# INTERFACES

AGENCE ITER FRANCE

## De nouveaux horizons pour Yannick Imbert

Depuis le 21 août 2007, Yannick Imbert, directeur de la mission d'accompagnement du projet Iter (mission Iter), auprès du préfet de région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, a été nommé chef du Cabinet du Garde des Sceaux, ministre de la Justice, Rachida Dati. Pour exercer ses nouvelles fonctions, il dispose d'une expérience de plus de vingt-cinq ans acquise au sein de diverses collectivités et administrations territoriales. Doté d'une solide formation supérieure (Ecole nationale d'administration (ENA), institut des études de la sécurité intérieure et cycle des hautes études pour le développement économique), il a débuté sa carrière en 1981 au service des affaires économiques de la mairie de Villeurbanne avant de diriger, à partir de 1989, les services financiers du bureau d'aide sociale de la Ville de Paris. A partir de 1993, il commence à ouvrir ses horizons en occupant successivement différents postes (sous-préfet de Saint-Amand-Montrond, secrétaire général de la préfecture de la Haute-Loire, sous-préfet de Calais) avant de devenir secrétaire général pour les affaires régionales d'Aquitaine en 2000. *«Ces sept années ont été très riches tant au contact des administrations, des institutions, des élus et des industriels qu'à travers la gestion de dossiers variés comme la mise en œuvre d'un plan de développement durable pour la Loire (plan Loire grandeur nature), les exercices de sécurité du Tunnel sous la Manche, la création du centre d'hébergement de Sangatte ou encore la mise en place de la route des Lasers en Aquitaine en accompagnement du Laser Mégajoule»* résume-t-il. Un parcours qui le destinera à devenir secrétaire général de la préfecture des Bouches-du-Rhône, en 2004, avant de diriger la mission Iter à partir de 2005. Son successeur à la tête de la mission Iter sera nommé dans les semaines à venir.

## Appels d'offres pour l'itinéraire Iter

Les premiers travaux d'aménagement de l'itinéraire concernant le transport des composants nécessaires au projet Iter débuteront en novembre 2007. A cet effet, onze premiers appels d'offres ont été lancés entre fin juin et fin juillet dernier par la direction régionale de l'Equipement. Les premières opérations concerneront particulièrement l'aménagement de carrefours giratoires, l'élargissement ou la rectification de certains tronçons de routes départementales ou encore la création de pistes le long du canal EDF par exemple. Les travaux prévus concernent pour l'essentiel des aménagements, en certains points, de routes existantes sur un parcours d'environ 100 km entre Berre-l'Etang et Saint-Paul-lez-Durance.

www.paca.equipement.gouv.fr

# LES NEWS

## Un homme de la fusion pour Fusion for Energy

DIDIER GAMBIER ASSURE LA DIRECTION DE L'AGENCE DOMESTIQUE EUROPÉENNE, BAPTISÉE « FUSION FOR ENERGY », DEPUIS LE 17 JUILLET 2007.

