

# ITER, ouvrir la voie à un nouveau mode massif de production durable d'énergie



ATSR 2021

# Où en est le chantier?



Cylindre supérieur du Cryostat (stockage en cuivre)

Atelier du Cryostat

Unité de bobinage

Bât. Préparation assemblage

Poste électrique 400 kV

Hall d'Assemblage

Évacuation de la chaleur

Unité cryogénique

Conversion électrique

Bâtiment Radiofréquence

Complexe Tokamak

Zone entreprises

Future salle de contrôle

Bâtiment Tokamak

Future alimentation Injection de neutres

Systèmes électriques

Siège ITER Organization

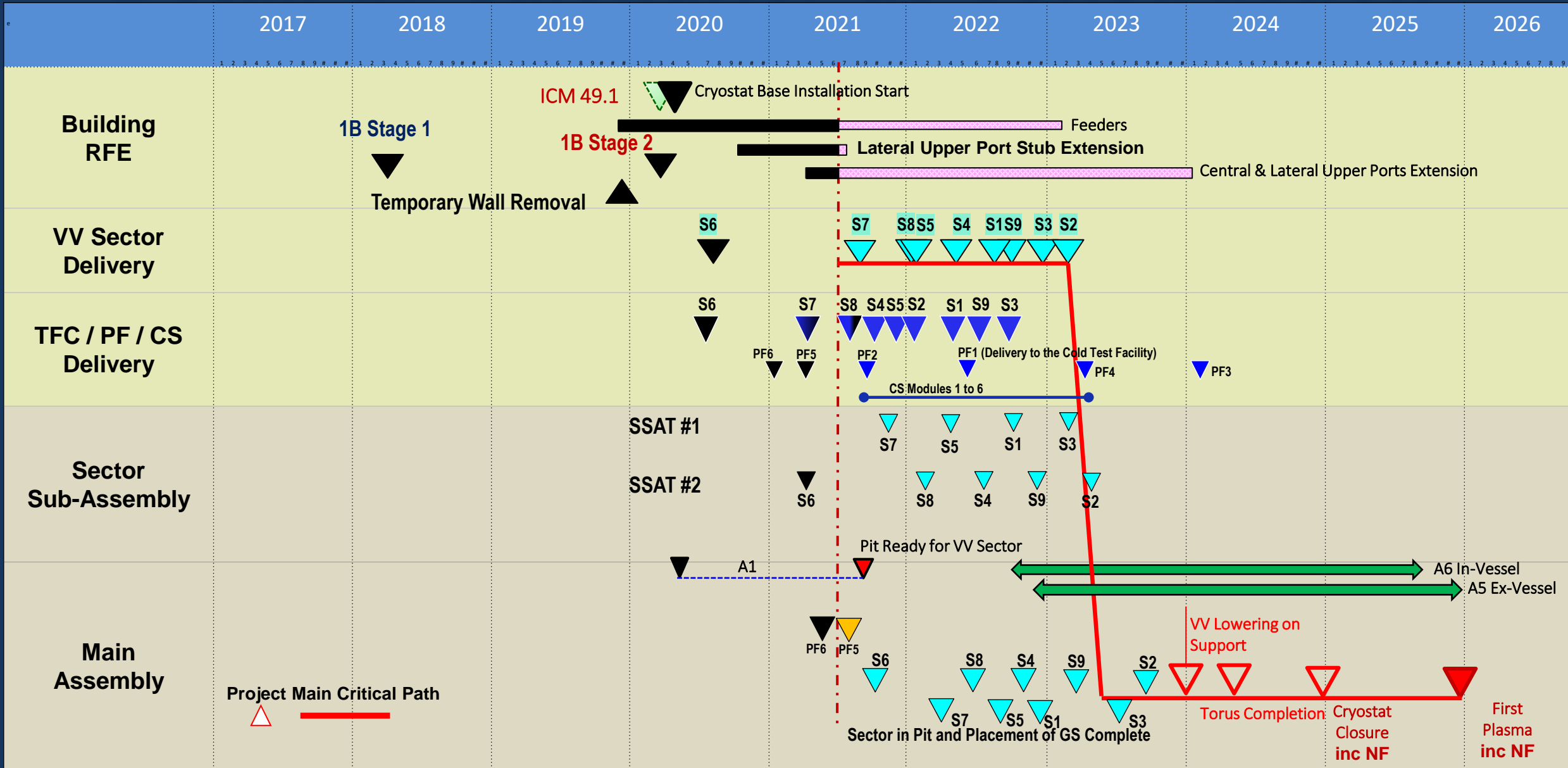
# Sept ans de progrès

Avril 2014 – Septembre 2021



Les travaux de génie civil, réalisés par l'Europe, sont finalisés à hauteur de 80%.

