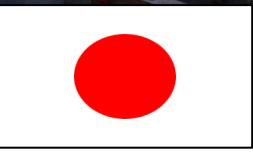


ITER, visite des centraliens

Jean Jacquinot



Visite et Workshop

Une intro rapide sur ITER (cf site de centrale énergie), puis:



Erwan DUVAL (Centrale Paris 2000): Logistique



Eric FAUVE (Centrale Marseille 2002): Cryogénie



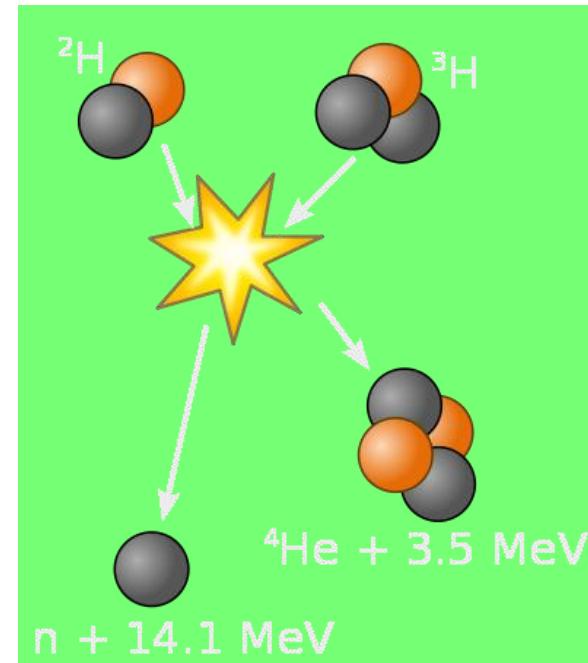
**Jean-Marc MARTINEZ (Centrale Marseille 2001): Matériaux
Et organisateur de votre escapade**

VISITE: Sylvie André, Ruxandra Pilsiu, Sonia Arias Cartin, Julie Marcillat

ITER en bref

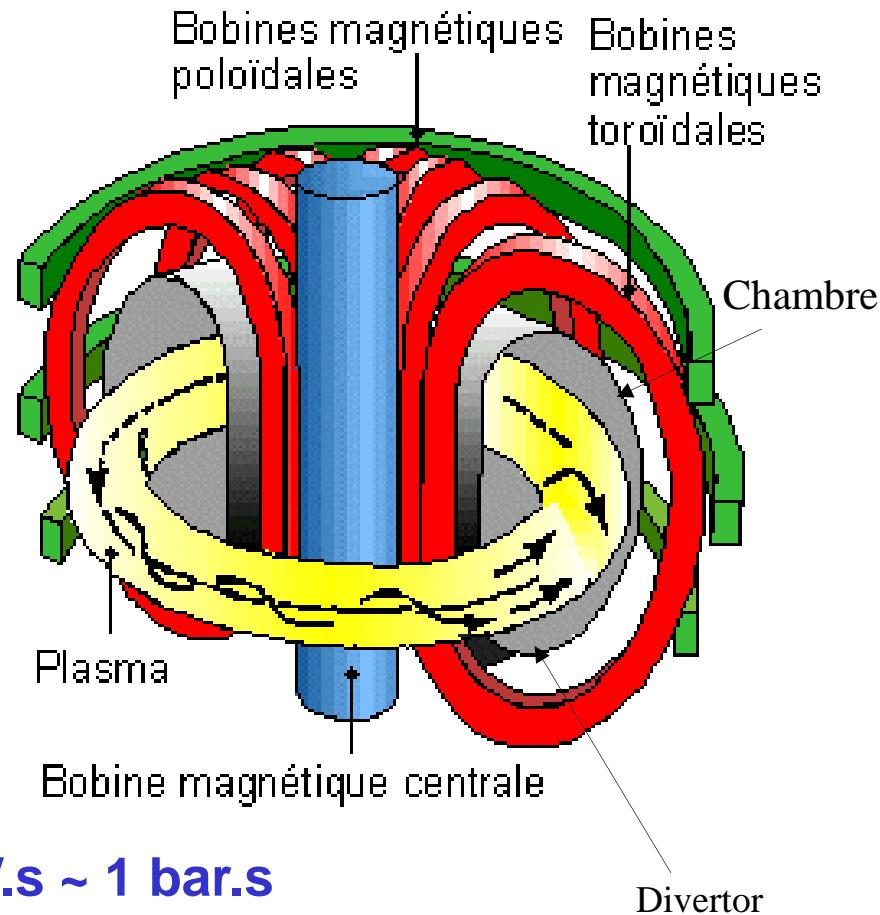
*Démontrer la faisabilité et la sûreté de l'énergie de fusion
énergie sans effet de serre et sans accident nucléaire grave possible*

