

iter

le magazine

Dans ce numéro

- Un sans-faute... à renouveler plus de 200 fois Page 2
- Loin d'ITER, au cœur de la machine Page 3

N°1 DECEMBRE 2013



Où en sommes-nous ?

Editorial

Raconter ITER, en expliquer le fonctionnement et les enjeux; faire partager au public le plus large l'enthousiasme de tous ceux qui, en France et dans le monde, travaillent à sa réalisation – c'est l'objectif de ce magazine.

Le monde d'ITER recouvre de vastes territoires, scientifiques, technologiques, industriels. Nous nous attacherons à les explorer.

Ce magazine est le vôtre. Vos remarques, vos suggestions, vos critiques, seront les bienvenues.

L'équipe d'ITER le magazine.
editormag@iter.org

Plus d'articles et d'illustrations ici : <http://www.iter.org/fr/mag/1>

iter

china eu india japan korea russia usa

Qui fait quoi ?

L'organisation du programme international ITER, la répartition des tâches entre ses différents acteurs, peuvent paraître complexes. Quelques éléments pour mieux comprendre.

ITER Organization (IO) a conçu le tokamak ITER et ses systèmes annexes. Elle en assurera l'assemblage à partir de 2015 et l'exploitation à partir de 2020. Comme l'Unesco ou l'Organisation mondiale de la santé, ITER Organization est une organisation internationale, créée par un traité international, « l'Accord ITER », conclu entre les sept membres de l'Organisation le 21 novembre 2006 à Paris. A Saint-Paul-lez-Durance, IO emploie directement

un peu moins de 500 personnes issues d'une trentaine de nationalités.

Les Agences domestiques : chacun des sept pays ou groupe de pays membres d'ITER (la Chine, l'Union européenne, l'Inde, le Japon, la Corée, la Russie, les Etats-Unis) a créé une agence nationale chargée de fournir à ITER Organization les éléments de l'installation dont la fabrication lui a été confiée. Chacune de ces agences contribue à hauteur de 9,1% à la valeur totale du programme, à l'exception de l'Agence européenne, (baptisée *Fusion for Energy* et basée à Barcelone) qui, elle, en prend à sa charge 45% dont la quasi-totalité des bâtiments de l'installation. Cette différence s'explique par le fait que l'Europe, et particulièrement la France, bénéficie de la plus large part des retombées économiques d'ITER.

L'Agence Iter France (AIF) est une agence du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies

alternatives (CEA), mise en place pour gérer la contribution de la France, en tant que « pays hôte », au programme ITER. L'AIF a été responsable des travaux de viabilisation et d'aménagement du site (2007-2009) et de la gestion des travaux de l'itinéraire ITER. Elle assure la collecte de la contribution des collectivités locales au programme ITER et l'accueil des collaborateurs de l'Organisation internationale ainsi que de leur famille. Elle agit comme interface avec les autorités françaises, notamment dans le cadre de l'organisation du transport des pièces de la machine par l'itinéraire ITER. AIF a également mis en place un ensemble de mesures compensatoires en matière de préservation de la biodiversité.

Lorsque le programme de recherche d'ITER sera terminé, au début des années 2040, l'Agence Iter France assurera également le démantèlement de l'installation. ●



2

Un sans-faute... à renouveler plus de 200 fois

Au terme de quatre nuits de route, le convoi test est arrivé à destination sur le site d'ITER.

4 heures 45, vendredi 20 septembre. Sur le site d'ITER, à Saint-Paul-lez-Durance, la remorque chargée de 800 tonnes de blocs de béton vient de s'immobiliser. Le jour n'est pas levé. La lune est pleine. Autour de l'énorme véhicule – 352 roues, 46 mètres de long, 9 de large, 11 de haut – on se presse, on applaudit, on se félicite. La réussite de l'opération « convoi test » est totale.

Quatre nuits plus tôt, sur les rives de l'Etang de Berre, une longue procession d'hommes et de machines s'était mise en route. Son objectif : tester en vraie grandeur le transport d'une pièce de la machine ITER entre Berre et le site de construction de l'installation distant d'une centaine de kilomètres, et mesurer, au passage de chaque ouvrage d'art, le stress imposé par une telle charge.

