



newcleo
Futurable Energy



Le réseau
de transport
d'électricité

© newcleo - représentations non contractuelles

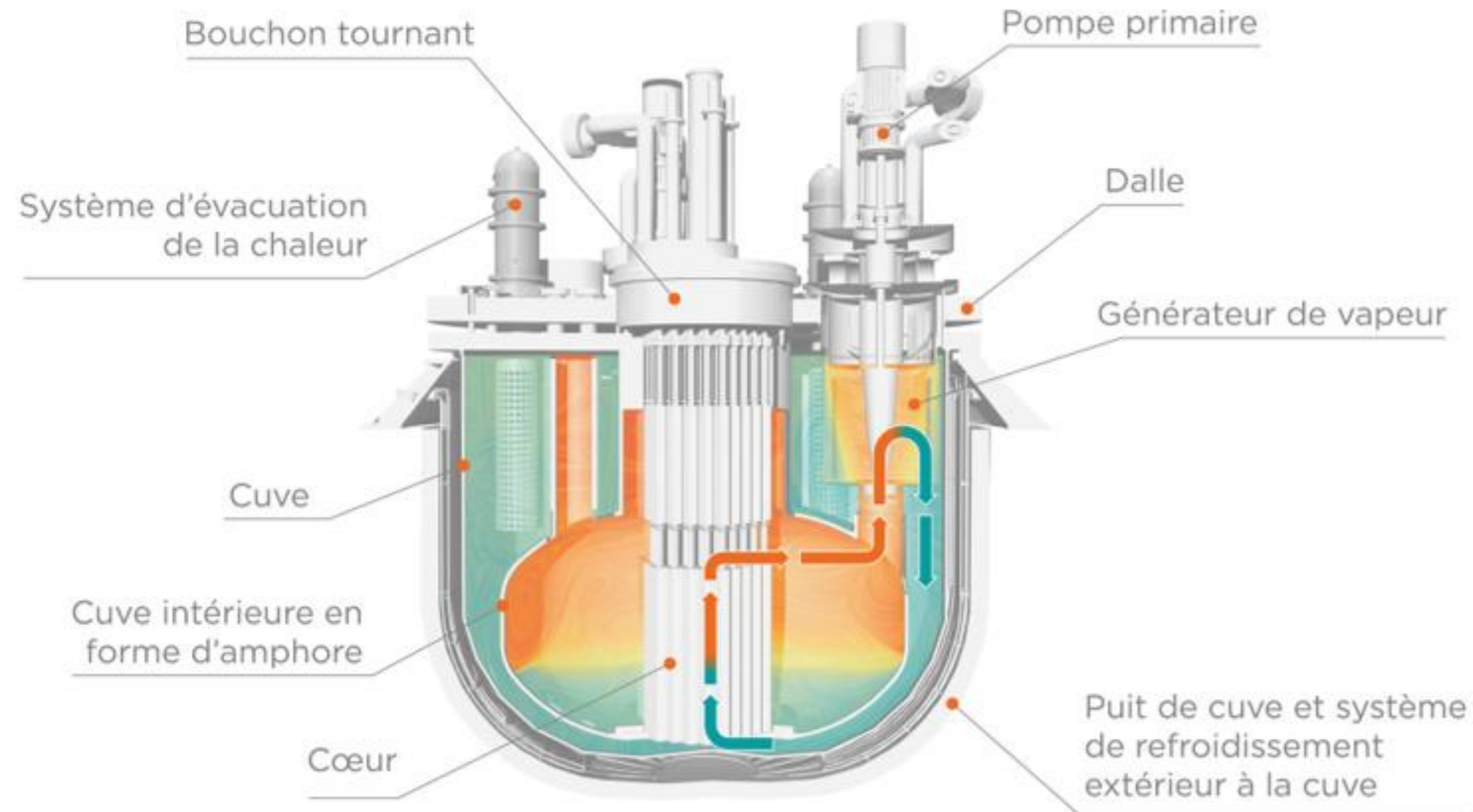
*Débat public organisé par
la Commission Nationale du Débat Public
du 2 avril au 30 juillet 2026*

« Les technologies proposées par newcleo : enjeux de sûreté et de sécurité »

Luciano CINOTTI
et Stéphane CALPENA

**Projet de réacteur de 30 MWe
en Indre-et-Loire : maturité
technologique et sûreté**

Les réacteurs refroidis au plomb (LFR)



Phase 1 : Basse température
< 480 °C - Pth 60 MWth



Phase 2 : Haute température
< 550 °C - Pth 90 MWth

Les réacteurs à neutrons rapides (RNR)

- Une technologie inspirée des réacteurs à neutrons rapides exploités en France entre les années 1970 et 2010 (Rapsodie, Phénix, Superphénix).

Les réacteurs refroidis au plomb (LFR)

- 30 ans de recherche et de développement.
- Un centre de recherche et de développement unique au monde à Brasimone en Italie (partenariat avec l'ENEA*).
- Un partenariat avec JOYO (Japon) pour la qualification des matériaux.

