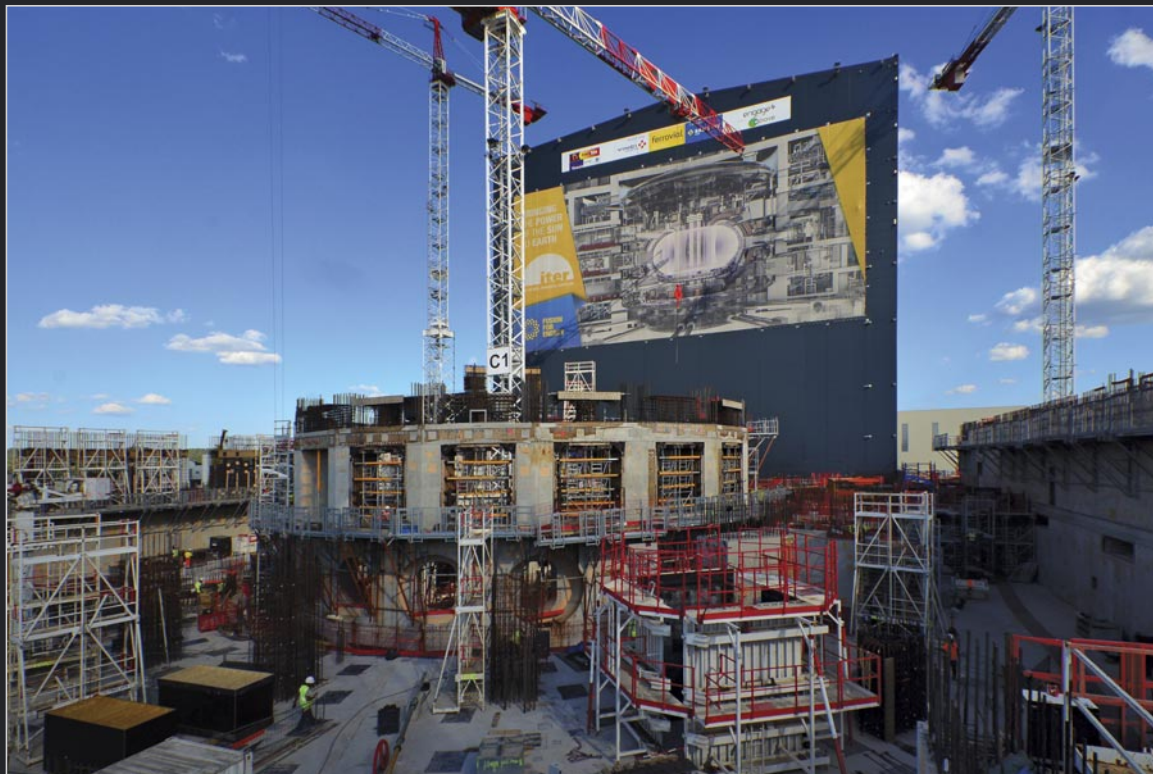




ITER ORGANIZATION
L'ANNÉE 2017 EN IMAGES





ITER ORGANIZATION
L'ANNÉE 2017 EN IMAGES

DÉCEMBRE 2017

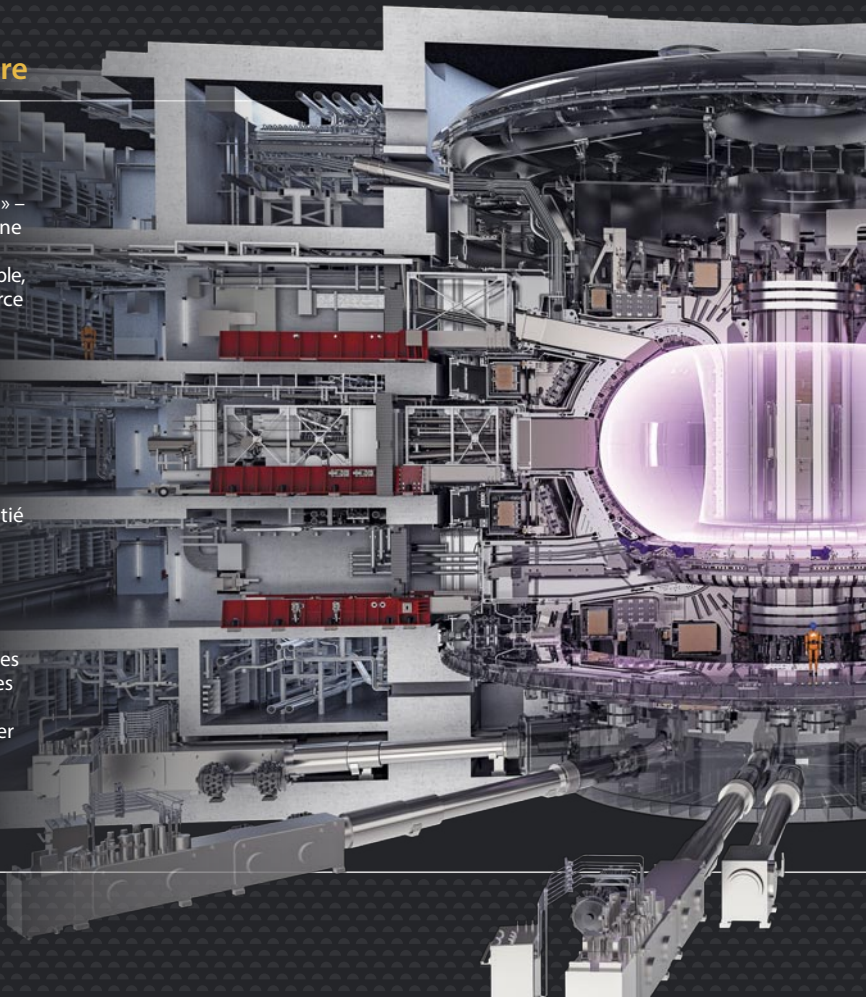
iter

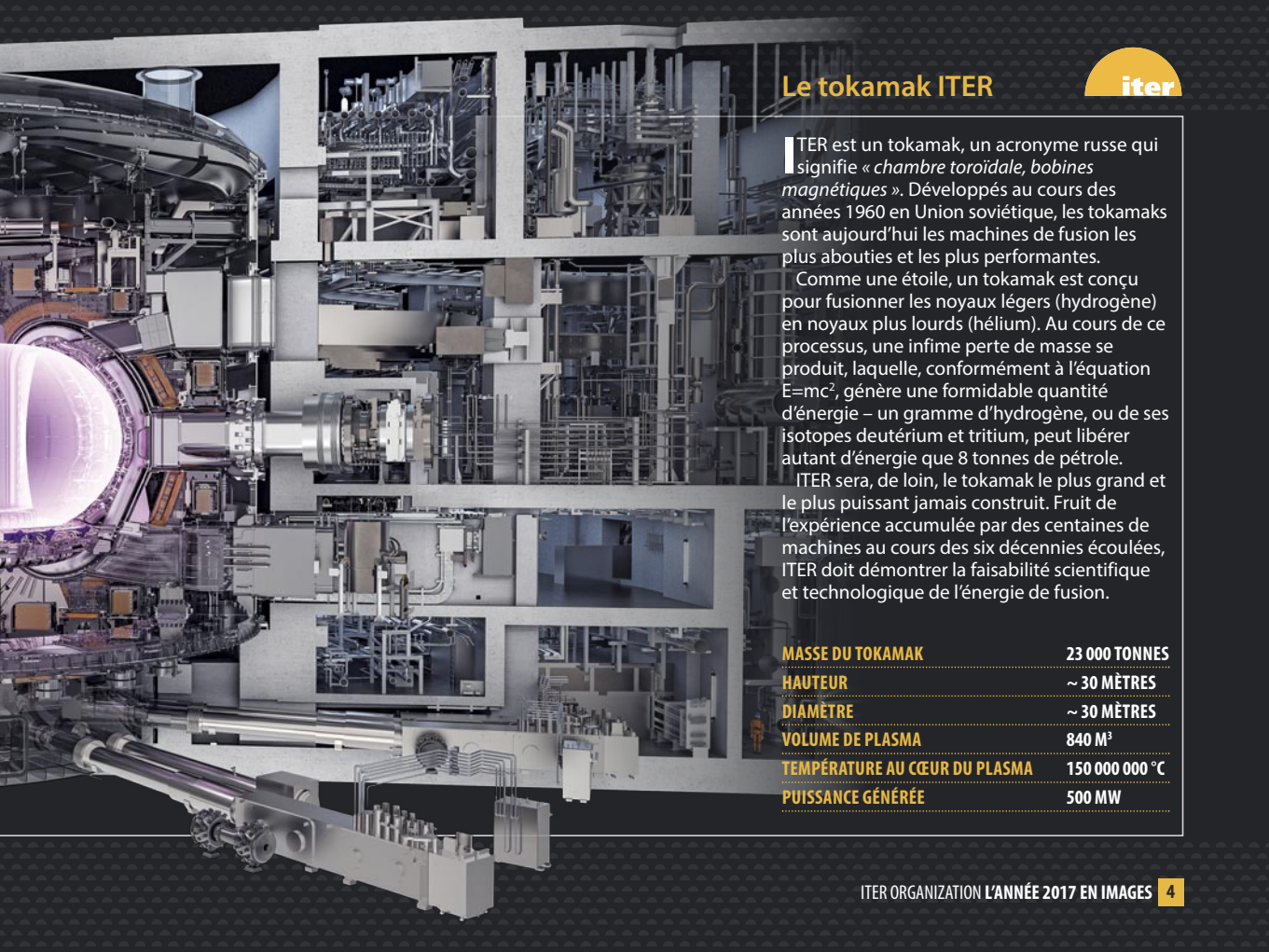
Une étoile va naître, conçue et créée par l'intelligence, la technologie et la persévérance des hommes.