L'opération, qui a mobilisé une grosse centaine de personnes, marquait l'aboutissement de plusieurs

années de travail, tant sur l'itinéraire lui-même que dans la mise en place d'une machinerie administrative et réglementaire d'une extraordinaire complexité : on ne transporte pas les éléments de la machine ITER comme on transporte un container ou un chargement de bois.

En préférant au site japonais de Rokkasho-Mura, sur l'océan Pacifique, celui que l'Europe proposait à proximité immédiate des installations du CEA-Cadarache, à une centaine de kilomètres à l'intérieur des terres, les partenaires d'ITER savaient dès 2005 qu'ils auraient à résoudre une sérieuse difficulté : comment transporter dans les meilleures conditions de sécurité et sans faire peser de trop fortes contraintes sur les populations locales les éléments de la machine fabriqués dans les usines du monde entier ?

Après avoir exploré plusieurs solutions, le choix s'était porté sur la création d'un itinéraire spécial, combinant aménagement de la voirie existante, renforcement des ouvrages d'art et création de chaussées dédiées. Dans le cadre de ses engagements envers ITER, ce travail incombait à la France : financé par l'Etat et le Conseil général des Bouches-du-Rhône, l'itinéraire ITER dont les études techniques furent lancées au début de l'année 2006, était parachevé en 2010.

Ces 104 kilomètres qui partent du Port-de-la-Pointe, sur l'Etang de Berre, rejoignent la vallée de la Durance à hauteur de Mallemort et la suivent jusqu'à Saint-Paul-lez-Durance, forment la « Voie sacrée » du programme ITER. C'est par cet itinéraire que vont transiter, dans les six années qui viennent, la quasi-totalité des éléments qui, une fois assemblés, formeront le gigantesque tokamak ITER.

L'opération des 16-20 septembre a donné au public,

massé sur le parcours de l'itinéraire ITER tout au long de ces quatre nuits, une idée de la taille de ces éléments. Certes, les quelque 230 convois qui circuleront à partir de l'été 2014 ne seront pas tous aussi « exceptionnels » et seuls, une trentaine d'entre eux reproduiront certaines des dimensions extrêmes du convoi test (poids, longueur, largeur ou hauteur) sans pour autant les cumuler toutes.

Mais un « convoi ITER », ce n'est pas seulement une remorque, son escorte et ses véhicules de soutien qui progressent le long d'un itinéraire sécurisé. Ce sont plusieurs dizaines de kilomètres de déviations routières qui doivent être organisées ; de délicates opérations de coupure et de réouverture des autoroutes ; l'enlèvement et la remise en place de centaines de panneaux de signalisation ; la gestion des imprévus ...

C'est tout cela qu'il a fallu « répéter » au cours des nuits du 16 au 20 septembre, dans les conditions les plus proches de la réalité (un deuxième test, consacré cette fois à l'organisation logistique, sera organisé au mois d'avril 2014).

Chacun dans son rôle, l'Agence Iter France ; le transporteur Daher ; l'agence européenne pour ITER ; les autorités françaises (préfecture de région, gendarmerie, etc.) et ITER Organization, destinataire final du colis, ont accompli un sans-faute... qui devra être renouvelé plus de 200 fois dans les six années qui viennent. ●



352 roues, 46 mètres de long, 9 de large, 11 de haut... et 800 tonnes de béton. © ITER Organization



Il est un peu plus de 4 heures. La remorque passe le rond-point d'accès à ITER. © ITER Organization



Loin d'ITER, au cœur de la machine

Dans les usines des Membres d'ITER, la production des éléments de la machine est lancée. Reportage au chantier naval Hyundai, en Corée, où deux des neuf « secteurs » de la chambre à vide sont en cours de fabrication.

Nous sommes en Corée. Mais nous pourrions tout aussi bien être en Chine, en Inde, au Japon, en Europe, en Russie ou aux Etats-Unis – partout, dans les usines des partenaires du programme ITER, où se fabriquent les éléments de la machine.

Nous sommes en Corée et plus précisément à Ulsan, une ville industrielle d'un million et demi d'habitants, sur la côte sud-est de la péninsule. Ulsan abrite le chantier naval Hyundai Heavy Industries (HHI), l'un des trois plus gros du monde. Ici, les bâtiments de toute nature – supertankers, méthaniers, paquebots, porte-conteneurs... – sont produits au rythme annuel de plusieurs centaines d'unités.

