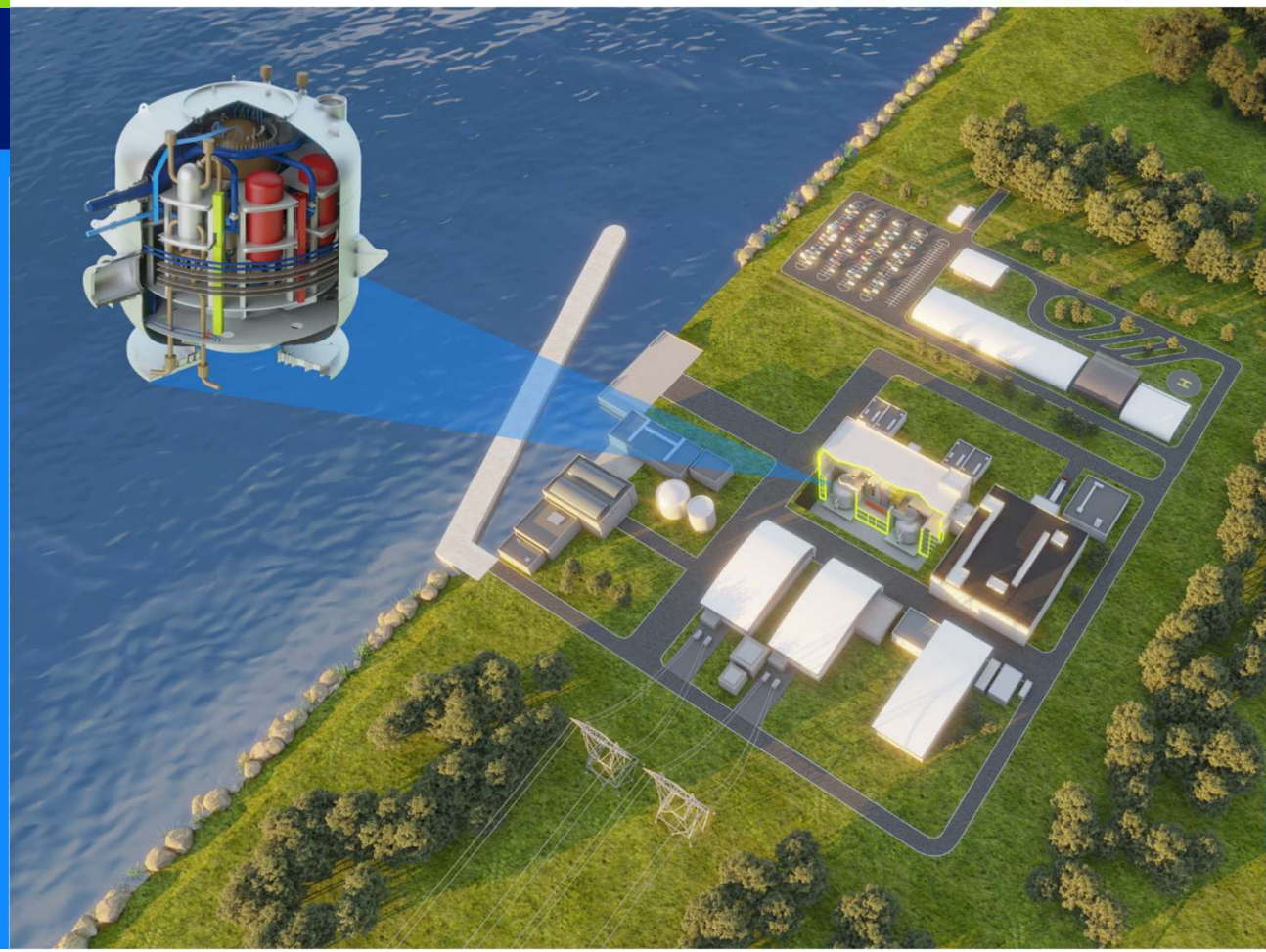
nuward
EDF GROUP

nuward SMR

Une nouvelle ambition : le déploiement des SMR

Colloque SFEN Provence

Renaud Crassous
24 novembre 2023



Les premiers petits réacteurs dans les années 50 et 60

NS Savannah (74 MWt, 1959)

Brise-glace Lenin (3x90 MWt, 1957)