Quand ITER – le mot latin pour « le chemin » – commencera à briller au milieu de la prochaine décennie, l'humanité entrera dans une ère nouvelle. Un premier pas, décisif et indispensable, aura été accompli vers la maîtrise d'une source d'énergie virtuellement inépuisable, sûre et respectueuse de l'environnement.

Pour créer cette étoile artificielle et en exploiter l'énergie, la Chine, l'Union européenne (Euratom), l'Inde, le Japon, la Corée, la Russie et les Etats-Unis ont mis en commun leurs ressources humaines, financières et industrielles. Ensemble, les membres d'ITER représentent plus de la moitié de la population de la planète et 85% de la production de richesses mondiale.

Ce petit livret vous invite à découvrir, en images, l'état d'avancement du chantier de construction, à Saint-Paul-lez-Durance (Bouches-du-Rhône), ainsi que les progrès des fabrications dans les usines et les laboratoires où, sur trois continents, les hommes et les femmes de 35 nations œuvrent à s'approprier le feu des étoiles.





Le tokamak ITER

ITER est un tokamak, un acronyme russe qui signifie « *chambre toroïdale, bobines magnétiques* ». Développés au cours des années 1960 en Union soviétique, les tokamaks sont aujourd'hui les machines de fusion les plus abouties et les plus performantes.

Comme une étoile, un tokamak est conçu pour fusionner les noyaux légers (hydrogène) en noyaux plus lourds (hélium). Au cours de ce processus, une infime perte de masse se produit, laquelle, conformément à l'équation $E=mc^2$, génère une formidable quantité d'énergie – un gramme d'hydrogène, ou de ses isotopes deutérium et tritium, peut libérer autant d'énergie que 8 tonnes de pétrole.

ITER sera, de loin, le tokamak le plus grand et le plus puissant jamais construit. Fruit de l'expérience accumulée par des centaines de machines au cours des six décennies écoulées, ITER doit démontrer la faisabilité scientifique et technologique de l'énergie de fusion.

MASSE DU TOKAMAK	23 000 TONNES
HAUTEUR	~ 30 MÈTRES
DIAMÈTRE	~ 30 MÈTRES
VOLUME DE PLASMA	840 M ³
TEMPÉRATURE AU CŒUR DU PLASMA	150 000 000 °C
PUISSANCE GÉNÉRÉE	500 MW



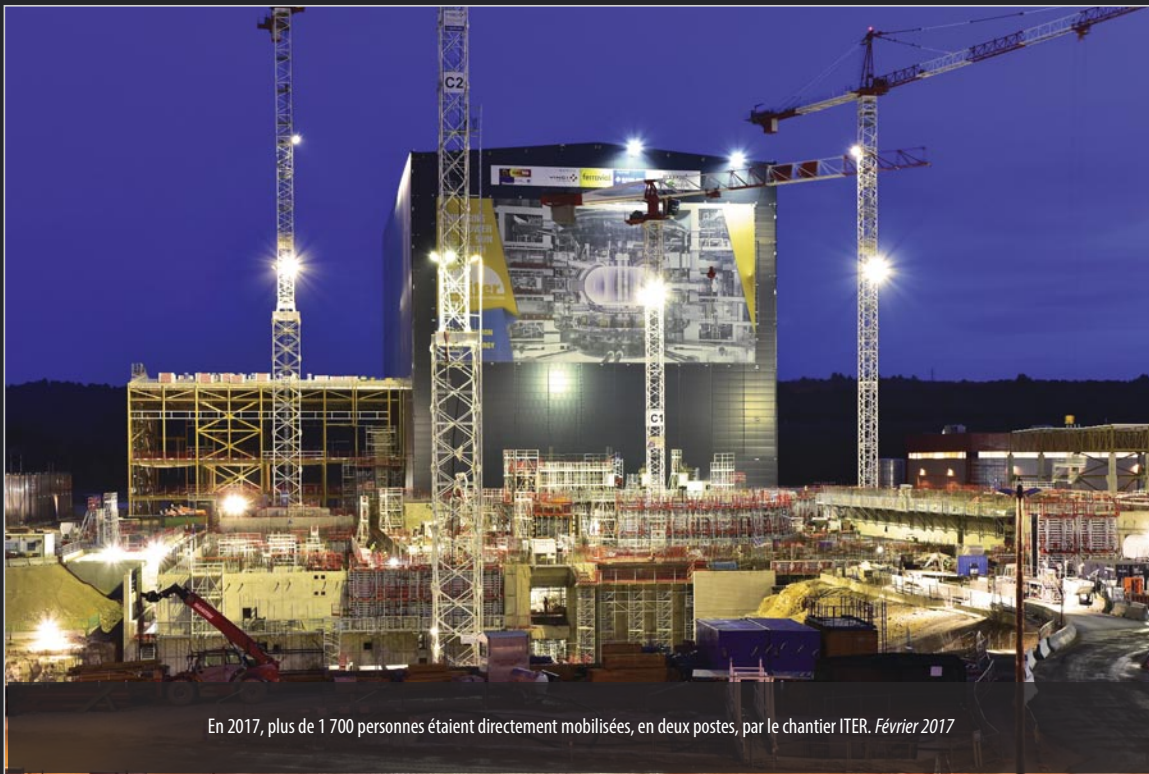
La Chine, l'Union européenne (Euratom), l'Inde, le Japon, la Corée, la Russie et les Etats-Unis ont mis en commun leurs moyens pour construire et exploiter ITER. *Avril 2017*



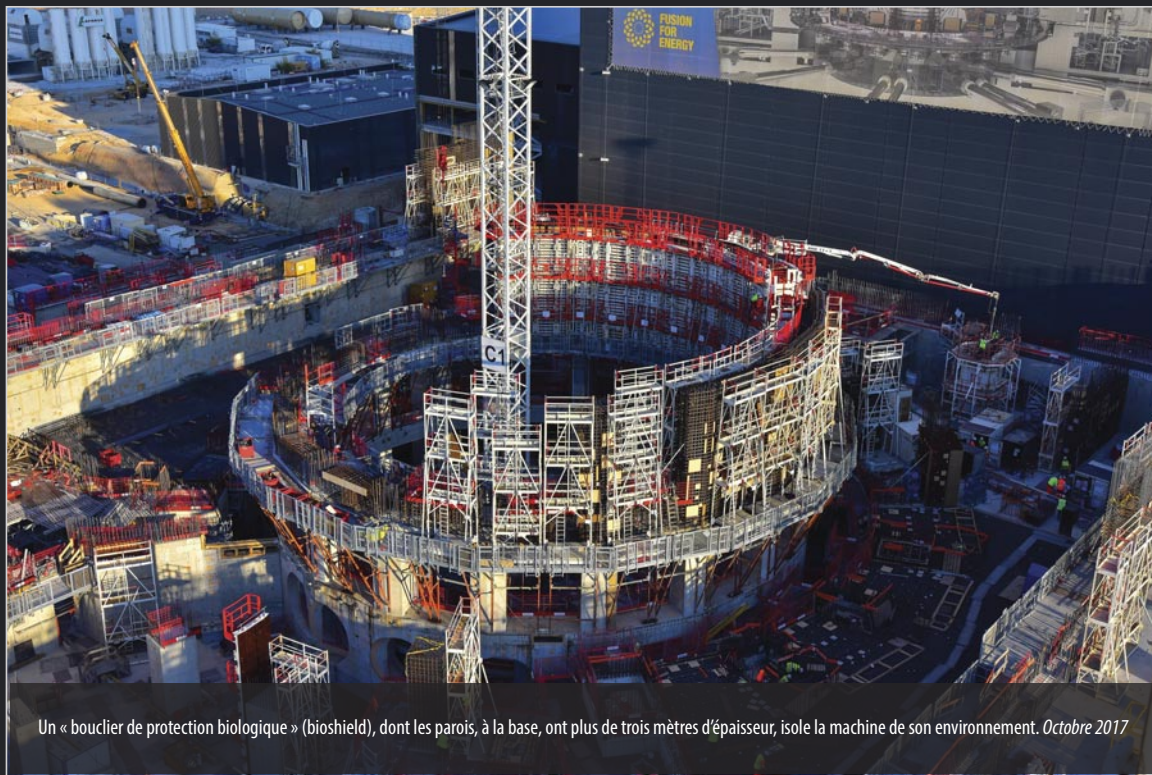
À une trentaine de kilomètres au nord d'Aix-en-Provence, l'installation ITER occupe une surface de 180 hectares, concédée par la France à l'Organisation internationale ITER. Août 2017