Didier Gambier
Directeur de l'agence domestique européenne Fusion for Energy

Pour Didier Gambier, une nouvelle ère s'ouvre dans le domaine de l'énergie de fusion. *«Je suis convaincu que nous entrons dans une phase très importante pour le développement de l'énergie de fusion. L'agence domestique européenne aura à jouer un rôle clé pour conforter la position de l'Europe dans le domaine des recherches sur la fusion et dans la construction d'Iter»* déclarait-il lors de l'inauguration des locaux à Barcelone en juin dernier. Nul doute que l'expérience acquise au fil des années par ce physicien lui permettra de relever les défis de Fusion for Energy. Après avoir débuté sa carrière scientifique au CEA (à Fontenay-aux-Roses puis à Cadarache), il part en Angleterre en 1991 pour devenir l'assistant scientifique du directeur de l'installation JET. En 1992, il rejoint l'équipe Iter basée aux Etats-Unis qui travaille, alors, sur les premières études conceptuelles du projet. Quelques années plus tard, ses missions au sein du centre international des sciences et technologies de Moscou, dont il deviendra le directeur exécutif en 2003, le conduiront très rapidement à développer de nombreux échanges aussi bien avec des représentants des ministères américains, japonais, coréens, norvégiens et suédois que de groupements d'entreprises ou d'instituts de recherche européens. Une expérience qu'il a fait fructifier au cours des trois dernières années en étant responsable de l'unité de recherche fusion au sein de la Commission européenne (direction générale Recherche). Impliqué dans les négociations internationales pour Iter, il apprécie *«le long chemin parcouru avec l'ensemble des partenaires qui permet de déboucher sur des réalisations majeures sans précédent dans l'histoire de la coopération scientifique»*. Dotée d'un budget d'environ 4 milliards d'euros pour les dix premières années, l'agence domestique européenne emploiera une centaine de collaborateurs. Elle est responsable notamment de la construction des bâtiments de l'installation nucléaire et d'éléments non transportables (bâtiments de bureaux par exemple). Elle participe également à la réalisation de plusieurs composants fabriqués en partenariat avec les autres partenaires du projet. Elle finance, aussi, les trois projets développés en partenariat avec le Japon : l'installation Ifmif dédiée aux études du comportement des matériaux sous irradiation, le centre de calcul et de simulation informatique et d'expérimentations à distance et la modernisation du tokamak japonais JT-60. *«Ces projets développés en parallèle d'Iter sont essentiels pour accélérer les recherches dans le domaine de la fusion dans la perspective de la mise au point du prototype préindustriel Demo destiné à produire de l'électricité»* souligne Didier Gambier.

Inauguration des locaux de Fusion for Energy en présence d'Antoni Castells, conseiller en Economie et Finances de la «Generalitat» de Catalogne, de Mercedes Cabrera Calvo-Sotelo, ministre espagnol des Sciences et de l'Education, de Janez Potochnik, Commissaire européen de la Recherche et de la Science et de Jordi William Carnes, représentant du maire de Barcelone.

Procédure

## Appels d'offres de l'Agence Iter France

D'ici à la fin de l'année 2007, l'Agence Iter France aura publié vingt-cinq appels d'offres ayant fait l'objet d'une information préalable, conformément à la législation en vigueur, dans le cadre des travaux de viabilisation du site Iter. Ils concernent des opérations de préparation des plates-formes, de voirie, de réseaux d'eaux, d'approvisionnement et d'installation de câbles électriques en vue de l'alimentation du chantier avec une ligne de 15 kV, de création de zones entreprises sur le chantier (plate-forme et voiries, fondations et clôtures, modules d'équipements, gardiennage et accès, maintenance…), d'installation de bâtiments de bureaux provisoires pour l'organisation internationale…

Plusieurs dossiers sont actuellement en préparation ou seront lancés l'année prochaine. Ils concernent, essentiellement, la construction des premiers bâtiments définitifs (bureaux, restaurant d'entreprise, service médical…).

Les informations relatives à ces consultations paraissent dans la presse (Journal officiel de l'Union européenne et presse régionale) et sur le site internet mis en place par la chambre régionale de commerce et d'industrie.

www.iterentreprises.com

Emplois

## Les emplois Iter

Au cours de l'année 2007, l'organisation internationale, implantée à Cadarache, a lancé deux campagnes de recrutement. Elles ont concerné 69 postes au total dans les domaines de l'ingénierie, de la technique mais aussi de l'administration. Plus de 104 nouveaux postes seront accessibles sur le site www.iter.org avant la fin de l'année.
La procédure de recrutement se déroule en plusieurs étapes. Les candidats, ressortissants des pays membres d'Iter, doivent postuler par l'intermédiaire de l'agence domestique de leur pays (Fusion for Energy pour les ressortissants européens), qui transmettent les dossiers à l'organisation internationale. Les candidats sont reçus en entretien par l'organisation internationale.