# Détail du calendrier de construction



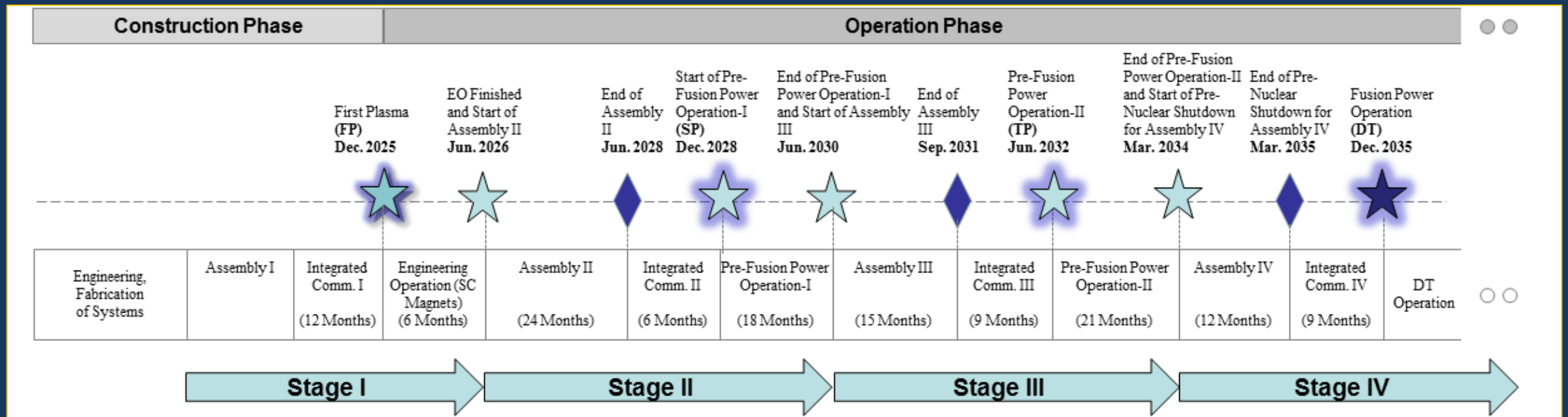
# Vers le « Premier plasma » : > 75% des tâches réalisées



”L’ensemble des tâches indispensables à la production du Premier Plasma” d’ici 5 ans est réalisé à > 75%. Depuis 2016, sauf en 2020, le taux de progression mensuel moyen est de l’ordre de 0,7 %.

# Vers la pleine puissance

- ✓ Le calendrier et le budget prévisionnel d'ici au Premier Plasma prend en compte les contraintes budgétaires des Membres d'ITER;
- ✓ L'approche en quatre étapes vers les opérations à pleine puissance (2035) prend en compte les contraintes budgétaires et techniques des Membres d'ITER.