Avantages du plomb

- Point d'ébullition élevé
- Inertie chimique
- Rétention des radionucléides
- Conductivité thermique
- Transparence aux flux neutroniques
- Caractéristiques de sûreté passive

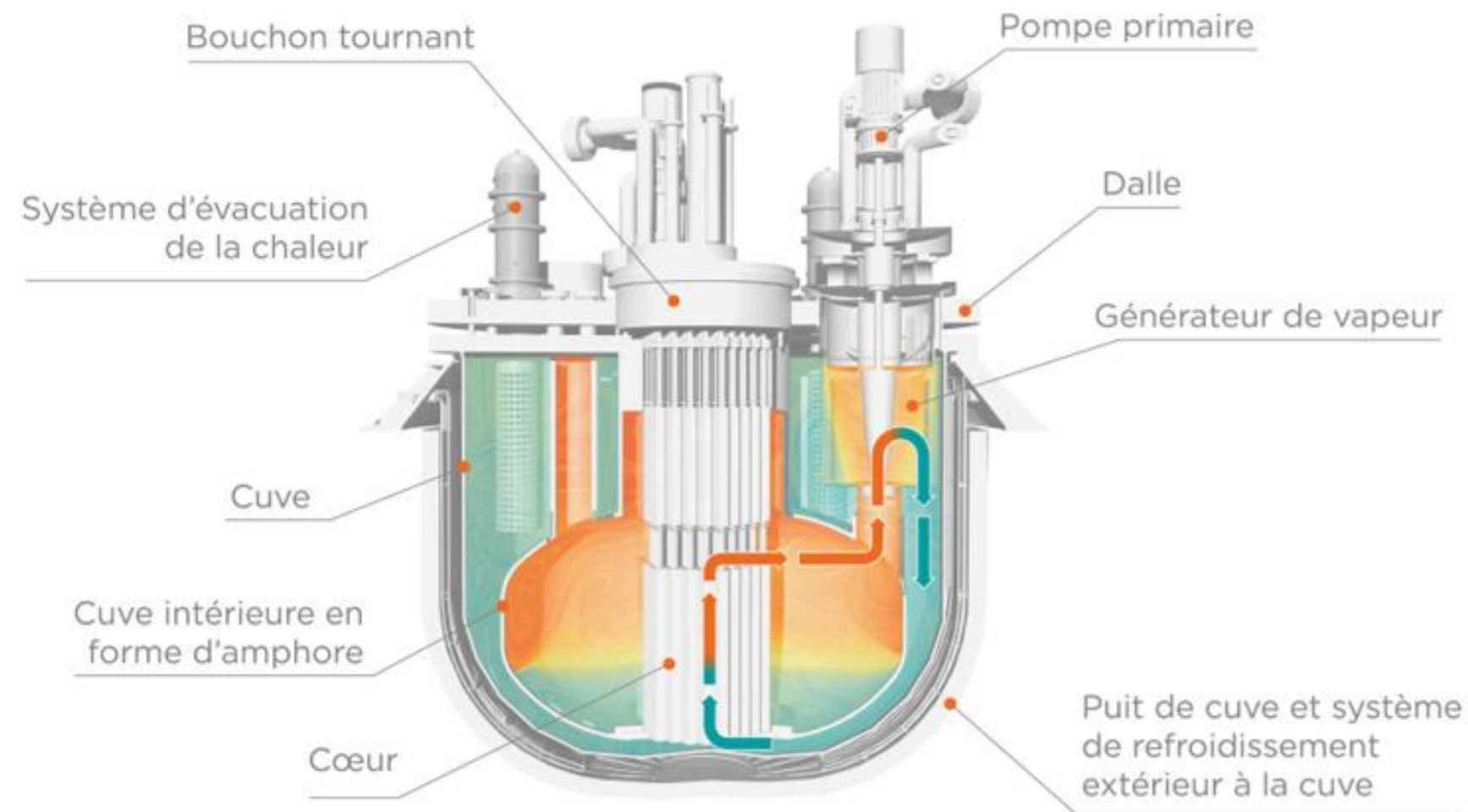
Défis du plomb

- Densité
- Opacité
- Corrosion
- Solidification

*Agence nationale italienne pour les nouvelles technologies, l'énergie et le développement économique durable (équivalent français du CEA - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives).

La maturité technologique

Projet de réacteur de 30 MWe envisagé en Indre-et-Loire (LFR-AS-30)



newcleo a identifié des solutions techniques pour minimiser l'impact des caractéristiques défavorables du plomb :

- **Densité**
 - Cuve courte.
- **Opacité**
 - Tête des assemblages en argon.
- **Corrosion**
 - Développement d'aciers adaptés au plomb.
- **Solidification**
 - Système intégré à pertes thermiques réduites.