www.iter.org

"INTERFACES "est une publication éditée par l'Agence Iter France.
Directeur de publication : François Gauché
Rédaction : Sylvie André-Mitsialis, Véronique Marfaing, Alexandra Maraval
Tél. : 04 42 25 29 26
sylvie.andre@agenceiterfrance.org
Maquette : éOP !
Crédit photos : tous droits réservés, AIF Jean-Marie Huron, CEA
Impression : SIRIS

News

## Une organisation en trois niveaux

### L'organisation internationale (ITER Organization)

Il s'agit d'une organisation comme celle mise en œuvre pour la station spatiale internationale. L'organisation Iter est régie par un traité international qui fixe les droits et obligations de chaque partenaire : Chine, Corée du Sud, Etats-Unis, Europe, Fédération de Russie, Inde, Japon. L'organisation internationale est responsable de la conception de l'installation de recherche, de sa construction prévue pendant 10 ans, de son exploitation pendant 20 ans et de sa mise à l'arrêt. Son directeur général, Kaname Ikeda, rend compte de l'état d'avancement du projet à un conseil composé de représentants de chaque partenaire.

www.iter.org

### Les agences domestiques

Une agence domestique, chargée de l'interface du pays membre d'Iter avec l'organisation internationale et de la fourniture à cette même organisation internationale des composants prévue par les négociations internationales, est établie dans chaque pays : aux Etats-Unis dans le Tennessee au sein de l'Oak Ridge National Laboratory , en Russie à Moscou au sein de l'institut Kurchatov, en Corée du Sud à Daejon au sein du Korea Advanced Institute of Science and Technology, au Japon à Naka avec la Japan Atomic Energy Agency, en Inde à Bhat au sein de l'Institute for Plasma Research, en Europe à Barcelone avec l'entreprise commune «Fusion for Energy» et en Chine à Hefei avec le China Fusion Center.

### Deux piliers de l'organisation mise en place en France : l'Agence Iter France et la mission d'accompagnement Iter

La France en tant que pays d'accueil du projet a mis en place deux entités opérationnelles pour honorer les engagements pris dans le cadre des négociations internationales. La mission Iter, placée auprès du Préfet de région, est en charge de la réalisation des équipements régionaux comme, par exemple, l'école internationale dont le financement et la maîtrise d'ouvrage sont assurés par le conseil régional PACA ou l'aménagement de l'itinéraire Iter pour le transport des composants exceptionnels financé par le conseil général des Bouches-du-Rhône. L'Agence Iter France est composée d'une vingtaine de collaborateurs. Créée au sein du CEA, elle est responsable en particulier de l'accueil des collaborateurs Iter et de leur famille et des travaux de viabilisation du site avant le démarrage des travaux de construction de l'installation de recherche prévu en 2009.

www.itercadarache.org

# Iter : un projet en construction

REPRODUIRE UNE ÉNERGIE QUI RESSEMBLE À CELLE CRÉÉE NATURELLEMENT AU CŒUR DU SOLEIL EST DEVENU UN DÉFI RASSEMBLANT UNE IMPORTANTE COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE. LE PROJET ITER, QUI REPRÉSENTE L'ABOUTISSEMENT DE 40 ANS D'EXPÉRIENCES SCIENTIFIQUES MENÉES SIMULTANÉMENT À TRAVERS LE MONDE, EST L'UN DES ÉLÉMENTS MAJEURS DE CES RECHERCHES.