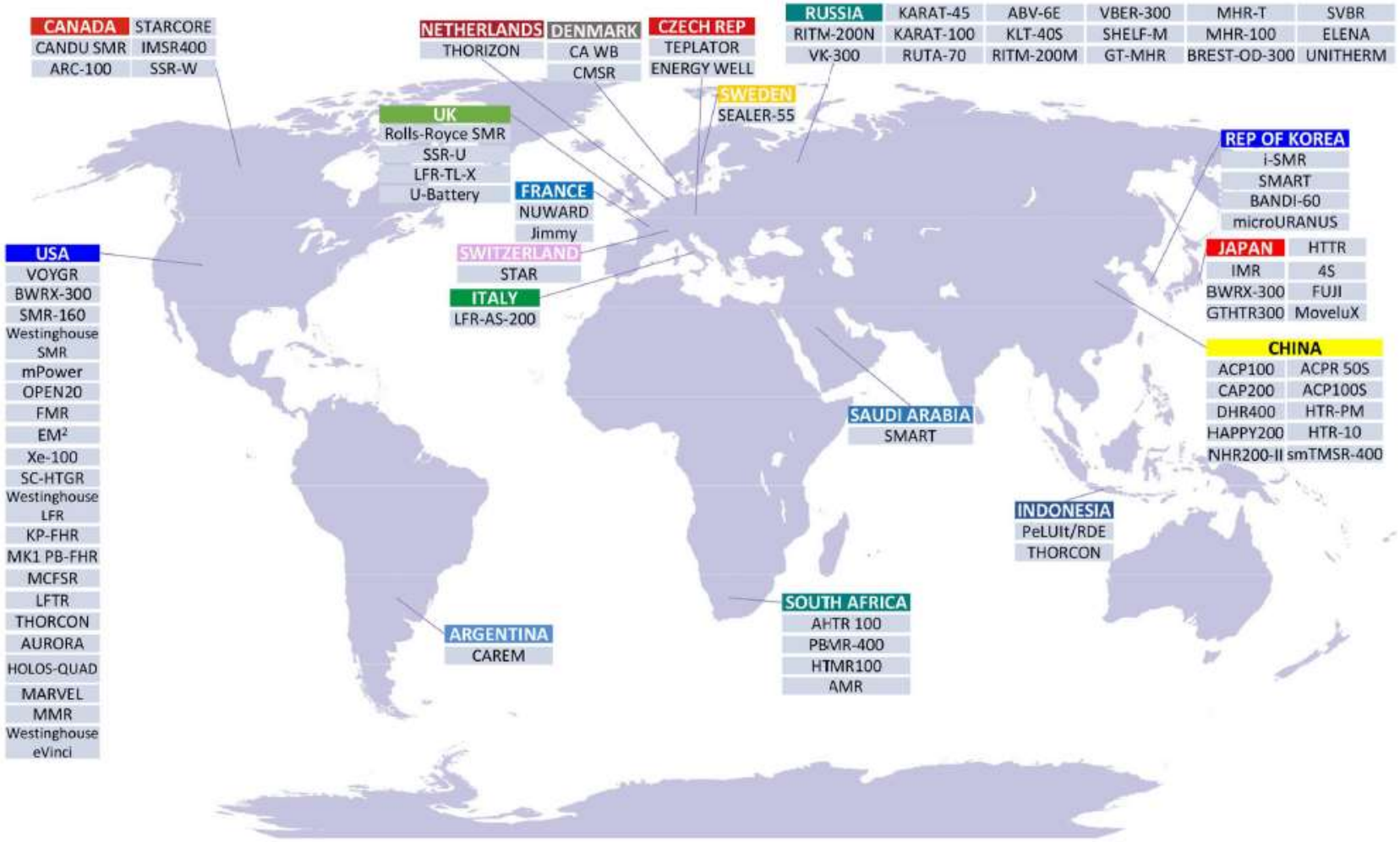
USS Nautilus (1954)

TES-3 (1500 kWe, 1961)

McMurdo PM-3A (2 MWe, 1962)

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

Plus de 80 concepts en développement dans le monde

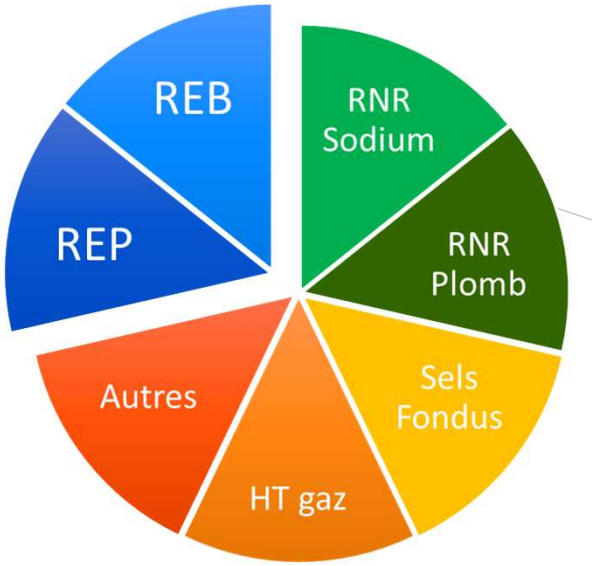


Recensement des concepts de SMRs déclarés auprès de l'IAEA
Global Map of SMR Technology Development (2022)

