

Le cycle du combustible : des enjeux multiples

- Marie-Delphine Louveau, chargée de mission Innovation, Nuclear Valley et Gifex,
- Olivier Gastaldi, directeur adjoint, CEA-Agence ITER France,
- Stéphane Poncet, directeur général Curium
- Elodie Bernard, coordinatrice du projet Horizon Europe Titans, CEA-IRFM



les rencontres
rendez-vous d'affaires & opportunités de marchés
ITER



Le réseau des



CCI PROVENCE
ALPES CÔTE D'AZUR

Le club 3H de Nuclear Valley

- Lancé au printemps 2023, le club fédère les expertises de ses membres autour du tritium, pour répondre aux besoins des exploitants et des projets dans deux domaines :
 - Détritiation des déchets et de l'eau lourde afin de réduire les émissions dans l'environnement et de recycler l'eau lourde en vue de sa réutilisation,
 - Production de tritium dans les installations de fusion et le recyclage du tritium dans un contexte de multiplication des projets de réacteurs de fusion.
- Un partenaire historique : le CSFN
- Un président : Laurent Janot – CEA
- Une relation partenariale avec l'AIF et l'IRFM



Members of the TRITIUM CLUB



- **CURIUM**, gestion des **risques environnementaux critiques** (chimiques, radiologiques, biologiques),
- **DG Skid**, ingénierie des **procédés**, équipements sous **pression**, systèmes de **tuyauterie**, automatisation et équipements de process,
- **ECM Technologies**, acteur majeur du marché des **équipements de traitement thermique** et de transformation des matériaux,
- **EGIS**, conseil, ingénierie, maîtrise d'œuvre et exploitation de **grands projets d'infrastructures**,
- **GONZALES Groupe**, conception, fabrication et intégration d'**équipements mécaniques**,
- **JACOMEX**, conception et fabrication de **boîtes à gants** et de **purificateurs** de gaz,
- **KEP Technologies**, des solutions pour relever les défis de la **mesure de la radioactivité**, dans le respect des contraintes du secteur nucléaire,
- **TECHNETICS**, **leader** des solutions d'**étanchéité** haute performance sur mesure pour applications critiques,
- **ALSYMEX (ALCEN Group)**, **spécialiste**— de la conception à la maintenance — de **sous-ensembles mécaniques et de systèmes complexes**,
- **Bouygues Construction Expertises Nucléaire (BCEN)**, tous domaines techniques et l'intégralité du cycle de vie des **infrastructures nucléaires**,
- **EKIUM (SNEF Group)**, **leader français en ingénierie** des installations industrielles, bâtiments, réseaux et automatisation pour les industries de process,
- **Gasne Group**, conception et production d'**équipements mécaniques**,
- **ROTAREX SMT**, conception et production d'**équipements mécaniques**,
- **SICLADE Technologies**, détection et mesure des particules ionisantes grâce à sa technologie brevetée de capteurs en carbure de silicium (SiC).

Notre correspondant

Mail: marie-delphine.louveau@nuclearvalley.com



CURIUM



Gestion des risques environnementaux et humains liés à des substances dangereuses, des études à la réalisation sur site.

30 ans
d'expérience

55 collaborateurs

8,5M€ chiffre d'affaires 2025

1 laboratoire
interne



ENGINEERING ET CONSULTING

- Expertise technique
- Diagnostic de contamination
- Assistance à la maîtrise d'ouvrage
- Laboratoire d'analyses et d'essais



TRAVAUX SUR SITE

- Décontamination
- Démantèlement/Dépollution
- Gestion des déchets dangereux
- Gestion du changement/de l'arrêt de production impliquant des produits dangereux



INTERVENTION D'URGENCE

- Astreinte 24h/24 et 7j/7
- Intervention d'urgence suite à un incident chimique ou au transport de marchandises dangereuses
- Gestion des incidents liés aux substances dangereuses



We control all of these risks on
gaseous, liquid and solid
matrices.