Sondages géologiques sur le site Iter

La mise au point de l'énergie de fusion revient à reproduire des réactions qui ressemblent à celles qui ont lieu au cœur du soleil. Sur terre, le processus consiste à faire fusionner des atomes, comme le deutérium et le tritium (cf pages 2 et 3) en les chauffant à de hautes températures pour obtenir un plasma qui devient source d'énergie. Sur la base de ce processus, les expérimentations programmées à partir de 2016 avec le projet Iter ont pour objectif de prouver que la fusion pourrait devenir une source d'énergie à l'horizon 2050.
Dans le cadre d'un large partenariat international, d'importantes ressources financières et humaines sont mobilisées afin de réunir les conditions nécessaires à la mise en œuvre du projet. Chaque partenaire participe au financement, à hauteur de 9 % environ chacun, du coût de construction d'Iter et l'Europe, quant à elle, en prend à sa charge 45 %. Les collectivités territoriales participent également au financement du projet ; une partie de ce financement concerne la réalisation d'équipements régionaux. Un investissement dont les retombées pour la région provençale se mesurent, par exemple, à travers les emplois créés ou induits par le projet.

*Mobilisation de compétences variées : physique, électronique, mécanique, robotique, BTP…*

L'organisation internationale rassemble actuellement 165 personnes et comptera plus de deux cents collaborateurs à la fin de l'année 2007. Concernant les emplois en région, les travaux d'aménagement liés à Iter requièrent des compétences dans le secteur du bâtiment et des travaux publics (conducteurs d'engins, poseurs de canalisations, coffreurs bancheurs…). Un pic de 2000 emplois est attendu dans ce secteur lors du démarrage de la construction de l'installation de recherche en 2010. La période de l'assemblage du tokamak, vers 2012, mobilisera des compétences dans les domaines divers comme l'électronique, la mécanique, la robotique entre autres. Pour l'heure, les travaux de viabilisation, prévus à l'automne 2007 sous la maîtrise d'ouvrage de l'Agence Iter France, concerneront les alimentations en eau et en électricité (15kV) ainsi que l'aménagement d'un rond-point pour l'entrée principale. Au début de l'année 2008 est prévu le nivellement du site sur environ 35 hectares. Affaire à suivre…

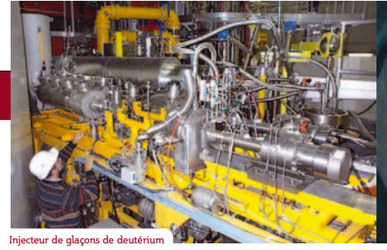
Création d'une piste de défense contre les incendies

## Actu TERRITOIRE

### Un atelier pour Iter et les territoires

Etabli conjointement par l'Etat et le Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), l'atelier technique Iter et les territoires est engagé dans une stratégie de développement durable en Val de Durance. Il s'est réuni le 19 juin à Sainte-Tulle pour la restitution des travaux du 1er semestre 2007. Plus de cent participants ont été rassemblés lors de cet atelier co-présidé par Béatrice Abollivier, préfète des Alpes-de-Haute-Provence et Christophe Castaner, vice-président du Conseil régional Provence-Alpes-Côte d'Azur. Plusieurs orientations ont ainsi été identifiées comme la nécessité d'une vision commune à l'échelle du territoire, d'une gouvernance et d'une ingénierie adaptée (concours d'idées) et de pistes de mesures concrètes (concept de la vallée des énergies nouvelles). Elles permettront la mise au point d'un cadre d'actions qui pourrait être développé lors du prochain Comité interministériel d'aménagement et de compétitivité des territoires (CIACT).

N° 5 - août-septembre 2007


Injecteur de glaçons de deutérium

Vue d'un glaçon injecté dans un plasma

# Les combustibles de la fusion

LES COMBUSTIBLES UTILISÉS POUR PRODUIRE UNE ÉNERGIE DE FUSION SUR TERRE SE CARACTÉRISENT PAR LEUR GRANDE DISPONIBILITÉ ET LEUR POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE. DEUX PROPRIÉTÉS QUI OFFRENT DES PERSPECTIVES PROMETTEUSES POUR UNE ÉNERGIE DU FUTUR.

