



## BIENVENUE À ITERVILLE

### DANS CE NUMÉRO

**Page 2** Un nouveau mandat pour Bernard Bigot

**Page 3** Bienvenue à Iterville

**Page 4** Et maintenant... l'assemblage

### EDITORIAL

Au mois de juin 2005, au terme de longues négociations, la Chine, l'Europe, l'Inde, le Japon, la Corée, la Russie et les États-Unis ont décidé, à l'unanimité, de construire ITER à Saint-Paul-lez-Durance (13), en lisière du CEA-Cadarache.

Quatorze ans plus tard, ITER est une petite ville que cette 12<sup>ème</sup> livraison de notre *Magazine* vous invite à visiter (page 3).

« Iterville » se prépare à aborder une nouvelle phase de son activité : au printemps 2020 commenceront les travaux d'assemblage du Tokamak et de ses systèmes auxiliaires – une tâche aussi colossale que délicate au terme de laquelle ITER pourra produire son premier plasma, programmé pour la fin de l'année 2025 (page 4).

D'ici là, comme le font deux personnages d'un manga, Taiyō et Soléane, on pourra se raconter l'histoire « *d'un souleiet sus Terro* », la saga d'ITER en... provençal (page 2).

L'équipe d'ITER *Le Magazine*.

[editormag@iter.org](mailto:editormag@iter.org)

## Un nouveau mandat pour Bernard Bigot

Le Conseil ITER, qui réunit les hauts représentants des membres du programme (Chine, Union européenne, Inde, Japon, Corée, Russie et États-Unis) a décidé, à l'unanimité, de reconduire pour cinq ans le mandat de Bernard Bigot à la tête d'ITER Organization.

Bernard Bigot, qui avait pris les rênes du programme de recherche international au mois de mars 2015, les conservera donc jusqu'en 2025 – à la veille de la production du premier plasma.

Considérant les résultats obtenus et anticipant les défis à venir – particulièrement lors de la phase d'assemblage et d'installation qui doit commencer au printemps 2020 –, le Conseil a estimé que le succès d'ITER exige une continuité dans sa gouvernance.

Le premier mandat de Bernard Bigot aura été marqué par une réorganisation profonde du programme et l'établissement d'un nouveau calendrier, appuyé sur un budget « réaliste ». Sur ces bases, ITER a pu retrouver une dynamique que reflètent les indicateurs de performance : 65% des « tâches nécessaires à l'obtention du premier plasma » en 2025 sont aujourd'hui finalisées et la



progression mensuelle, tant dans la construction des bâtiments que dans la fabrication des pièces et systèmes, est de l'ordre de 0,7%.

« Bernard Bigot a démontré sa capacité à conjuguer approche visionnaire et gestion quotidienne d'un programme d'une complexité sans précédent », a notamment déclaré Arun Srivastava, secrétaire général du Commissariat à l'énergie atomique indien et président du Conseil ITER.

## Quand les héros d'un manga parlent d'ITER en provençal...

Taiyô est japonais, élève aux Beaux-Arts, et Soléane est une jeune scientifique française qui travaille dans la recherche sur « une énergie pour notre futur proche ». Un jour, ils se rencontrent par hasard à l'Atelier Paul-Cézanne, à Aix, et engagent la conversation. Soléane explique qu'elle travaille à ITER et Taiyô ouvre de grands yeux...

Les deux jeunes gens sont les héros d'un *manga* récemment publié par l'Agence ITER-Japon. L'original japonais a été traduit en anglais et en français et, plus récemment... en provençal. C'est un jeune polytechnicien, Thierry Cerisier, ingénieur à ITER et passionné par la langue provençale, qui est à l'origine de cette initiative.

« Je voulais montrer, explique-t-il, que le provençal n'est pas une vieille chose poussiéreuse et que l'on pouvait très bien l'utiliser pour décrire des réalités contemporaines. »

Grâce au travail de Thierry, Taiyô et Soléane peuvent désormais s'exprimer dans la langue des troubadours et des félibres et évoquer ensemble « *lou souleiet sus Terro* », « *lis atome d'idrougène* » et le « *proujèt internaciounau pèr la realisacioun de l'energio de fusioun* ».