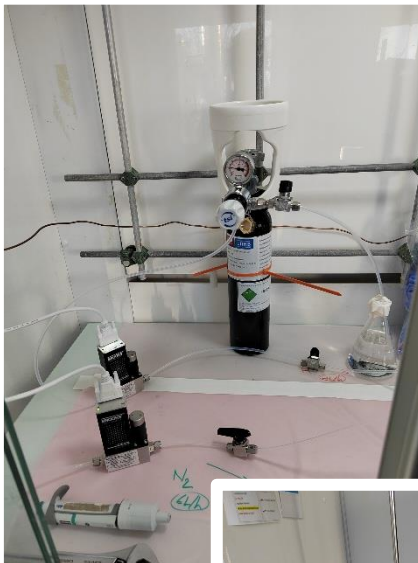
Un projet français de capacités d'expérimentations 3H

Une capacité existante : l'installation nucléaire CURIUM Montagny pouvant manipuler 2g de 3H => taille laboratoire – référencée par ITER

Une capacité en projet à horizon 2036 : une installation nucléaire au CEA Cadarache pouvant manipuler plusieurs dizaines de g de 3H => taille pilote

Exemple de projet CEA /CURIUM pour ITER

- Projet PACH3
- Financement du projet de R&D par l'état français
- Développement d'une matrice minérale pour capter le tritium dans les colis de déchets ITER
- Développement procédé par le CEA
- Essais laboratoire de qualification en condition tritium chez CURIUM Montagny



les rencontres

rendez-vous d'affaires & opportunités de marchés

ITER

MERCI

Un évènement :



Sous le Haut Patronage :



Avec le soutien :



Avec la participation :



amentum

framatome



Fusion et cycle du tritium Perspective d'une plateforme de R&D et qualification

O. Gastaldi – CEA-Agence ITER France



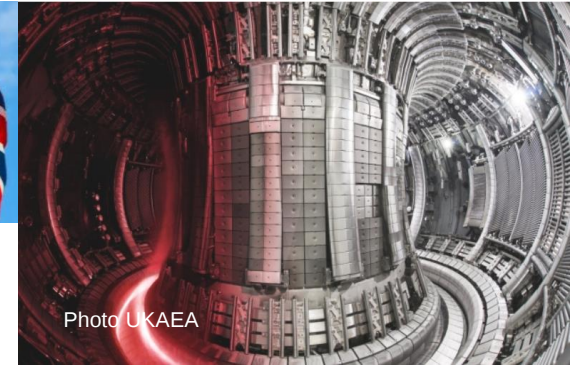
Le réseau des



Les installations fusion magnétique avec du tritium

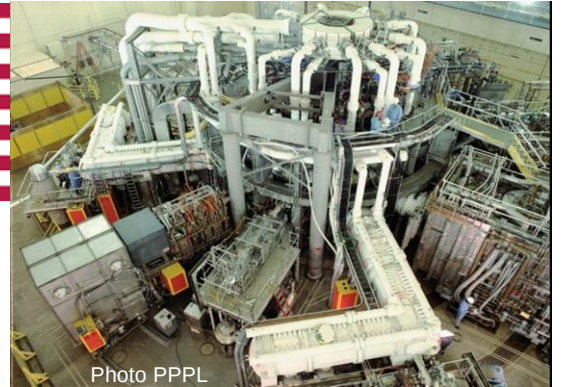
❑ Joint European Torus. 1991- 2024

- ❑ Record de production d'énergie en 2023: 13,8 MW avec 0,2 mg d'un mélange deuterium-tritium (DT)
- ❑ Quantité de tritium : de 60 g à 100 g pour les derniers essais



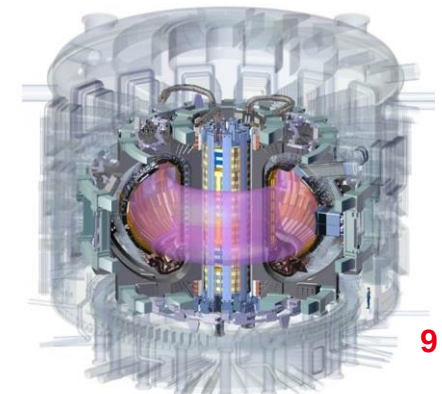
❑ Tokamak Fusion Test Reactor, Princeton. 1993-1997

- ❑ Record de production d'énergie : 10,7 MW
- ❑ Quantité de tritium : jusqu'à 100 g



❑ ITER : à partir de 2035

- ❑ Objectif production d'énergie : 500 MW pendant ~400 s
Plus de 1000 s mais à plus faible puissance
- ❑ Quantité de tritium maximum autorisée sur site : 4 kg



