

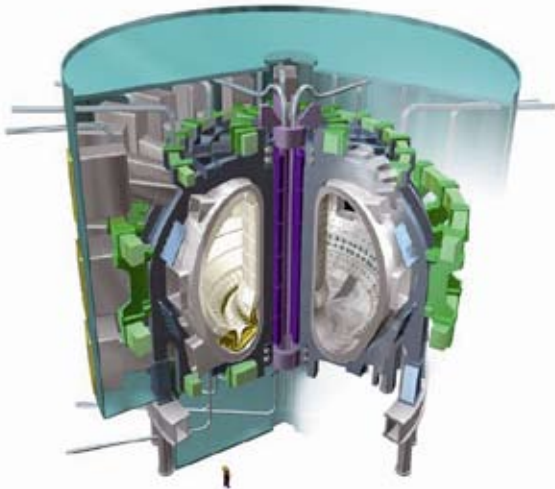
الاندماج النووي هل هو المستقبل ؟

هذا ما يقوم عليه مشروع المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي والذي تبلغ تكلفته عشرة بلايين يورو.

بقلم: مارك ويسترا

نوفمبر/تشرين ثان من عام 1985 حيث اقترح رئيس الوزراء الروسي جورباتشوف - بعد مناقشات مع الرئيس الفرنسي ميتران - على الرئيس الأمريكي ريجان إقامة مشروع لتطوير طاقة الاندماج النووي للأغراض السلمية، ومن هنا بدأ مشروع (ITER) في صورة تعاون بين الاتحاد السوفيتي (السابق) والولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي واليابان.

ومنذ تم التفاهم بشأن المشروع (ITER) حدثت به بعض التطورات، إذ أصبح تحت رعاية الوكالة الدولية للطاقة الذرية والتي أودع بها اتفاق تنفيذ المشروع. وتوفر الوكالة الدولية للطاقة الذرية باستمرار الدعم النشط للمشروع، ومثال ذلك تنظيم مؤتمر طاقة الاندماج مرة كل عامين وكذلك الاجتماعات الفنية التنسيقية المتعددة مع جلسات خبراء من (ITER)، وإصدار وثائق المشروع بمعرفة الوكالة، وكذلك إصدار رسالة إخبارية شهرية عن المشروع.



منذ بدأت أعمال التصميم المفهومي للمفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي في عام 1998، سار التصميم عبر مراحل متعددة قبل الوصول إلى الحالة الموضحة في هذه الصورة عام 2001. ويتضح حجم المفاعل قياساً على صورة الرجل الموجودة أسفل الشكل.

(مجملة من / ايريك فيردولت (www.kennisinbeeld.nl)

الاندماج النووي، تلك العملية التي يتم فيها اندماج نواتين خفيفتين لتكوّن نواة واحدة أثقل منهما، هو مصدر للطاقة في الشمس وفي النجوم. والهدف بعيد المدى من بحوث الاندماج هو تسخير هذه العملية للمساعدة في تلبية الاحتياجات المستقبلية للطاقة. إن هناك احتمالات جيدة لتوفير الطاقة الآمنة والحميدة بيئياً على نطاق واسع بهذه الطريقة التي تتميز بوفرة و إتاحة مصادر الوقود.

ولقد تم إحراز تقدم هائل في بحوث الاندماج والتي تجرى على يد علماء من كافة أنحاء العالم على مدى العقود الماضية. وتستعد الجماعة المهتمة بشئون طاقة الاندماج لاتخاذ الخطوة التالية، حيث أتمت تصميم تجارب المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي (ITER). وهدف هذا المشروع مُكرّس لتوضيح إمكان استخدام الاندماج النووي لتوليد الطاقة وكذلك للحصول على البيانات المهمة والضرورية لتصميم وتشغيل أول محطة لإنتاج الكهرباء. والمشاركون في هذا المشروع هم الاتحاد الأوروبي (بما في ذلك سويسرا، ويمثلهم الاتحاد الأوروبي للطاقة النووية - اليوراتوم) واليابان والصين والهند وجمهورية كوريا والاتحاد الروسي والولايات المتحدة الأمريكية.