À ITER, où cohabitent 35 nationalités, le provençal a trouvé une place : non seulement grâce au *manga* traduit par Thierry mais aussi au travers des cours que le jeune ingénieur dispense à un petit groupe de passionnés venus du Canada, du Royaume-Uni, de France et de Roumanie.



Le manga en provençal est accessible à l'adresse suivante : [www.iter.org/fr/news/publicationcentre](http://www.iter.org/fr/news/publicationcentre)



42 hectares, une quarantaine de bâtiments de toute nature, construits par l'Europe, et une seule fonction : « servir » le tokamak ITER.

Une enceinte en forme de tore entourée de bobines magnétiques – c'est le sens de l'acronyme « tokamak », forgé dans les années cinquante par les savants soviétiques quand ils ont développé ce type de machine de fusion particulièrement performant.

ITER sera le plus gros, le plus puissant, le plus complexe des tokamaks jamais construits.

Cette énorme machine forme le cœur, et la raison d'être, d'une infrastructure industrielle de taille exceptionnelle, que cette photo aérienne révèle dans ses moindres détails.

Sur la plateforme ITER (42 hectares), une quarantaine de bâtiments, d'installations, de systèmes de toute nature n'ont qu'une fonction : « servir » le tokamak en lui apportant puissance électrique et fluides cryogéniques, en évacuant la chaleur qu'il génère, en auscultant en permanence chacun de ses battements de cœur, chacune de ses impulsions nerveuses...

Un tel système repose également sur les femmes et les hommes chargés de le construire et capables de faire fonctionner. Le nombre et la densité des aires de stationnement donne une idée de leur nombre : plus de 2 500 personnes sont aujourd'hui mobilisées sur le chantier, auxquelles s'ajoutent les quelque 1 400 salariés et sous-traitants directs d'ITER Organization, le chef d'orchestre de cette immense entreprise.

# BIENVENUE À ITERVILLE



Une enclave internationale de la taille de la Principauté de Monaco... trente nationalités, 5 000 entrées quotidiennes – ITER est désormais une petite ville de la taille de Forcalquier, Vaison-la-Romaine ou Carry-le-Rouet.

**A mi-chemin de Saint-Paul-lez-Durance et de Vinon-sur-Verdon, en lisière du centre CEA de Cadarache, une ville nouvelle est née. Partie de rien, gagnée sur la forêt et la garrigue, elle s'est peu à peu dotée de tous les attributs d'une petite cité : routes goudronnées, feux de signalisation, restaurants, infirmerie, service d'incendie et de secours, réseau de transport public... et jusqu'à un journal pour rendre compte de l'actualité locale.**

Cette petite ville – appelons-là « Iterville » – est une enclave internationale sur le territoire français. Sa superficie (180 hectares) est comparable à celle de la Principauté de Monaco avant que celle-ci ne gagne quelques arpents sur la mer. Sa population est remarquablement cosmopolite : plus de trente nationalités, autant de cultures et une *lingua franca*, l'anglais, qui n'est langue maternelle que pour une minorité.

Pour pénétrer dans cette enclave, un passeport, sous forme de badge d'accès, est indispensable. Leurs titulaires sont au nombre de 7 000 et, chaque jour en moyenne, plus de 5 000 d'entre eux – l'équivalent de la population de Forcalquier, Vaison-la-Romaine ou Carry-le-Rouet – passent les portes d'Iterville.

Qu'ils se dirigent vers leur bureau, dans un immeuble de cinq étages dessiné par l'architecte Rudy Ricciotti ; qu'ils prennent le chemin du chantier ou des ateliers de fabrication, les habitants sont tous tendus vers le même objectif : construire dans les meilleurs délais la machine la plus complexe jamais conçue.

