



Opération de soudure au niveau du cylindre inférieur du cryostat d'ITER, qui contiendra la chambre à vide. Ce composant mesurera 10 mètres de hauteur et pèsera 490 tonnes.

© ITER Organization

La gammagraphie à ITER

Depuis novembre 2016, une activité particulière mettant en œuvre la radioactivité – la gammagraphie industrielle – est présente sur le chantier ITER.

L'utilisation de la radioactivité dans le domaine de l'imagerie médicale utilisant le pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants est bien connue. Cette technique est aussi utilisée pour d'autres usages, notamment dans le domaine culturel, pour l'étude, l'analyse et la restauration des œuvres d'art, et dans l'industrie. Si la radiographie médicale utilise les rayons X, la radiographie industrielle utilise plutôt les rayons gamma, plus

Une technique de radiographie pour vérifier la qualité des soudures

énergétiques, d'où l'utilisation du terme de gammagraphie. Ce procédé permet en effet de visualiser l'intérieur d'un objet métallique, à l'aide d'un appareil spécial contenant une source gamma – le « gammagraphe ». La gammagraphie est mise en œuvre par des entreprises spécialisées notamment

pour vérifier des soudures dans des endroits cruciaux comme les ailes d'avion, les oléoducs ou les gazoducs. Sur le chantier ITER, elle est utilisée pour le contrôle des soudures sur les pièces métalliques assemblées sur le site. Une centaine de « tirs » ont été réalisés sur la période 2016-2017. Ce chiffre est appelé à augmenter fortement avec l'avancement du chantier.



© ITER Organization

Radiographie industrielle

L'appareil de gammagraphie

La source est placée d'un côté de l'objet, et un détecteur – film argentique, voire numérique –, de l'autre côté. Après traitement du détecteur, les éventuels défauts d'homogénéité dans le métal sont ainsi immédiatement détectés.



Manivelle permettant la sortie de la source

Appareil contenant la source radioactive dans sa position de sécurité

Gaine d'éjection

Embout d'irradiation contenant la source radioactive lors de la réalisation des radiographies

©ASN

DÉCRYPTAGE

AVANT

Calculer la distance de balisage en fonction des caractéristiques de la source et des protections collectives qui seront mises en place (collimateur...). Ne pas oublier que cette distance est à respecter dans les trois dimensions (hauteur, largeur, longueur).

Anticiper toutes les contraintes présentes le jour de l'intervention : accessibilité de la pièce, possibilité de coactivité, spécificités liées à la plage horaire d'intervention, etc.

RADIOLOGUE INDUSTRIEL

DONNEUR D'ORDRE



PCR

Dessiner un plan de balisage fiable et facile à lire par l'opérateur le jour J (non surchargé, avec les informations pertinentes). L'insertion de photos en annexe peut être une bonne idée.

Anticiper les incidents ou accidents et définir à chaque fois la marche à suivre. Par exemple : s'éloigner si la source est bloquée dans la gaine d'éjection et contacter immédiatement la PCR ; le protocole de gestion de situation d'urgence à mettre en place si une personne traverse le balisage.

La numérotation des balises et la planification séquentielle de la pose et de la dépose peuvent être utiles quand il y a beaucoup de balises à poser.

Effectuer une visite in situ pour vérifier que le balisage prévu est adapté, et l'ajuster le cas échéant.

Des risques à maîtriser



DANGER
SOURCE DE RADIOACTIVITÉ

© ITER ORGANIZATION

La gammagraphie utilise des sources radioactives d'iridium 192 ou de cobalt 60, dont l'activité peut s'élever jusqu'à une vingtaine de TBq (Térabecquerels), soit vingt mille milliards de becquerels.

Des mesures de précaution pour éviter le risque d'irradiation

Ces sources sont confinées dans une enveloppe métallique étanche scellée, stockée dans le gammagraphe, ce qui assure la protection biologique, et permet ainsi le transport.

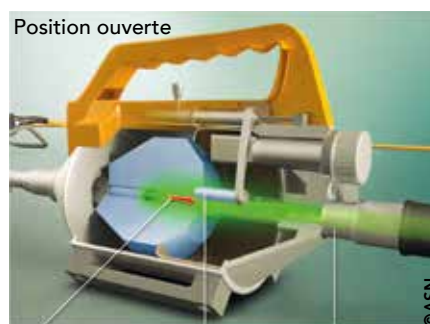
Les opérations – qu'on appelle « tirs » – présentent un risque important, puisqu'une personne placée à un mètre d'une source d'iridium 192 utilisée en gammagraphie pourrait subir une exposition de 20 mSv (millisieverts) en deux minutes, soit la limite annuelle autorisée pour les travailleurs du nucléaire.

Des incidents de gravité variable sont publiés par l'ASN, qui assure le contrôle de cette activité.