- Une machine expérimentale avec pour objectifs:
 - Valider les principes physiques en vraie grandeur ($Q > 10$; 500MW)
 - Physique des plasmas: systèmes complexes en interaction collective
 - Valider des technologies de la fusion
 - Supra conducteurs, électrotechniques de puissance, matériaux
 - Télémanipulation, contrôle et mesures, etc.
- Une organisation internationale
 - 7 partenaires (>35 pays); Fournitures en nature
 - Equipe centrale + 7 agences domestiques
 - Construction: € 15 milliards + 20 ans d'exploitation
 - Taille comparable au CERN mais organisation jeune
- Machine en construction
 - Par de nombreuses entreprises de par le vaste monde



Confiner un gaz à 100 millions de degrés: le Tokamak

- **Création du “plasma” puis chauffage**
→ Allumage
- **Le plasma est guidé autour du tore par le champ magnétique**
→ Confinement du plasma
- **L'hélium né de la fusion D/T entretient la température**
→ Combustion



Gain d'énergie si: $nT\tau_E \sim 10^{21} \text{ m}^{-3}.\text{keV.s} \sim 1 \text{ bar.s}$

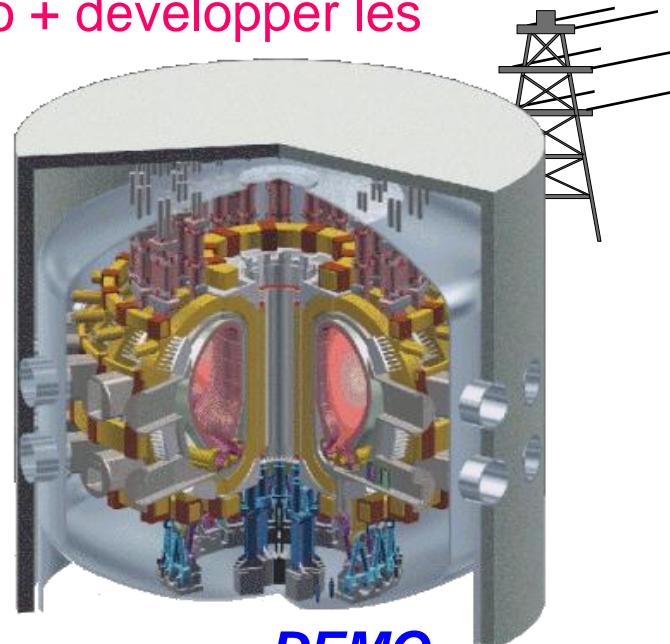
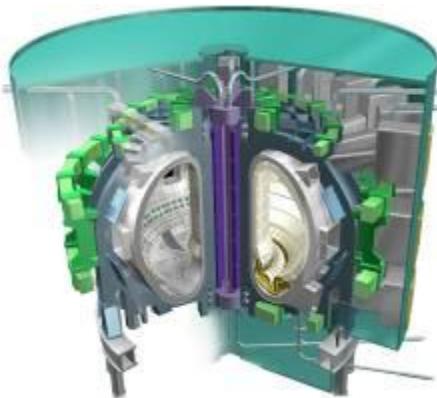
- n (densité) = 10^{20} p/m^3 → facile!
- T (température) $\geq 10 \text{ KeV}$ (100 millions de degrés) → démontrée
- τ_E (temps de confinement de l'énergie) $\geq 4 \text{ s}$ → taille critique