إن إنشاء وتشغيل مشروع (ITER) يعد خطوة مهمة لتحديد إمكان الاستفادة البشرية من الاندماج النووي لتوليد الطاقة على نطاق واسع.

بداية مبكرة

بينما تم إحراز تقدم ملحوظ في الأعمال التجريبية الكبيرة للاندماج النووي على اتساع العالم، والتي شُيد الكثير منها خلال فترة الثمانينيات، فقد كان جلياً أنه مازالت هناك حاجة لأداة كبيرة وأكثر قوة، يمكن فيها خلق الظروف المتوقعة في مفاعلات الاندماج، وذلك لإثبات الجدوى العلمية والفنية لهذه الطريقة. ومن هنا فإن برامج الاندماج النووي في كافة أنحاء العالم قد شرعت في وضع تصميماتها الخاصة في بداية الثمانينيات.

ونبعت فكرة مشروع المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي (ITER) في مؤتمر القمة للدول العظمى في جنيف

الاندماج النووي، والإبقاء عليها. وجميع هذه الحلقات مصنعة من مواد فائقة التوصيل الكهربي.

ويتم تسخين مخلوط الوقود والذي يتكون من نظيري الهيدروجين: التريتيوم والديوتيريوم إلى ما يتجاوز المائة مليون درجة. وتؤدي درجات الحرارة العالية إلى اندماج بعض جسيمات الوقود، منتجة ذرة الهليوم، كما يتولد نيوترون واحد عن كل تفاعل اندماج نووي. وتنتقل معظم الطاقة المولدة من تفاعل الاندماج إلى الجدار عن طريق النيوترونات، وفي داخل هذا تتفاعل النيوترونات مع طبقة رقيقة من ذرات الليثيوم حيث يتم إنتاج وقود التريتيوم. ويتم التخلص من الحرارة الناتجة عن إبطاء حركة النيوترونات بواسطة مائع التبريد.

ولكي تكون الطاقة الناتجة عن تفاعل البلازما أكثر من الطاقة اللازمة لإحداث هذا التفاعل، فإنه ينبغي أن تكون البلازما ساخنة لدرجة حرارة عالية، وكثيفة لدرجة شديدة، وأن يتم احتواؤها لزمناً طويلاً وكافاً. ولتحقيق الأهداف المطلوبة من المشروع، فإن حجم المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي (ITER) سوف يبلغ ضعف حجم أكبر مفاعل توكوماك قائم في الوقت الحالي والذي يمثل مشروع الطاقة الأوروبية المشتركة (JET) والموجود حالياً في المملكة المتحدة، كما يتوقع أن يكون الأداء الاندماجي لمشروع (ITER) أضعاف قدرة الأداء الاندماجي للمشروع القائم (JET). وتمثل تلك الاستقرارات العالية فيما يتعلق بالحجم وبالأداء الفيزيائي أكبر عوامل اللاتيقين في تصميم مشروع (ITER).