Vue en coupe d'un gammagraphe



Blindage Source Doigt obturateur en position sécurisée



Sens d'éjection de la source Doigt obturateur en position ouverte Gaine d'éjection

L'exposition aux rayonnements ionisants présentant un risque d'irradiation pour les personnes, des règles de radioprotection très strictes doivent être observées. Ces opérations sont réalisées de préférence de nuit ou en soirée, pour limiter la « cohabitation » avec d'autres activités. Préalablement aux tirs, les opérateurs doivent délimiter autour de l'appareil une zone interdite aux personnes non habilitées (zone d'opération). Ce balisage doit être matérialisé de manière visible et continue (rubalise, panneaux, signal lumineux...), cela concerne également les étages supérieurs et inférieurs. Il faut également savoir s'il y aura ou non d'autres travailleurs en activité à proximité, et anticiper toutes les contraintes potentielles, par exemple un éclairage spécifique en cas d'intervention de nuit, des moyens d'accès sécurisés, etc. Ce travail est le résultat d'une préparation du chantier initiée par la Personne Compétente en Radioprotection (PCR) de l'entreprise de radiographie industrielle avec le donneur d'ordre, qui peut lui aussi disposer d'une PCR, comme c'est le cas pour ITER.

Des précautions à chaque étape

En amont des tirs de gammagraphie sur chantier et le jour J, une zone d'opération doit être balisée. C'est le fruit d'un important travail de mise en place et de vérification. Feuille de route pour prévenir les risques et répondre aux règles de radioprotection.

LE JOUR J

1 Vérifier l'état de fonctionnement du matériel (gammagraphe, radiamètre, dosimètres) et de l'intégrité des protections (gammagraphe) avant de se rendre sur site.



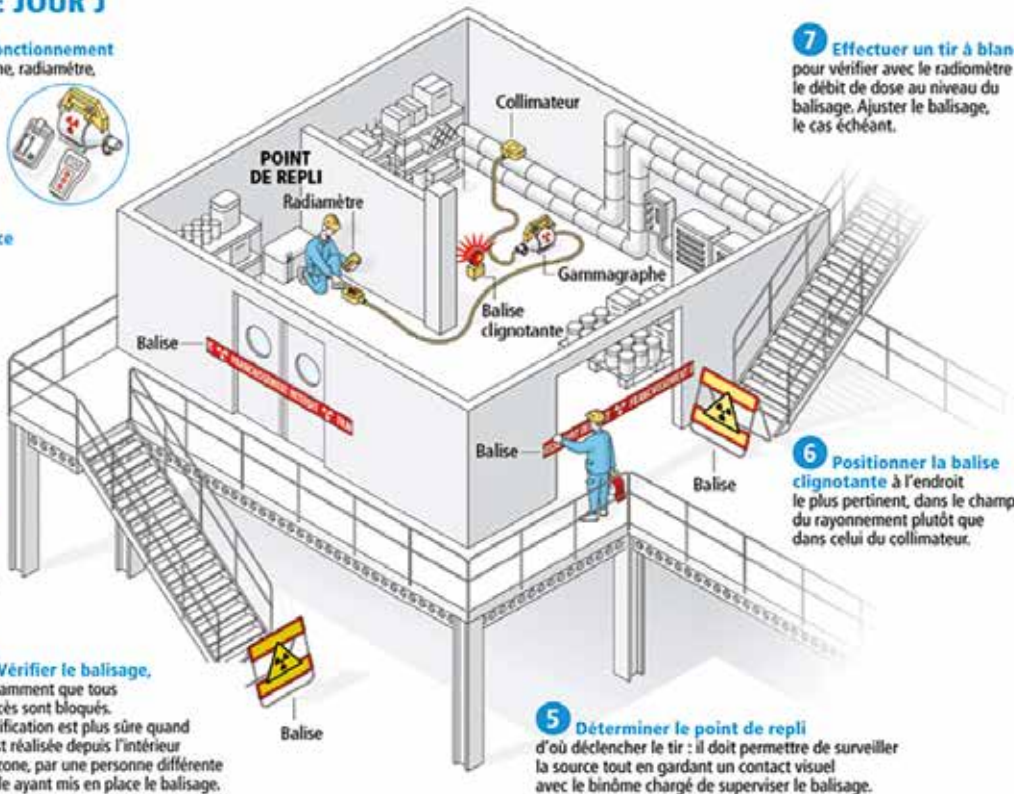
2 Signaler sa présence à l'accueil et l'objet de l'intervention, dès l'arrivée sur le site.



3 Mettre en place le balisage autour du gammagraphe et, si besoin, aux étages supérieurs et/ou inférieurs.

4 Vérifier le balisage, et notamment que tous les accès sont bloqués. La vérification est plus sûre quand elle est réalisée depuis l'intérieur de la zone, par une personne différente de celle ayant mis en place le balisage.