Un premier changement d'échelle

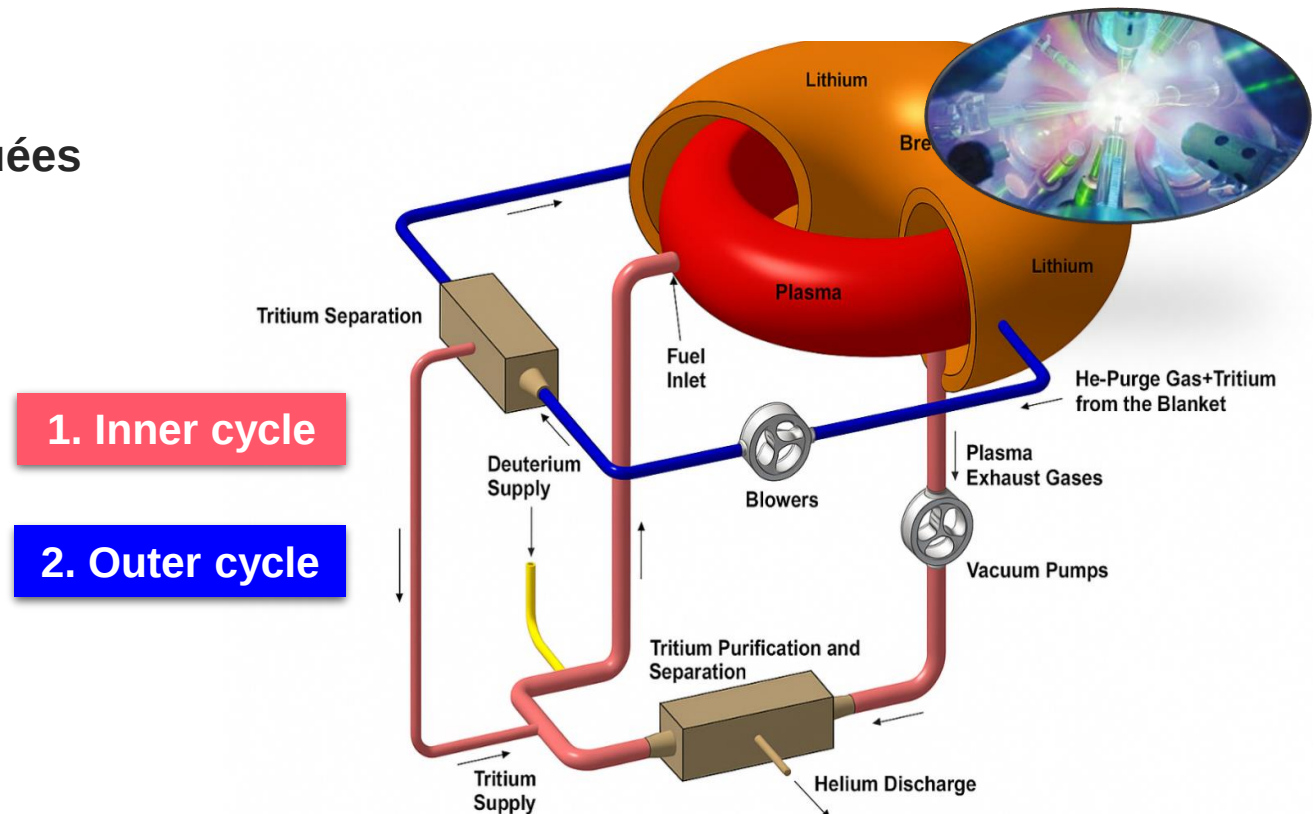
Des cycles de production, extraction du tritium nécessaires

- D-T voie de référence
- 1 GWth par an = fusion de 37 kg de D et 56 kg de T
 - D stable et abondant → **pas de pb technologiques**
 - T radioactif, pas disponible et diffusant → **nécessité de développements technologiques importants**

Un second changement d'échelle

Un cycle du tritium avec 3 composantes imbriquées

1. Cycle plasma avec récupération et séparation du tritium n'ayant pas réagi (inner cycle)
2. Cycle de production in situ (connecté au précédent) (outer cycle)
3. « Cycles » de détritiation des gaz, fluides et matériaux et gestion des déchets et rejets