Sur la « plate-forme ITER », les constructions s'étirent sur plus d'un kilomètre. A droite, l'enceinte circulaire qui abritera la machine. Juin 2017



En 2017, plus de 1 700 personnes étaient directement mobilisées, en deux postes, par le chantier ITER. *Février 2017*





En cette fin d'hiver, le soleil couchant dore la façade d'acier poli du Hall d'assemblage. Mars 2017



La nuit, vue du ciel, la plate-forme d'ITER prend des airs d'astroport – le compte à rebours est lancé... Janvier 2017



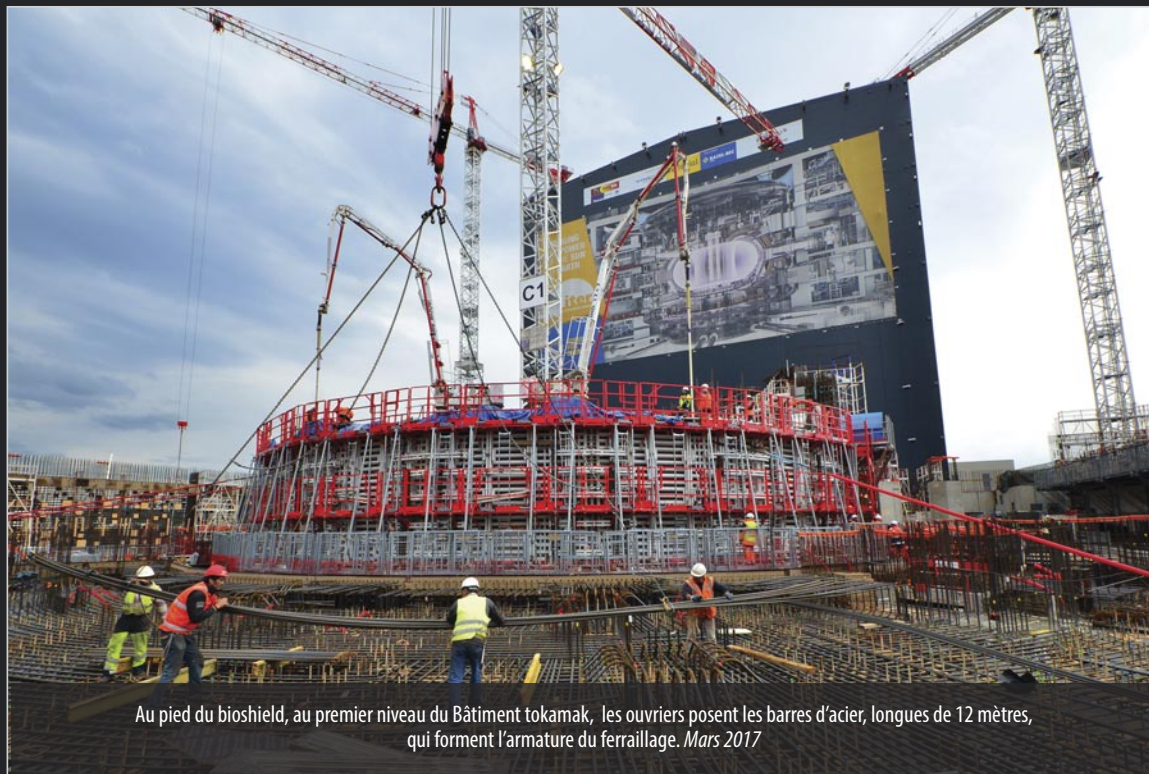
En un an, le bioshield s'est élevé de plus de 20 mètres. Les Alpes enneigées lui offrent un magnifique écrin. Mars 2017







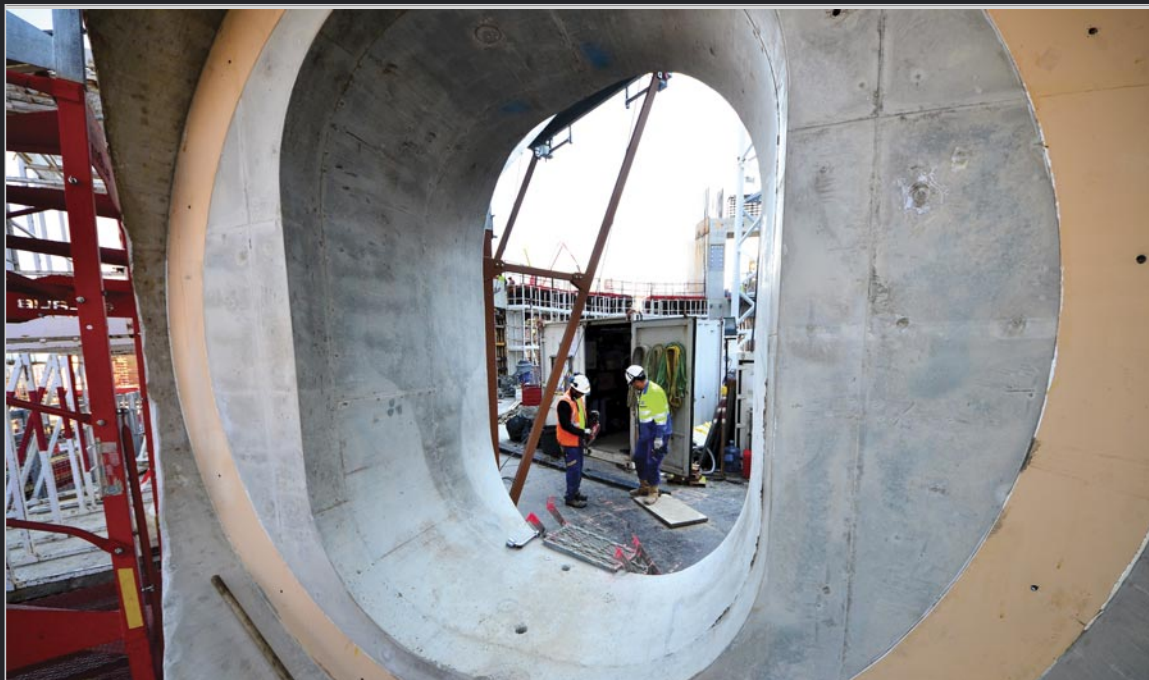
Quatre des six bobines annulaires de la machine sont fabriquées sur site. La fabrication de la première d'entre elles (17 mètres de diamètre, ~ 350 tonnes) est en cours. *Janvier 2017*



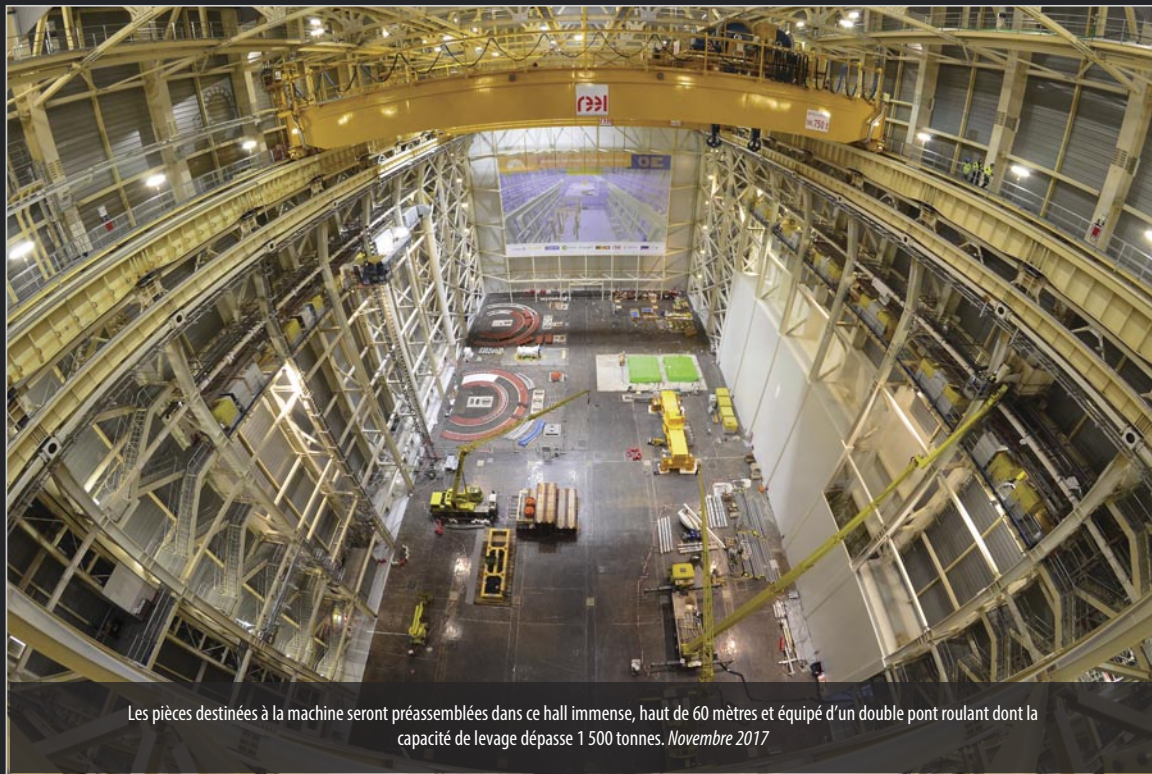
Au pied du bioshield, au premier niveau du Bâtiment tokamak, les ouvriers posent les barres d'acier, longues de 12 mètres, qui forment l'armature du ferrailage. Mars 2017