Quelle taille faut-il pour un bon rendement? → ITER

Les étapes essentielles vers le réacteur

Depuis 1970: progrès ~ 10000 sur n.T. τ_E et sur la durée des décharges

Gagner encore un facteur 3 à 5 → ITER et Démo + développer les matériaux en parallèle



Tore Supra

25 m^3

~ 0

$Q \sim 0$

6 minutes

0%



JET

80 m^3

$\sim 16 \text{ MW}_{th}$

$Q \sim 1$

10 sec

10 %



ITER

800 m^3

$\sim 500 \text{ MW}_{th}$

$Q \sim 10$

10' to CW

70 %



DEMO

$\sim 1000 - 3500 \text{ m}^3$

$\sim 2000 - 4000 \text{ MW}_{th}$

$Q \sim 30$

CW

80 à 90 %



Auto chauffage

Who manufactures what?

The produced intellectual property is shared by the seven Members

Feeders (31)



Toroidal Field Coils (18)



Poloidal Field Coils (6)



Correction Coils (18)



Central Solenoid (6)



Cryostat



Thermal Shield



Vacuum Vessel



Blanket



Divertor



Manufacturing progress

Korea



Korea: two
vacuum vessel
sectors are
under
construction.

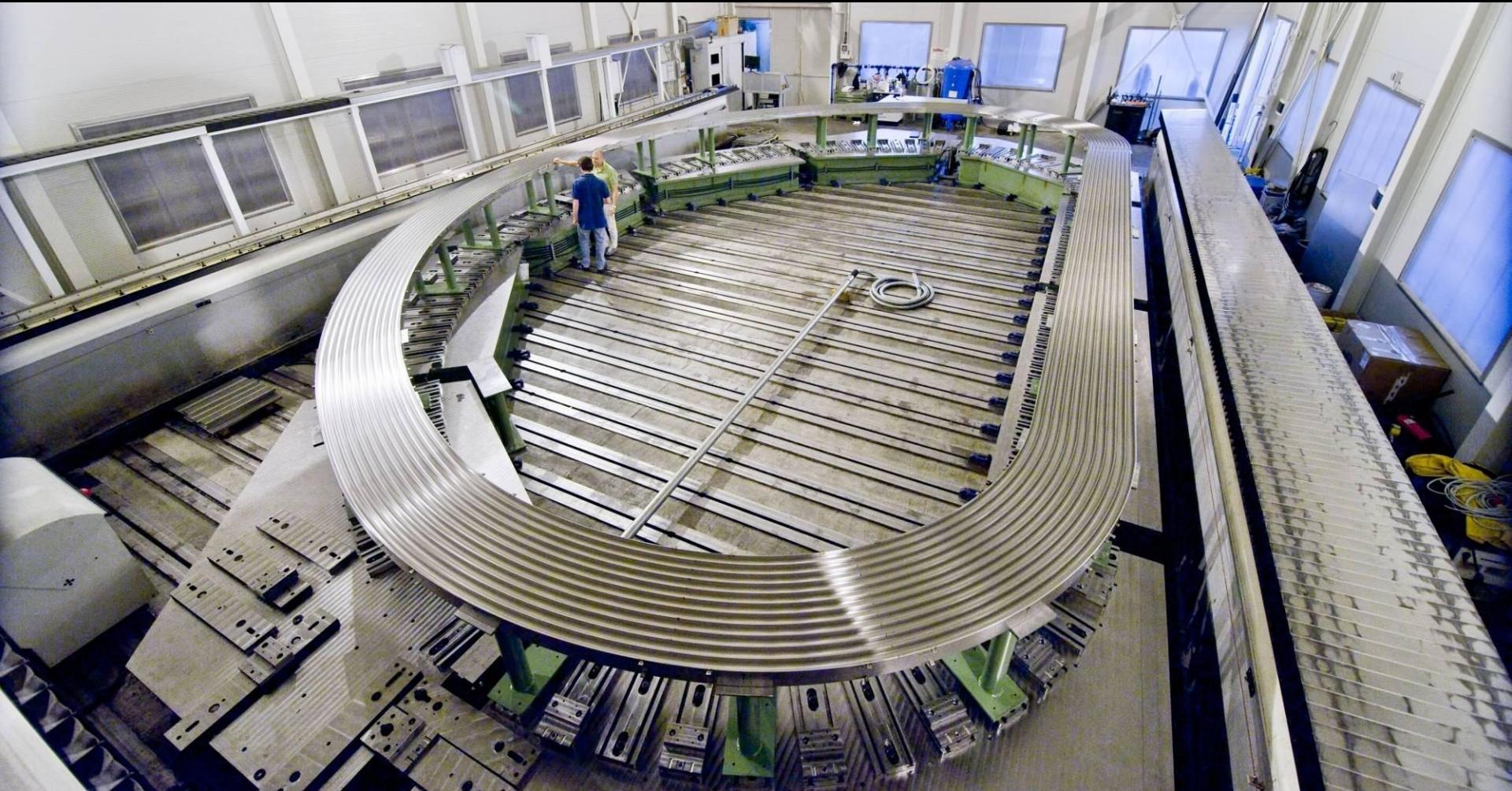
Manufacturing progress

Russia



Russia completed its share of toroidal field conductor in June 2015. The milestone marks the end of a five-year campaign to manufacture 28 production lengths (more than 120 tons of material).

La production est lancée...



A Toulon (CNIM) et à Camerana, en Italie (SIMIC), on usine les structures de support destinées aux bobines de champ toroïdal (TF Coils) du tokamak.

Door-to-door delivery