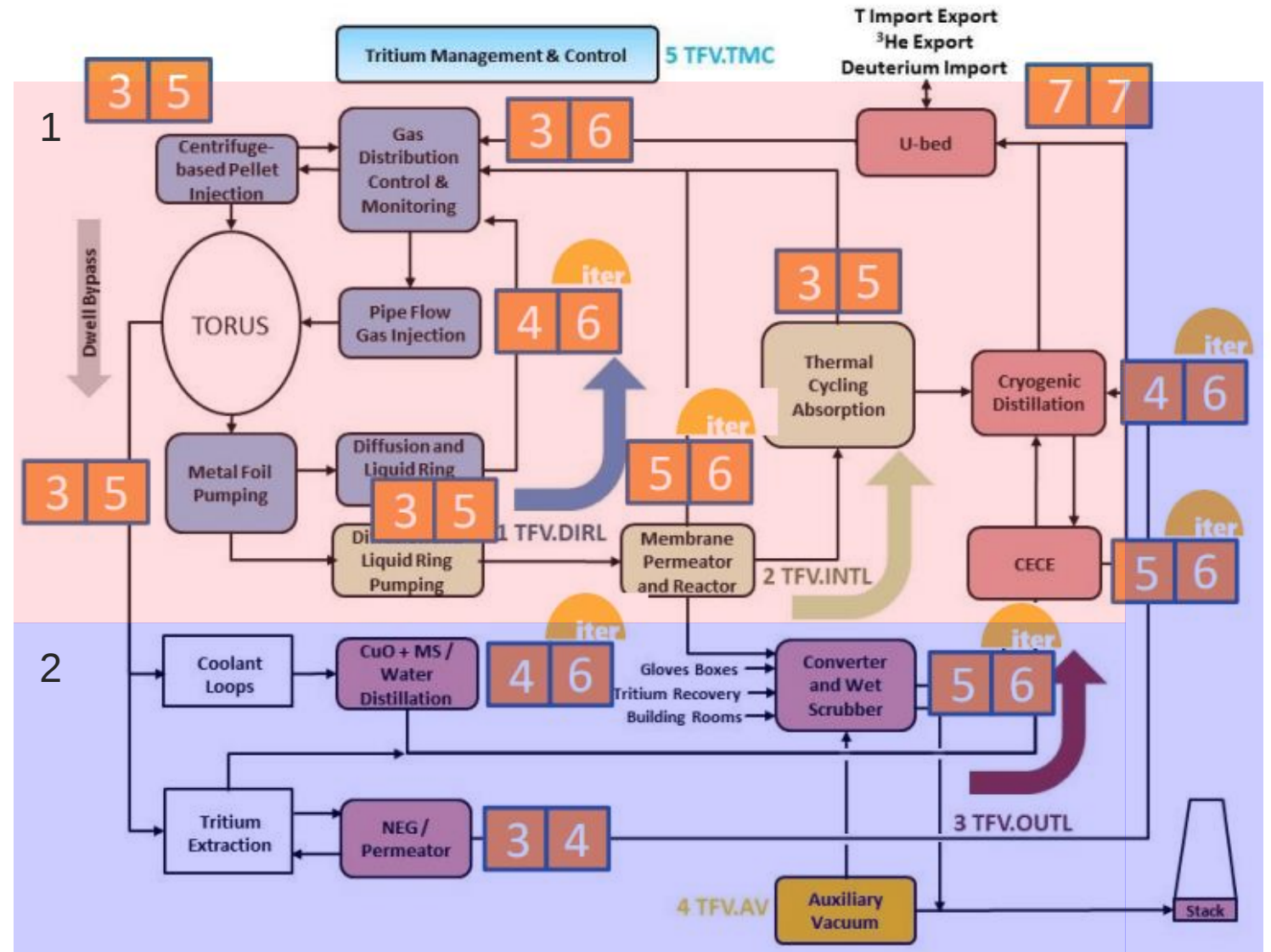
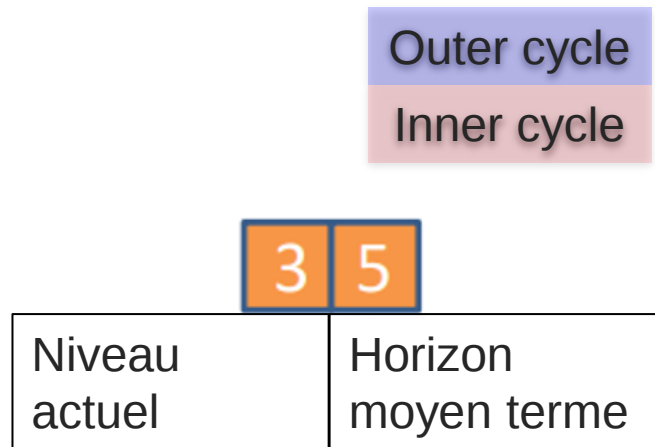


Source : KIT website (www.fusion.kit.edu/english/89.php)

Des technologies du cycle à mettre au point

Des niveaux de maturités limités pour les différents procédés mis en jeu

Apport d'ITER et qui assureront la montée en TRL



Et delà d'ITER ...