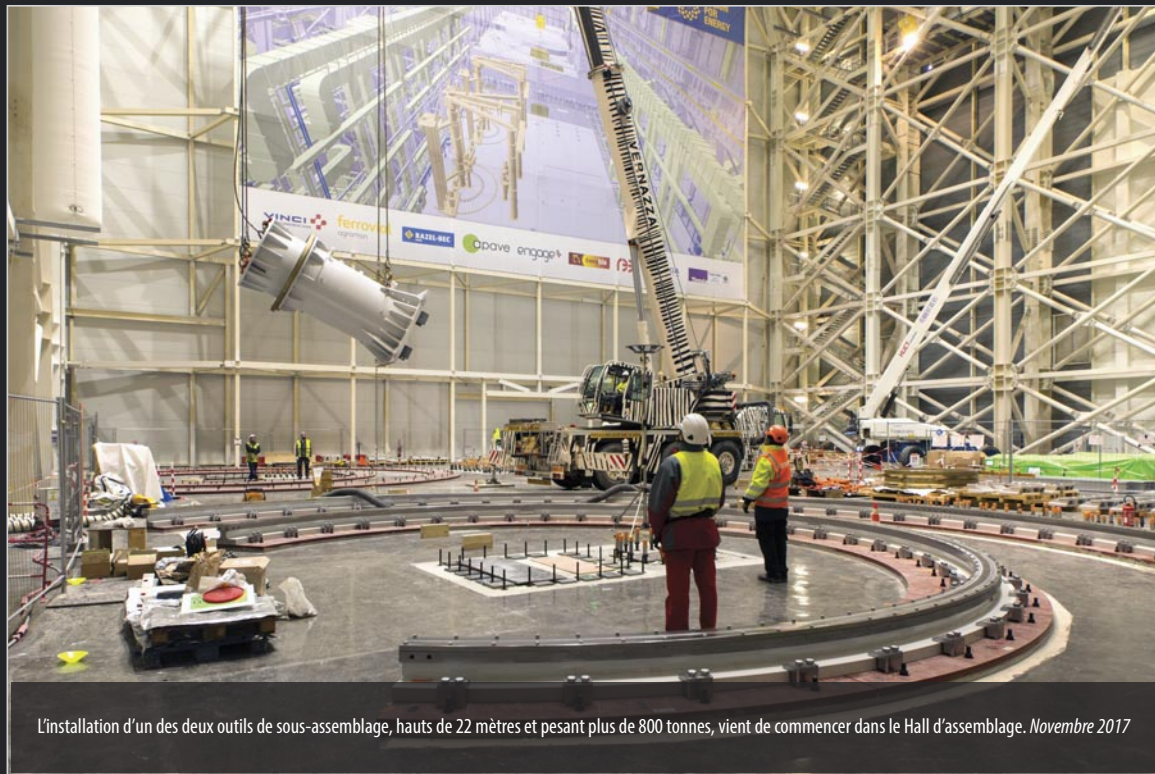
Les systèmes d'alimentation, de diagnostic, de télémanipulation, etc. accéderont à la machine par ces larges ouvertures pratiquées dans les parois du bioshield. *Juillet 2017*



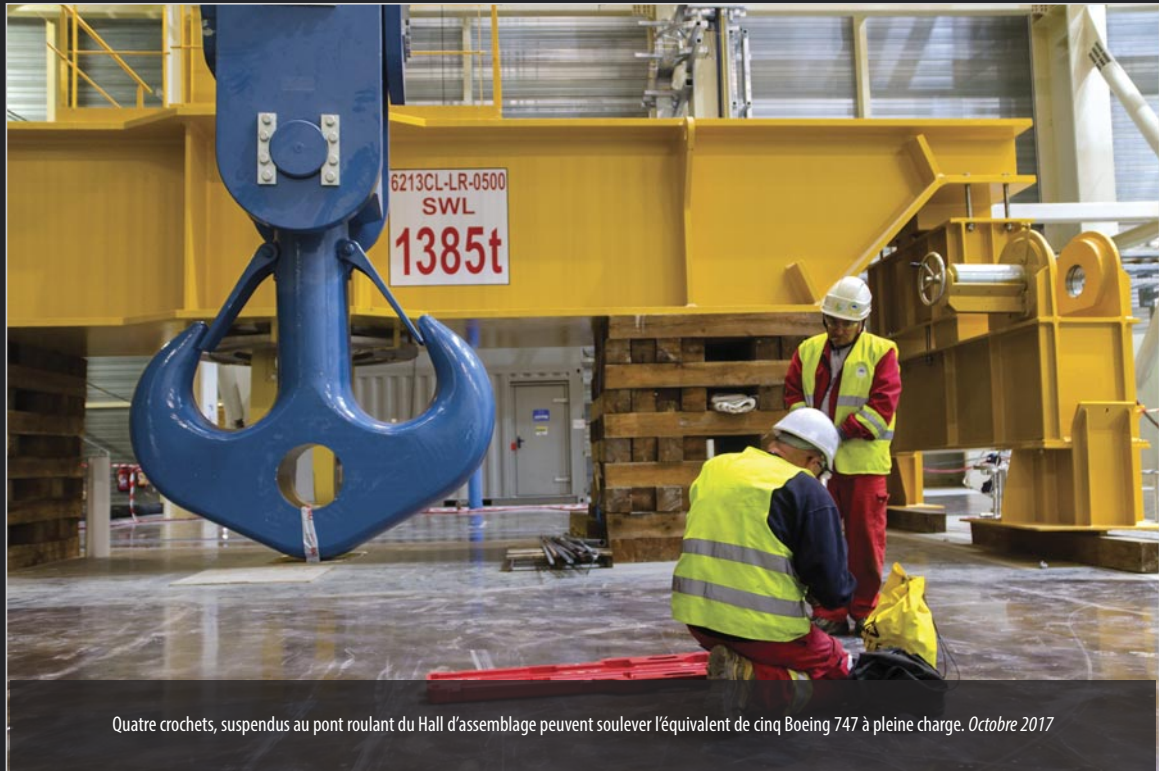
Cette « pénétration » à la forme singulière est réservée à l'un des deux injecteurs de particules neutres – un système de chauffage qui permet de porter le plasma à la température requise par les réactions de fusion. *Avril 2017*



Les pièces destinées à la machine seront préassemblées dans ce hall immense, haut de 60 mètres et équipé d'un double pont roulant dont la capacité de levage dépasse 1 500 tonnes. *Novembre 2017*



L'installation d'un des deux outils de sous-assemblage, hauts de 22 mètres et pesant plus de 800 tonnes, vient de commencer dans le Hall d'assemblage. *Novembre 2017*



Quatre crochets, suspendus au pont roulant du Hall d'assemblage peuvent soulever l'équivalent de cinq Boeing 747 à pleine charge. Octobre 2017



Pour alimenter les aimants de la machine, le courant alternatif provenant du réseau doit être converti en courant continu. Des dizaines de convertisseurs, installés dans deux bâtiments jumeaux, longs de 150 mètres, assurent cette fonction. *Septembre 2017*



Un « segment » du Cryostat, passe l'étroit défilé de Mirabeau. Fabriqués dans les usines des partenaires d'ITER, la quasi-totalité des pièces de la machine empruntent un itinéraire spécialement aménagé entre le port de Fos-sur-Mer et le site d'ITER. *Avril 2017*