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

Dans la jungle des SMR et des AMR

Diverses technologies et maturités



Divers niveaux de puissance

5 – 15 MW

Besoins militaires,
Communautés isolées,
Business models disruptifs

20 – 200 MW

Besoins industriels,
Mines,
Production d'hydrogène

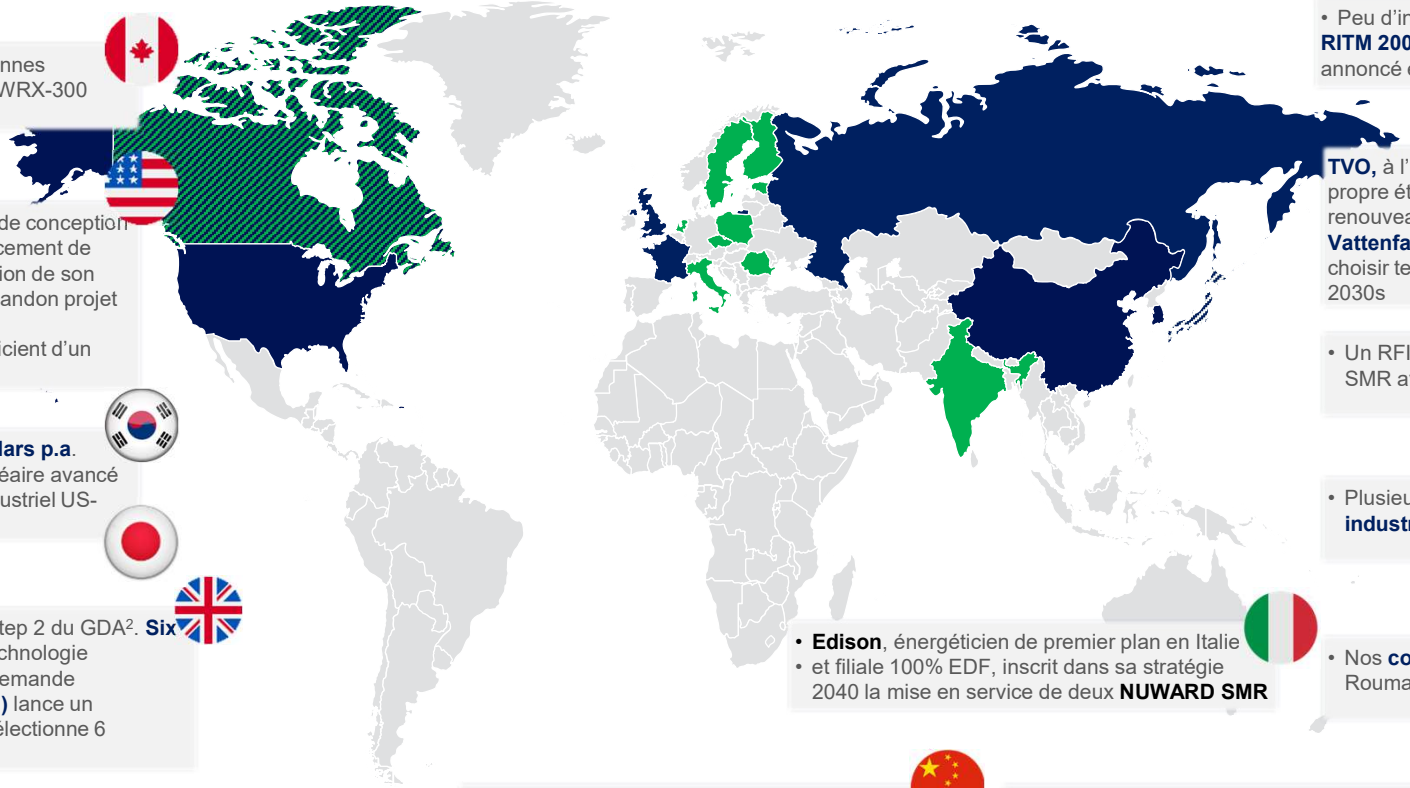
200 – 500 MW

Centrales connectées au réseau,
production d'électricité (+ chaleur)

nuward
EDF GROUP

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

L'intérêt porté aux SMR dans le monde ne fait que croitre dans un contexte favorable au nucléaire



- **Plan SMR des provinces** canadiennes
- **CAD 970 millions** pour le projet BWRX-300 (GEH) de Darlington