Non loin des cales où s'alignent les navires en cours de fabrication, dans un vaste atelier propre comme un laboratoire, un objet inhabituel, ne ressemblant en rien à ce qu'HHI a jamais produit, est en train de prendre forme : cette coquille d'acier, haute de près de 6 mètres, est un des éléments de la chambre à vide du tokamak ITER.

La chambre à vide forme le cœur de la machine. C'est dans son enceinte, d'un volume proche du millier de mètres-cubes, que le petit Soleil d'ITER s'allumera dans quelques années. Un peu à la manière d'une orange, ou d'une citrouille, la chambre à vide est constituée de tranches, appelées « secteurs ». Dans la répartition des fabrications entre les sept membres d'ITER, deux de ces

tranches doivent être fournies par la Corée, les sept autres par l'Europe.

Pour impressionnant qu'il soit, le segment en cours de fabrication à Ulsan ne constitue que la partie supérieure d'un secteur de chambre à vide (voir schéma). Une fois les différents segments assemblés et soudés – la pièce sera alors haute de plus de 17 mètres – les deux secteurs fabriqués par la Corée prendront la mer pour être livrés sur le site d'ITER, à Saint-Paul-lez-Durance (Bouches-du-Rhône).

Et il en sera ainsi pour la totalité des éléments de la machine, quel que soit le pays qui les a fabriqués : une longue traversée maritime, suivie de trois ou quatre nuits de transport par convoi très exceptionnel le long de l'itinéraire ITER (voir article) et les pièces, parvenues à destination, seront prêtes pour l'assemblage final.

Pour Hyundai Heavy Industries, comme pour tous les industriels engagés dans la fabrication des éléments de la machine, travailler pour ITER constitue un défi, tant sur le plan de l'organisation que sur celui de la technologie.

Car tout est inédit dans ces fabrications : l'acier, d'un type spécial produit spécialement pour ITER ; les techniques de soudage ; les tolérances infimes ; les procédures de contrôle...

Les pièces du tokamak ITER sont des objets de très haute technologie dont les spécifications sont

exceptionnellement rigoureuses. Celles qui, comme les secteurs de chambre à vide, relèvent de la catégorie des « Éléments importants pour la sûreté » font l'objet d'un contrôle particulièrement strict.

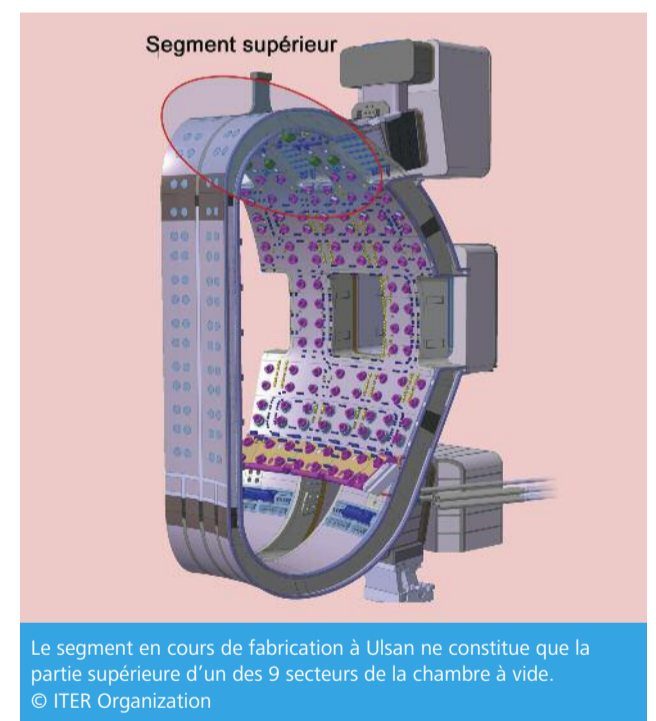
Soumis aux procédures de contrôle-qualité de l'industriel lui-même, les processus de fabrication sont régulièrement examinés par des représentants d'ITER-Corée, d'ITER Organization et par des experts extérieurs agréés par l'Autorité de sûreté nucléaire française (ASN). Quant aux inspecteurs de l'ASN – les « gendarmes du nucléaire » –, ils doivent se rendre à Ulsan au mois de janvier 2014.

Contribuer à la fabrication du tokamak ITER impose des contraintes importantes. Mais le bénéfice est considérable : en fabriquant les pièces de la machine, l'industriel acquiert une maîtrise technologique et méthodologique qui lui sera précieuse dans d'autres fabrications, ou lorsque la fusion entrera dans l'ère commerciale.