Le revêtement d'inox poli choisi par les architectes d'ITER reflète le bleu du ciel d'été. A gauche, l'unité de nettoyage par lequel passeront les pièces avant d'accéder au Hall d'assemblage. A droite, le bâtiment radiofréquence. *Juillet 2017*



Trois « boîtes froides » fournissent l'isolation thermique indispensable à certains des éléments les plus sensibles de l'unité cryogénique. Juin 2017



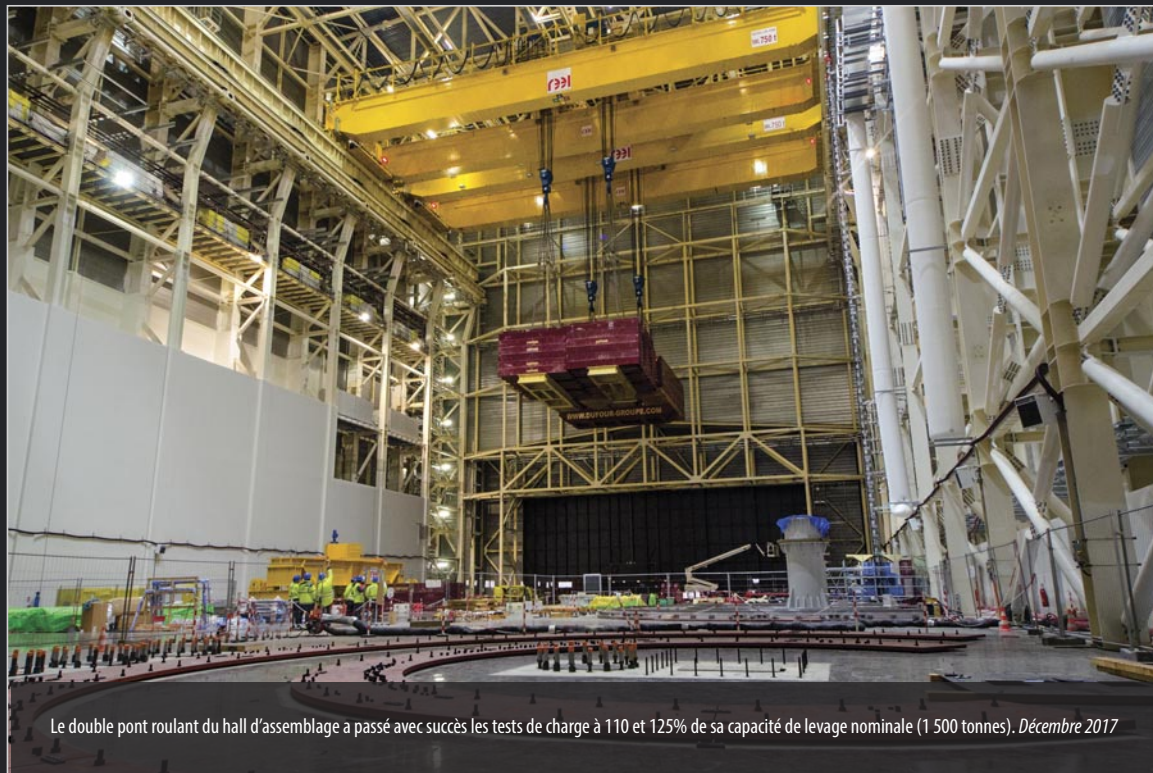
La lumière rasante de la fin d'après-midi révèle les détails des principaux bâtiments de l'installation. Octobre 2017



Dans les bureaux d'ITER le travail continue longtemps après le coucher du soleil. *Décembre 2017*



Le cryostat (30 mètres de haut, 30 mètres de diamètre) enveloppe la machine et agit comme un « thermos » pour limiter les échanges thermiques avec l'environnement. *Octobre 2017*



Le double pont roulant du hall d'assemblage a passé avec succès les tests de charge à 110 et 125% de sa capacité de levage nominale (1 500 tonnes). *Décembre 2017*





ITER ORGANIZATION FABRICATIONS

L'essentiel (90%) de la contribution des membres d'ITER se fait « en nature ». Plutôt que de financer directement le programme, la Chine, l'Union européenne (Euratom), l'Inde, le Japon, la Corée, la Russie et les Etats-Unis lui fournissent la quasi-totalité des pièces de la machine et de ses systèmes de support. L'Union européenne assume en outre la construction de l'ensemble des bâtiments indispensables au fonctionnement de l'installation.

La valeur des contributions est répartie de manière égale (~ 9%) entre les membres, à l'exception de l'Union européenne qui, en tant que « membre-hôte », assume ~ 45% du coût du programme.

Le principe des fournitures « en nature » est au cœur de la philosophie d'ITER : il permet à chacun des membres d'acquérir une expérience irremplaçable dans la fabrication des éléments d'une installation de fusion. Chacun développe ainsi le savoir-faire et les bases technologiques indispensables à la mise en œuvre future de réacteurs industriels.

Au-delà de la fusion, l'expertise accumulée dans des domaines tels que la supraconductivité, la cryogénie, l'électronique de puissance ou la science des matériaux, bénéficie à de multiples secteurs d'activité.

Qui fabrique quoi?

SOLÉNOÏDE CENTRAL



Pages 40, 46

BOBINES DE CHAMP TOROÏDAL (18)



Pages 36, 41

BOBINES DE CHAMP POLOÏDAL (6)



Page 15

SYSTÈMES DE CHAUFFAGE (3)



Pages 37, 47

BOBINES DE CORRECTION (18)



CRYOSTAT



Pages 28, 30

ECRAN THERMIQUE



CHAMBRE À VIDE



Page 42

MODULES DE COUVERTURE



CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT



Pages 38, 39

DIVERTOR



Tous les systèmes (ou contributions) ne sont pas représentés sur cette illustration.



Dix mille tonnes d'aimants supraconducteurs reposeront sur 18 supports fournis par la Chine – le premier d'entre eux est en cours de certification.



Livré au mois d'octobre, ce gros tuyau coudé abrite des éléments de très haute technologie. Il fait partie du système d'alimentation électrique et cryogénique d'une des six bobines annulaires du tokamak.



Ces bobinages pour aimants verticaux sont les premiers (sur une série de 10) à quitter l'usine ASG de La Spezia, en Italie.



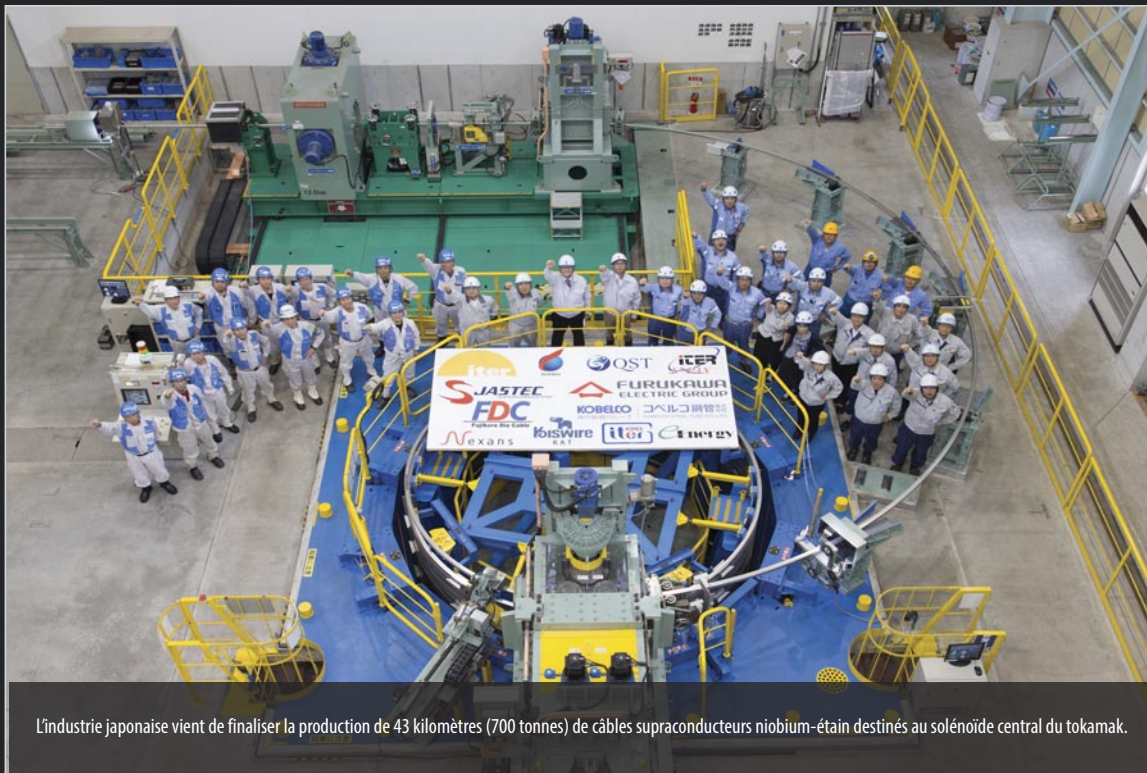
Cette maquette au 1/15e du système électrique de haute-tension destiné au système d'injection de particules neutres est en cours de test au laboratoire HSP GmbH, en Allemagne.