Dimensions du bloc réacteur :

Φ : 5,7 m x H : 5 m x poids : 1000 tonnes (plomb inclus)

La maturité technologique

Projet de réacteur de 30 MWe envisagé en Indre-et-Loire

Brevet 1 1
Générateur de vapeur avec tube en spirale

Brevets 2 et 3 2 3
Ensemble pompe/échangeur de chaleur

Brevet 4 4
Tige d'assemblage combustible s'étendant au-dessus des parties actives et émergeant du fluide primaire

Brevet 5 5
Cœur suspendu autoportant

Brevet 6 6
Cuve interne en forme d'amphore

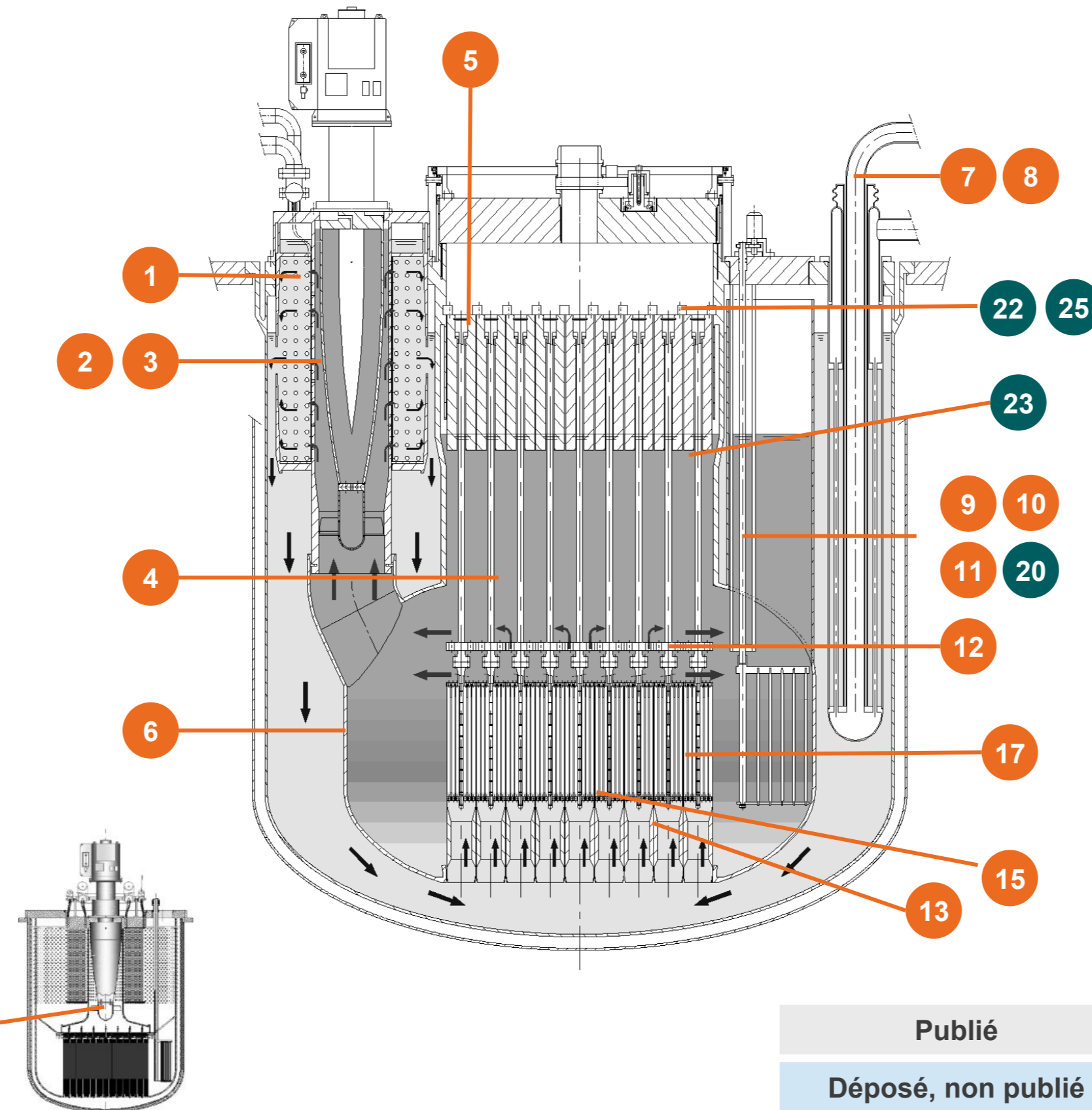
Brevets 7 and 8 7 8
Systèmes passifs de dissipation de la chaleur résiduelle

Brevets 9, 10 and 11 9 10 11
Barres d'arrêt et de commande

Brevet 12 12
Élément de dilatation

Brevet 13 13
Assemblage combustible avec structure tubulaire de refroidissement

Brevet 14 14
Système de support du cœur d'un réacteur nucléaire



Brevet 15 15
Assemblage combustible pour réacteur nucléaire

Brevet 16
Système de manutention des assemblages de combustible

Brevet 17 17
Espaceur des aiguilles combustibles

Brevet 18 – déposé le 05 fév. 2025
Système de stockage thermique

Brevet 19
Système de stockage thermique

Brevet 20 – déposé le 13 juin 2024 20
Système d'arrêt d'urgence

Brevet 21 – déposé le 20 juin 2024
Acier inoxydable austénitique

Brevet 22 – déposé le 17 sep. 2024 22
Mesure de température par caloduc

Brevet 23 – déposé le 6 déc. 2024 23
Dispositif de filtration d'impuretés de surface

Brevet 24 – déposé le 25 juil. 2025
Aciers austénitiques AFA

Brevet 25 – déposé le 29 sep. 2025 25
Sonde de température sans fil

R&D : 180 M€ d'investissement, >120 M€ déjà investis,

S'appuyant sur 30 ans de recherche européenne et sur le Centre de Recherche ENEA* de Brasimone (Italie).

