

TOUT S'ACCÉLÈRE

DANS CE NUMÉRO

Pages 2 et 3 Tout s'accélère

Page 4 L'itinéraire ITER

Page 4 La « nouvelle normalité »

ÉDITORIAL

En ces temps où tout ralentit, ITER accélère. L'installation de la base du cryostat à son emplacement définitif, les 26 et 27 mai a marqué le véritable début de la phase d'assemblage de la machine, auquel le président Macron a donné le coup d'envoi symbolique (et virtuel) le 28 juillet.

Et tandis que la mise en place des éléments se poursuit – le cylindre inférieur du cryostat a été installé dans la fosse le 31 août – l'itinéraire par lequel transitent les pièces les plus lourdes n'a jamais été aussi fréquenté.

Dans ce contexte, les mesures qu'ITER a dû prendre en réponse à la situation sanitaire ont eu des conséquences inattendues. Au point que cette « nouvelle normalité », marquée par une productivité accrue et une meilleure qualité de vie, devrait se muer en organisation pérenne.

L'équipe d'ITER *Le Magazine*.
editormag@iter.org

TOUT S'ACCÉLÈRE



L'acte I de la phase d'assemblage s'est joué les 26 et 27 mai 2020, avec la mise en place d'une pièce aussi lourde que quatre Airbus A380 – la base du cryostat.

Trente-cinq ans ont passé depuis que, le 20 novembre 1985, Ronald Reagan et Mikhaïl Gorbatchev ont proposé au monde de s'organiser pour maîtriser la fusion de l'hydrogène – l'unique source d'énergie capable de satisfaire, pendant des millénaires, les besoins de l'humanité.

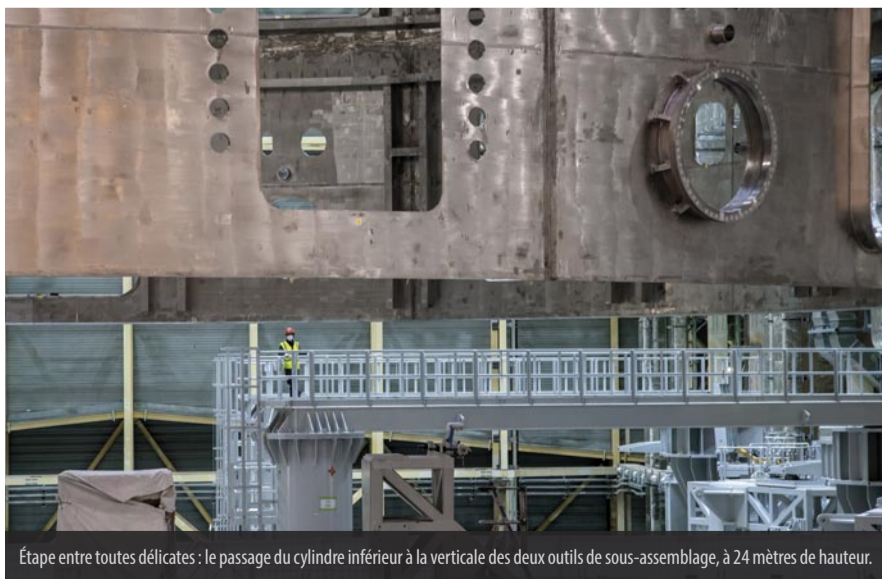
ITER est né de ce formidable défi : construire la machine qui reproduirait, sur Terre, les phénomènes physiques à l'œuvre au cœur du Soleil et les étoiles.

En 2005, les sept membres d'ITER (Chine, Europe, Inde, Japon, Corée, Russie et États-Unis) ont unanimement choisi le site, proposé par l'Europe, où seraient construits cette machine et son infrastructure industrielle – Saint-Paul-lez-Durance/Cadarache (Bouches-du-Rhône), à une quarantaine de kilomètres au nord-est d'Aix-en-Provence.

Cinq ans plus tard, sur une plateforme de 42 hectares, la construction des bâtiments de l'installation était lancée. Parallèlement, les membres d'ITER entreprenaient de fabriquer l'ensemble des pièces de la machine (un « tokamak ») et de ses systèmes auxiliaires.