- **NuScale** - demande l'approbation de conception standard (SDA) et obtient un financement de USD 245 millions pour la continuation de son projet à Doicești, en Roumanie. Abandon projet en Utah.
- Les technologies SMR/AMR bénéficient d'un **soutien financier résolu**

- **Environ USD 320 millions de dollars p.a**. d'aide gouvernementale pour le nucléaire avancé
- L'axe de collaboration technico-industriel US-KOR-JAP se confirme

- Rolls Royce SMR entre en Step 2 du GDA[2]. **Six autres développeurs[3]** de technologie SMR/AMR ont déposé une demande
- **Great British Nuclear (GBN)** lance un processus compétitif et présélectionne 6 modèles de SMR Gen 3.

De plus en plus d'**industriels** passent des accords avec les développeurs pour examiner la technologie SMR/AMR **pour les usages électrogènes et hybrides**

- La Chine a **11 projets de démonstration**
- **ACP 100 (CNNC)** en construction et **HTR-PM (Huaneng-CNNC)** en service sont les projets FOAK les plus avancés dans le monde

La **Société nationale d'énergie thermique indienne (NTPC)** a pour objectif d'ajouter **20 à 30 GW** de capacité nucléaire d'ici 2040 (y compris des SMR)

- **Edison**, énergéticien de premier plan en Italie
- et filiale 100% EDF, inscrit dans sa stratégie 2040 la mise en service de deux **NUWARD SMR**

- Peu d'information sur le projet de tête de série **RITM 200N en Yakoutie**. Un début de construction annoncé en 2024

TVO, à l'instar de **Fortum** et **Vattenfall,** lance son propre étude de faisabilité sur le fond d'un renouveau du soutien au nucléaire.
Vattenfall lance processus compétitif (RFP) pour choisir technologie SMR en 2024 pour un MSI mi-2030s

- Un RFI est lancé par **CEZ** pour un programme SMR avec le premier sur le site de Temelin

- Plusieurs initiatives émanant des **acteurs industriels** polonais sont en cours

- Nos **concurrents américains** se renforcent en Roumanie et en Estonie

nuward EDF GROUP

Pays développeur de technologie SMR Pays co-développeur de technologie SMR

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

La « roadmap SMR » du Canada est emblématique, avec des usages très variés allant jusqu'à 400 MW

Schistes bitumineux
- Puissance moyenne de 210 MWe
- Besoins en chaleur et électricité

Segment 15 à 200 MWe

Communautés et sites miniers isolés
- 79 communautés isolées (> 1 MWe)
- 24 sites miniers non connectés

Segment 5 à 15MWe

Vapeur à haute T° pour l'ind. lourde
- 85 sites : produits chimiques, raffinage
- Puissance moyenne de 25-50 MWe

Segment 15 à 200 MWe

Remplacement des centrales à charbon
- 29 centrales au Canada sur 17 sites
- Puissance moyenne de 343 MWe

Segment 200 à 400 MWe

nuward EDF GROUP

EDF se réserve tous les droits sur ce document et sur les informations qu'il contient. Toute reproduction, utilisation ou divulgation sans autorisation expresse est strictement interdite.
Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

« Des petits réacteurs plein de promesses »…

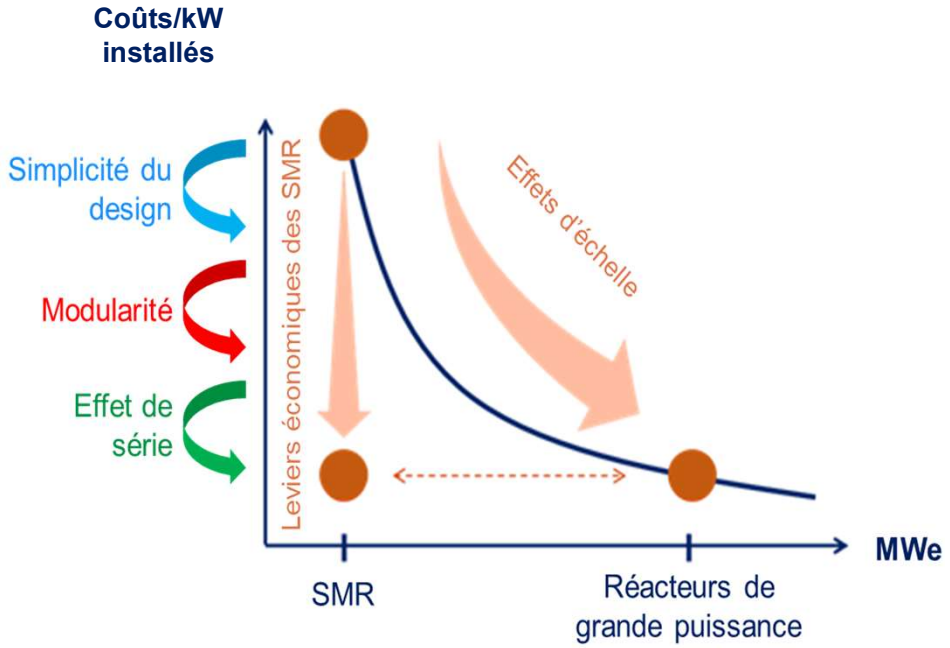
Tous les modèles SMR ont en commun de chercher les avantages d'une taille de réacteur plus modeste, en compensant les pertes d'économies d'échelle par des économies de série, qui devront nécessiter des modèles d'affaires parfois très innovants.