2022 ENEA Accord

2023 - 2024	2025	2025 - 2026		
 <p>CAPSULE ●</p> <p>Essais de corrosion dans du plomb stagnant</p>	 <p>Laboratoires d'essais de matériaux ●</p> <p>Instrumentation de pointe pour soutenir la R&D des matériaux</p>	<p>SHOCK ●</p> <p>Essais de la couche protectrice de la cuve en béton</p>	<p>HELENA ●●</p> <p>Essais de prototype de pompe axiale</p> 	<p>OTHELLO ●</p> <p>Évaluation des principaux composants du système primaire LFR 2 MW</p>
 <p>SOLEAD ●●</p> <p>Tests de chimie et de régulation de l'oxygène</p>	 <p>CORE-2 ●</p> <p>Essais de corrosion et d'érosion dans le plomb en circulation</p>	<p>ADAPT ●</p> <p>Démonstration de la capacité de refroidissement de l'assemblage de combustible usé</p>	<p>CIRCE-NEXTRA ●●</p> <p>Caractérisation thermohydraulique des composants</p> 	<p>PRECURSOR ●</p> <p>Précurseur non nucléaire de 10 MW adapté à notre réacteur, y comprenant le système secondaire.</p>
 <p>CORE-1 ●</p> <p>Essais de corrosion et d'érosion dans le plomb en circulation</p>	 <p>HUSTLE ●</p> <p>Caractérisation des systèmes et méthodes d'inspection et de réparation en service</p>	<p>MANUT 1&2 ●</p> <p>Validation des aspects mécaniques du fonctionnement du réacteur et de la gestion du combustible usé</p>		
 <p>NACIE-LHT ●●</p> <p>Qualification des composants et de l'instrumentation d'échange thermique</p>	 <p>DCI ●</p> <p>Installation pour essais d'instabilité des échangeurs immergés du DHR**</p>	<p>EFESTO ●</p> <p>Installation de type piscine pour essais de séisme et de ballotement</p>		

● En fonctionnement

● En cours

● Rénovation des infrastructures de l'ENEA*

*Agence nationale italienne pour les nouvelles technologies, l'énergie et le développement économique durable (équivalent français du CEA - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives).

**Système d'évacuation de la puissance résiduelle (DHR - Decay Heat Removal).

Les enjeux de sûreté

Projet de réacteur de 30 MWe envisagé en Indre-et-Loire

LES FONCTIONS IMPORTANTES POUR LA SÛRETÉ

- Maîtrise de la réactivité
- Evacuation de la puissance résiduelle du cœur
- Confinement de substances radioactives
- Protection aux rayonnements ionisants

AGRESSIONS « INTERNES »

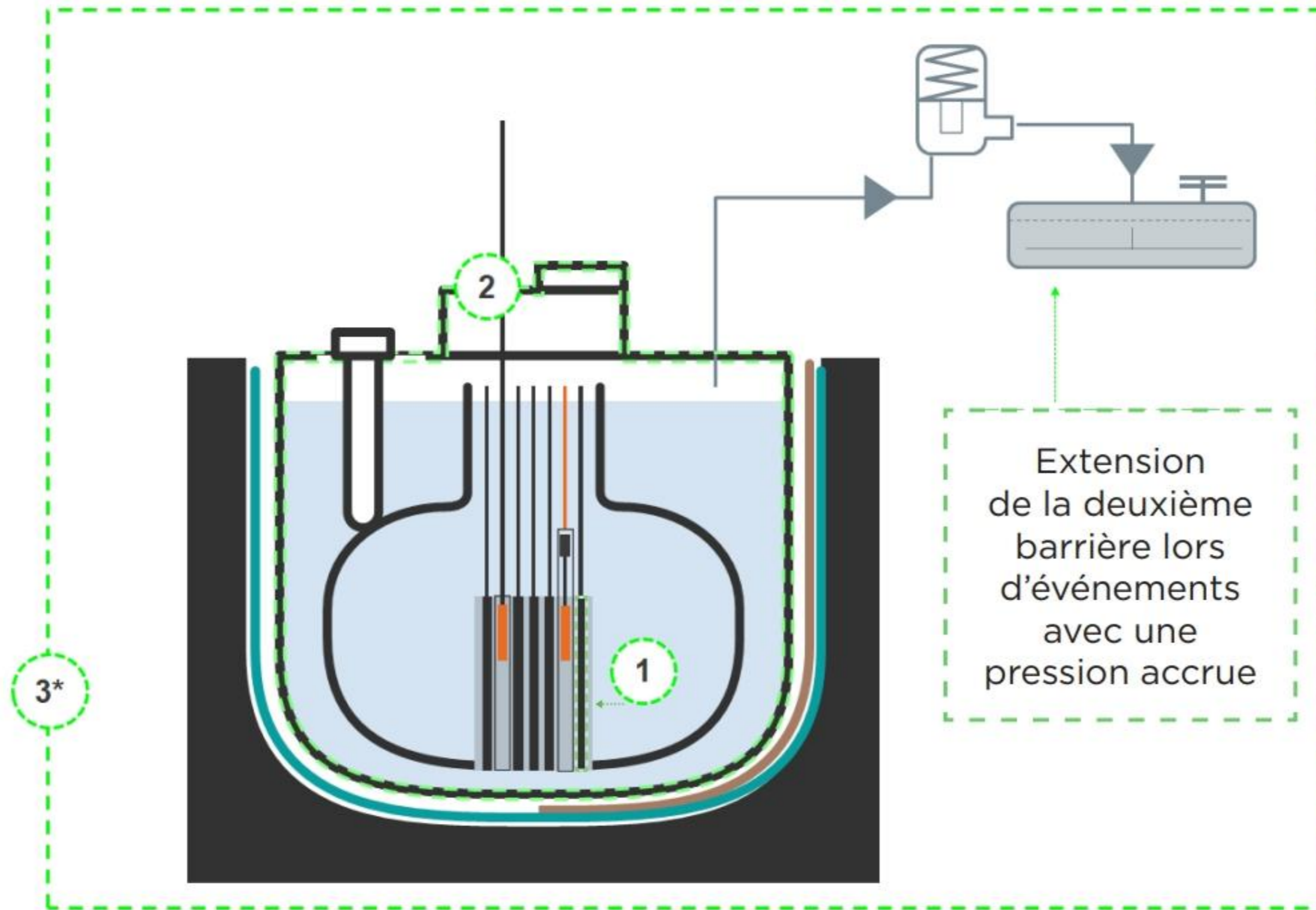
- Emission de projectiles
- Radiolyse (dissociation de molécules par des rayonnements ionisants)
- Défaillance d'équipements sous pression
- Collision et chute de charge
- Explosion
- Incendie interne
- Utilisation de produits chimiques
- Inondation interne