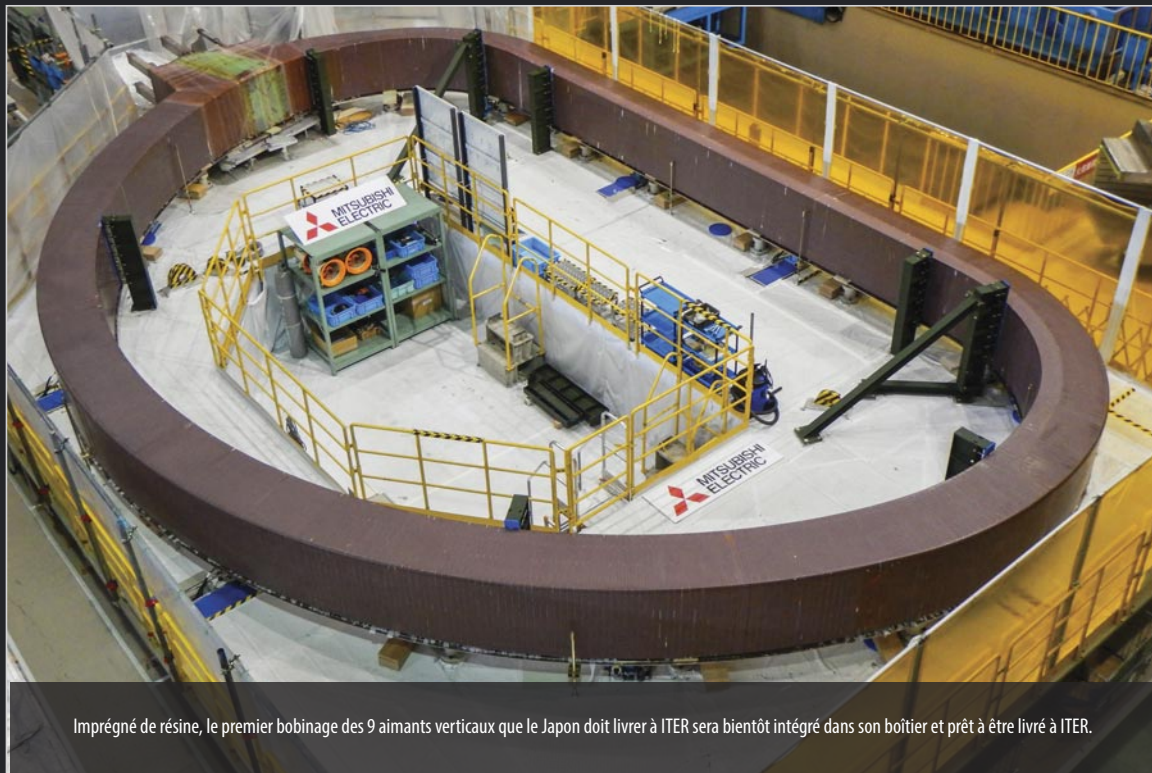
Les éléments du système de refroidissement de la machine sont en cours de fabrication en Inde. Ici, une unité de réfrigération de haute capacité est inspectée avant d'être expédiée vers le site d'ITER.



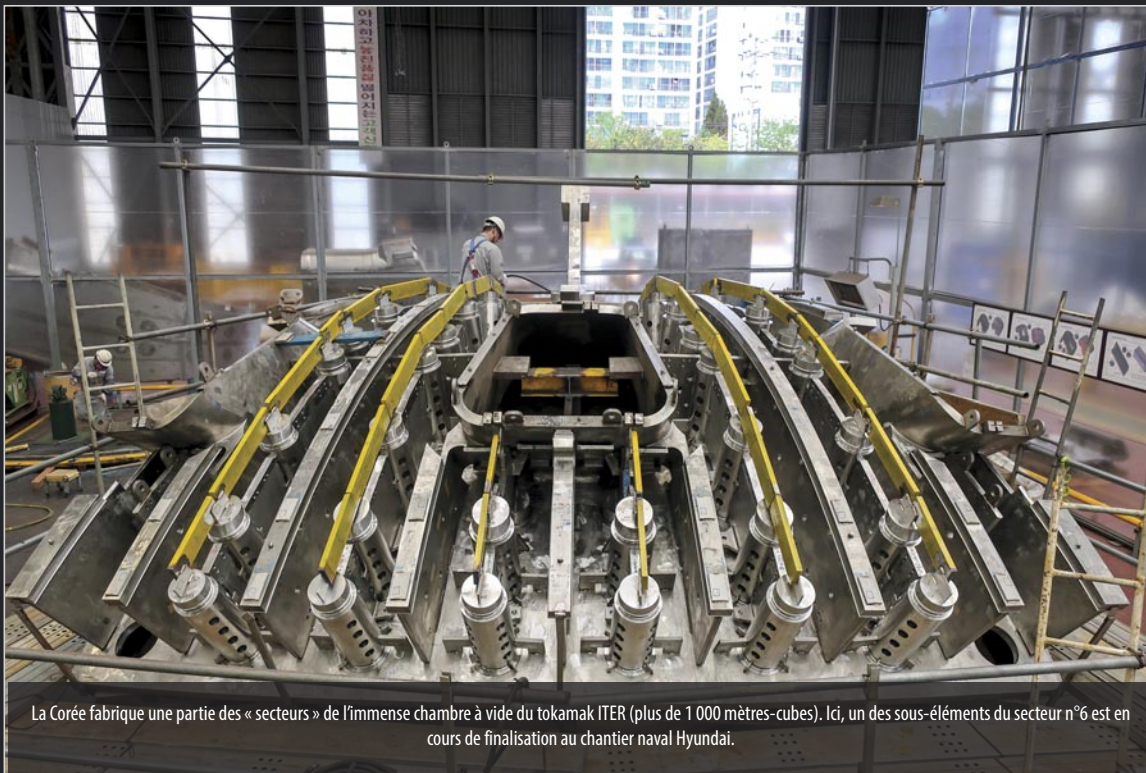
Cet échangeur de chaleur, d'une puissance de 40 MW vient de passer les épreuves de certification dans l'usine Kelvion India Ltd. de Pune (Maharashtra).



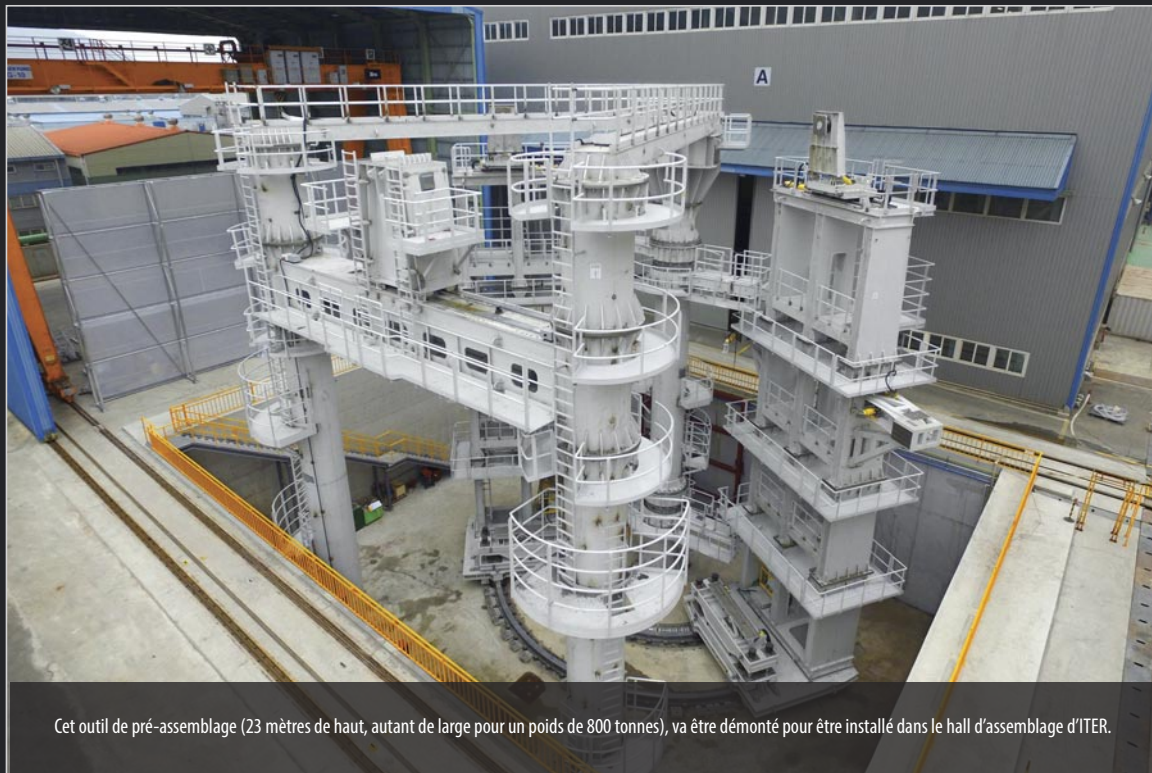
L'industrie japonaise vient de finaliser la production de 43 kilomètres (700 tonnes) de câbles supraconducteurs niobium-étain destinés au solénoïde central du tokamak.