Une conception **simple** grâce à une taille plus modeste.

Une conception **modulaire** pour réduire les durées et les risques de chantier.

Une **standardisation** forte qui autorise les effets de série (usine & chantier).

Des **effets de série** et d'apprentissage rapide



nuward EDF GROUP

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

Trois étapes clés pour compter au service du climat et de la sécurité énergétique

Développer la technologie

- Innovations, essais, qualification, démonstration de sûreté
- Design international
- Préparer la supply chain, la construction

Soutien public
Revues conjointes

Construire la tête de série

- Anticiper la construction
- Boucler le financement

Réglementation
Financement

Répéter et Apprendre vite

- Démontrer la qualité de réplication
- Développer des projets dans plusieurs pays
- Préparer la série avec les fournisseurs

Visibilité
Partenariats

nuward
EDF GROUP

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

Principales caractéristiques de NUWARD SMR

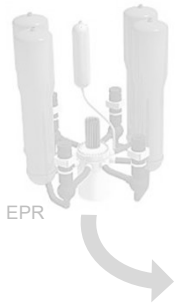
- Une puissance nominale de 340 MWe (2 réacteurs intégrés de 540 MWth, combustible UO2 enrichi à moins de 5%).
- Design modulaire et standardisé, pour un assemblage en usine et un délai de chantier réduit au maximum.
- Sûreté passive pour garantir l'absence de contre-mesures au-delà des limites du site (incl. en postulant une situation accidentelle).
- Optimisation de l'intégration dans le paysage et de l'impact environnemental.
- Design international pour satisfaire les exigences de multiples autorité de sûreté sans re-design important.
- Cible de 1er béton de la centrale de référence en France en 2030.
- Polyvalence by-design pour l'usage en cogénération, production d'hydrogène, désalinisation, capture et valorisation du CO_2.

NUWARD SMR, un réacteur de **génération III+** conçu à partir des meilleurs standards de sûreté

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

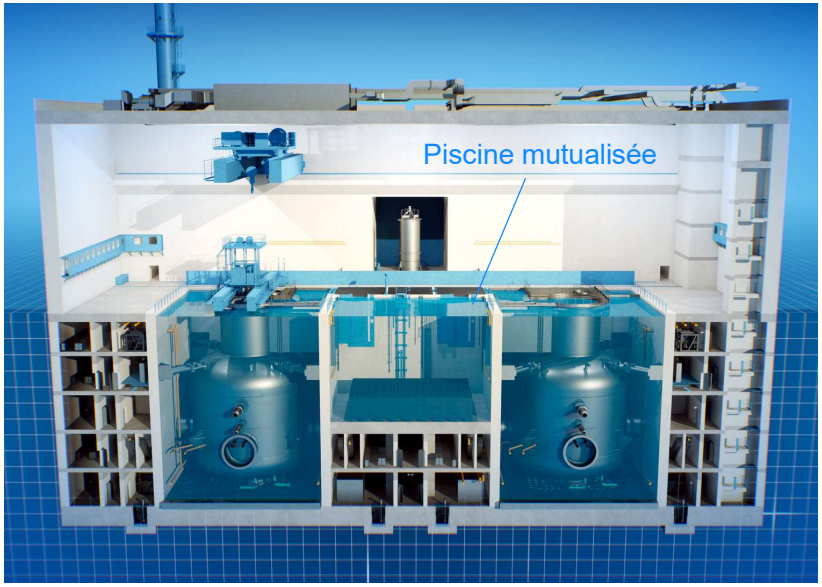
nuward SMR

Un réacteur intégré…



…dans une enceinte métallique immergée dans un bassin d'eau

… installé dans un îlot nucléaire comprenant 2 réacteurs de 170MWe et une piscine d'entreposage