14 January 2015:	First of four 90-ton transformers procured by the US and manufactured in Korea
20 March 2015:	Detritiation tank (20 tons), procured by Europe
2 April 2015:	Detritiation tank (20 tons), procured by Europe
20 April 2015:	Second of four 90-ton transformers procured by the US and manufactured in Korea
7 May 2015 :	Two 80-ton, 61,000-gallon drain tanks for the cooling water system, procured by US
21 May 2015:	Three 90-ton transformers procured by the US and manufactured in Korea
17 Sept 2015:	Two drain tanks (79t.) for the cooling system, one (46 t.) for the neutral beam system

Ecole Centrale Paris (2000)

Option Air Espace (Mécanique des fluides, thermodynamique)

Points communs Spatial & Fusion :

Cryogénie, vide, gradients et températures extrêmes, plasma (rentrée hypersonique), beryllium, inconel, zirconium...

Arianespace (2000-2012) 12 lancements Ariane 4, 50 Ariane 5, 2 Soyuz

2000-2002: Opérations Lanceurs Ariane 4 / Ariane 5

- Responsable systèmes fluides en campagne de lancement

2002-2007: Complexe de lancement, Systèmes fluides:

- Responsable Systèmes fluides du site: Cryo (LOx, LHe, LH2, LN2), Ergols (MMH, N2O4 Hydrazine), Helium...
- Responsable du Complexe de Lancement sur une quinzaine de campagnes

2008-2012: Soyuz en Guyane (Essais, démarrage d'exploitation)

- Préparation, coordination des essais
- Responsable du complexe de lancement sur les 2 premières campagnes (2011)