# ITER au temps du Covid-19

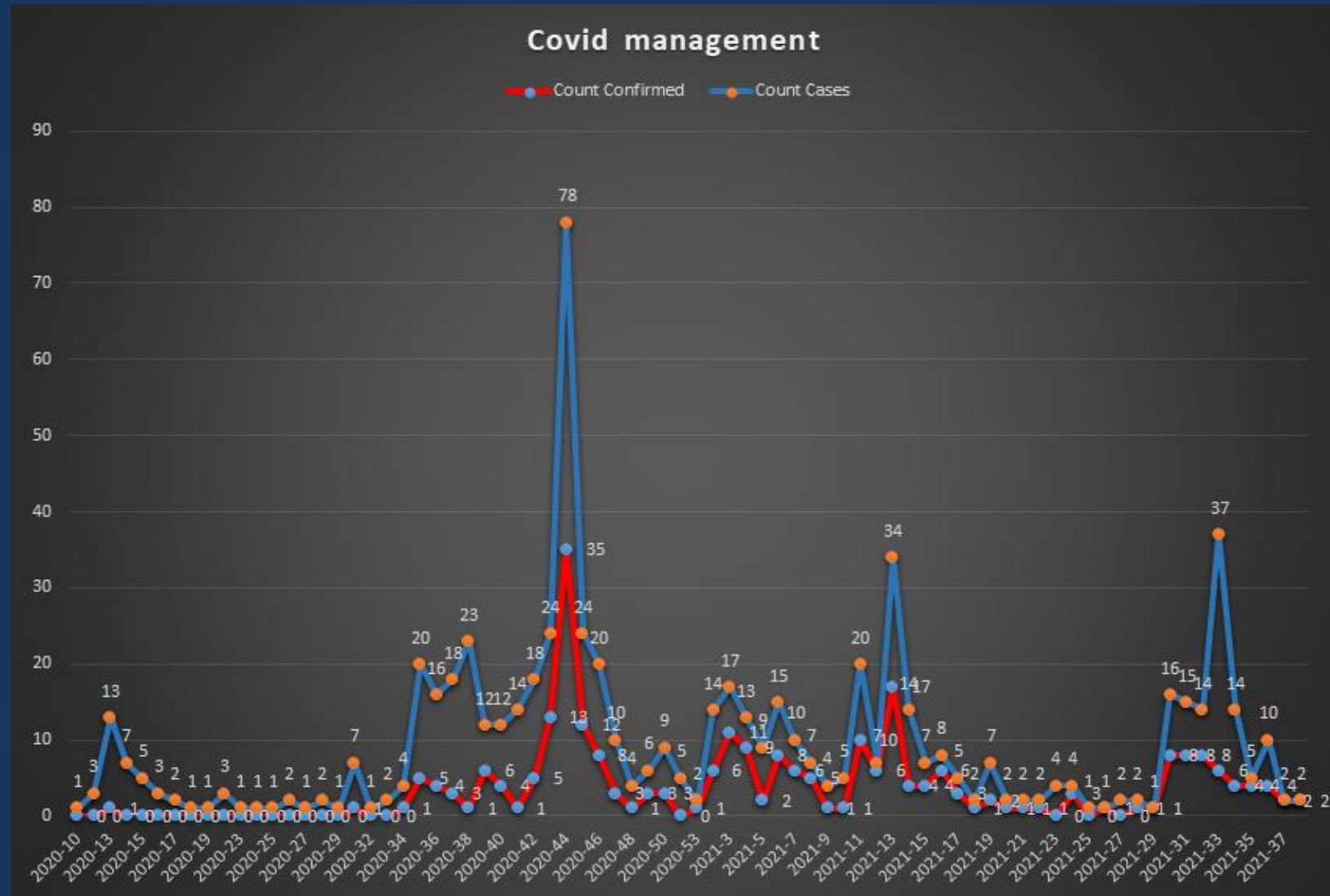
Maintenir les activités critiques – garantir la sécurité des personnels

- Anticipation (test des réseaux, réorganisation du chantier, etc.)
- Strict respect des consignes des autorités sanitaires;
- Télétravail
- Soutien efficace des Membres d'ITER (livraison de masques par la Chine et la Corée; dérogations ponctuelles)
- « Nouvelle normalité » plébiscitée par 96% du personnel.

# ITER au temps du Covid-19

## Un suivi systématique

- Tous les cas d'exposition potentielle parmi les 2 500 personnes qui pénètrent sur le site chaque jour (personne contact, symptômes, etc.) font l'objet d'un suivi systématique.
- Le personnel ayant été exposé au virus doit avoir été testé négatif avant d'être autorisé à reprendre le travail sur site.
- Tous les cas confirmés résultent d'une exposition au virus à l'extérieur du site d'ITER.