AGRESSIONS « EXTERNES »

- Activités industrielles et voies de communication
- Chute d'avion
- Séisme
- Foudre
- Conditions météorologiques ou climatiques extrêmes
- Incendie externe
- Inondation externe

Les barrières de confinement

Projet de réacteur de 30 MWe envisagé en Indre-et-Loire



LÉGENDE

- 1 **1^{re} barrière :** gaine combustible
- 2 **2^e barrière :** enveloppe du circuit primaire
- 3 **3^e barrière :** enveloppe (murs) du bâtiment réacteur*

* N.B. : 3^e barrière à titre d'illustration uniquement, conception en cours.

Zoom sur le Dossier d'Options de Sûreté (DOS)



Un Dossier d'Options de Sûreté (DOS) transmis à l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR) en décembre 2025. Son objectif est d'examiner :

- La pertinence des options de sûreté retenues
- La démonstration de sûreté concernant les agressions retenues et les règles de cumul plausible d'évènements déclencheurs
- Les exigences de dimensionnement attribuées aux ouvrages et aux équipements au regard des aléas externes retenus
- Les référentiels retenus pour la conception de l'installation.

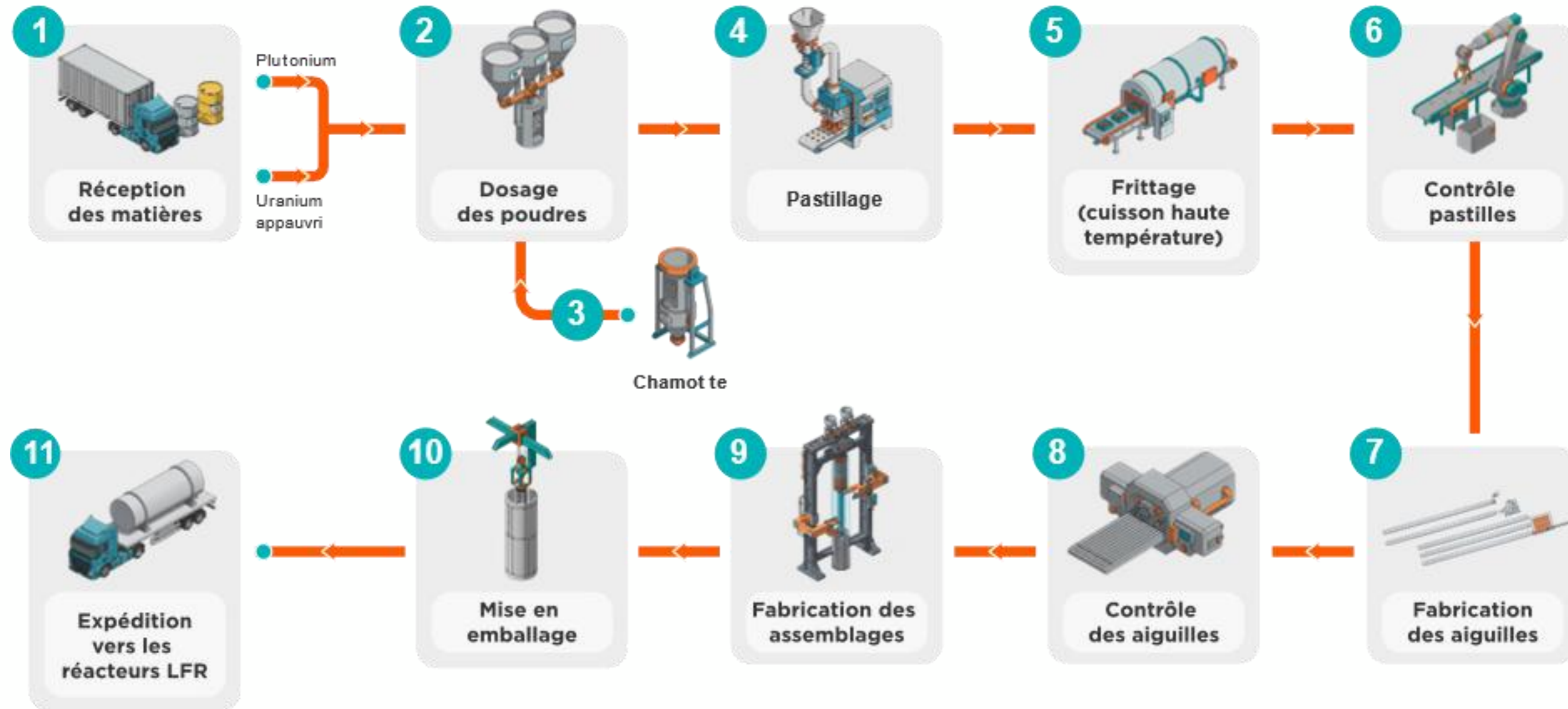
- Finalisation des installations du centre de recherche de Brasimone en Italie dont PRECURSOR (2026).
- Qualification en cours des matériaux pour la phase 2 du réacteur.