Le deutérium est naturellement présent dans l'eau de mer

Le soleil est une énorme boule de gaz chaud comprimé qui produit naturellement de l'énergie. L'expérience qui permet de constater qu'un gaz comprimé s'échauffe est simple à réaliser. Il suffit de gonfler énergétiquement une chambre à air et de toucher ensuite l'extrémité de la pompe à vélo pour le vérifier. La matière au cœur du Soleil est d'autant plus chaude que sa profondeur est grande. Ainsi, plus on va vers le cœur du soleil, plus la pression augmente et plus il fait chaud. Le Français Jean Perrin a été le premier physicien à penser que l'énergie ainsi produite provenait de la fusion d'atomes d'hydrogène. Quelques années plus tard, l'Allemand Hans Bethe a décrit explicitement les réactions mises à l'œuvre au cœur du soleil. La température de l'ordre de 15 millions de degrés permet aux noyaux d'atomes d'hydrogène de fusionner et de produire de l'hélium. C'est ainsi que les réactions de fusion libèrent beaucoup d'énergie.

## Des ressources abondantes

Après une série d'expériences en laboratoire, comme celles réalisées par Marcus Oliphant en collaboration avec Lord Ernest Rutherford au début des années 30, il a été démontré que la réaction la plus facile à réaliser, pour obtenir des réactions de fusion sur terre met en œuvre des «cousins» de l'hydrogène, dits isotopes : le deutérium et le tritium. Le deutérium est un élément non radioactif présent dans l'eau de mer en grandes quantités dont il peut être extrait selon des procédés de filtration industriels. Ces techniques, dites de séparation isotopique, permettent de séparer l'hydrogène du deutérium contenu dans l'eau.

Quant au tritium, il se forme à l'état naturel dans l'atmosphère par l'interaction du rayonnement cosmique avec l'azote (78 % dans l'air), l'oxygène et l'argon présents dans les hautes couches de l'atmosphère. Pour son utilisation dans des installations de production d'énergie, il faut le produire à partir du lithium, métal présent dans les roches et l'eau de mer.

Le tritium se désintègre pour se transformer en hélium. Cette désintégration s'accompagne de la libération d'une énergie (rayonnement bêta) très peu énergétique ; en effet la pénétration de ce rayonnement n'est que de 5 mm dans l'air et de 6 µm dans l'eau ou les tissus humains.

Une fois les principes de base compris, les physiciens n'ignoraient pas qu'il restait quelques difficultés à résoudre. Chargés positivement, les noyaux de deutérium et de tritium se repoussent. Pour vaincre cette force de répulsion qui les empêche de fusionner, il faut les rapprocher à une distance d'un millième de milliardième de millimètre ($10^{-15}$ m) en leur communiquant une grande vitesse. C'est pour cette raison, que le combustible introduit au sein d'une installation comme Iter sous forme de gaz doit être chauffé à de hautes températures de l'ordre de 100 millions de degrés. A ces températures, les atomes se retrouvent dans un état de la matière appelé plasma. Les particules qui ont perdu leurs électrons se déplacent à grande vitesse, augmentant ainsi les réactions de fusion.

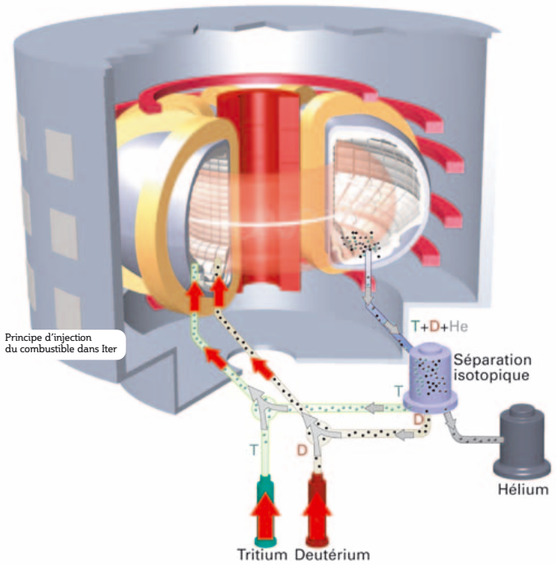
## Un fort potentiel énergétique

Une fois la question de la température réglée, il faut s'attaquer au problème de la densité qui ne doit être ni trop faible, pour que les noyaux des atomes aient des chances de se rencontrer, ni trop élevée, afin d'éviter que le mélange deutérium/tritium n'exerce une pression trop forte sur l'enceinte où est produit le plasma ; la limite à ne pas dépasser est estimée à 100 milliards de milliards de particules par mètres cube (200 000 fois moins que l'air ambiant !).