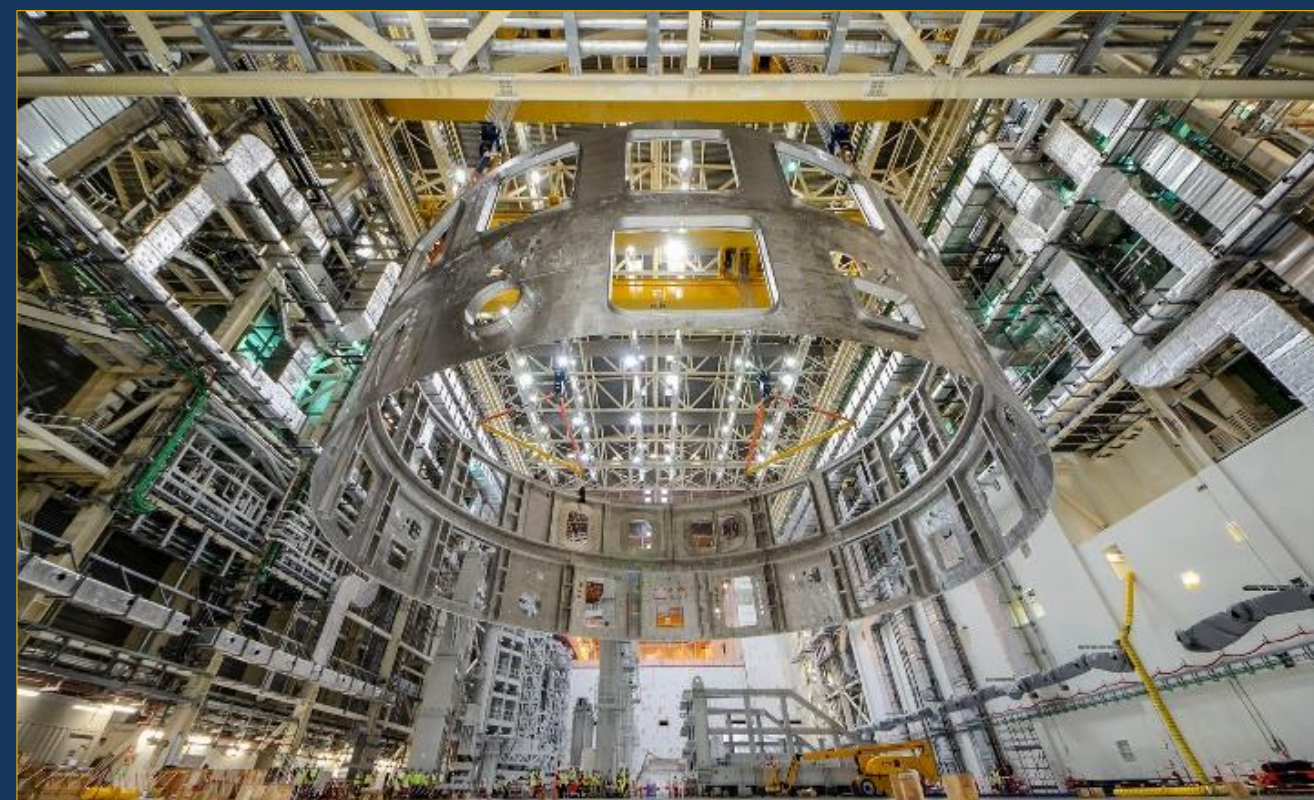


# La phase d'assemblage est en cours

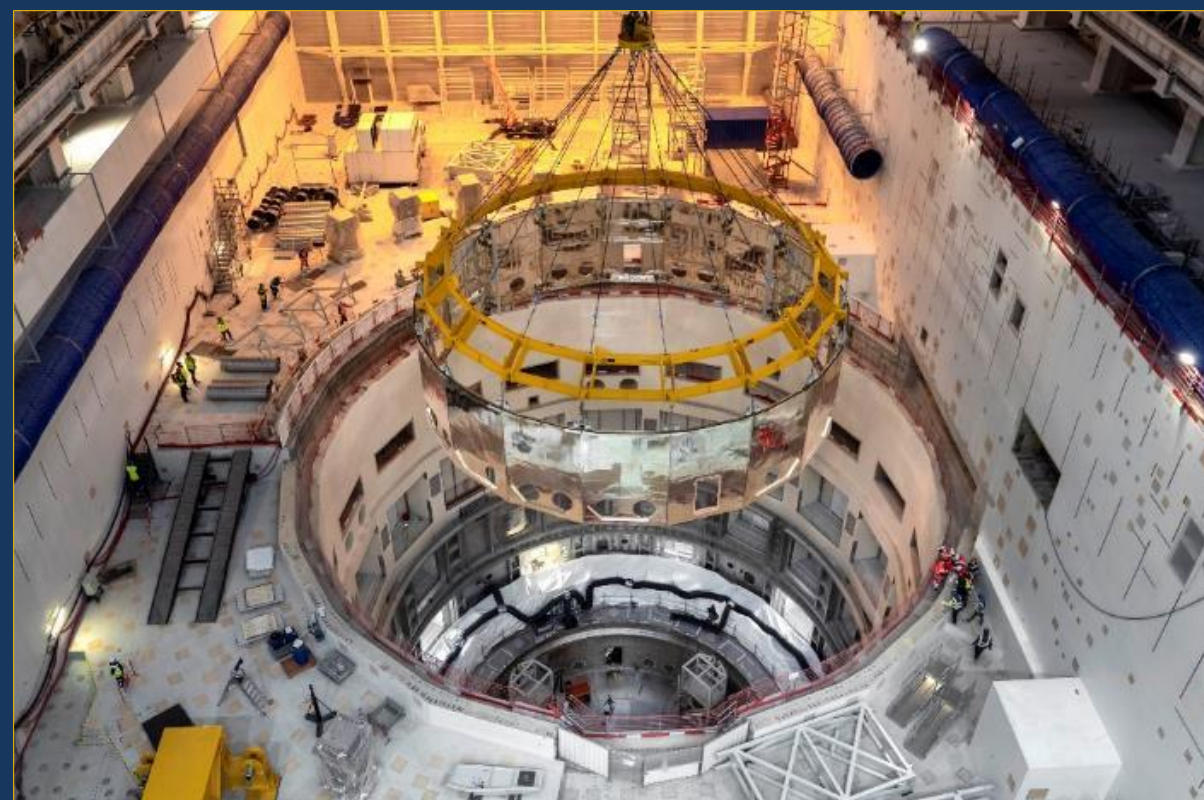
An aerial view of the Tokamak assembly hall, showing the large circular base of the cryostat being lowered into the assembly pit. The hall is filled with complex machinery, scaffolding, and structural elements. The lighting is bright, highlighting the metallic surfaces and the intricate layout of the facility.

