



# iter

en Provence

Débat public  
du 16 janvier au 6 mai 2006

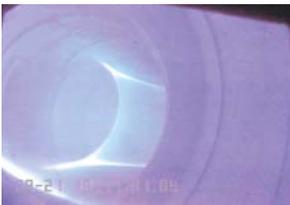
Synthèse du dossier du débat



# Un projet international

Le contexte énergétique mondial est caractérisé par des besoins croissants, une raréfaction des ressources et une prise de conscience de plus en plus partagée des risques environnementaux et climatiques associés à une utilisation intensive des énergies fossiles. Dans ce contexte, le projet international ITER («le chemin» en latin) représente une étape clé dans la perspective de la mise au point d'une nouvelle source d'énergie : l'énergie de fusion.

La source d'énergie de fusion qui existe à l'état naturel est celle qui permet au Soleil et aux étoiles de dispenser lumière et chaleur depuis des milliards d'années. Au sein du Soleil, la température et la densité sont telles qu'elles permettent aux atomes d'hydrogène de fusionner et ainsi de libérer une énergie importante. Ce sont des réactions de fusion de ce type que les équipes scientifiques cherchent à reproduire sur terre avec des installations de recherche appelées tokamaks<sup>1</sup>. S'inscrivant dans l'histoire des recherches sur la fusion, ITER sera la première installation de recherche qui réunira simultanément toutes les conditions requises pour obtenir un plasma en combustion : densité, température, durée de confinement. Ce projet international rassemble la Chine, les Etats-Unis, la Fédération de Russie, l'Inde, le Japon, la République de Corée, l'Union européenne, soit plus de la moitié de la population mondiale.



Plasma à l'intérieur de Tore Supra. C'est le 4ème état de la matière avec les solides, les liquides et les gaz. L'univers est composé à plus de 99% de plasma

D'autres recherches seront nécessaires pour disposer des composants du futur réacteur industriel, notamment pour la mise au point et la caractérisation de matériaux de structure, puis l'intégration de l'ensemble des éléments dans un démonstrateur préindustriel (DEMO) qui pourrait produire de l'électricité à l'horizon 2040.

D'autres recherches seront nécessaires pour disposer des composants du futur réacteur industriel, notamment pour la mise au point et la caractérisation de matériaux de structure, puis l'intégration de l'ensemble des éléments dans un démonstrateur préindustriel (DEMO) qui pourrait produire de l'électricité à l'horizon 2040.

## ITER, comment ça marche ?

Pour créer un plasma, le combustible (un mélange de deutérium et de tritium), introduit sous forme gazeuse, sera chauffé à une température de l'ordre de 100 millions de degrés avec différents modes de chauffage : le chauffage ohmique généré par les bobines poloïdales qui servent à contrôler le courant et la position du plasma et, en partie, sa température ; l'injection de particules de deutérium à très haute énergie et des ondes haute fréquence. Les réactions de fusion une fois déclenchées produiront de l'hélium à haute température qui participera à son tour au chauffage du plasma. Le plasma sera confiné à l'intérieur de la machine et maintenu à distance des parois de la machine grâce à de puissants champs magnétiques. Dans ITER, les physiciens pourront étudier la quantité d'énergie produite par le plasma, essentiellement sous la forme de neutrons énergétiques et comprendre les processus complexes de physique atomique et de physique des matériaux générés. ITER, qui est une installation de recherche, ne produira pas d'électricité.

L'efficacité technique et économique de la production d'électricité sera testée ensuite sur un démonstrateur préindustriel (DEMO) à l'horizon 2040.