Confrontée à cet immense défi, Iterville ne dort quasiment jamais. Dans les bureaux, la journée commence tôt, les ordinateurs se déconnectent tard – et se reconnectent souvent avant que la journée de travail ne recommence. Sur le chantier, qui mobilise plus de 2 500 personnes, l'activité est organisée en deux postes et demi. Les lumières ne s'y éteignent jamais et les grues y sont rarement immobiles. Partout, un sentiment d'urgence prévaut : la machine doit être opérationnelle à la fin de l'année 2025.

Chaque jour, plus de 300 camions et semi-remorques viennent livrer les matériaux indispensables aux travaux en cours : barres de ferrailage, châssis de coffrage, poutres d'acier, canalisations de toute longueur et de tout diamètre, tourets de câble électrique... Le béton coule comme un fleuve des deux centrales qui le fabriquent – jusqu'à 200 mètres-cubes par heure en fonction des besoins. Le plus grand chantier d'Europe, sinon du monde, est un ogre qui doit être sans cesse alimenté.

C'est que tout, ici, est hors-norme. L'édifice de béton et d'acier qui domine Iterville et l'écrase de sa masse – le Complexe Tokamak – ne culmine qu'à 60 mètres. Mais il est 15% plus « lourd » que l'Empire State Building, qui se dresse à près de 400 mètres au-dessus de Manhattan.

Dans le vaste hall où seront préassemblés les éléments de la machine, le pont roulant est capable de lever des charges de l'ordre de 1 500 tonnes –

l'équivalent de 1 500 véhicules de taille moyenne, 300 éléphants d'Afrique ou quatre Boeing 747 à pleine charge. Le poste électrique, qui occupe quatre hectares et alimentera la machine et ses systèmes auxiliaires, est dimensionné pour une ville de 3,5 millions d'habitants.

Enclave internationale et « installation nucléaire de base » au regard de la réglementation de sûreté nucléaire française, Iterville n'est pas pour autant une ville fermée. Responsables politiques venus du monde entier, industriels et chefs d'entreprises, occasionnellement un prince (de Monaco) ou une princesse (de Thaïlande), associations de retraités, étudiants et scolaires, touristes de passage, près de 15 000 visiteurs y sont accueillis chaque année.

Iterville aura dix ans l'année prochaine mais sa croissance n'est pas terminée. Sur la quarantaine de bâtiments programmés, moins de dix restent à construire, dont celui qui abritera la salle de contrôle du Tokamak.

Quand tout sera parachevé, quand la machine aura été assemblée, les systèmes auxiliaires connectés et activés, la petite ville et ses habitants pourront se préparer à leur grand rendez-vous avec l'histoire. A Iterville, l'humanité s'apprête à réaliser un rêve prométhéen : puiser au feu des étoiles l'énergie de la civilisation de demain.

## ITER, pourquoi et comment?

**L'enjeu :** démontrer la faisabilité technique et scientifique de « l'énergie de fusion » à l'œuvre dans le Soleil et les étoiles et ouvrir la voie à une source d'énergie nouvelle, sûre, propre et virtuellement inépuisable.

**Les moyens :** une machine de fusion – un « tokamak » – au sein de laquelle un plasma d'hydrogène est porté à la température (150 millions de degrés) à laquelle les réactions de fusion peuvent se produire.

**Les acteurs :** la Chine, l'Union européenne, l'Inde, le Japon, la Corée, la Russie et les États-Unis. La France participe à ITER à la fois dans le cadre de l'Union européenne et au titre de « pays hôte » de l'installation.

**Le calendrier :** le Tokamak ITER doit être opérationnel à la fin de l'année 2025, et monter progressivement en puissance pour aborder les opérations génératrices d'énergie en 2035.

**Les défis :** la phase d'assemblage de la machine, qui débute au printemps prochain, est une des plus délicates de tout le programme ITER. Des pièces pesant plusieurs centaines de tonnes doivent être assemblées avec des tolérances inférieures au millimètre.



Dans la fosse d'assemblage, les ancrages de la machine et du "thermos" géant qui l'enveloppe (le cryostat) sont en cours d'installation.