**Projet d'installation de fabrication de
combustibles dans l'Aube :
maturité technologique et sûreté**

La maturité technologique

Projet d'installation de fabrication de combustibles MOX-LFR envisagé dans l'Aube



- Des retours d'expériences issues d'installations françaises (Ateliers de technologie du Plutonium et MELOX)
- Des brevets ont récemment été déposés par *newcleo*.

Les enjeux de sûreté

Projet d'installation de fabrication de combustibles MOX-LFR envisagé dans l'Aube

LES FONCTIONS IMPORTANTES POUR LA SÛRETÉ

- Maîtrise du risque de criticité
- Maîtrise du risque de dispersion de substances radioactives
- Protection contre les « radiations » (rayonnements ionisants)
- Maîtrise du risque issu du dégagement de la puissance thermique issue des substances radioactives

AGRESSIONS « INTERNES »

- Emission de projectiles
- Radiolyse
- Défaillance d'équipements sous pression
- Collision ou chute d'objet
- Explosions
- Incendie
- Dangers issus de produits chimiques
- Inondation interne

AGRESSIONS « EXTERNES »

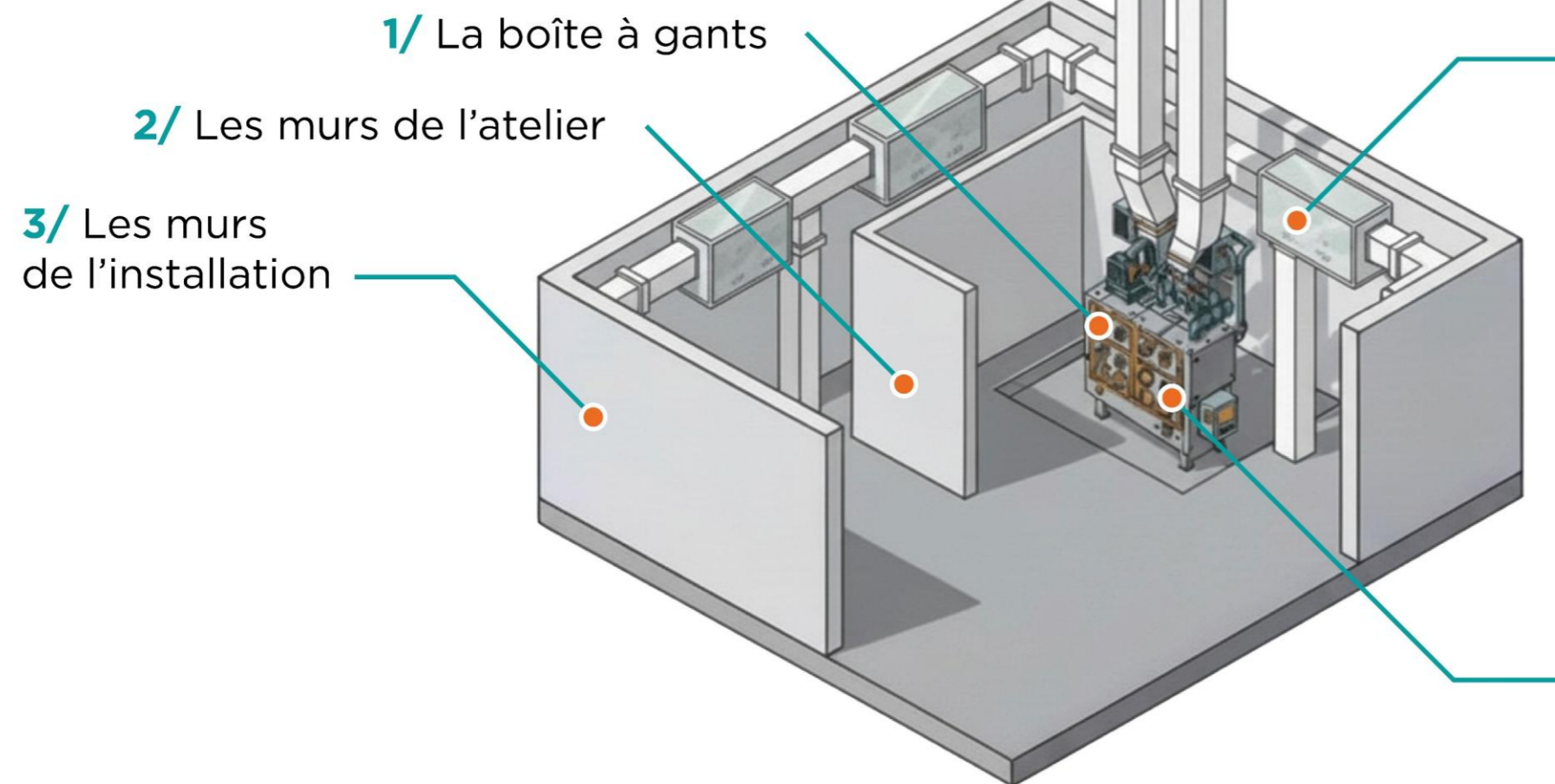
- Incendie, explosion, agression d'origine industrielles y compris dû au transport de substances
- Chute d'avion
- Séisme
- Foudre
- Conditions météorologiques ou climatiques extrêmes
- Autres incendies externes
- Inondation externe
- Ouragan