Chez HHI, Byung-Ryul Roh, directeur général du Département de l'énergie nucléaire, en convient. « A l'échelle de notre société, le contrat ITER est un 'petit contrat' même s'il représente, en valeur, l'équivalent de deux supertankers. Mais pour le savoir-faire acquis autant que pour le prestige que ces fabrications nous confèrent, c'est un contrat très important... »

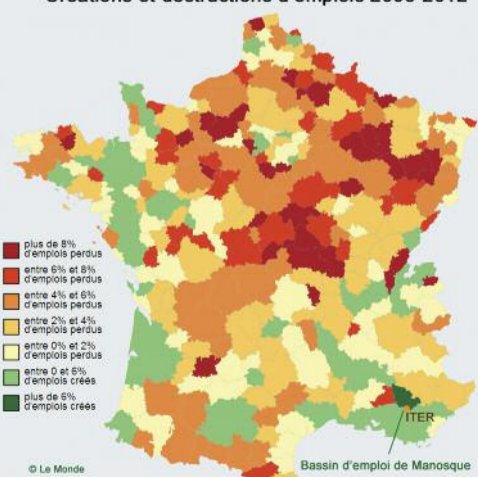
Près de 10 000 kilomètres séparent les rives de Durance de celles de la mer du Japon (que les Coréens appellent « mer de l'est »). Entre les deux, le programme ITER jette un pont. Il en jette d'autres avec la Chine, l'Inde, le Japon, les Etats-Unis, la Russie et les différents pays d'Europe où d'autres éléments, tout aussi délicats et complexes, sont en cours de fabrication.

Bientôt, les pièces de cet immense puzzle seront rassemblées à Saint-Paul-lez-Durance. ITER aura alors accompli la première partie de sa mission : réunir les nations du monde autour d'un projet commun, avant d'ouvrir la voie à l'exploitation d'une source d'énergie nouvelle, capable de satisfaire, pour des millénaires, les besoins en électricité de l'humanité. ●



Le segment en cours de fabrication à Ulsan ne constitue que la partie supérieure d'un des 9 secteurs de la chambre à vide.
© ITER Organization

Créations et destructions d'emplois 2008-2012



ITER, c'est bon pour l'emploi !

Sur la carte des « Créations et destructions d'emplois en France entre 2008 et 2012 », que le quotidien *Le Monde* a publié dans son édition du 24 juillet 2013, une petite tache vert sombre (plus de 6% d'emplois créés) contraste fortement avec la dominante générale, rouge au nord (plus de 6% d'emplois perdus) jaune et vert pâle au sud (nombre d'emplois stable ou en très légère progression).

La petite tache vert sombre représente le bassin d'emploi de Manosque. Avec une progression du nombre

d'emplois de 6,77% entre 2008 et 2012, c'est un cas unique, une progression record en France métropolitaine.

ITER n'est sans doute pas seul à contribuer à ce résultat. Mais l'impact du programme, qu'il soit direct, indirect ou induit est indéniable – et spectaculaire.

Quelques chiffres : entre 2007 et la fin de l'année 2013, les grands acteurs du programme ITER (ITER Organization, Agence Iter France et Agence européenne pour ITER-Fusion for Energy) ont passé plus de 3,4 milliards d'euros de contrats, dont deux milliards à des entreprises françaises. Sur ces deux milliards, les entreprises de la région PACA en ont engrangé un et demi. ●

Où en sommes-nous ?



C'est ici, entre Aix et Manosque, au cœur des collines de Haute-Provence, que 35 nations construisent l'installation ITER. © ITER Organization

Sur la plateforme ITER, à Saint-Paul-lez-Durance, le cœur de l'installation a déjà pris forme. Etat des lieux, un peu plus de trois ans après le début des travaux.

C'était le 4 août 2010. Sur la plateforme d'ITER une puissante pelle mécanique entreprenait de racler le sol à l'emplacement de la future « Fosse du tokamak ». Ces premières pelletées en annonçaient bien d'autres : 230 000 mètres-cubes de roche attendaient d'être creusés, dynamités, puis déblayés pour ménager l'écrin de béton et d'acier qui abriterait la machine ITER.