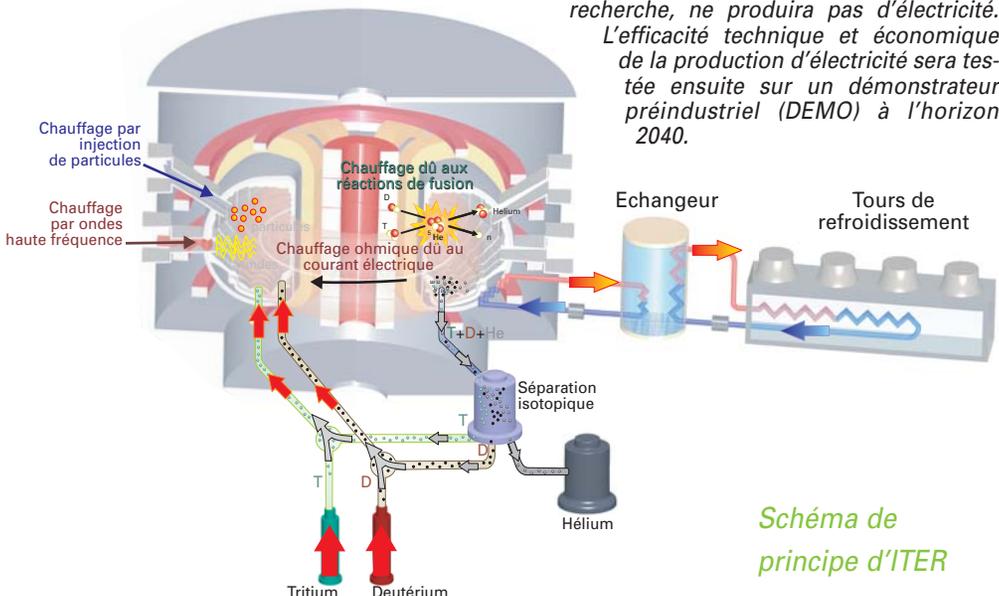


Schéma de principe d'ITER

<sup>1</sup> Développé par les physiciens russes Andreï Sakharov et Igor Tamm, le tokamak (acronyme russe de Toroidalnaya Kamera c Magnitnyimi Katushkami) est une machine avec des bobines magnétiques, en forme de tore (une sorte de «chambre à air»).

# L'organisation d'ITER

L'organisation du projet international ITER sera structurée selon trois niveaux :

- **au niveau international** : l'organisation internationale entrera en vigueur, fin 2007, après ratification du traité par chaque pays partenaire. En tant que maître d'ouvrage et exploitant nucléaire, elle aura la responsabilité de la construction, de l'exploitation et de la cessation définitive d'exploitation de la machine. Implantée à Cadarache, elle sera dirigée par Kaname Ikeda, directeur général, nommé le 7 novembre 2005 à Vienne par les partenaires d'ITER.

- **au niveau de chaque partenaire** : chacun des partenaires ITER disposera d'une agence domestique, en charge principalement de la construction de sa part de composants d'ITER et de leur mise à disposition auprès de l'organisation internationale. L'agence domestique européenne, qui sera constituée au cours de l'année de 2006, sera



implantée en Espagne à Barcelone.

- **au niveau de la France** : pour ce qui concerne la gouvernance au niveau français, plusieurs missions sont identifiées :

- la mission étatique assumée au niveau gouvernemental et confiée à François d'Aubert, nommé le 25 novembre 2005 ambassadeur, haut représentant pour la réalisation en France du projet ITER, qui coordonnera l'action des différentes administrations et représentera la France au niveau international ;

- des missions de mise en œuvre des engagements, pris en tant que pays d'accueil, assumées :

- par les services de l'Etat en région : le Préfet de région veillera au suivi des différentes actions d'aménagement du territoire liées à l'implantation d'ITER en Provence comme par exemple l'itinéraire pour le transport des gros composants, l'école internationale, la maîtrise du foncier... Yannick Imbert, directeur de projet placé sous son autorité a été nommé pour diriger l'équipe mise en place à cet effet.

- l'agence ITER-France, au sein du CEA, qui assurera notamment la mise en

œuvre opérationnelle de la participation française au projet, la préparation du site, la présentation du projet durant le débat public, l'établissement des dossiers de sûreté et de sécurité de l'installation, et le démantèlement de l'installation à la fin de son exploitation. C'est aussi l'organisation hôte de l'équipe internationale. Elle est dirigée par Pascale Amenc-Antoni.

- une mission scientifique avec la mise en place d'un programme national d'enseignement, de formation et de recherche en fusion ;
- une mission industrielle : l'Etat veillera à ce que le projet ITER bénéficie pleinement au tissu industriel et économique national tant dans la phase de construction que par les innovations technologiques qu'il générera.



## Coût du projet

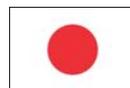
Le coût global du projet ITER est estimé à 9,9 milliards d'euros sur 40 ans (valeur 2000 HT) dont :

- 4 570 M€ pour la construction (sur 10 ans),

- 4 800 M€ pour l'exploitation (sur 20 ans)

- 530 M€ qui seront provisionnés par les partenaires internationaux pour le démantèlement durant l'exploitation.

Le financement de la contribution française (735 M€) pour la construction d'ITER est assuré par l'Etat et par les collectivités territoriales de la région PACA (conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, conseils généraux des Alpes-Maritimes, des Alpes-de-Haute-Provence, des Bouches-du-Rhône, des Hautes-Alpes, du Var, du Vaucluse, et la Communauté du Pays d'Aix).