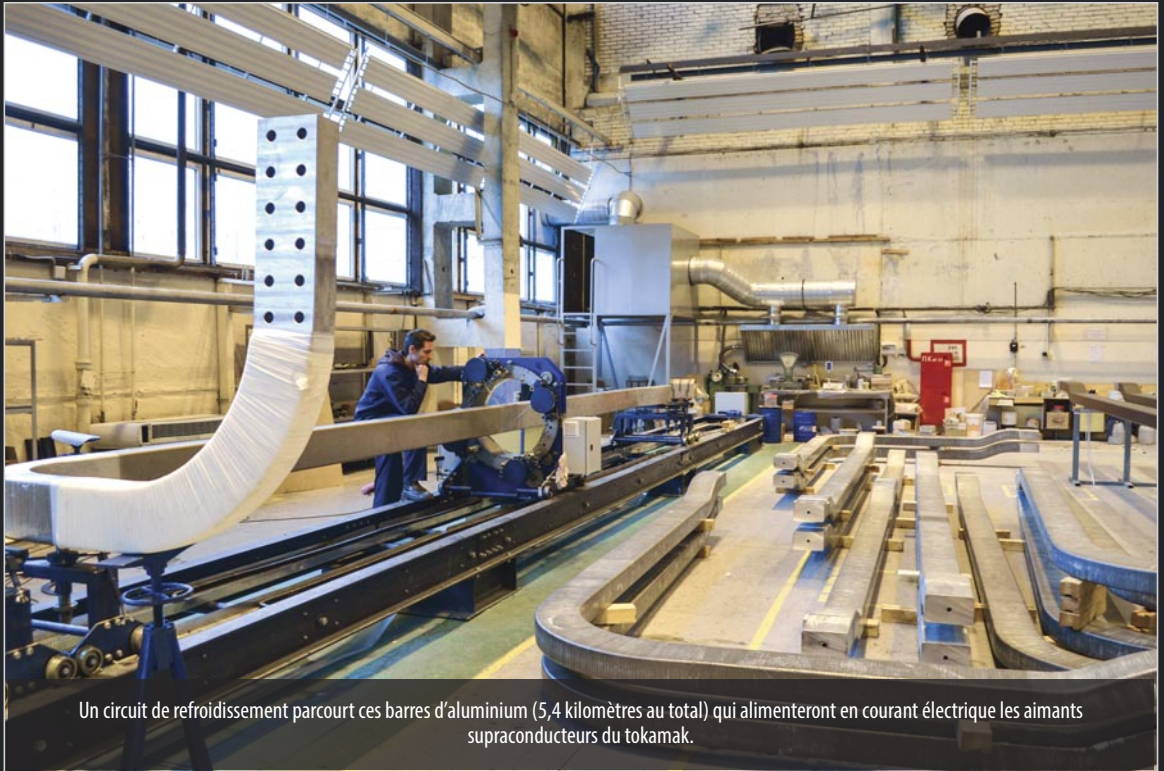
Imprégné de résine, le premier bobinage des 9 aimants verticaux que le Japon doit livrer à ITER sera bientôt intégré dans son boîtier et prêt à être livré à ITER.



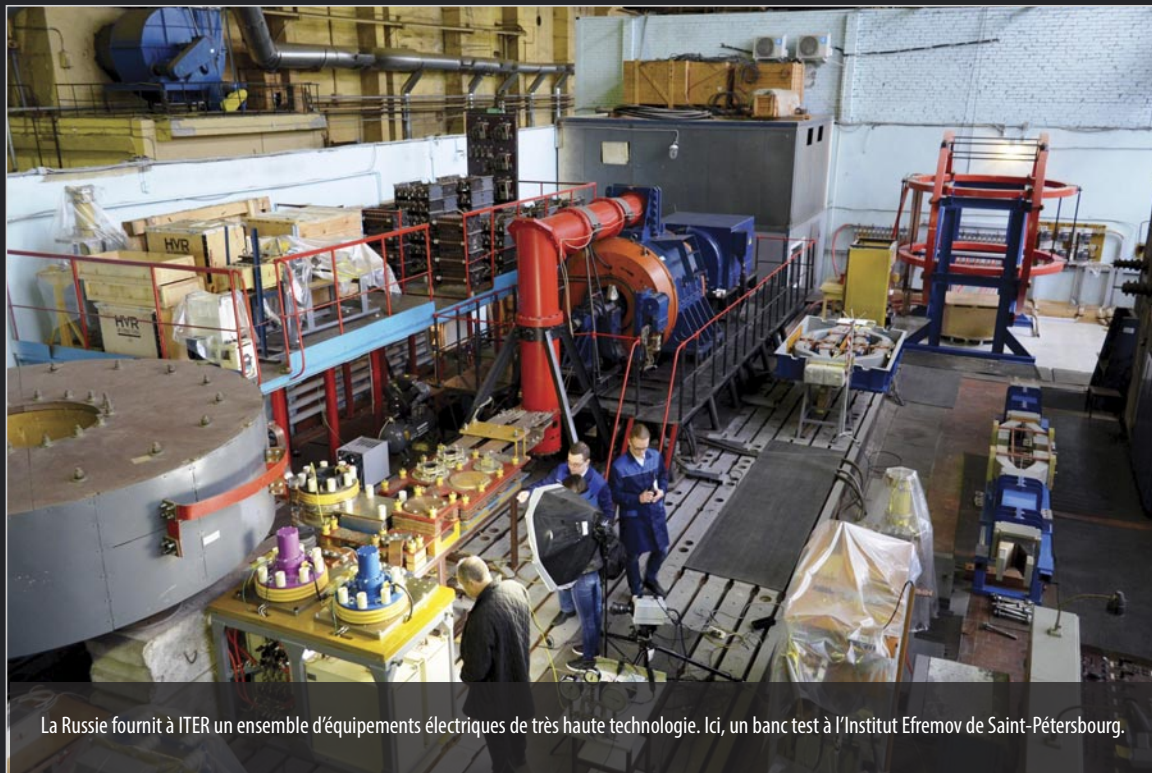
La Corée fabrique une partie des « secteurs » de l'immense chambre à vide du tokamak ITER (plus de 1 000 mètres-cubes). Ici, un des sous-éléments du secteur n°6 est en cours de finalisation au chantier naval Hyundai.



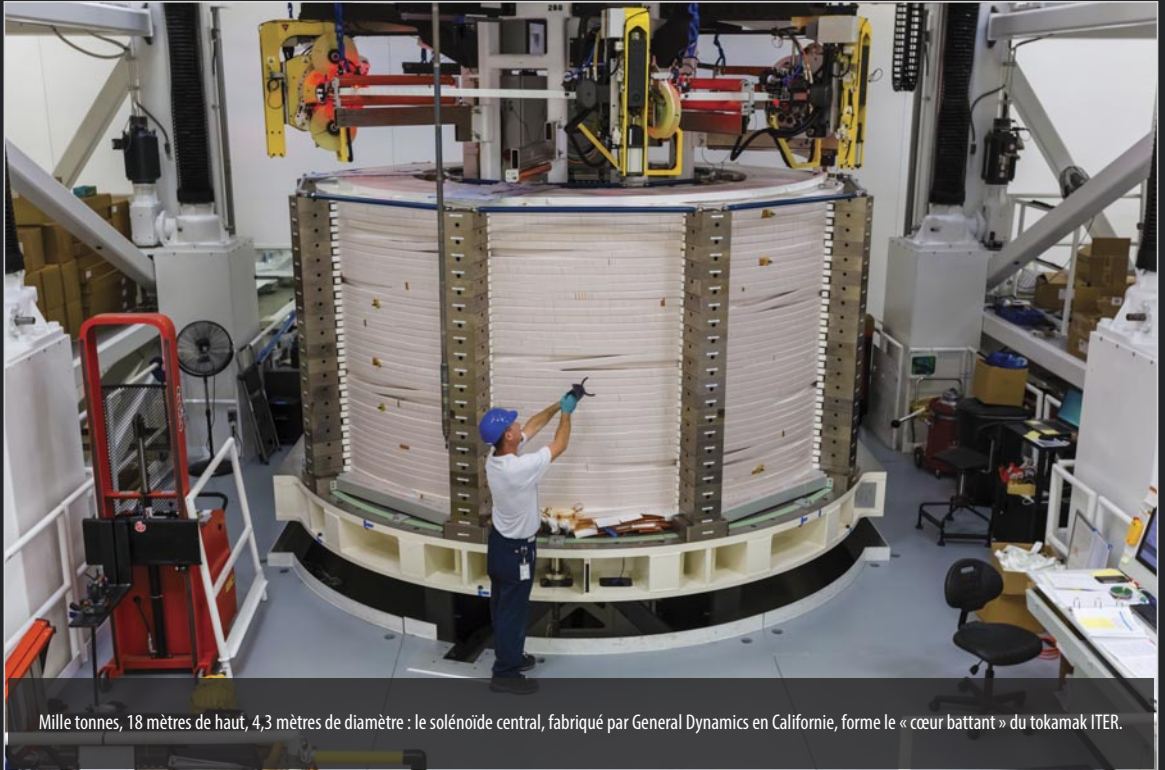
Cet outil de pré-assemblage (23 mètres de haut, autant de large pour un poids de 800 tonnes), va être démonté pour être installé dans le hall d'assemblage d'ITER.