Les 26 et 27 mai 2020, la base du Cryostat (1 250 t) a été insérée dans le puits d'assemblage du Tokamak...

# Des opérations majeures



...suivie, le 31 août, par le cylindre inférieur...



...et le 14 janvier 2021 par l'écran thermique du cryostat.

# Des opérations majeures

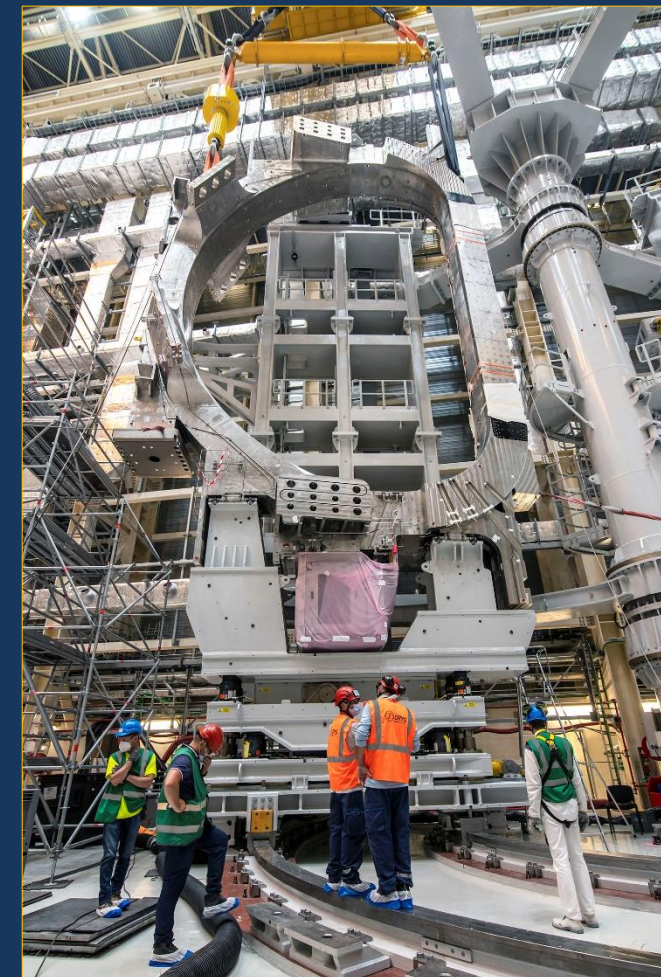


Le 6 avril 2021, la première section de la chambre à vide était positionnée dans le portique d'assemblage n°1...