# Les facettes du projet Iter

Le projet international ITER constitue une étape clé dans le programme de recherche fusion.

## Un projet scientifique et technologique

ITER succédera à plusieurs installations de recherche ayant chacune, indépendamment permis de maîtriser les paramètres essentiels dans la perspective du développement de l'énergie de fusion : record de puissance de fusion de 16 MW avec le JET en Angleterre ; record de stabilité d'un plasma de haute température (plus de 200 millions de degrés) et de grande densité avec le JT 60 au Japon ; contrôle d'un plasma pendant plus de six minutes à Cadarache en France. Avec ITER, l'objectif sera d'obtenir une réaction de fusion de 500 MW à partir d'une énergie de 50 MW, soit une énergie dix fois supérieure à celle qui aura été fournie. Dans le cadre de ce programme, il s'agit aussi de tester des concepts et équipements pour les futurs réacteurs de fusion produisant de l'électricité, ce qui suppose de :

- **développer des systèmes et composants** nécessaires pour contrôler un plasma et maintenir sa combustion en état stationnaire. Pour ITER le défi sera double : réaliser des centaines de composants de façon industrielle et satisfaire toutes les conditions expérimentales choisies.



Le développement de composants résistant à des flux d'énergie très élevés a débouché sur des applications pour les freins et embrayages utilisés dans l'aviation, les chemins de fer, l'automobile...

- **réaliser des expérimentations de production de tritium** à l'intérieur de la machine. L'enjeu à plus long terme sera de disposer des technologies nécessaires à la réalisation d'un dispositif complet, élément essentiel du réacteur à fusion produisant de l'électricité.
- **devoir se passer de l'intervention humaine** à l'intérieur de la machine lorsqu'elle fonctionnera avec du tritium. Dans cet objectif, plusieurs concepts de robots sont en cours de développement dans le cadre de collaborations industrielles pour des opérations diverses (découpe, soudage, missions d'inspection, de prélèvement d'échantillons, d'aspiration de particules de poussière, ou encore des opérations d'installation et de maintenance de certains composants à l'intérieur de la machine...).

## Un projet d'aménagement du territoire

Dans la perspective de l'implantation d'ITER en Provence, les acteurs régionaux se sont mobilisés pour bâtir une offre régionale en termes d'accueil, de logement, d'offre éducative, de développement des zones d'activité économique et d'aménagement.

**Logement-foncier** : les mesures envisagées en concertation avec les communes environnantes prennent en compte également les besoins existants : création de zones d'aménagement différé avec contrôle de la dérive des prix des terrains ; réhabilitation de logements vacants ; programmation de projets

### Principaux chiffres (estimations)

#### Phase de construction (2007-2015)

Nombre de personnes employées par ITER	500
Emplois indirects ou induits	3 000 en France dont 1 400 en PACA
Montant des dépenses (pendant 10 ans)	180 millions d'euros par an en France dont 100 en PACA
Estimation des besoins en logements	environ 2 000 logements en pointe

#### Phase d'exploitation (2015-2035)

Nombre de personnes employées par ITER	1000 (600 pour l'exploitation et 400 scientifiques)
Emplois indirects ou induits	3 250 en France dont 2 400 en PACA
Montant des dépenses (pendant 20 ans)	165 millions d'euros par an en France dont 135 en PACA
Estimation des besoins en logements	environ 1000 logements

immobiliers à vocation locative dans les communes proches de Cadarache ; accès aux infrastructures touristiques hors période estivale. De plus, le CEA/Cadarache a décidé de doubler la capacité de logement du «Hameau» situé à proximité du centre de Cadarache, réservé aux stagiaires, doctorants et collaborateurs temporaires...

**Offre éducative :** création d'une école publique internationale. Localisée à

Manosque, elle rassemblera environ 1400 élèves depuis la maternelle jusqu'au Bac. Ouverte aux enfants des rési-

dents locaux et étrangers, qu'ils soient employés par ITER ou non, elle offrira huit sections linguistiques (allemand, anglais, chinois, coréen, français, italien, japonais et russe). Les équipements sportifs et culturels seront accessibles aux associations locales.

**Recherche, enseignement, formation :** renforcement des enseignements et des collaborations scientifiques régionales dans le domaine des sciences de la fusion. Dans ce cadre, un Mastère sur les sciences de la fusion, à vocation nationale et internationale, est en cours d'élaboration.