Cette immense entreprise, qui se déploie sur trois continents et mobilise des milliers de physiciens, d'ingénieurs, de techniciens de toutes spécialités, a connu ces derniers mois une accélération spectaculaire : avec la finalisation des principaux bâtiments et la livraison de quelques-unes des pièces essentielles du tokamak, ITER est désormais entré dans la « phase d'assemblage », l'étape décisive qui prélude à la production du Premier plasma à la fin de l'année 2025.

L'acte I de cette phase nouvelle s'est joué les 26 et 27 mai derniers dans l'immense théâtre du Hall d'assemblage. Sur la scène, une pièce d'acier de 4 mètres de haut et 30 mètres de diamètre, aussi lourde (1 250 tonnes) que quatre Airbus A380.



Étape entre toutes délicates : le passage du cylindre inférieur à la verticale des deux outils de sous-assemblage, à 24 mètres de hauteur.



Fournie par l'Inde, cet élément particulièrement massif (1 250 tonnes) forme la base du cryostat, le thermos géant qui enveloppe la machine.

Mi-assiette à soupe, mi-vaisseau spatial

Fournie par l'Inde, cette pièce forme la base du cryostat, le thermos géant qui enveloppe la machine et limite les échanges thermiques entre le système magnétique, à température cryogénique (moins 269° C), et l'environnement extérieur.

Sa forme tient à la fois de l'assiette à soupe et du vaisseau spatial. Au matin du 26 mai, suspendue aux crochets du pont roulant, la base du cryostat semblait vouloir s'élaner vers les étoiles.

Le voyage qu'elle allait entreprendre serait beaucoup plus bref, mais non moins spectaculaire : une centaine de mètres, tout au plus, jusqu'au puits d'assemblage au fond duquel elle serait délicatement déposée.

Du million de composants qui constituent le tokamak ITER, la base du cryostat est de loin la plus lourde. Sa mise en place fut lente et extraordinairement précise et son déplacement régulièrement interrompu pour procéder à toutes sortes de mesures et de vérifications : la trajectoire était-elle conforme ? Les déformations étaient-elles contenues dans les limites prévues ? La masse demeurerait-elle parfaitement équilibrée ?

Au sol, tandis que la pièce s'élevait lentement vers son altitude de croisière (24 mètres), la tension se conjugua à l'émerveillement. Chacun retenait son souffle quand, à la vitesse d'un mètre par minute, la soucoupe d'acier frôlait les portiques d'assemblage, passait le mur du Bâtiment tokamak.

Il s'agissait alors de déposer cette énorme masse au fond du cylindre de béton, profond de 30 mètres, au sein duquel la machine doit être progressivement assemblée. La marge de manœuvre était réduite, de l'ordre de 50 centimètres à l'entrée du puits, inférieure à 5 à sa base. Et l'alignement devait être parfait : quelques millimètres de tolérance seulement entre la position prévue par les calculs et les modèles, et la position effective de la pièce sur ses supports.



« Pas droit à l'erreur »

Avant que la manœuvre ne commence, Bernard Bigot, le directeur général d'ITER Organization, s'était adressé aux responsables de l'opération : « Ce moment restera gravé dans nos mémoires. Ce que vous vous apprêtez à accomplir n'a pas d'équivalent dans l'histoire. Nous n'avons pas droit à l'erreur... »

Et d'erreur, il n'y eut pas. En début de soirée, le 27 mai, la base était en place. La phase d'assemblage du tokamak ITER pouvait commencer.

Les pièces de la machine, comme l'ensemble des systèmes de l'installation (cryogénie, alimentation électrique, etc.), sont fabriquées par les partenaires du programme et livrées à ITER Organization, qui se charge de leur intégration – c'est le principe de la « fourniture en nature ».

Depuis 2015, les livraisons de ces « charges hautement exceptionnelles » se succèdent. Dans les semaines précédant l'insertion de la base du cryostat dans le puits d'assemblage, la fréquence des arrivages s'est fortement accélérée.