Une centrale de 340 MWe comprenant 2 réacteurs intégrés

nuward EDF GROUP

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

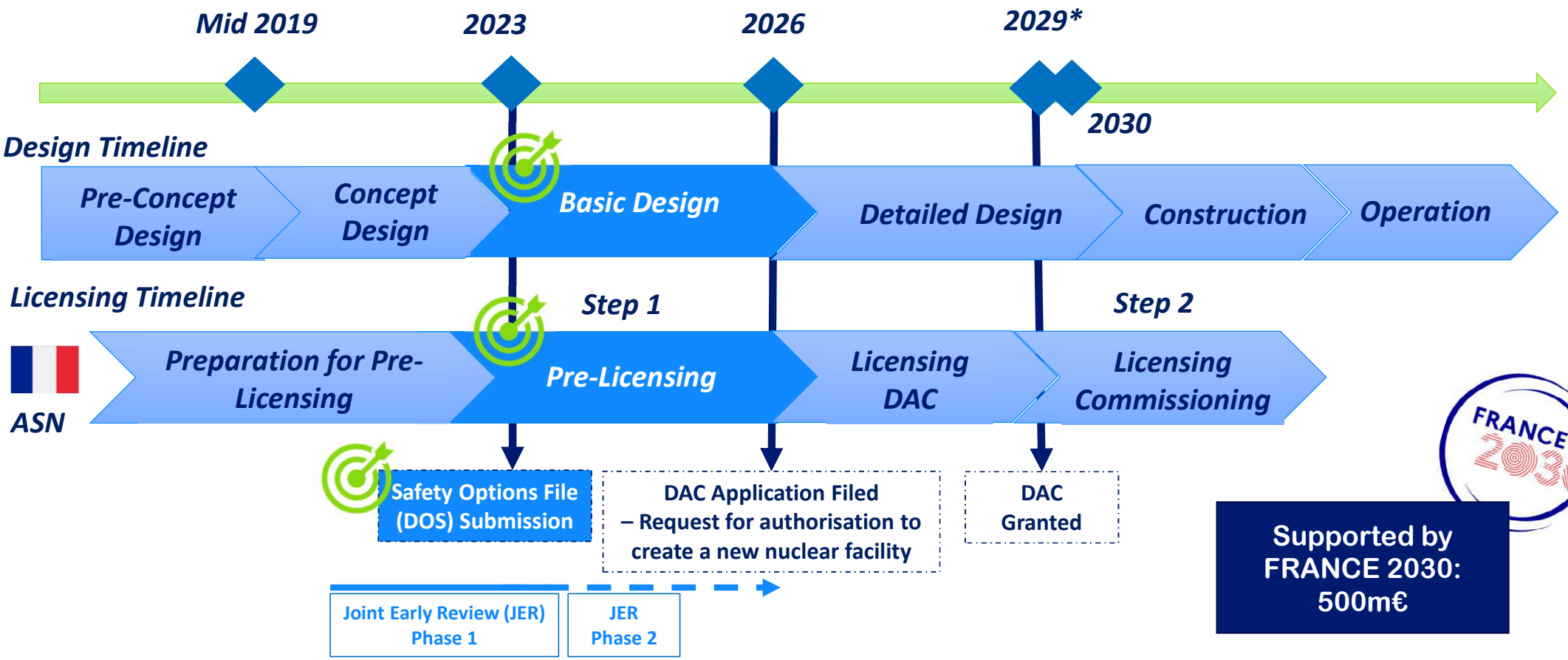
© Copyright NUWARD 2023

NUWARD SMR : Une technologie basée sur l'expérience acquise d'un savoir-faire unique

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

Planning directeur pour le développement de NUWARD SMR

* *Estimated*



FRANCE 2030

Supported by FRANCE 2030: 500m€

nuward EDF GROUP

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

Pour un développement important des SMRs à l'international : l'enjeu d’harmonisation ou d'équivalence des processus de licensing

Depuis 2022, NUWARD a lancé avec le concours de l'ASN un processus inédit de revue conjointe européenne de son design, gagnant-gagnant pour les régulateurs et pour les industriels.