**Tissu économique :** mise en place avec la chambre régionale de commerce et d'industrie d'un dispositif de formation et d'information sur les mécanismes de passation des marchés, de veille sur les appels d'offre, d'identification des différents donneurs d'ordre, de sous-traitance.

**Infrastructures portuaires et routières :** études de différentes options pour l'acheminement des gros composants pour la construction d'ITER du port de Fos-sur-Mer jusqu'à Cadarache. Les aménagements sur un itinéraire d'une centaine de km au total empruntant les voiries existantes ont été identifiés : contournement de la commune de Berre l'Etang ; création d'une piste de circulation temporaire à l'intérieur de la base aérienne de Salon de Provence ; rectification des virages du Garri au niveau de la commune de Rognes ; élargissement de la RD 15 et aménagement d'un contournement de Peyrolles-en-Provence ; élargissement de la RD 952 en surplomb de la Durance à hauteur du pont de Mirabeau. Certains aménagements, comme les élargissements de routes ou la rectification des virages du Garri, pourraient être pérennisés en fonction de l'intérêt général et des résultats d'étude.

**Alimentation en eau :** élaboration avec la société du canal de Provence d'un schéma d'alimentation en eau nécessaire au refroidissement d'ITER. Les volumes évalués (environ 1,5 million de m<sup>3</sup> par an) ne représenteront qu'un très faible pourcentage des ressources du canal de Provence (0,7 % environ).

**Alimentation électrique :** remplacement, sur le même tracé, de la ligne existante à simple circuit qui alimente l'installation Tore Supra sur le centre de Cadarache depuis 1987 par une double ligne de 400 kV. Cette double ligne prolongée sur environ 1 km au-delà de Tore Supra sera raccordée sur la ligne existante Tavel-Boutre.



# Maîtrise des impacts sur l'environnement

*Les contrôles et la surveillance de l'installation ITER s'inscrivent dans une politique de prévention des risques et de protection de l'environnement.*

## Politique de prévention des risques

La conception de l'installation ITER, qui sera classée installation nucléaire de base, répond à des règles définies en application de recommandations émises par l'autorité de sûreté nucléaire française afin d'assurer la sécurité des salariés et des populations environnantes. Cela implique d'analyser les différents risques nucléaires, non nucléaires et externes (inondation, incendie de forêt...) afin de les maîtriser et de limiter leurs éventuelles conséquences. Dans ITER, toute modification de l'équilibre pression/température conduira à un arrêt immédiat de la réaction nucléaire. Par ailleurs, la quantité de combustible<sup>3</sup> sera inférieure à un gramme à l'intérieur d'un plasma, une trop grande quantité conduisant à un arrêt de la réaction. Plusieurs dispositifs, comme un système de récupération du tritium ou des filtres de haute efficacité au niveau du système de ventilation, seront prévus pour prévenir un éventuel risque de dispersion de tritium ou de poussières radioactives à l'intérieur des bâtiments, puis dans l'environnement, en cas de perte d'étanchéité de l'enceinte où le plasma est produit (chambre à vide).



Prélèvement pour analyse autour du site de Cadarache



## Contrôles de l'installation

Les contrôles des rejets radioactifs (liquides et gazeux) seront réalisés en application d'obligations réglementaires fixées par un décret d'autorisation de rejets qui établira, en particulier, les conditions de rejet, les modalités de contrôle et les mesures de surveillance dans le périmètre de l'installation et à l'extérieur.



Le contrôle de l'installation ITER sera également placée sous l'autorité conjointe des ministres en charge de l'Industrie et de l'Environnement. A ce titre, l'installation pourra faire l'objet de contrôles externes d'inspecteurs de la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) et de la Direction régionale de la recherche, de l'industrie et de l'environnement (Drire).

## La surveillance de l'environnement

En tant qu'exploitant nucléaire, l'organisation internationale ITER devra disposer d'un programme de surveillance de l'environnement

<sup>3</sup> La quantité de tritium mise en oeuvre chaque année sera de l'ordre du kg.

concernant la surveillance des rejets de l'installation, des contrôles du milieu aquatique, des eaux (de pluie, souterraines, de surface), des sols, des sédiments, de la flore et de la faune, de la qualité de l'air à l'intérieur du périmètre de l'installation ITER et dans les communes environnantes (principaux éléments de la chaîne alimentaire (légumes, fruits, lait, vin...)). L'une des options consistera à s'inscrire, en incluant des contrôles spécifiques à ITER, dans le plan de surveillance de l'environnement du CEA/Cadarache qui prélève chaque année plusieurs milliers d'échan-

tillons à l'intérieur et à l'extérieur du centre. De plus, des contrôles pourront être effectués par des laboratoires d'analyses externes pour les services de l'Etat à l'instar des procédures existantes pour le centre de Cadarache.