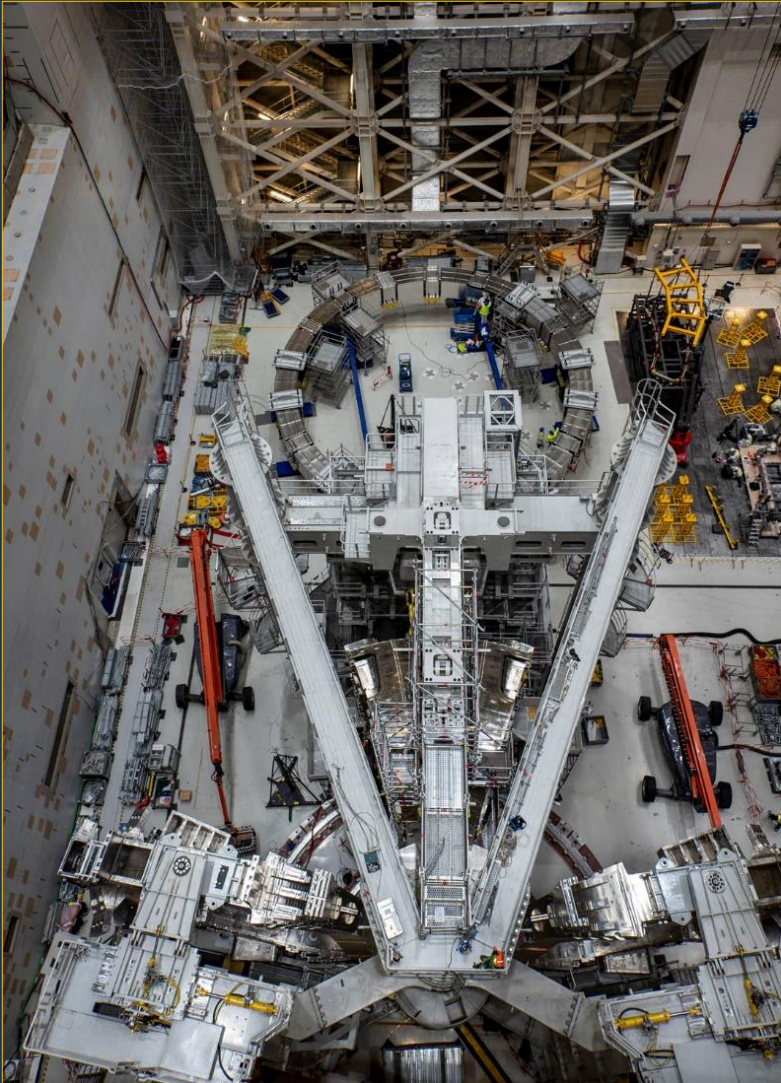


...et deux semaines plus tard, la première des 6 bobines annulaires était positionnée dans la fosse d'assemblage.

Le 15 juin, la première bobine verticale (TF12) était positionnée dans le portique de pré-assemblage.



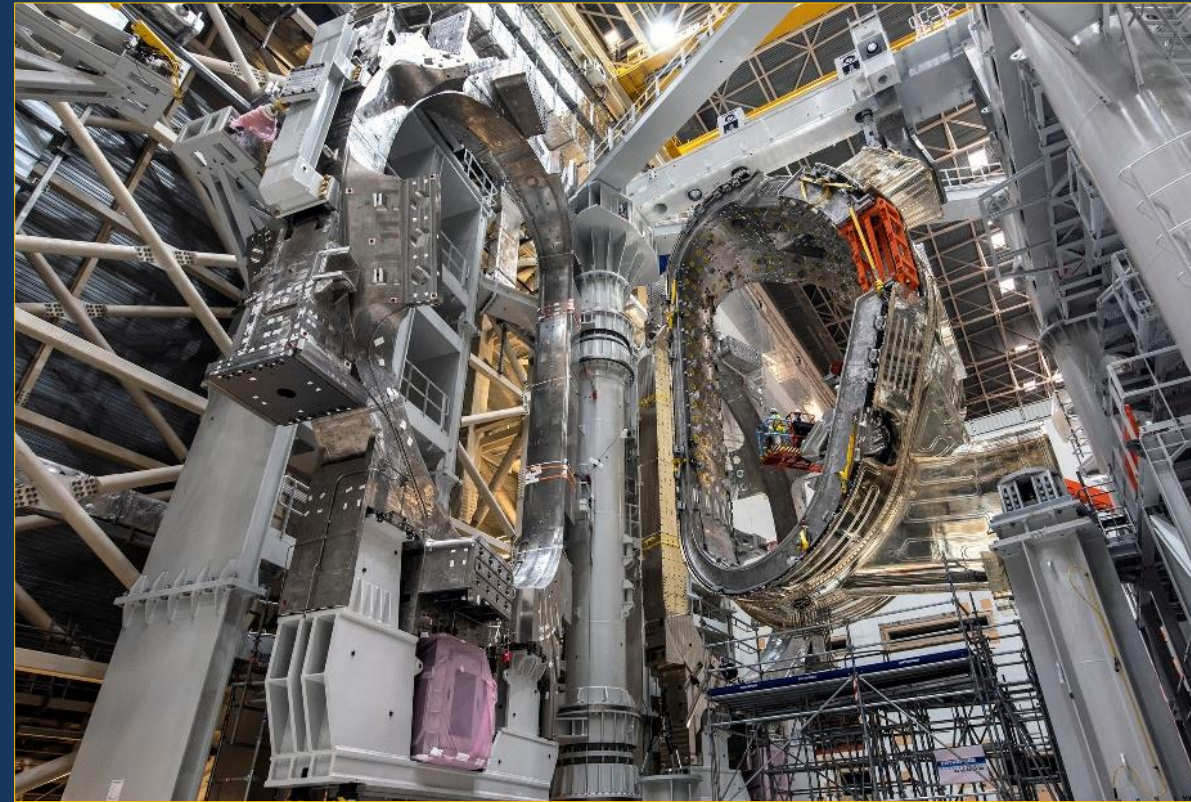
# Vers le premier "sous-assemblage"



Un « sous-assemblage » est constitué d'un secteur de chambre à vide (VVS), deux bobines de champ toroïdal (TF) et une section de bouclier thermique (VVTs).