Erwan :Ensemble de lancement Ariane

2000 ha, 50 bâtiments

1 Lancement = 600m³ LOx, 1000m³ Helium @200b, 1600m³ LH₂



Erwan Ensemble de lancement Soyuz

120 ha, 25 bâtiments



Erwan: Facility Management Officer

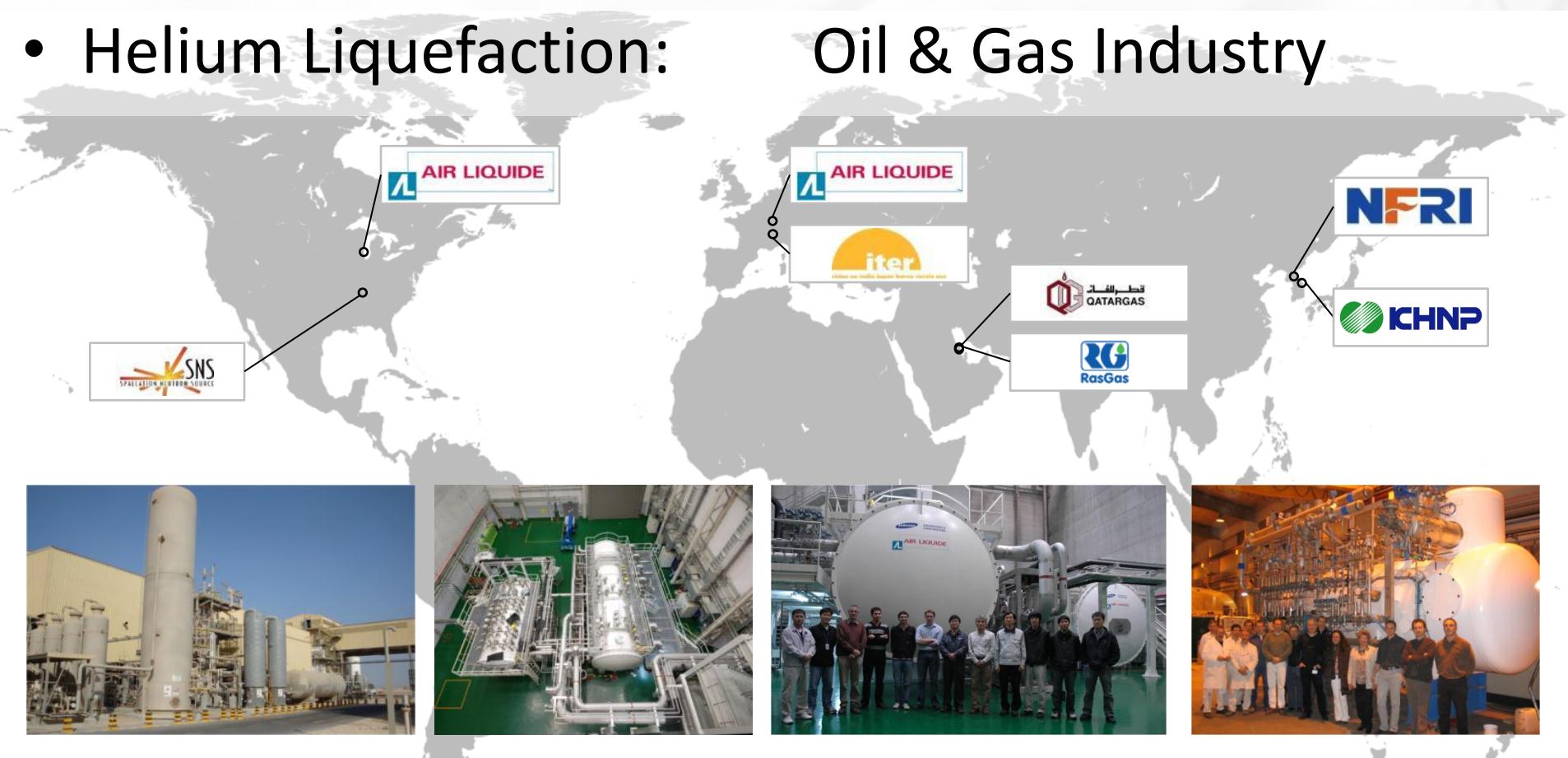
(Département Construction)