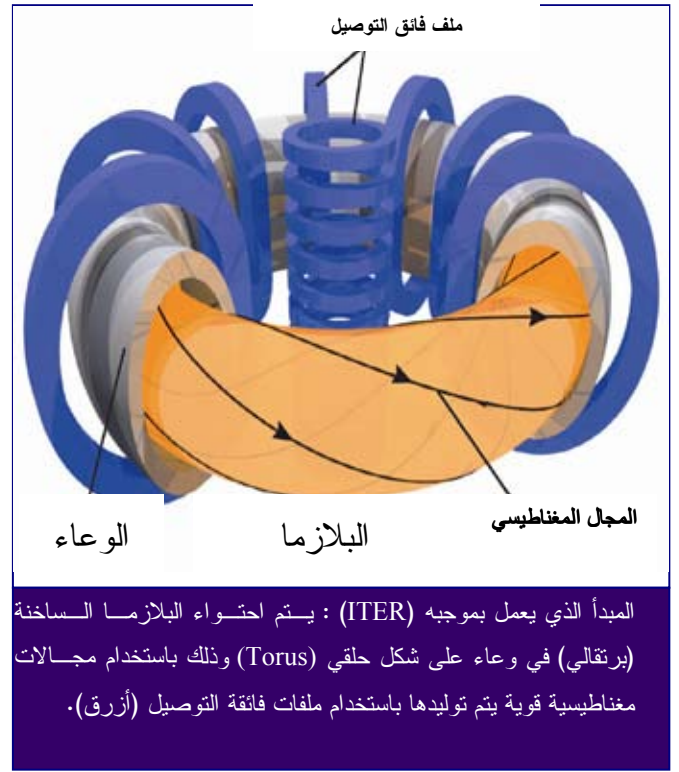
منظمة المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي.

وهذه سوف تكون المنظمة الدولية المسؤولة عن تنفيذ المشروع، ومقرها مدينة كاداراش في جنوب فرنسا، وستكون هذه المنظمة مسؤولة عن كافة أعمال المشروع مثل الحصول على الترخيص، شراء المعدات، تجارب بدء التشغيل، والتشغيل الفعلي، وأعمال الإخراج من الخدمة عند انتهاء العمر التشغيلي للمفاعل.

وقد تأسست هذه المنظمة بموجب اتفاق التنفيذ المشترك والذي تم توقيعه من قبل الأطراف المشاركة في المشروع في 21 نوفمبر/تشرين ثان 2006، والذي سوف يتم التصديق عليه من قبل المؤسسات التشريعية في الدول الأعضاء (حسب المتطلبات القانونية في كل دولة) وذلك خلال عام 2007.

وسوف تتحمل الدول الأعضاء في المنظمة تكلفة المشروع. وتقدر تكلفة إنشاء المشروع بحوالي خمسة بلايين يورو، موزعة على عشر سنوات تقريباً. ومن المنتظر أن تحتاج مرحلة التشغيل (والتي تستغرق عشرين عاماً بعد انتهاء مرحلة الإنشاء) لخمس بلايين يورو أخرى. وخلال فترة تشييد المفاعل، لن تكون مساهمة الدول الأعضاء في صورة دفع نفقات شراء المكونات، بل ستكون المساهمات على شكل توريد 90% من هذه المكونات. وسوف تتحمل الدول الأوروبية الأعضاء حوالي نصف نفقات أعمال الإنشاء، بصفتها الدول المضيفة للمشروع، بينما تتحمل كل واحدة من الدول الست الأخرى نسبة 10% من التكلفة، بما يوفر 10% زيادة في التمويل لمواجهة الأعمال الطارئة.

وسوف تقوم كل دولة عضو في المشروع بإنشاء وكالة محلية لديها تختص بتدبير وإدارة مساهماتها في المشروع. وتكون هذه الوكالة مسؤولة عن توريد المكونات التي تساهم بها الدولة في المشروع.



إنتاج الطاقة المستمر

إن الهدف من مشروع (ITER) هو "البرهنة على الجدوى العلمية والتكنولوجية لطاقة الاندماج النووي واستخدامها للإغراض السلمية"، ولتحقيق ذلك فإن مشروع (ITER) سوف يوضح إمكانية الإنتاج المستمر للطاقة، والتكنولوجيات الأساسية لطاقة الاندماج في نظام متكامل، كما يقوم باختبار العناصر الرئيسية المطلوبة لاستخدام الاندماج كمصدر عملي للطاقة.