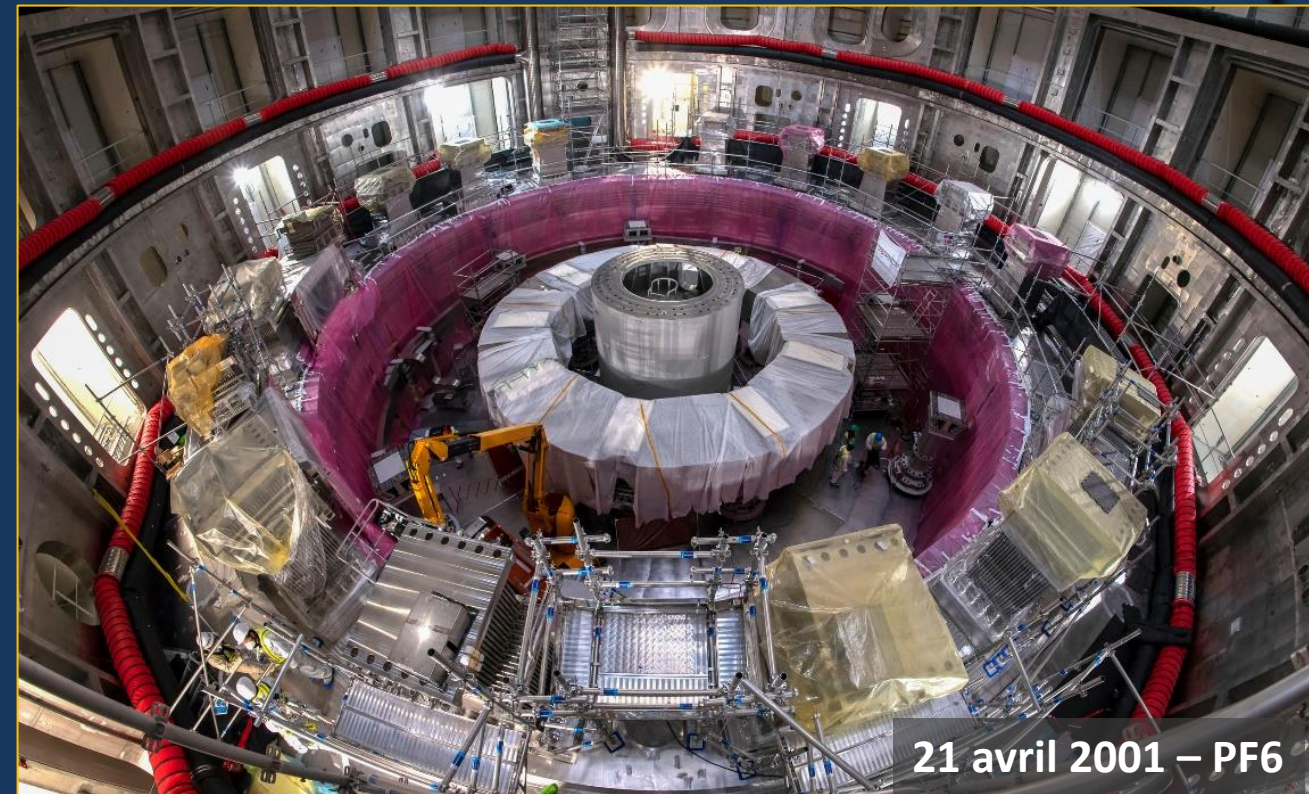
Les éléments sont en cours d'assemblage dans un des portique de sous-assemblage (A l'arrière plan, la bobine annulaire PF5, prête à être installée.

TF n°12 et n°13 (Japon) seront associées au secteur de chambre à vide n° 6 (Corée).



# Le tokamak prend forme

## Deux bobines (sur 6) en place



Le tokamak ITER prend forme, progressivement, dans le puits d'assemblage. Deux des six aimants annulaires sont en place, ainsi que les supports destinés au 18 aimants verticaux. La machine se construit du bas vers le haut.

# Installation des systèmes

◀ 5,5 km de lignes cryogéniques

10,000 km de câbles  
électriques de toute  
nature ▶


◀ Évacuation  
de la chaleur  
(1 200 MW)

Compensation de la  
puissance réactive  
(1 ha d'équipements  
de très haute  
technologie) ▶

◀ Conversion  
alternatif/continu  
(8 km de jeux de  
barres)



# Les livraisons s'accélèrent

A large MAMMOET truck is shown at night, carrying a massive industrial component on its trailer. The truck is illuminated by its headlights and roof-mounted lights. The component is a large, complex piece of machinery, possibly a transformer or a large motor, with various cables and components visible. The truck is parked on a road next to a large industrial building with a corrugated metal roof. The scene is set at night, with trees and a fence visible in the background.