Anticiper les attentes des autorités de sûreté

Favoriser la collaboration internationale pour la sûreté et le licensing

Créer les conditions d’un licensing européen

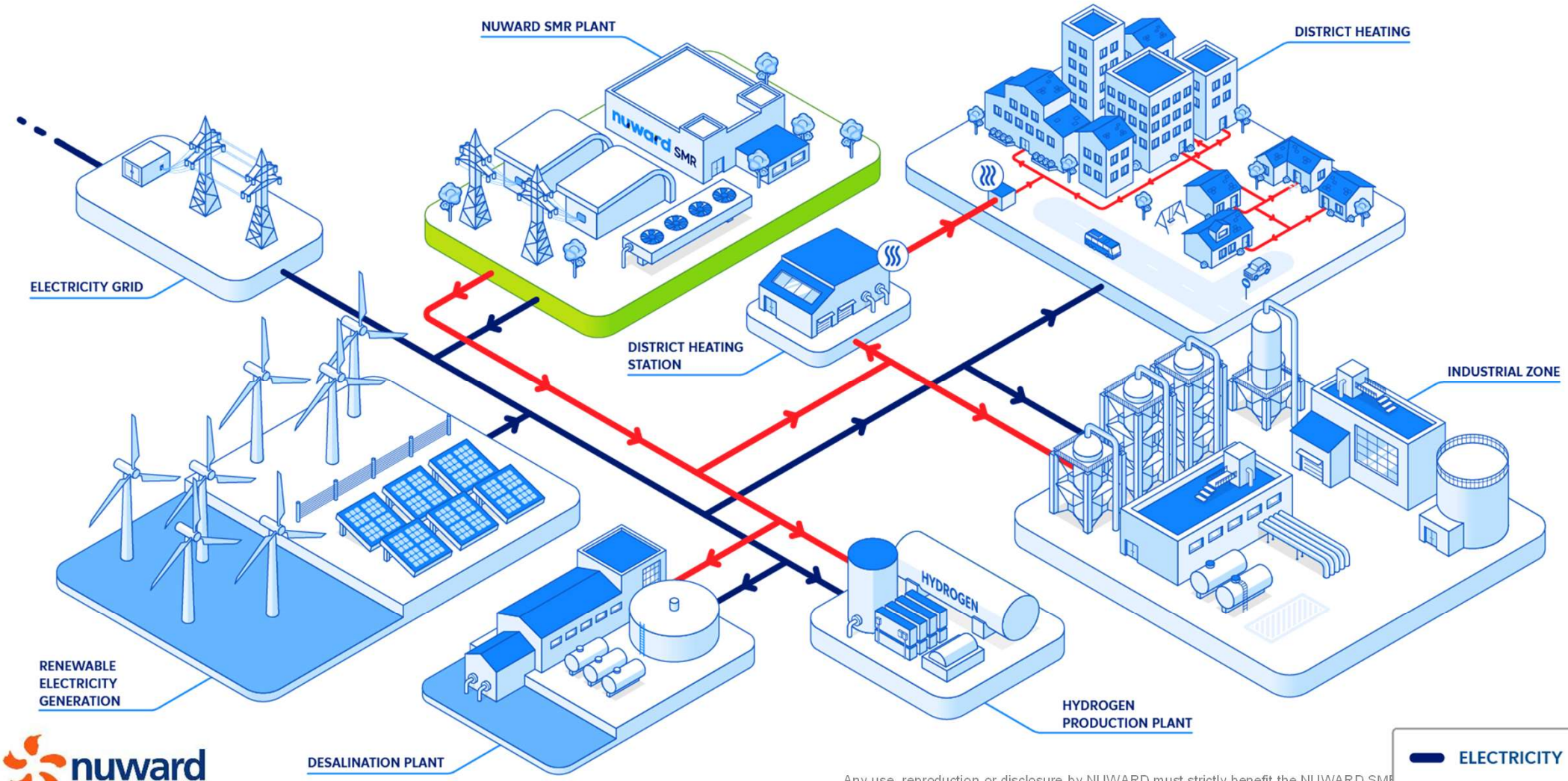
La Phase 1 de la Joint Early Review est achevée

La phase 2 est en préparation, avec le projet d’élargir à trois régulateurs européens supplémentaires

nuward EDF GROUP

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

Les usages de NUWARD SMR



nuward
EDF GROUP

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR
further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of

Chaleur industrielle – Secteurs aux besoins compatibles avec le SMR

Éthylène (industrie pétrochimique)

- Consommation moyenne de chaleur d'un grand site : **2 - 4 TWh/an**[1]
- **Processus :** vapocraquage
- La demande devrait demeurer stable à l'horizon 2030.[2]
- Enjeu de **contribuer à la décarbonation**, en faisant évoluer les processus pétrochimiques pour réduire les émissions carbonées et polluantes.

Papiers et cartons

- Consommation moyenne de chaleur d'un grand site : **0,3 - 0,6 TWh/an**
- **Processus :** lavage, séchage, blanchiment, désencrage, caustification, évaporation
- **Demande de chaleur estimée stable** à l'horizon 2030 (environ 26 TWh/an).[3]
- Enjeu de compléter, voire **remplacer la biomasse** pour orienter sa valorisation vers les usages non substituables (ex. production de carburants synthétiques)

Production de chaleur d'un NUWARD SMR
0,8 TWh/an

Parcs industriels

- Consommation moyenne de chaleur d'un grand parc **: 0,8 TWh/an**
- **Processus** : tous besoins de chaleur en base, géographiquement concentrés et d'un volume suffisant, nécessitant une température <250°C
- **Création de "Pôles de compétitivité"** par la France visant à favoriser l'innovation et les synergies dans les secteurs clés.