Les barrières de confinement

Projet d'installation de fabrication de combustibles MOX-LFR envisagé dans l'Aube

Confinement statique

Pour l'environnement et les salariés, il y a **trois barrières physiques**



Confinement dynamique

Les réseaux de ventilation permettent une circulation des fluides des zones à faible risque vers les zones à risque plus important **et la filtration/épuration de l'air de chaque circuit** sur plusieurs niveaux :

- Boîtes à gants
- Ateliers
- Couloirs et salles périphériques

Une installation soumise aux règles de sûreté applicables aux Installations Nucléaires de Base (INB)

Un contrôle effectué par l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR)

Maîtrise des risques d'incendie, de dispersion et de criticité

Limitation des quantités de matières fissiles

Établissement de plans d'urgence et de protection

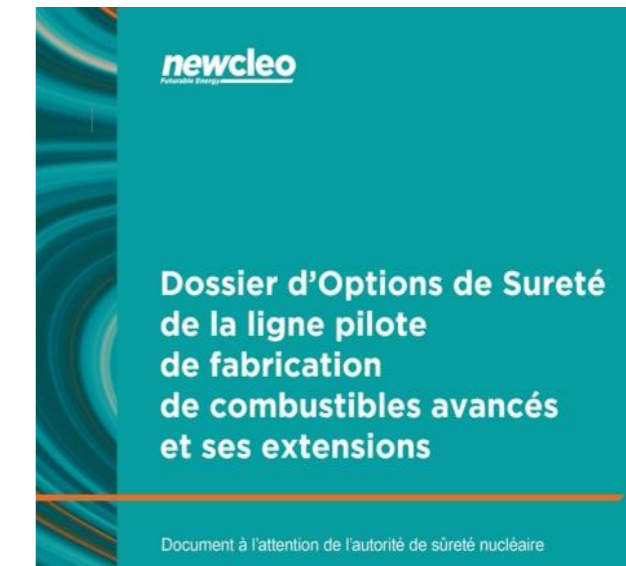
Zoom sur le Dossier d'Options de Sûreté (DOS)



Les objectifs du DOS sont d'examiner :

- La **pertinence** des options de sûreté retenues
- La **démonstration** de sûreté concernant les agressions retenues et les règles de cumul plausible d'évènements déclencheurs
- Les **exigences** de dimensionnement attribuées aux ouvrages et aux équipements au regard des aléas externes retenus
- Les **référentiels** retenus pour la conception de l'installation

DOS transmis à l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection en décembre 2024



L'avis d'expertise de l'ASNR émis le 3 décembre 2025 juge la démarche de sûreté globalement satisfaisante et formule trois recommandations concernant la ventilation, l'analyse du risque incendie et l'analyse du risque de chute d'aéronefs



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Monsieur le Directeur de la direction des déchets, des installations de recherche et du cycle

Fontenay-aux-Roses, le 3 décembre 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00119 DU 03 DECEMBRE 2025

Objet : **Newcleo – Usine de fabrication de combustibles avancés - Dossier d'options de sûreté.**

Références : [1] Lettre ASNR CODEP-DRC-2025-008447 du 24 mars 2025.
[2] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base.

Enjeux de sécurité des projets de *newcleo*

Les enjeux de sécurité des installations

La sécurité, au sens nucléaire du terme et selon l'article R. 1333-1 du Code de la Défense, consiste à protéger les matières, les installations et les transports nucléaires :

- contre les pertes, vols ou détournements de matières nucléaires,
- contre tous les actes de malveillance, y compris les attaques terroristes.

La **sécurité** nucléaire est traitée en cohérence avec la **sûreté** nucléaire de façon à en protéger l'efficacité (empêcher la neutralisation ou l'endommagement des dispositifs de sûreté) et repose sur :

- un *continuum* de sécurité privé-public (entreprise + Etat + collectivité locale),
- une défense en profondeur physique et numérique.