**Principaux composants livrés en 2020/21:**  
8 bobines TF (5 EU et 3 JA)  
2 bobines PF (EU)  
2 secteur de chambre à vide (KO)

**Attendus dans les jours/semaines qui viennent:**  
2 modules du solénoïde central (US)  
2 bobines TF (JA)

# Les livraisons s'accélèrent



Le premier module du solénoïde central, fabriqué par General Atomics aux États-Unis a été livré le 9 septembre. Un deuxième a pris la mer au début de ce mois.



Le solénoïde central (1 000 tonnes, 18 m de haut) se compose de 6 modules générant un champ magnétique de 13 Teslas. C'est le « cœur battant » du Tokamak ITER.





# Fabrications finalisées à 85%



Bobines de champ toroïdal: les 70 « doubles galettes » destinées aux dix bobines verticales (sur un total de 19) et dont la fabrication incombe à l'Europe sont réalisées. Quatre d'entre elles ont été livrées sur site.



Chambre à vide: l'Europe fabrique 5 des 9 secteurs de la chambre à vide du Tokamak. Tous sont en cours de fabrication avec des taux de finalisation allant de 70 à 95%.

Bobines de champ poloïdal: Du fait de leur taille (17-24 m de diamètre), 4 des 6 bobines annulaires sont fabriquées sur site par l'Europe; PF n°5 et PF n°2 sont finalisées. La fabrication de PF n°4 est en cours. (Ici, PF5 est placée en stockage temporaire.)



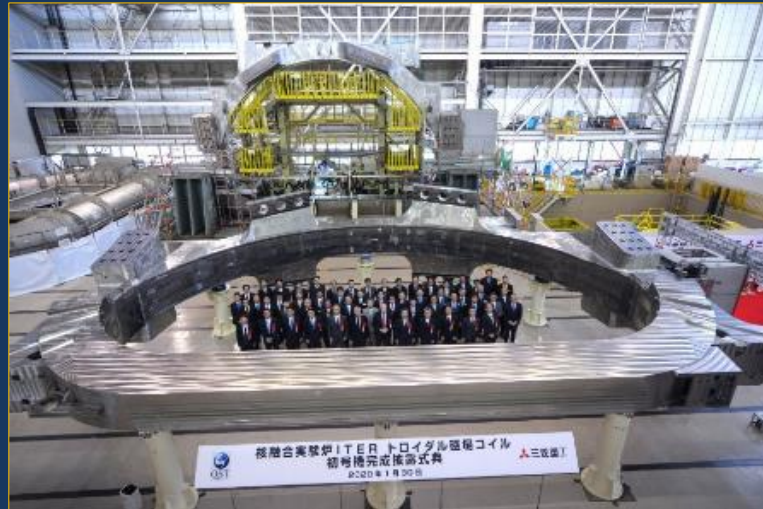
# Fabrications finalisées à 85%



Plus de 1 600 tonnes d'équipements, destinés au système d'alimentation des aimants ("*feeders*") sont fournis par la Chine.



Le Japon fournit 9 des 19 bobines de champ toroïdal (dont une rechange) du tokamak. La première d'entre elles (TF12) a été livrée le 17 avril 2020, la deuxième (TF13) le 3 juillet et la quatrième (TF8), le 12 mars 2021



Fabriquées en Inde les différentes sections du Cryostat sont assemblées et soudées sur site par MAN Energy Solutions (sous-traitant de Larsen & Toubro). La base et le cylindre inférieur sont en place dans la fosse d'assemblage, le cylindre supérieur est stocké dans l'attente de son installation et les éléments du "couvrete" sont en cours de soudage.

# Fabrications finalisées à 85%



La Corée est responsable de la construction de 4 des 9 secteurs de la chambre à vide. Le premier est en cours d'assemblage, le second a été livré à ITER au mois d'août. Les deux autres sont en cours de finalisation.



Le premier des six modules du solénoïde central (plus une recharge) est arrivé à ITER le 9 septembre. Un deuxième qui a pris la mer le 30 août. Les cinq autres abordent les dernières étapes de la fabrication dans les ateliers de General Atomics près de San Diego en Californie.



La fabrication de la bobine poloïdale n°1 (9 mètres de diamètre, 193 tonnes) entre dans sa phase ultime. Cette bobine est la plus petite des six bobines annulaires de la machine. Elle sera mise en place peu avant la fermeture du cryostat.



# Premier plasma d'ici cinq ans



**ITER est une installation nucléaire, avec des enjeux de radioprotection spécifiques. Les contrats pour la fourniture de systèmes de surveillance de radioprotection vont s'échelonner de 2021 à 2030.**

<http://www.iter.org/fr>