VeRCoRS : le béton "accélère le temps" pour renforcer la sécurité nucléaire

Avril 2026

Comment prouver, sur plusieurs décennies, que l'ultime barrière de confinement restera étanche et robuste ? À EDF Lab Les Renardières, la maquette géante VeRCoRS (VErification Réaliste du COnfinement des RéacteurS) apporte une réponse très concrète : une enceinte de confinement à l'échelle 1/3, instrumentée "hors normes", qui permet d'observer en quelques années ce que l'on n'aurait sinon qu'au bout de plusieurs décennies.

L'enceinte de confinement : troisième barrière, enjeu central de sûreté

Dans un réacteur à eau pressurisée, la sûreté repose sur le principe des **barrières successives** qui visent à protéger l'homme et l'environnement des substances radioactives. L'**enceinte de confinement** – le bâtiment réacteur – est couramment décrite en France comme la **troisième barrière**, après la gaine du combustible et le circuit primaire.

Cette enceinte n'est pas un simple "mur" : elle doit rester **mécaniquement résistante** et **étanche** même en conditions extrêmes, car elle participe au confinement en situation accidentelle.

Des agressions dimensionnantes multiples

La conception prend en compte des **charges et agressions** très diverses : inondation, incendie, rupture de tuyauteries, choc aérien…
Selon les générations de réacteurs, on retrouve différentes solutions techniques :

- **Palier 900 MW** : béton précontraint pour la tenue mécanique et **liner métallique** pour l'étanchéité.
- **Paliers 1300/1450 MW** : béton précontraint et **enceinte double** avec "confinement dynamique".
- **EPR** : béton précontraint, liner métallique et confinement dynamique avec enceinte double.
- **EPR2** : béton précontraint et liner métallique (configuration de référence présentée).

Prouver l'étanchéité : épreuves décennales et surveillance continue

L'étanchéité de l'enceinte est vérifiée notamment lors des **visites décennales** : on met l'ouvrage **en pression** à une pression représentative d'un scénario accidentel et l'on mesure un **taux de fuite** à comparer au critère inscrit dans le **Décret d'Autorisation de Création (DAC)**.

Les ordres de grandeur de critères utilisés en pratique sont distincts entre enceintes simple paroi/EPR et enceintes double paroi, ainsi que la logique de transposition et de prise en compte du vieillissement.

Sur le terrain, l'"épreuve enceinte" est un contrôle majeur : par exemple, sur un réacteur en visite décennale, la montée en pression se fait par paliers avec de nombreux capteurs et mesures associées, pour confirmer la fonction de confinement du béton.

Une auscultation riche, au quotidien

Au-delà des grandes épreuves, les enceintes sont suivies via un **dispositif d'auscultation** : extensomètres, fils Invar, jauges de température, pendules, inspections visuelles, fibres optiques, inclinomètres, pots de nivellement et nivellement.
Ce suivi est cohérent avec les attentes de démonstration et de maintien dans la durée de la fonction "confinement", telle qu'analysée dans les travaux d'expertise en France.

La palette d'essais est riche :

- Mesure de permittivité électrique (sonde coaxiale, sonde TDR)
- Mesure par réflectométrie fréquentielle VDR
- Mesure de la teneur en eau (Modèle électromagnétique du béton
- Imagerie de structure en béton (détection d'armatures, d'anomalies – vides, nids de cailloux, … -, pathologies)

Le défi : comprendre l'évolution de la fuite dans la durée, surtout en double paroi

Sur certaines enceintes **à double paroi**, la mesure du taux de fuite peut évoluer rapidement et conduire à des travaux précoces de remise à niveau, avec la pose de **revêtements d'étanchéité** à l'intérieur de l'enceinte (jusqu'à plusieurs milliers de m²).
Même après ces travaux, l'enjeu est de s'assurer que l'ouvrage **restera durablement** sous le critère réglementaire à long terme.

Pourquoi la fuite "bouge" : béton, séchage, retrait, fluage… et fissuration

Les phénomènes clés de fuite sont influencés par la **perméabilité du béton**, le **séchage**, le **retrait**, le **fluage** (et donc la perte de précontrainte), la **création/ouverture de fissures**, ainsi que la qualité de composition et de mise en œuvre.

Dès la fin des années 1990, EDF a engagé des programmes de R&D pour mieux comprendre ces mécanismes (essais 2D, quasi-structures et maquettes), puis une revue d'experts en 2011 a conforté cette compréhension et recommandé une nouvelle maquette plus représentative des zones singulières.

VeRCoRS: une maquette géante, réaliste… et "accélérée"

VeRCoRS (VErification Réaliste du COnfinement des RéacteurS) est une maquette d'enceinte à l'échelle **1/3**, construite pour concilier représentativité des matériaux et des procédés, faisabilité constructive, et **accélération du vieillissement**.

30 m de haut et 16 m de diamètre : vue extérieure de la maquette VeRCoRS -(DR, Benjamin Daubilly, Photogr.)

Pourquoi l'échelle 1/3 ?