En cas de doute sur le balisage, contacter la PCR.



7 Effectuer un tir à blanc pour vérifier avec le radiomètre le débit de dose au niveau du balisage. Ajuster le balisage, le cas échéant.

6 Positionner la balise clignotante à l'endroit le plus pertinent, dans le champ du rayonnement plutôt que dans celui du collimateur.

5 Déterminer le point de repli d'où déclencher le tir : il doit permettre de surveiller la source tout en gardant un contact visuel avec le binôme chargé de superviser le balisage.

© IRSN
Ministère de l'Énergie - Bureau de l'IRSN

Les principaux acteurs de la gammagraphie

La PCR

La nomination d'une Personne Compétente en Radioprotection (PCR) est une obligation du Code du travail depuis 1986 pour tout établissement détenant ou manipulant des sources de rayonnement ionisant. Son rôle est indispensable pour assurer la conformité aux normes en vigueur. Elle supervise l'activité liée aux rayonnements ionisants de l'établissement : formation à la radioprotection

L'intervention de professionnels qualifiés

du personnel salarié et non salarié, suivi de la dosimétrie, expertise du site, relation avec la médecine du travail et les organismes de contrôle – Inspection du travail, ASN et IRSN. Elle assiste aux réunions du Comité d'hygiène et de sécurité d'ITER et des entreprises intervenant sur le chantier ITER. La PCR doit être titulaire d'un certificat délivré à l'issue d'une formation à la radioprotection dispensée par des personnes dont la qualification est certifiée par des organismes accrédités.

Les manipulateurs

Les manipulateurs sont au moins deux lors des interventions. Ils sont formés par leur employeur, et sont en possession des documents liés au matériel et à la sécurité de l'opération (autorisation de travail, prévisionnel de dose, plan de balisage). Ils ont en charge, outre l'opération de contrôle à réaliser, le transport de l'appareil et la sécurité du chantier. Ils mettent en œuvre le balisage de la zone d'opération, et assurent les vérifications de débit d'exposition lors des mouvements de sources à l'aide de radiamètres. La réglementation impose qu'au moins un des deux manipulateurs présents soit titulaire du Certificat d'Aptitude à manipuler les Appareils de Radiographie et Radioscopie Industrielle (CAMARI). Ce certificat, délivré par l'IRSN, doit être renouvelé tous les cinq ans.

► En bref

La gammagraphie, technique de radiographie industrielle utilisant le rayonnement ionisant d'une source gamma, est utilisée sur le chantier ITER pour contrôler les soudures des nombreux éléments métalliques assemblés sur place. Pour prévenir tout risque d'exposition pour les travailleurs, les opérations sont réalisées généralement de nuit. Des mesures pratiques de prévention et de sécurité sont prises pour chaque intervention. Elles sont préparées et mises en œuvre par un personnel spécialement formé et qualifié. Seules les entreprises signataires de la charte régionale de bonnes pratiques validée par les autorités de contrôle sont autorisées à intervenir sur le chantier ITER. Le contrôle de cette activité est assuré par l'Inspection du travail et l'Autorité de Sûreté Nucléaire. Aucun incident mettant en danger des travailleurs n'a été déploré sur le site ITER jusqu'à présent.



INDUSTRIAL RADIOGRAPHY AT ITER

RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE CHEZ ITER

1. What is industrial radiography?



Industrial radiography is similar to conventional medical radiography. A radioactive source or an X-Ray generator produces a "beam" that will go partially through a material to be then captured on a film or by a detector.

1. Qu'est-ce que la radiographie industrielle ?

La radiographie industrielle est similaire à la radiographie dans un cabinet médical. Une source radioactive ou un générateur de Rayonnement X produisent un « faisceau » capable de traverser les matériaux et ensuite d'être capturé par un film ou un détecteur.



2. Which are the associated risks?

Radiation cannot be seen or felt. The effects of radiation depend on the dose intake.

- **Low doses** ($\sim < 0.1$ Sv) produce effects randomly, such as an increased risk of cancer (1 in a million)
- **High doses** induce cell and tissue destruction and may eventually lead to death

For industrial radiography we use **only** sealed sources that produce a risk of **external exposure** only (no risk of ingestion or inhalation of radioactive elements).



2. Quels sont les risques associés ?

La radiation ne peut pas être vue ou ressentie. Leurs effets dépendent de la dose reçue.

- **Faible dose** ($\sim < 0.1$ Sv) produit des effets de manière aléatoire, comme un excès de risque de développer un cancer
- **Forte dose** conduit à la mort de cellules et, éventuellement à la mort de l'individu

La Radiographie Industrielle entraîne uniquement un risque d'exposition externe (pas de risque d'ingestion ou d'inhalation)

3. How do we protect workers?

Radiological Protection Organization

Each employer (ITER Organization, Domestic Agencies, contractors, etc.) is responsible for the protection of its workers.