3 défis pour la filière fusion sur le tritium

Disponibilité de
la ressource

Défi 1

Facteur
d'échelle
x10 à x100

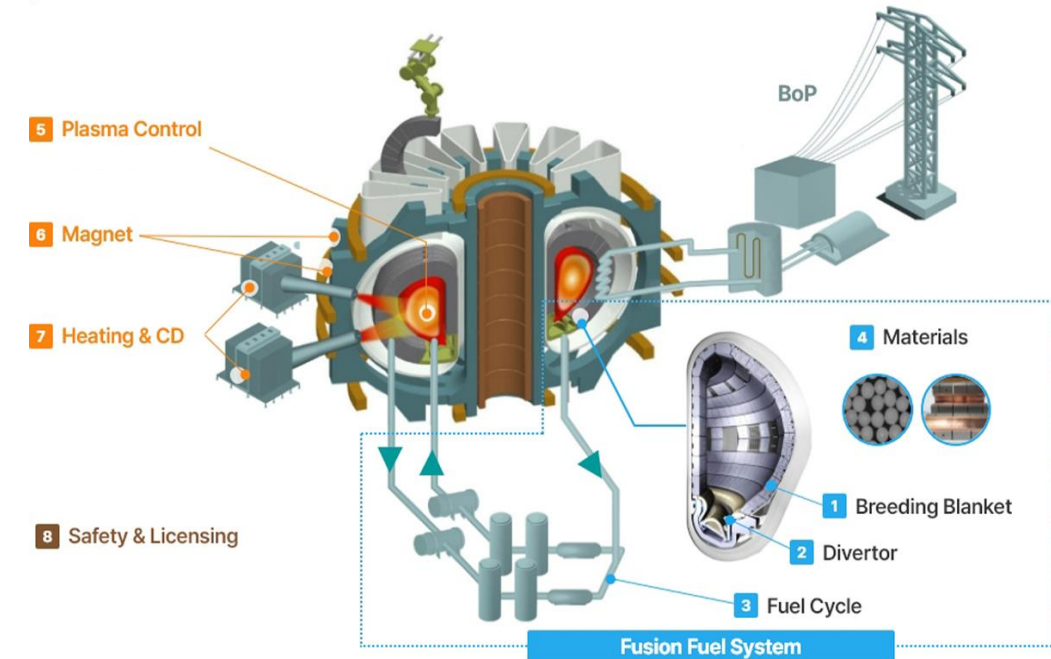
Défi 2

Développement
des matériaux
et technologies

Défi 3

Pour y répondre:

- Amélioration des connaissances de base (comportement/matériau)
- Développement de procédés



Enjeu de maîtrise des technologies tritium et de souveraineté intégré dans la stratégie nationale pour l'énergie de fusion à venir

CEA dispose d'atouts dans le domaine

Des compétences et installations de R&D existantes au CEA

☐ Expertise DES/IRESNE sur le développement de procédés

- ☐ Mise en œuvre de **petites quantités** de T / **Installation limitée dans les quantités manipulables** (< mg)
- ☐ et dispositifs à petite échelle

☐ Expertise DRF/IRFM + DRF/Joliot

- ☐ R&D comportement isotopes hydrogène (**H, D**) dans les matériaux
- ☐ **Expériences en T** via une collaboration avec le laboratoire tritium de l'institut Joliot (DRF) à Saclay **mais** la place est limitée et **pas de possibilité d'extension**

→ **Difficulté de répondre aux besoins à venir pour les développements des technologies tritium du fait des faibles quantités mises en jeu**

La plateforme T4E

Une plateforme dédiée à la connaissance et la maîtrise du tritium avec des inventaires tritium nettement supérieurs

1. Pour la recherche

T4E accueillera un espace dédié aux pour :