Sucre (agroalimentaire)

- Consommation moyenne de chaleur d'un grand site : **0,9 TWh/an**[4]
- **Processus :** transformation par dissolution
- **Demande de chaleur estimée stable** d'ici 2030 à environ 7 TWh/an.[2]
- Enjeu **d'amélioration de l'efficacité** des processus

Sources : [1] Analyse Compass Lexecon à partir de L'Elementarium et MTE [2] RTE [3] COPACEL [4] Analyse Compass Lexecon à partir de Cristal Union, SNFS, Bodija, Y. et. al.

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD

Merci!

Pour en savoir plus: www.nuward.com
Sur LinkedIn : Suivez le compte NUWARD

nuward EDF GROUP

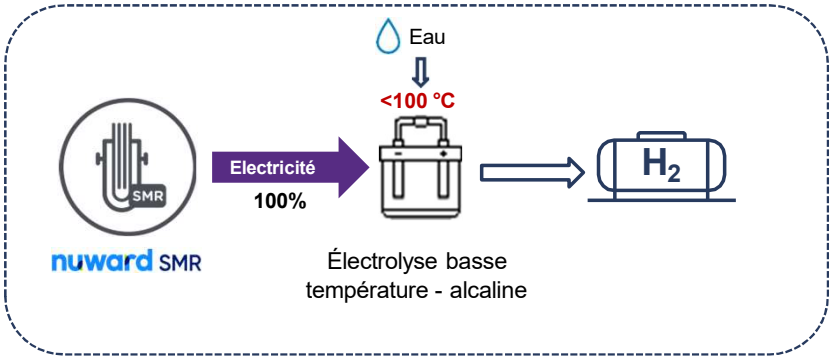
nuward SMR

Hydrogène – Exemple d'application potentielle de nuward SMR

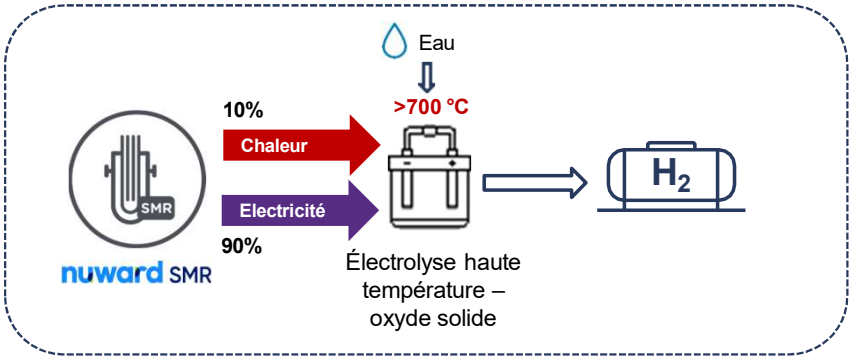
Dès lors que les électrolyseurs haute température seraient commercialisés, la production d'H_2 par hybridation avec un NUWARD SMR permettrait d'améliorer le rendement de l'électrolyse

Schémas du couplage d'un NUWARD SMR avec des électrolyseurs LTE et HTE

Électrolyse basse température (LTE)
Utilisation NUWARD SMR 100% électrogène



Électrolyse haute température (HTE)
Utilisation de la chaleur et de l'électricité d'un NUWARD SMR



Opportunités du couplage

- Le couplage avec l'électrolyse permettrait de **décarboner l'hydrogène,** remplaçant le vaporeformage du gaz.
- D'après EDF, la **chaleur hybridée produite par NUWARD SMR pourra vaporiser l'eau** à l'entrée des électrolyseurs HTE, réduisant le besoin d'énergie électrique pour son électrolyse.

Points d'attention pour l'hybridation avec l'électrolyse

- L'électrolyse **LTE ne consomme que de l'électricité,** tandis que la HTE combinera consommation de chaleur et d'électricité pour atteindre un meilleur rendement.[1]
- Actuellement en phase de démonstration technologique, l'électrolyse haute température **pourrait atteindre la maturité technique et commerciale vers 2030-2040**, ce qui serait compatible avec le déploiement de la série de NUWARD SMR.

nuward EDF GROUP

Sources : [1] IRENA

Any use, reproduction or disclosure by NUWARD must strictly benefit the NUWARD SMR Project. Any further use, reproduction or disclosure is prohibited without the express prior approval of NUWARD