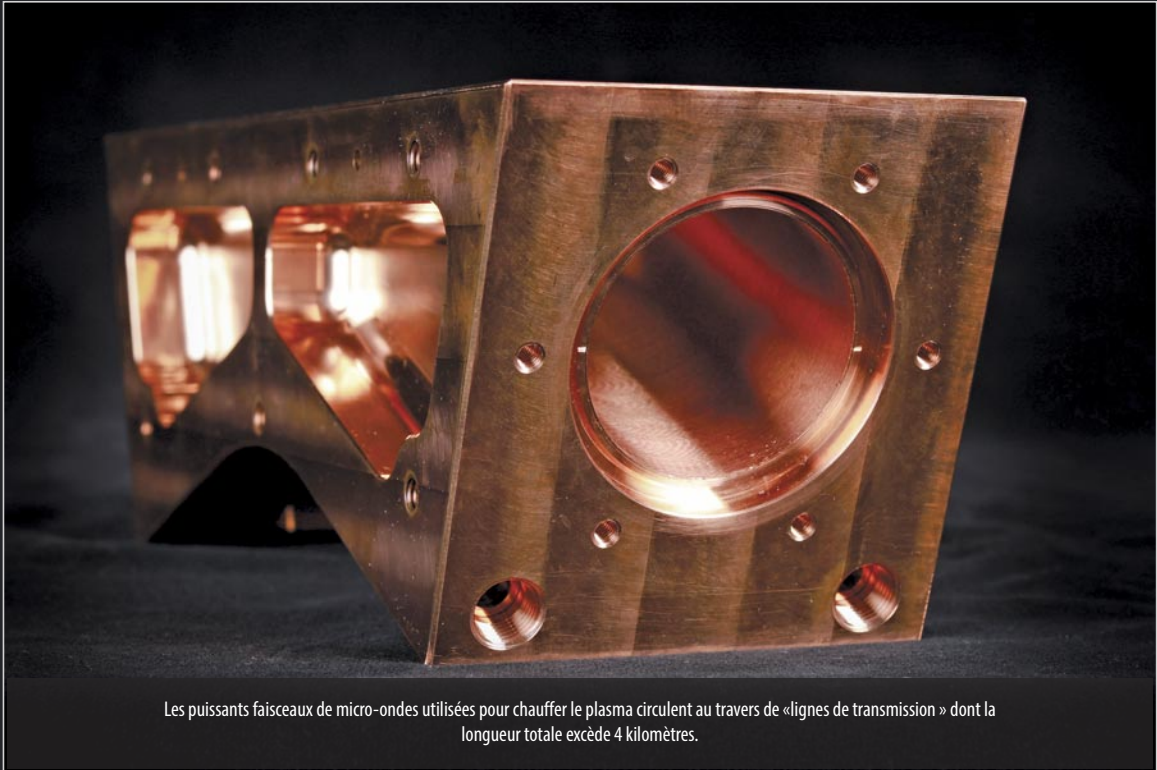
Un circuit de refroidissement parcourt ces barres d'aluminium (5,4 kilomètres au total) qui alimenteront en courant électrique les aimants supraconducteurs du tokamak.



La Russie fournit à ITER un ensemble d'équipements électriques de très haute technologie. Ici, un banc test à l'Institut Efremov de Saint-Petersbourg.



Mille tonnes, 18 mètres de haut, 4,3 mètres de diamètre : le solénoïde central, fabriqué par General Dynamics en Californie, forme le « cœur battant » du tokamak ITER.



Les puissants faisceaux de micro-ondes utilisées pour chauffer le plasma circulent au travers de «lignes de transmission» dont la longueur totale excède 4 kilomètres.



CRÉDITS PHOTO

Pages 6, 11 EJF Riche/ITER Organization

Pages 34, 35 ITER China

Page 36 F4E

Page 37 Siemens AG

Pages 38, 39 ITER India

Page 40 Nippon Steel and Sumikin Engineering Co., Ltd.

Page 41 Mitsubishi Electric Corporation

Page 42 Hyundai Heavy Industry

Page 43 ITER Korea

Page 44, 45 ITER Russia

Page 46 General Atomics

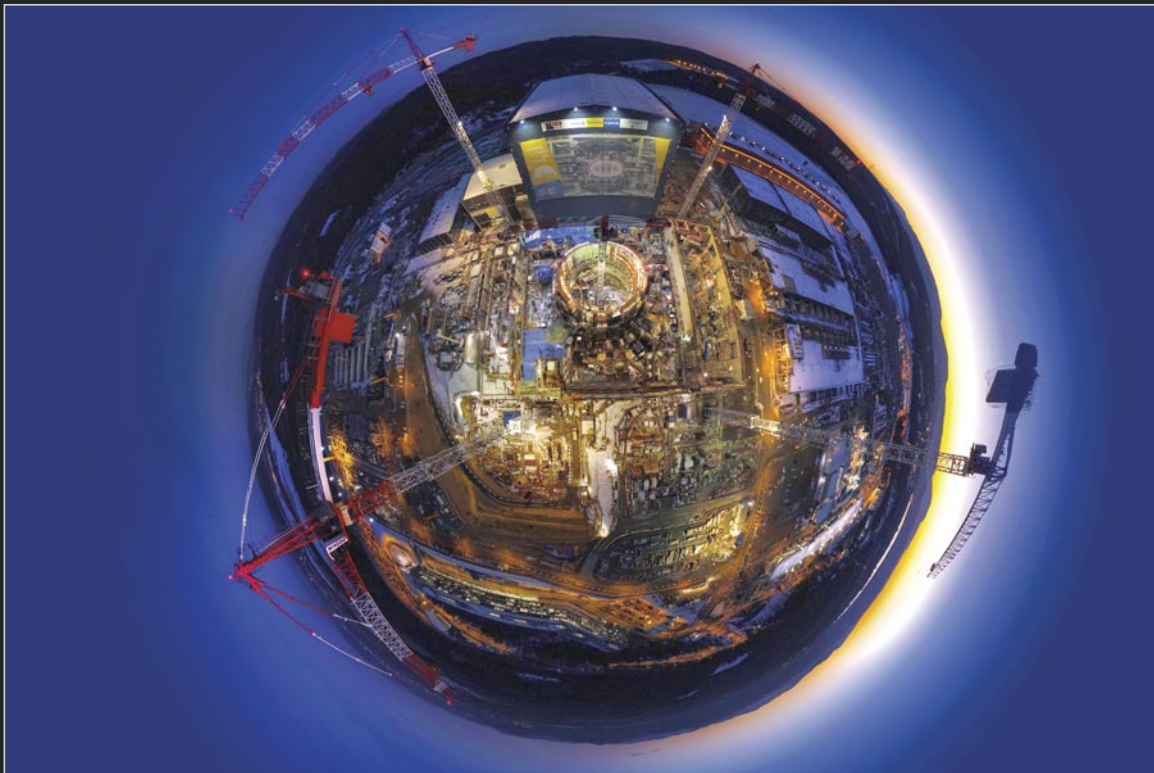
Page 47 US ITER

Page 50 EJF Riche/ITER Organization

Toutes les autres photos ou illustrations

ITER Organization

 iter





china eu india japan korea russia usa

ITER Organization Headquarters
Route de Vinon-sur-Verdon
CS 90 046
13067 St. Paul-lez-Durance Cedex
France

© ITER Organization, Décembre 2017

Publications Director
Laban Coblenz
laban.coblenz@iter.org

Editors
Robert Arnoux
robert.arnoux@iter.org

Krista Dulon
krista.dulon@iter.org

www.iter.org