Le choix 1/3 est présenté comme un compromis : plus petit, les aciers ne seraient plus issus de procédés industriels comparables et le béton deviendrait un "micro-béton" au comportement différent ; plus grand, l'ouvrage serait moins "accéléré" et plus lourd à réaliser.

Surtout, le **séchage** (phénomène diffusif) dépend de l'épaisseur : l'échelle 1/3 vise un séchage accéléré d'environ **×9**, et l'on retient un ordre de grandeur opérationnel souvent résumé par : **1 an sur VeRCoRS ≈ 10 ans sur une enceinte réelle** (évolution accélérée en inverse de racine carré du temps).

Une représentativité poussée : câbles, ferraillage, singularités

Les dimensions, les aciers et les câbles de précontrainte sont mis à l'échelle, avec des choix explicites sur le nombre de torons par câble, et les "zones singulières" (traversées, gousset, dôme, etc.) sont intégrées dans la conception.

Côté gabarit, VeRCoRS est bien une installation hors normes : environ **30 m de haut** et **16 m de diamètre**.





Gauche : vue intérieure de l'enceinte - Droite : exemple de reproduction d'une singularité, à l'intérieur
(DR, Benjamin Daubilly, photogr.)

Une instrumentation exceptionnelle

VeRCoRS se distingue par une auscultation très dense et par une campagne matériaux massive : une instrumentation “hors normes” et **plus de 1000 échantillons** béton testés (module, résistance, fluage, retrait, teneur en eau…).
Plusieurs centaines de capteurs installés et des kilomètres de fibre optique déployés(fût et dôme), illustrant le même objectif : mesurer finement l’évolution thermo-hydro-mécanique du béton et de la structure.

Un programme d’essais dans la durée… concentré en quelques années

Le protocole associe un suivi continu du vieillissement (données scrutées plusieurs fois par jour) et une**épreuve enceinte annuelle** (mise en pression, “gonflage à 5,2 bars” indiqué dans la présentation), soit l’équivalent d’une épreuve décennale sur une enceinte réelle.
À l’horizon “60 ans” (accéléré) de la maquette (vérification décennale n°7), une épreuve est prévue au-delà de la pression de dimensionnement, puis des essais opportunistes doivent permettre de tester des solutions d’amélioration de l’étanchéité.

Premiers enseignements : vieillissement accéléré… et confirmation d’un amortissement de la fuite

Les résultats présentés indiquent que VeRCoRS vieillit effectivement plus vite, conformément à l’objectif d’accélération (ordre de grandeur ×10 sur la moyenne attendue).
Autre message important : la maquette**confirme l’amortissement** du taux de fuite dans le temps, ce qui éclaire les stratégies de prévision à long terme.

Enfin, VeRCoRS sert aussi de banc d’essai pour des approches innovantes : un essai de**bio-cicatrisation** d’une fissure est mentionné, avec un gain de l’ordre de **×5 sur le débit de fuite en air**(protection temporaire, à renouveler régulièrement).

Ce que VeRCoRS change pour la filière béton

Pour les acteurs de la construction en béton, VeRCoRS est un cas d’école à grande échelle : il met en évidence que la performance “confinement” dépend autant de la formulation que de la**mise en œuvre**, puis de l’évolution couplée**séchage–retrait–fluage–fissuration–perméabilité**.

L’intérêt est double :

1. **Mieux prédire** : les données alimentent et challengent les modèles numériques, avec des **benchmarks internationaux** pour évaluer la pertinence des modèles de comportement et de fuite.
2. **Mieux diagnostiquer et réparer** : **la maquette est un outil ouvert pour tester de nouvelles méthodes d'investigation** (fibres optiques, écoute acoustique, ultrasons, robot de fissuration, analyses vibratoires, capteurs HR, caméras thermiques/acoustiques…).

À l'heure où la durabilité des infrastructures devient un enjeu structurant, VERCORS illustre une idée simple : **sécuriser le long terme** exige des preuves expérimentales, des mesures continues et une compréhension fine des matériaux en conditions réelles – y compris dans des ouvrages où la sûreté est non négociable.

Repères utiles

- **VeRCoRS**: maquette d'enceinte de confinement à l'échelle **1/3**, conçue pour accélérer le vieillissement (séchage ~×9) et observer l'évolution de l'étanchéité.
- **Épreuves décennales** : mises en pression réglementaires visant à vérifier le respect du critère de fuite du DAC.
- **Phénomènes clés** : séchage, retrait, fluage, fissuration, perméabilité – et leur interaction avec la précontrainte.

Vue intérieure de l'enceinte - Dôme de pétales en béton préfabriqués (DR, Benjamin Daubilly Photogr.)

Auteur

Benjamin DAUBILLY

Retrouvez toutes nos publications sur les ciments et bétons sur infociments.fr

Consultez les derniers projets publiés
Accédez à toutes nos archives
Abonnez-vous et gérez vos préférences
Soumettez votre projet

Article imprimé le 26/11/2026 © infociments.fr