- Exploitation des infrastructures IO depuis 2012
 - Contrat Facilities Management / logistique: bâtiment siège, stockages
 - Coordination avec chantier F4E
- Travaux (Extension HQ, sécurisations, sono, sécurité incendie, HVAC)



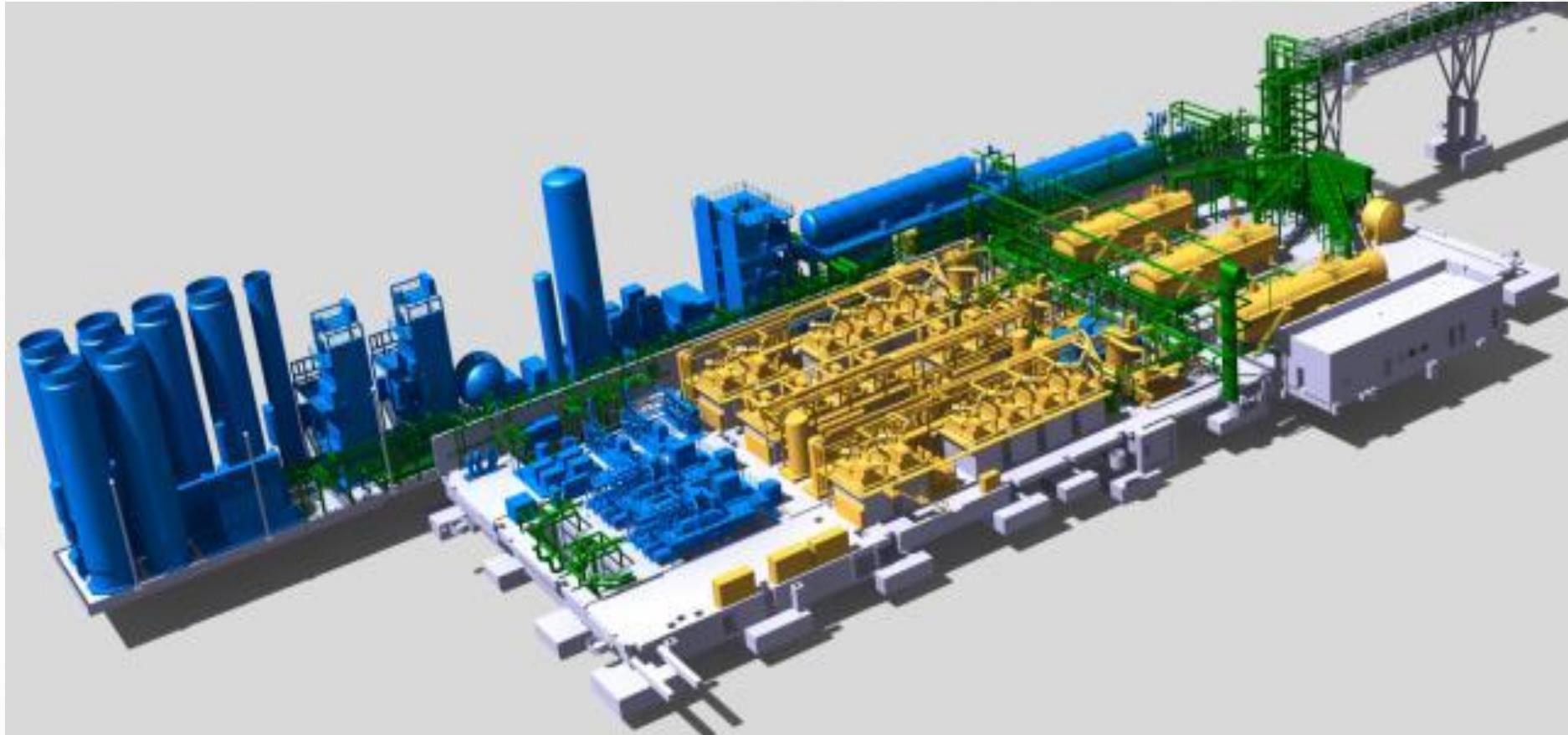
AIR LIQUIDE: USA & FRANCE

- Helium Refrigeration: Nuclear Fission & Fusion
- Helium Liquefaction: Oil & Gas Industry