ولسوف يقوم العلماء بدراسة البلازما في ظروف تتشابه مع تلك الظروف المتوقعة في محطات الاندماج النووي لتوليد الكهرباء. وسوف يمكن توليد 500 ميغاوات من طاقة الاندماج من مفاعل (ITER) لفترات مستمرة، وهذه الطاقة تبلغ عشرة أضعاف الطاقة المدخلة إلى المفاعل لحفظ البلازما عند درجة الحرارة اللازمة. ومن هنا فإن هذه هي أول تجربة اندماج نووي ينتج عنها طاقة صافية. ولسوف يتم في هذه التجربة كذلك اختبار عدد من التكنولوجيات الحاكمة، مثل نظم التسخين والتحكم والصيانة التشخيصية وعن بعد والتي سوف تكون مطلوبة في محطات الاندماج الحقيقية. ولسوف يتم خلال مشروع (ITER) كذلك اختبار وتطوير مفاهيم توليد التريتيوم من الليثيوم داخل المحيط المحتوي على البلازما.

وعند مقارنه مفاعل (ITER) مع التصميمات المفهومية الحالية لمفاعلات الاندماج النووي، فإن هذا المفاعل سوف يشمل معظم التكنولوجيات الضرورية، إلا أن أبعاده سوف تكون أقل قليلاً، وستكون الطاقة الناتجة منه في حدود السدس تقريباً من مستوى الطاقة الناتجة من مثل هذه التصميمات.

جهاز المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي

يقوم هذا الجهاز على مفهوم التوكوماك، وهو عبارة عن وعاء على شكل الطارة (الأنبوبة الحلقيّة) محاط بحلقات بتولد عنها مجال مغناطيسي شديد القوة، حيث يمكن بواسطة هذا المجال خلق الظروف الملائمة لعملية

(والتي سوف تكون لها ملكية وتشغيل المشروع نيابة عن الدول الأطراف) أعمالها بصفة مؤقتة. ومن المخطط أن تنتهي عمليات التصميم والمراجعة للوصول إلى التصميم الأساسي الجديد للمشروع خلال هذا العام.

ومع إنشاء منظمة (ITER) في نهاية عام 2006، ومع التطبيق المؤقت لاتفاق إنشائها - والذي لا يزال قيد التصديق فإن أعمال إخلاء الموقع وتسويته سوف تبدأ في عام 2007، وسوف يتم التقدم بطلب ترخيص الإنشاء في نهاية عام 2007. وستعقد جلسة استماع عامة خلال عام 2008، بهدف الحصول على ترخيص الإنشاء في نهاية عام 2008. وإذا ما تم تحقيق هذا المخطط بنجاح، فإن أعمال الإنشاء سوف تبدأ فعلاً في عام 2009، مما يجعل من الممكن تحقيق إطلاق البلازما الأولى في عام 2016. وسوف يتلو ذلك مراحل الإعداد للتشغيل، والتشغيل الفعلي والتي سوف تستغرق حوالي عشرين عام، ويتبعها مرحلة الإخراج من الخدمة والتي سوف تستغرق خمس سنوات.

على طريق طاقة الاندماج

إن مشروع المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي ليس غاية في حد ذاته، إنه جسر صوب المحطة الأولى التي توضح إمكانية إنتاج الطاقة الكهربائية على نطاق كبير. إن الهدف بعيد المدى للبحث والتطوير في مجال الاندماج النووي هو الوصول إلى نماذج أولية لمحطات طاقة الاندماج والتي تبرهن أمان التشغيل، والتوافق البيئي، والحيوية الاقتصادية. وتتطوي الإستراتيجية اللازمة للوصول إلى هذه الأهداف بعيدة المدى على عدد من العناصر المختلفة، وأولها هي إقامة مشروع (ITER)، ثم يلي ذلك إنشاء مفاعل إيضاحي آخر يطلق عليه DEMO.