Surveillance des eaux souterraines

## Points de repères

**Dimensionnement de l'installation :** sur une superficie de 180 hectares, l'installation ITER formera un ensemble d'une vingtaine de bâtiments regroupés dans une zone nucléaire (installation nucléaire, équipements électriques, pompes et tours de refroidissement...) et une zone de services (bureaux, restaurant d'entreprise et bâtiment d'accueil du public).

**Chantier :** environ 3 millions de m<sup>3</sup> de matériaux devront être retirés. Une partie des déblais pourront être concassés sur place pour les besoins du chantier d'ITER et éviter leur transport sur les voies publiques. Pour les autres, deux solutions sont envisagées : soit un entreposage sur place, soit une valorisation par des entreprises en réponse à des besoins locaux.



**Impact sanitaire :** les études effectuées afin d'estimer l'impact sanitaire de l'installation ITER révèlent des niveaux très faibles, inférieurs aux normes fixées par la réglementation.

**Rejets radioactifs :** l'estimation de l'impact des rejets radioactifs gazeux et liquides conduit à une valeur annuelle de l'ordre de 0,01 mSv, très inférieure à la valeur maximale réglementaire de 1 mSv par an fixée pour le public.

**Rejets chimiques :** la quantité de béryllium rejetée par an est estimée entre 0,1 gramme et 1 gramme environ, ce qui conduit à une valeur de l'ordre de 0,01 µg par m<sup>3</sup> dans l'environnement au voisinage de l'installation.

**Impact en situation accidentelle :** dans la situation de l'accident hypothétique considéré comme le plus pénalisant pour ITER<sup>4</sup>, l'impact estimé à environ 0,2 mSv dans les conditions météorologiques les plus défavorables serait très inférieur à la valeur de 10 mSv conduisant à la mise en œuvre de mesures spécifiques de protection pour les populations, comme la mise à l'abri.

**Déchets :** la quantité de déchets produits par ITER en cours d'exploitation (20 ans) est estimée à environ 100 m<sup>3</sup> par an se répartissant essentiellement en déchets très faiblement radioactifs (20 %) et faiblement et moyennement radioactifs à vie courte (75 %). Les 5 % restants seront des déchets moyennement radioactifs à vie longue.

**Consommation électrique :** elle est estimée à environ 600 GWh par an, soit environ 7% de la production annuelle d'une tranche d'une centrale nucléaire. ITER pourra être mis en veille durant les périodes de très forte consommation électrique en particulier l'hiver ou durant les périodes de canicule.

<sup>4</sup> Formation d'une brèche dans une canalisation du circuit de refroidissement au niveau des échangeurs thermiques conduisant à la formation d'une nouvelle brèche sur le circuit de refroidissement d'un composant interne de la chambre à vide (enceinte où est produit le plasma).

# Calendrier

2001 - 2005

- Etudes de conception, études détaillées et de définition
- Arrivée des premiers ingénieurs de l'équipe internationale ITER chargés d'études d'ingénierie et de revue de projet.

2006

- **Débat public**
- Compte-rendu du président de la CPDP et bilan du président de la CNDP
- Publication au Journal officiel des principes et conditions de poursuite du projet
- Lancement de la procédure d'avis d'appel à candidatures (AAPC<sup>2</sup>) pour le concours d'architectes et travaux de terrassements. Appel d'offres pour la réalisation d'une étude d'impact.

5 ans

## Après le débat public

2006

- Enquêtes publiques (révision simplifiée du POS, défrichage, aménagement de l'itinéraire d'acheminement des composants...).

2007

- Démarrage des travaux des bâtiments conventionnels (bâtiments centre de relations publiques, médical...)

2008

- Enquêtes publiques des demandes d'autorisation de création et d'autorisation de rejets et de prélèvement d'eau

Fin 2008

- Préparation du site pour la construction du tokamak

2009

- Livraison des premiers composants très exceptionnels
- Démarrage des travaux de construction de l'installation nucléaire de base

2016

- Premières expériences

Environ 10 ans

2 Procédure préalable à une consultation d'entreprises.



## Pour en savoir plus

Le dossier du maître d'ouvrage et sa synthèse sont disponibles sur simple demande ou consultables sur le site internet :

[www.debatpublic-iter.org](http://www.debatpublic-iter.org)

N° Vert : 0 800 863 294