ITER: Technical Responsible Officer

- Helium Refrigeration Plant



J.M. Martinez

Centrale Marseille 2001

Doctorat Mécanique 2005 (Université Aix-Marseille)



2001 - 2005 Activités R&D : Rotors d'hélicoptères

Amortisseurs de trainée : Modélisation et caractérisation du comportement non-linéaire des élastomères (multi-fréquence & basses températures)



J.M. Martinez

2005 – 2007 Calcul de Structures (Service d'Ingénierie)

Conception



Pétrochimie

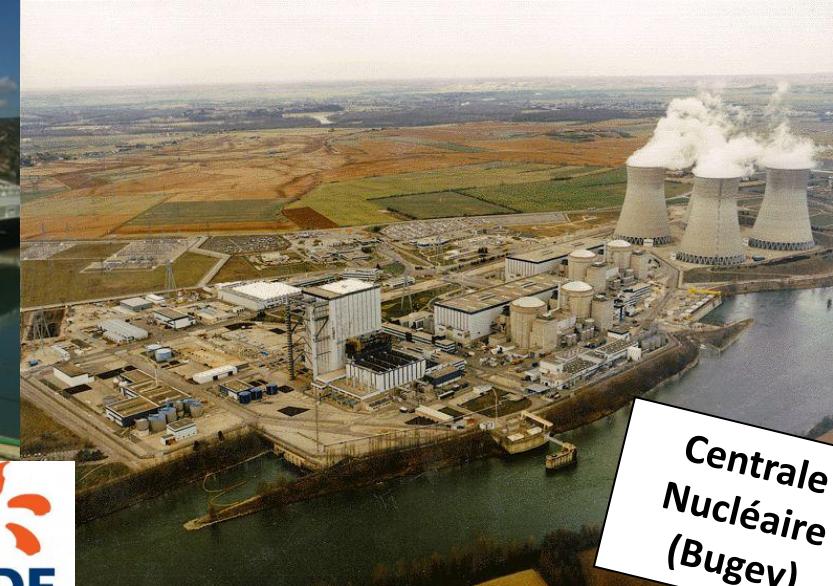


AVP - Isolement
Canal Oraison

Ré-évaluation sismique de parcs existants



Gazomètre
cockerie



Centrale
Nucléaire
(Bugey)