Le 17 avril, une première bobine de champ toroïdal (verticale, 17 mètres de haut, 360 tonnes) arrivait d'Italie. Une semaine plus tard, le Japon livrait une bobine similaire. Au total, depuis le printemps, ITER a reçu quatre bobines de ce type sur les 19 requises (18 + une rechange) ; le 23 juin, une bobine de champ poloidal (annulaire, 10 mètres de diamètre, 440 tonnes), fabriquée en Chine sous contrat européen, passait les portes du site, suivie, le 22 juillet, par le premier des 9 secteurs de chambre à vide (400 tonnes) en provenance de Corée.



Le succès de l'opération reposait sur la compétence de chacun, quelle que soit sa nationalité ou la couleur de son casque...

Parmi toutes ces pièces, trois sont destinées à former le premier « pré-assemblage » qui doit être réalisé au printemps prochain. Un « pré-assemblage » associe un secteur de chambre à vide à deux bobines de champ toroïdal et une section de bouclier thermique, et pèse près de 1 200 tonnes, le poids d'un gros millier de voitures de taille moyenne...

Tandis que l'été et le début de l'automne étaient rythmés par l'arrivée régulière de ces pièces exceptionnelles, l'activité demeurait intense dans la fosse d'assemblage. Le 31 août, le cylindre inférieur du cryostat, une pièce de même diamètre que la base mais beaucoup plus haute (12 mètres) et sensiblement moins lourde (375 tonnes), était à son tour mis en place.

« Une promesse de paix »

Similaire dans son déroulement, cette deuxième opération était encore plus délicate que la première. Alors que la base est un objet massif, plein et donc presque parfaitement rigide, le cylindre inférieur est une pièce « ajourée », percée de multiples ouvertures, et donc relativement « flexible ». En outre, contrairement à la base, la présence de renforcements d'un seul côté de la pièce déséquilibre sa masse. L'insertion du cylindre inférieur a donc nécessité des réglages extrêmement fins du système de levage ainsi qu'un suivi métrologique particulièrement rigoureux.

Les quelques mois écoulés compteront sans doute parmi les plus mémorables de l'histoire du programme. Pour en souligner l'importance, tant symbolique qu'opérationnelle, ITER avait organisé, le 28 juillet, une célébration virtuelle à laquelle les hauts représentants des partenaires du programme, chefs d'État, ministres ou leur représentant, avaient été conviés.

Réunis par écrans interposés dans le Hall d'assemblage, les dignitaires européens, chinois, indiens, japonais, coréens, russes et américains ont, tous, renouvelé leur soutien à ITER et réaffirmé leur confiance dans son succès. Et c'est le président sud-coréen Moon Jae-in qui a peut-être le mieux, et le plus poétiquement, résumé les enjeux de « l'accomplissement majeur » que représente ITER. « Dans le ciel, c'est la fusion qui donne leur éclat aux étoiles. Lorsque nous aurons mis en commun toute la connaissance du monde, nous serons en mesure de créer l'étoile artificielle qui éclairera notre chemin vers l'avenir... »

Au nom du « pays hôte », le président Macron, dans son discours d'accueil à la fois solennel et chaleureux, avait rappelé que le programme ITER est aussi, et peut-être d'abord, « une promesse de paix, [...] un acte de confiance dans l'avenir, la preuve que ce qui rassemble les nations est plus fort que ce qui les divise. »

Patience, pièce après pièce – et il faut en assembler plus d'un million ! – la machine qui recréera le feu des étoiles prend forme. Dans un peu plus de cinq ans, elle sera prête à produire son « premier plasma ». Et dès 2035, fonctionnant à pleine puissance, elle ouvrira la voie à la maîtrise industrielle et à l'exploitation commerciale de l'énergie de fusion.

Photo de couverture : Un peu plus de trois mois après la base du cryostat, le cylindre inférieur était à son tour mis en place dans la fosse d'assemblage.



Le 28 juillet 2020, le président Macron donnait, virtuellement, le coup d'envoi de la phase d'assemblage, décrivant ITER comme « une promesse de paix ».