A quelques centaines de mètres de là, d'autres engins de chantier s'affairaient, égalisant le sol sur près de 14 000 mètres-carrés pour préparer les fondations d'un immense bâtiment (257 mètres de long, 49 de large et 20 de haut) où seraient fabriqués les plus gros des aimants du tokamak – quatre anneaux métalliques de 8 à 24 mètres de diamètre, trop encombrants pour être livrés par la route. (Deux autres anneaux, de moindre

A gauche, l'extrémité du bâtiment d'assemblage des aimants ; à l'arrière-plan, le siège d'ITER Organization ; à droite l'atelier du Cryostat en cours de construction. © ITER Organization.



taille, seront fabriqués en Chine et en Russie).

Trois ans et quelques mois plus tard, le paysage lunaire des années 2008-2009 s'est effacé devant un immense chantier, hérissé de grues et de pompes à béton, sillonné de tombereaux, de bulldozers, de tractopelles...

La fosse du tokamak est désormais dotée de son double « plancher » : le premier, reposant sur le roc, porte les 493 plots qui assurent la protection de l'installation en cas d'événement sismique ; le second, ancré sur ces mêmes plots, forme la dalle sur laquelle sera édifié le Complexe tokamak, le cœur de l'installation ITER – un ensemble de trois bâtiments d'une masse totale de 360 000 tonnes, équivalente à celle de l'Empire State Building.

Le bâtiment des aimants géants (le « PF Coils building »), livré au mois de février 2012, n'attend plus que son outillage : les dévideuses-bobineuses, les machines qui imprèneront le câble de résine, les unités d'assemblage. Produits en Europe, en Chine et en Russie, des dizaines de kilomètres de câble supraconducteur, enroulé sur de gros tourets, arriveront par l'entrée sud du bâtiment ; lorsqu'ils sortiront par la porte opposée, 18 à 24 mois plus tard, ce sera sous forme d'aimants annulaires, d'une masse de 200 à 400 tonnes.

Avant d'être intégrés au tokamak, ces aimants géants, comme les autres pièces livrées par les partenaires du programme, transiteront par le Hall d'assemblage. Ce bâtiment de 6 000 mètres-carrés jouxte le Complexe tokamak dont il est en quelque sorte l'antichambre. Son plancher de béton armé, dont l'épaisseur dépasse 2 mètres par endroits, est prêt à recevoir la machinerie et les deux ponts-roulants (capacité de levage : 1 500 tonnes) qui lui permettront de manipuler et de pré-assembler les éléments de la machine.

C'est également par le Hall d'assemblage que passeront les quatre « sections » du Cryostat (la plus



Les fondations parasismiques du tokamak, telles qu'on pouvait les voir jusqu'au mois de mars 2013. Elles sont aujourd'hui recouvertes par le ferrailage du « plancher » de la machine. © ITER Organization

lourde pèse 1 250 tonnes), ce réfrigérateur géant qui enveloppe la chambre à vide du tokamak et maintient ses aimants supraconducteurs à la température exceptionnellement basse de *moins* 269° C.

Les quatre sections du Cryostat auront été préalablement assemblées dans un bâtiment dédié – l'Atelier du Cryostat – en cours de construction à une centaine de mètres du Hall d'assemblage. Contrairement aux autres bâtiments de la plateforme, qui sont fournis par l'Agence européenne pour ITER (*Fusion for Energy*), celui-ci, tout comme le Cryostat lui-même, relève de la responsabilité de l'Inde.

Fosse du tokamak, « PF Coils Building », Hall d'assemblage, Atelier du Cryostat forment pour l'heure les structures emblématiques de la plateforme ITER. A terme, sur ces 42 hectares, une grosse trentaine d'autres bâtiments – tours de refroidissement, usine à froid, transformateurs électriques, etc. – verront le jour.

Ces travaux, auxquels s'ajouteront les opérations d'assemblage de la machine à partir de 2015, vont nécessiter une main d'œuvre considérable. On estime qu'au plus fort de son activité (2015-2017) le chantier ITER va mobiliser jusqu'à 3 000 ouvriers, techniciens

ITER Organization
Route de Vinon-sur-Verdon
13115, Saint-Paul-lez-Durance
France

Directeur de la publication
Michel Claessens
michel.claessens@iter.org

Responsable de la rédaction
Robert Arnoux
robert.arnoux@iter.org

© ITER Organization, décembre 2013

www.iter.org