وبالتوازي مع إنجاز مشروع (ITER)، فإنه من الضروري مواصلة جهود تطوير التكنولوجيا، وتحسين المفاهيم وذلك بهدف الوصول إلى مراحل إنشاء مفاعل توليد الكهرباء. والتقدم التكنولوجي مطلوب وعلى الخصوص في تأهيل المواد الإنشائية منخفضة التنشيط والملائمة للاستخدام النووي في درجات الحرارة العالية، وذلك بهدف التمكن من إعادة استخدام النفايات المشعة الناتجة عن مفاعلات الاندماج وفي مدى زمني معقول. ومن المخطط تنفيذ ذلك كجزء من "مقاربة أوسع" تشمل عناصر متعددة ومن ضمنها مشروع (ITER)، وذلك في سبيل وضع تكنولوجيا الاندماج النووي على أسرع مسار ممكن لتطويرها كمصدر للطاقة.

ولسوف يبرهن مشروع (DEMO) على إمكان التوليد واسع النطاق لطاقة الاندماج، وعلى الاكتفاء الذاتي لوقود التريتيوم. ويتوقع أن يكون مشروع (DEMO) جاهزاً للتشغيل خلال 30-35 عام من بداية أعمال الإنشاء في مفاعل (ITER)، ولسوف يقود هذا المشروع تكنولوجيا الاندماج إلى عصرها الصناعي ويفتح السبيل نحو أول محطة تجارية لطاقة الاندماج النووي.

مارك وسترا هو القائم بعمل رئيس قسم العلاقات العامة لمشروع ITER

في كاداراش بفرنسا

البريد الإلكتروني mark.westra@iter.org

وللمزيد من المعلومات عن مشروع (ITER) أنظر www.iter.org

ولقد استغرقت عملية اختيار موقع المشروع زمناً طويلاً، وتم الاتفاق عليه نهائياً في عام 2005. ففي 28 يونيو/حزيران 2005 أعلن رسمياً أن مشروع المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي سوف يتم إنشاؤه في الاتحاد الأوروبي، وذلك في موقع كاداراش بالقرب من (Aix-en-Provence) في جنوب فرنسا. ويغطي موقع كاداراش مساحة تقدر بحوالي 180 هكتار.

ويشمل الفريق الإداري الأعلى للمشروع كلاً من المدير العام للمشروع السيد كانام إيكيدا وهو السفير السابق لليابان في كرواتيا، ومدير وكالة اليابان القومية لتطوير بحوث الفضاء، كما أوكلت قيادة إنشاء المشروع للسيد نوربرت هولتكامب وهو ألماني الجنسية، وكان المدير السابق لنظم المعجلات في مشروع "مصدر التنظي النيوتروني" في أوكر ريدج بالولايات المتحدة. كما تم تشكيل فريق من كبار الخبراء لرئاسة كافة أقسام المشروع. وينمو هذا الفريق باضطراد في موقع كاداراش. أما المواقع التي كانت تجرى فيها بعض الأعمال ذات الصلة بالمشروع في جارشنج في ألمانيا، وفي تاكا باليابان فقد أغلقت في نهاية عام 2006.

الخط الزمني: البلازما الأولى في 2016

تم الانتهاء من معظم الأعمال التصميمية لمشروع ITER في عام 2001 - وبعد مراحل عديدة انطوت على تفاصيل كثيرة - وذلك بما يكفي لتمكين كافة الدول الأطراف المحتمل مشاركتها في المشروع من دراسة وتقدير تكاليف المكونات التي سوف تسهم بها خلال فترة الإنشاء. ويجري حالياً تطوير أعمال التصميم، لتشمل التفاصيل الدقيقة حتى يتسنى الحصول على المكونات بأسرع ما يمكن، حيث قد بدأت منظمة ITER



أجريت الاختبارات الصناعية على كثير من المكونات والتقنيات التي يحتاج إليها مشروع ITER، وعلى سبيل المثال هذا الجزء من وعاء التوكوماك والذي تم إنتاجه في اليابان (الصورة من معهد أبحاث الطاقة الذرية اليابانية).

(مجايلة من/ جيري)