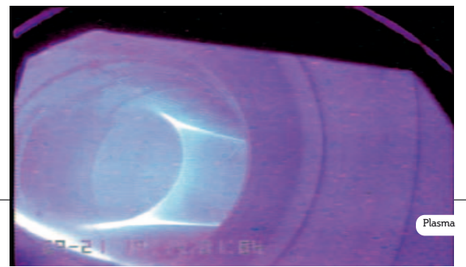
À l'état naturel, le tritium se forme dans l'atmosphère par l'interaction du rayonnement cosmique avec l'azote.

L'objectif avec Iter est d'obtenir un volume de plasma de 840 $m^3$ (plus de 30 fois le volume obtenu avec l'installation Tore Supra à Cadarache) avec environ un gramme de combustible consommé au sein de chaque plasma formé[1]. Iter sera la plus grande installation de recherche au monde capable de générer et de contrôler des plasmas chauffés en grande partie par l'hélium produit par les réactions de fusion et produisant une puissance dix fois plus importante que celle qui aura été injectée dans le plasma (500 MW pour 50 MW injectés). C'est l'un des enjeux majeurs d'Iter.

[1] En fonction des programmes expérimentaux, la quantité maximale de tritium mise en œuvre pourra être d'un kg environ au cours d'une année.



Principe d'injection du combustible dans Iter


Plasma

## Le combustible du Soleil

Comme toutes les étoiles, le Soleil est un réacteur à fusion nucléaire naturel. Au cours des réactions nucléaires de fusion qui se produisent en son sein, l'hydrogène est transformé en hélium en libérant une formidable énergie. La température au centre du Soleil est de l'ordre de quinze millions de degrés, la densité est cent cinquante fois celle de l'eau et la pression est égale à 200 milliards de fois la pression atmosphérique terrestre. Dans les zones les plus centrales du Soleil, plus denses et plus chaudes, les réactions de fusion transforment quatre noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium et libèrent une importante énergie qui compense celle qui s'échappe par la surface sous forme d'énergie rayonnée. Il faut que l'étoile soit suffisamment massive pour comprimer le cœur et amorcer les réactions nucléaires. Au cœur du Soleil, ce sont 620 millions de tonnes d'hydrogène qui, chaque seconde, sont transformés en 615,7 millions de tonnes d'hélium. La masse manquante est convertie en énergie selon la fameuse formule E=mc2.

Des réactions de fusion se produisent naturellement au cœur du soleil.

## Des «cousins» de l'hydrogène

Un atome est constitué d'un noyau autour duquel gravite un électron. Dans le cas de l'hydrogène, le noyau se réduit au seul proton et ne contient pas de neutron ; il a trois isotopes, en quelque sorte ses «cousins», qui existent à l'état naturel : l'hydrogène léger (ou protium) qui est le plus abondant (environ 99,98 %), le deutérium (environ 0,015 %) et le tritium en quantité infime (un atome de tritium pour $10^{18}$ atomes d'hydrogène). Découvert par Rutherford et identifié par Alvarez, le tritium a les mêmes propriétés physico-chimiques que l'hydrogène ; pour l'essentiel, il se comporte comme lui. C'est l'isotope radioactif de l'hydrogène (le deutérium, lui, est stable) ; son noyau contient deux neutrons ; il se transforme naturellement en hélium en émettant un électron. L'énergie ainsi dégagée est émise sous la forme d'un rayonnement arrêté par cinq millimètres d'air ou par six µm d'eau. C'est un élément radioactif à vie courte (12,3 ans) ; ce qui signifie que sa radioactivité diminue de moitié en 12,3 ans et continuera à diminuer à la même cadence.