**Plus lourd que trois Tour Eiffel, aussi haut que la voûte de l'Arc de Triomphe, le Tokamak ITER est un instrument scientifique de très haute précision. L'assemblage de ce prodigieux Meccano, à partir du printemps de l'année prochaine, représente un défi auquel l'industrie et le monde de la recherche n'ont jamais été confrontés.**

Le Tokamak ITER compte plus d'un million de pièces. Certaines ont la taille d'un immeuble de six étages et la masse d'un Boeing 747 à pleine charge – elles doivent cependant s'ajuster au millimètre près. Pour réaliser ces opérations, des outils spécifiques ont été conçus. Les plus spectaculaires, fournis par la Corée et mis en service par une société française (CNIM), manipuleront des « pré-assemblages » de l'ordre de 1 500 tonnes – l'équivalent, pour rester dans les comparaisons aéronautiques, de trois Airbus A380 eux aussi à pleine charge.

Positionnées avec la plus extrême précision, certains des composants les plus massifs doivent en outre former des environnements parfaitement étanches. La « chambre à vide » du Tokamak, par exemple, est une enceinte de 1 400 mètres cubes dans laquelle doit régner un vide extrêmement poussé, comparable à celui de l'espace interstellaire. Or, cette enceinte, de forme toroïdale (comme un *doughnut* ou une chambre à air) est constituée de neuf secteurs qui doivent être assemblés et soudés entre eux. Et le niveau d'étanchéité requis est tel que, sur une période de 10 000 ans, le volume d'air susceptible de traverser la paroi ne doit pas excéder celui d'un verre de table...

« La machine ITER est unique. Rien d'approchant n'a jamais été construit, explique Katsumi Okayama, le responsable du département Construction d'ITER Organization. Du point de vue industriel, pour certaines opérations, nous allons être confrontés à des problématiques totalement inédites. »

L'entreprise est d'une telle ampleur et d'une telle complexité qu'elle ne peut être abordée qu'en « isolant » et en traitant individuellement chacune des milliers de tâches requises. Cette approche permet de prendre en compte ce que Katsumi Okayama appelle les « incertitudes » liées à la disponibilité des zones de travail, des outils d'assemblage, des composants eux-mêmes et des « ajustements » dont ils devront parfois faire l'objet une fois livrés sur le site de construction. « Le fractionnement des tâches nous garantit la flexibilité dont nous avons absolument besoin. »

Les deux consortiums auquel ITER Organization va confier les travaux d'assemblage de la machine ont été choisis. Le premier réunit des entreprises chinoises spécialisées dans l'industrie nucléaire (avec une participation du

Français Framatome); le second rassemble des sociétés italiennes et françaises (Endel-Engie, Orys-Ortec) ainsi qu'une entreprise espagnole. Les systèmes industriels qui viennent en support du Tokamak et occupent la plus grande partie de la plateforme de 42 hectares ont fait quant à eux l'objet d'une demi-douzaine de contrats différents.

En confiant l'assemblage du « cœur de la machine » à deux consortiums différents, ITER entend minimiser le risque : en cas de défaillance de l'un, l'autre peut prendre le relais sans que le planning des travaux en soit trop affecté.

Sur le chantier de construction, à Saint-Paul-les Durance (13), les signes qui annoncent la prochaine phase de travaux sont nombreux : dans le Hall d'assemblage, les tests fonctionnels des « outils de sous-assemblage » se terminent ; la structure métallique du futur Hall de levage est en cours d'installation et, dans la « fosse du Tokamak » les spécialistes positionnent avec une précision d'horloger les pièces sur lesquelles viendra s'ancrer la machine.

Dans l'Atelier du cryostat, un cylindre d'acier de 30 mètres de diamètre semblable à une assiette à soupe renversée – la base du cryostat – attend patiemment son heure. Cette pièce de 1 250 tonnes, la plus lourde de tout le *Meccano*, a été finalisée cet été. Elle sera la première à descendre dans la fosse, inaugurant un processus de cinq ans au terme duquel ITER pourra produire son premier plasma.



Les premiers piliers de la structure métallique du Hall de levage sont en place. Tout doit être prêt pour le début des opérations d'assemblage au printemps 2020.