ITINÉRAIRE ITER UNE ARTÈRE VITALE



La plateforme de transport (2 000 ch) est l'élément le plus spectaculaire des convois qui empruntent l'itinéraire. Chaque convoi compte une vingtaine de véhicules et mobilise plus d'une centaine de personnes, dont un Groupement de gendarmerie dédié.

La construction d'ITER est fondée sur le principe des « fournitures en nature ». Chacun des sept membres du programme fabrique un certain nombre de pièces et de systèmes qu'il livre à ITER Organization, le plus souvent par voie maritime. Lorsqu'il s'est agi, au milieu des années 2000, de choisir le site qui accueillerait l'installation, l'accès à des installations portuaires capables de manutentionner ces colis exceptionnels constituait donc une exigence majeure.

Le site de Saint-Paul-lez-Durance/Cadarache, que proposait l'Europe, disposait d'atouts nombreux, mais souffrait d'un handicap – son éloignement de la mer. Déterminée à accueillir ITER sur son territoire, la France a alors décidé de compenser ce désavantage en proposant d'aménager, depuis Berre l'Étang, un itinéraire long d'une centaine de kilomètres, adapté au transport des charges lourdes.

L'obstacle de l'éloignement étant levé, les membres d'ITER décidaient à l'unanimité, le 28 juin 2005, de construire ITER sur le territoire de la commune de Saint-Paul-lez-Durance, en lisière du site CEA de Cadarache.

Financés par l'État (38 millions) et le département des Bouches-du-Rhône (72 millions), les travaux ont été initiés en 2009 et finalisés trois ans plus tard. Entre le village de Berre, où accostent les barges après avoir traversé l'Étang, et le site d'ITER, 35 kilomètres de route ont été élargis ou rectifiés, 26 ponts renforcés ou reconstruits, 19 giratoires aménagés et des dizaines de kilomètres de réseaux déplacés ou enterrés.

Depuis que la première « charge hautement exceptionnelle » a été livrée le 14 janvier 2015, une soixantaine de convois ont emprunté l'itinéraire. Pour limiter leur impact sur les populations riveraines, les convois ne circulent que la nuit, hors week-ends et vacances scolaires.

Pour ITER, l'itinéraire est l'artère vitale, la « voie sacrée » qui relie le chantier à ses fournisseurs. C'est grâce à lui que le programme de recherche le plus ambitieux au monde a pu voir le jour et s'enraciner en Provence.

Covid-19 : vers une « nouvelle normalité »

Comme toute communauté humaine, entreprise ou institution, ITER a dû s'organiser pour faire face à la pandémie de Covid-19. Dès le mois de mars, un « plan de continuité » a été mis en place qui a permis de maintenir les activités critiques du programme tout en appliquant de manière particulièrement stricte les mesures édictées par les autorités sanitaires.

ITER a développé depuis plusieurs années une culture et des pratiques visant à anticiper, prévenir et le cas échéant gérer le risque, qu'il soit de nature industrielle, technologique ou sanitaire.

Lorsque la pandémie est survenue, les esprits, comme les moyens, étaient prêts à faire face.

L'organisation mise en place au mois de mars 2020 – focalisation sur les activités critiques du chantier, recours massif au télétravail dans les bureaux – s'est révélée efficace pour protéger le personnel des effets de la pandémie.

Dans les mois qui ont suivi, tandis que le chantier retrouvait progressivement une activité quasi-normale et que s'installait la pratique des réunions « virtuelles » et du télétravail trois jours par semaine, une tendance, bientôt

confirmée par un sondage, se dessinait: loin de chuter, la performance générale augmentait et 96% du personnel plébiscitait la nouvelle organisation.

Conçue comme une réponse à la situation sanitaire, cette « nouvelle normalité », formellement mise en place le 1er octobre, devrait se muer en mode de fonctionnement pérenne. Ses avantages se sont imposés à tous : moins de temps perdu en déplacements, meilleure qualité de vie et productivité accrue.



Imposée par la pandémie, la « nouvelle normalité » devrait se muer en mode de fonctionnement pérenne.