Le principe de défense en profondeur

La stratégie de *newcleo* s'appuie sur le principe d'une défense en profondeur, proportionnée aux enjeux :

- en **dissuadant** l'accès ;
- en **détectant** les intrusions ou tentatives d'intrusion ;
- en donnant **l'alerte** et en **localisant** l'intrusion ou la tentative d'intrusion pour permettre au plus tôt une réaction appropriée : appel à la gendarmerie départementale et unités d'intervention spécialisée de la police nationale ou de la gendarmerie nationale si nécessaire / Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information) ;
- au mieux en **empêchant**, au moins en **retardant** l'intrusion et en **suivant** la progression en temps réel ;
- pour **intervenir** de façon ciblée et coordonnée afin de stopper l'intrusion avant qu'elle atteigne ses cibles.

Un contrôle amont-aval de l'Etat

CONTROLE

Toute activité liée à des matières nucléaires (détention, transport, transformation, utilisation pour produire de l'énergie) est soumise au contrôle du ministre chargé de l'énergie (SHFDS)

AUTOCONTROLE

En plus des contrôles prévus par les autorités, *newcleo* s'assurera de la conformité et de la performance en continu du système de sécurité par des contrôles internes et des exercices réguliers d'évaluation de la sécurité. Cette démarche permettra de maintenir le niveau de performance du système de sécurité au niveau attendu.

AUTORISATION

Les activités projetées par *newcleo* sont toutes soumises à autorisation préalable. Celle-ci est donnée pour une durée limitée (10 ans maximum) et doit être renouvelée lors d'un processus de réévaluation complète du système de sécurité du site et est révoicable à tout moment.

DOSEC

Pour les obtenir, *newcleo* établira pour chaque site un dossier de sécurité démontrant la conformité et l'efficacité des mesures prises pour protéger les matières nucléaires et empêcher la commission d'actes malveillants de nature à générer des risques radiologiques pour les populations et l'environnement.

Ce dossier sera précédé par l'établissement de **dossiers d'options de sécurité** transmis pour validation au Service du Haut Fonctionnaire de Sécurité et de Défense (SHFDS) du ministère en charge de l'énergie afin de valider les grandes orientations.

La protection physique des sites et activités

Elle repose sur le principe de sécurité dès la conception : les sites sont conçus intégralement en prenant en compte les menaces de référence.

Principales menaces de référence retenues par l'État et l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) :

- Les chutes d'aéronefs (aviation commerciale, aviation militaire, drone).
- Les attaques par véhicule bélier, véhicule suicide chargé d'explosifs.
- Les attaques par un commando terroriste.

Les dispositifs physiques et techniques (fossés, enrochements, chicanes, clôtures et murs renforcés, portes blindées, contrôle d'accès, alarmes anti-effraction / escalade / intrusion, vidéosurveillance...) sont complétés par **une surveillance humaine et une capacité d'intervention permanentes *in situ***, incluant des gardes armés spécialement accrédités et formés.

Des plans d'intervention seront élaborés et tenus à jour, communiqués aux autorités et régulièrement testés par des entraînements et des exercices (à l'initiative de *newcleo* ou sur directives de l'Etat).



La cybersécurité

Objectifs :

- **Protéger toutes les informations sensibles et le bon fonctionnement des systèmes informatiques de pilotage des activités industrielles,**
- **Garantir l'intégrité des systèmes de suivi des matières nucléaires,**
- **Garantir le bon fonctionnement des systèmes de surveillance et de communication exploités pour la protection physique.**

Principes :

- **Conformité aux standards de l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI) des outils et de l'architecture des systèmes informatiques et de leurs systèmes de sécurité, sous le contrôle du Service du Haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité (SHFDS) rattaché au ministre chargé de l'énergie,**
- **Défense en profondeur** : détection et blocage des attaques cyber + alerte (autres sites *newcleo* + SHFDS + ANSSI) + plans de continuité/reprise d'activité.



Non-prolifération : stratégie et systèmes de contrôle technique

STRATÉGIE RETENUE PAR NEWCLEO

- **newcleo** est en contact avec Euratom et le Comité Technique Euratom (Communauté européenne de l'énergie atomique - CTE) afin d'intégrer, dès la conception, les obligations de garanties nucléaires : « safeguards by design ».
- **newcleo** a transmis les dossiers des éléments techniques au CTE à destination d'Euratom pour le projet de réacteur en novembre 2025, afin d'engager les réunions techniques destinées à prendre en compte les exigences internationales.
- Les éléments pour le projet d'installation de combustibles MOX-LFR envisagé dans l'Aube sont en cours d'élaboration pour transmission courant premier semestre 2026.
- Ce travail permettra de prendre en compte les exigences sur les garanties nucléaires dès la construction et l'aménagement des installations, facilitant le contrôle et apportant une meilleure assurance quant au respect des obligations de non-prolifération.

SYSTÈMES DE CONTRÔLE TECHNIQUE

- **Surveillance continue** : utilisation de caméras, scellés, détecteurs.
- **Mesures physiques et informatiques** : contrôles faits par l'exploitant et par les inspecteurs.
- **Inventaires et vérifications régulières** : l'accès à l'ensemble de ces informations, ainsi qu'aux sites concernés doit être ouvert aux inspecteurs.
- **Innovations régulières dans les méthodes de contrôle** : capteurs « intelligents », analyse par des systèmes automatisés de détection des anomalies.

Merci de votre attention