière nucléaire française sont engagés dans le développement d'un projet de SMR au sein d'un partenariat ouvert à des coopérations internationales**

# nuward

## ANNEXES



# PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE NUCLEAIRE À EAU PRESSURISÉE