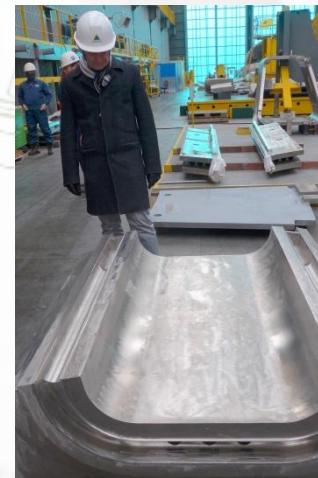
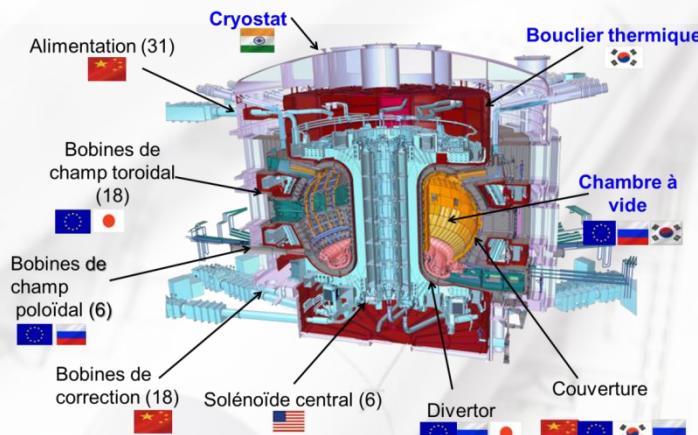
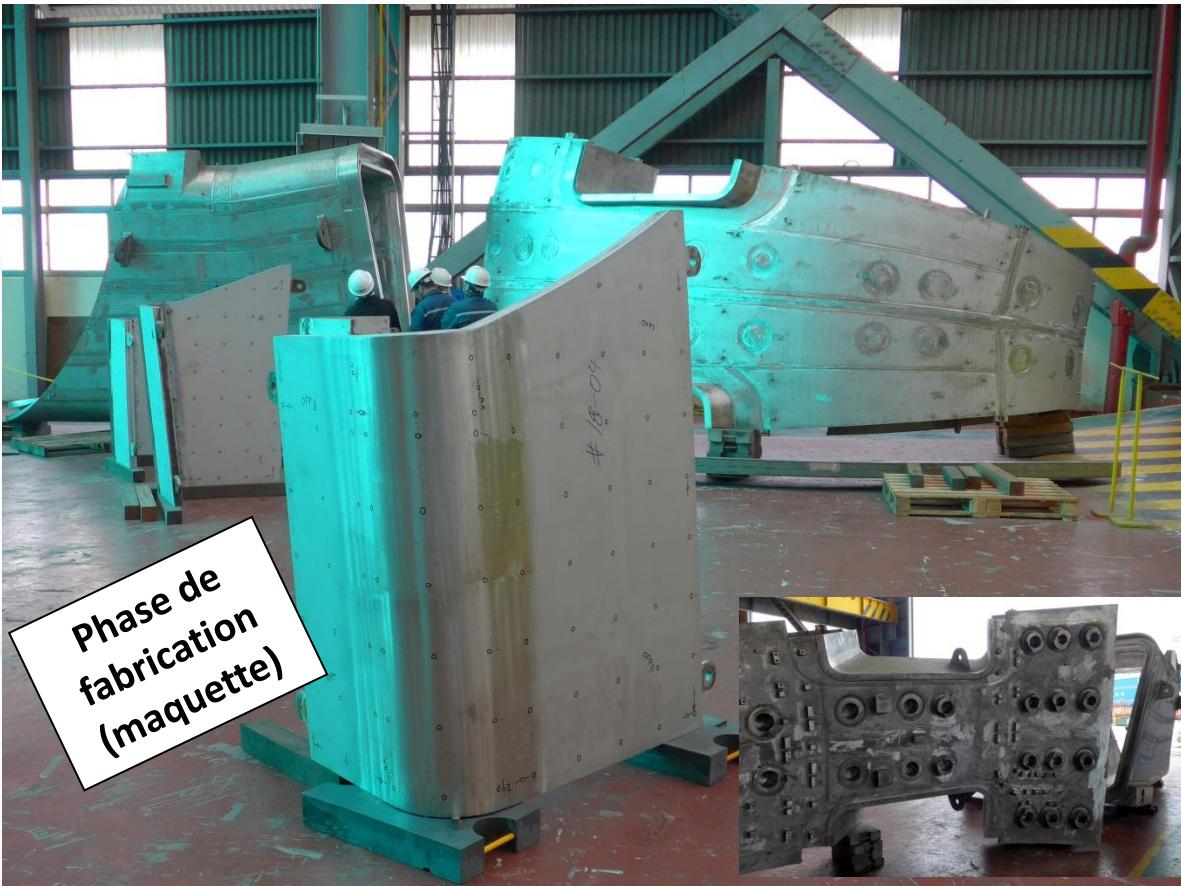


Nov. 2015

J.M. Martinez

Depuis 2007: Réacteur Tokamak ITER (Chambre à vide, Bouclier thermique & Cryostat)

Intégrité structurelle, Spécification technique des chargements, Coordination des activités contractuelles d'ingénierie de service.





Et maintenant:

place à :

Erwan, Eric et Jean-Marc