## De l'environnement à l'homme

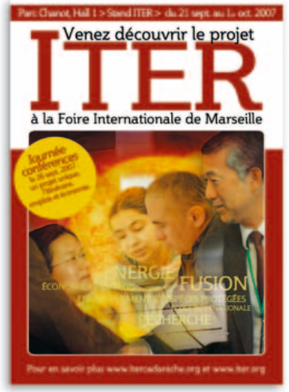
Etant un isotope de l'hydrogène, le tritium participe au cycle de cet élément dans l'environnement. Lorsqu'il est sous forme d'eau tritiée, il est mobile sans se concentrer pour autant dans les chaînes alimentaires. Son élimination de l'organisme humain s'effectue de façon similaire à celle de l'eau avec une période biologique d'environ 10 jours. En raison de la faible énergie de son rayonnement et de son élimination rapide de l'organisme, le tritium apparaît comme un produit très peu radiotoxique. Dans le livre paru aux Editions de Physique, «le tritium, de l'environnement à l'homme», le Professeur Maurice Tubiana, membre de l'académie des Sciences et de l'académie de Médecine, rappelle que *«pour les biologistes et les médecins, c'est l'un des radio-isotopes les plus utiles, l'un de ceux qui ont le plus contribué depuis 1950 à la révolution de la biologie moléculaire»*.

## Le tritium et Iter

Le tritium nécessaire au programme de recherche Iter pourrait provenir du Canada comme c'est le cas, actuellement, pour l'installation de recherche JET en Angleterre. Par ailleurs, Iter sera doté de plusieurs modules, en lithium, pour réaliser des expériences de production de tritium à l'intérieur de l'installation. Cet objectif technologique est essentiel dans la perspective de la mise au point d'un réacteur industriel qui, lui, devra produire le tritium dont il aura besoin pour fournir in fine de l'électricité.

# AGENDA

## 26 septembre
## journée spéciale Iter
## Foire internationale de Marseille




Du 21 septembre au 1er octobre 2007, le projet Iter sera présenté au grand public au sein du hall 1 de la foire internationale de Marseille. Une équipe composée de scientifiques, techniciens, ingénieurs ou encore communicants seront à votre disposition pour vous présenter l'un des plus grands projets du début du XXIe siècle dans le secteur des énergies. Un cycle de conférences est prévu le 26 septembre toute la journée faisant le point sur l'état d'avancement du projet Iter et ses impacts dans le secteur de l'économie et de l'emploi, le transport des composants (accès sur demande du carton d'invitation).

**Stand Iter, hall 1 - Parc Chanot, Marseille**
**Contact : 04 42 25 29 26**
**www.itercadarache.org**

## 17 octobre
## Rencontrer les employeurs

Afin de créer les conditions d'une rencontre entre demandeurs d'emploi et entreprises autour de la dynamique du projet Iter et des retombées qu'il génère, le salon de l'initiative objectif retour emploi ouvre ses portes le 17 octobre 2007. Co-organisée par le conseil général de Vaucluse, le service public de l'emploi, en partenariat avec la commune de la Tour d'Aigues et le collège Albert Camus, cette opération se déroulera en deux temps. La matinée sera consacrée à une série de présentations du projet Iter et ses impacts en termes de développement d'emploi et de services. L'après-midi permettra au public en recherche d'emploi d'entrer en contact avec les employeurs potentiels de la région. Une occasion pour un grand nombre de déposer leur Curriculum Vitae et de s'informer sur les besoins à venir en termes de formations professionnelles dans les secteurs du BTP, de l'industrie-métallurgie, des services aux entreprises et aux personnes ou encore de la sécurité, secteurs actuellement privilégiés par l'ouverture du chantier de viabilisation d'Iter.

**Collège Albert Camus - Quart Le Parc**
**La Tour d'Aigues**

Iter