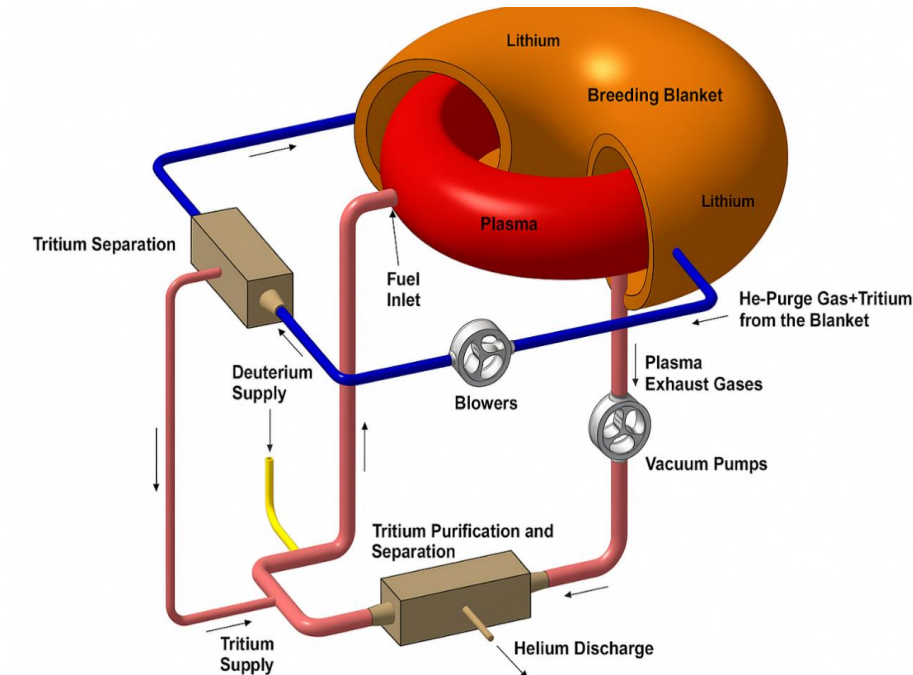
- ❑ Mener la R&D sur le tritium indispensable à la fusion en tant que combustible avec des études du comportement T : absorption, désorption et piégeage dans différentes conditions de température et d'atmosphère jusqu'à des développement de procédés (séparation, extraction, purification, confinement, gestion des déchets tritiés)
- ❑ Mener de la qualification de systèmes/procédés tritium couplés entre eux et destinés à de futur(s) machine(s) de fusion, magnétique ou inertielle (ITER, VNS, DEMO, Start-Up, ...) et en support aux industriels se positionnant sur ces technologies

2. Pour la formation

T4E sera un lieu de **formation** des futurs intervenants -salariés d'entreprises et instituts de recherche- conçu sur le modèle de l'école Sodium par le CEA à Cadarache, créée en 1975.

3. Pour les développements industriels

T4E sera un outil pour se positionner sur des **technologiques de rupture et des marchés stratégiques** en France et en Europe: ouverture à des partenariats industriels – pouvant couvrir toutes les phases

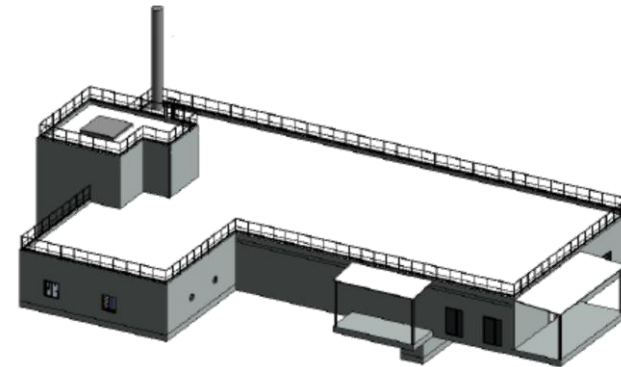


T4E – future plateforme tritium sur Cadarache

- Phase d'esquisse en cours avec plusieurs approches envisagées dont la possibilité d'un projet phasé avec une montée en puissance progressive des capacités de l'installation – entre 700 et 1200 m² de laboratoires dédiés

- Calendrier :


A horizontal green timeline arrow pointing to the right. It has several tick marks. A red star is at the start. Above the timeline, the following milestones are written: 2026 : go (marked with a red star), Déb 29 : fin études (marked with a green tick), Fin 30 : début travaux (marked with a green tick), 2034 : 1ers essais R&D (marked with a green tick), and 2038 : 1ers essais qualification (marked with a green tick). There is a dashed section of the timeline between 2034 and 2038.
- Réflexion sur de possibles esquisses



les rencontres

rendez-vous d'affaires & opportunités de marchés

ITER

MERCI

Un évènement :



Sous le Haut Patronage :



Avec le soutien :



Avec la participation :



amentum

framatome