The coordination of protective measures on the overall construction site is ensured by the Site Construction Management Office, Health & Safety Protection Coordinators (ITER Organization/Fusion for Energy) and the Radiation Protection Officer.

In general, the workers on the ITER site are considered to be non-exposed (< 1 mSv/year). If a worker foresees any activity that is likely to produce a dose intake, he/she shall inform his/her employer and the ITER Organization Radiation Protection Officer **before exposure**.

Evaluation of radiological risk

Prior to the start of any work, a preliminary dose estimate for workers and the public (or non-exposed workers) is carried out. Measures are taken to ensure dose limits are respected and that the dose intake is as low as reasonably possible.

3. Comment se protège-t-on ?

Organisation de la RadioProtection

Chaque employeur (IO, OAs, sous-traitants, etc) est responsable de la protection de ses salariés

La coordination de la protection du chantier ITER est réalisée par le Site Construction Management Office, les Coordinateurs de la Sécurité et Protection de la Santé (F4E/IO) ainsi que la Personne Compétente en Radioprotection.

En général les travailleurs du chantier ITER sont considérés travailleurs non-exposés (< 1 mSv/an). Tout travailleur prévoyant une activité qui pourrait entraîner des doses doit informer son employeur et IO PCR **avant l'exposition**

Evaluation du risque radiologique

Avant le commencement des travaux, une étude des doses est effectuée pour les travailleurs exposés et le public (et les travailleurs non exposés). Des mesures sont mises en place pour assurer le respect des limites ainsi que l'optimisation de la dose reçue à un niveau aussi bas que raisonnablement possible.



4. Protection measures

- A Shielding *Blindage*
- B Signs *Signalisation*
- C Beacons *Balises*
- D Mark-up zone *Zonage*
- E Broadcasting *Appel sonore*

Respect signs and orders
Respectez les signaux et les consignes

DANGER
SOURCE DE RADIOACTIVITÉ

CONSIGNATION
OBLIGATOIRE AVANT ACCÈS

FRANCHISEMENT INTERDIT
 FRANCHISEMENT INTERDIT
 FRANCHISEMENT INTERDIT
 FRANCHISEMENT INTERDIT

Who	Function	Contact
Miguel Dapena	ITER Radiation Protection Officer	+33 6 34 52 36 22 miguel.dapena@iter.org
Michel Fayard	ITER HSPC	+33 6 34 25 34 39 michel.fayard@iter.org
Bertrand Portehault	F4E HSPC	+33 6 03 61 76 56 bertrand.portehault@iter.org
Yves Belpomo	Radiological Test General Coordinator	+33 6 34 52 30 10 Yves.Belpomo@iter.org

ITER EMERGENCY NUMBER + 33 4 42 17 20 00

© ITER ORGANIZATION

ITER a affiché un poster rédigé en anglais et en français aux endroits les plus concernés du chantier pour l'information des travailleurs.

Le contrôle

L'Inspection du travail assure le contrôle des opérations de gammagraphie. Informée chaque semaine des tirs prévus, elle peut réaliser des visites inopinées, comme elle l'a fait à ITER en novembre et décembre 2016. L'ASN assure également un contrôle lors de ses inspections.

La charte



Charte de bonnes pratiques Radiographie industrielle PACA

Pour améliorer les conditions d'intervention des radiologues, une charte de bonnes pratiques a été établie au niveau régional par les acteurs concernés : entreprises de radiographie industrielle et de maintenance, donneurs d'ordre, médecins du travail, organisations professionnelles et organismes de contrôle, etc. Elle recommande entre autres que les deux opérateurs intervenant soient titulaires du CAMARI. Elle est portée par la DIRECCTE PACA, l'ASN et la CRAM Sud-Est, et est actuellement en cours de révision.

Une charte régionale de bonnes pratiques

Le CEA Cadarache a participé à ces travaux pour ses activités civiles, et a signé la charte en 1996. L'organisation ITER s'est engagée à y adhérer après sa révision. Dès à présent, elle fait appel uniquement à des entreprises ayant adhéré à la charte – CEP Industrie, CTE NordTest, Valerian, Dekra Industrial, Comex.

► L'avis d'un membre qualifié de la CLI

Au sein de la CLI, Philippe Bruguera, représentant de la CGT, connaît bien ce sujet, puisqu'il a travaillé au Service de Protection contre les Rayonnements (SPR) du CEA Cadarache ainsi que dans un laboratoire de contrôle non destructif (CND). Il nous donne son avis :

« Lors des rencontres avec les représentants d'ITER, nous avons pu prendre connaissance de certaines dispositions mises en œuvre en accord avec les principes de radioprotection – la justification des pratiques, l'optimisation de la radioprotection et la limitation des doses. Parmi ces dispositions, je citerai la possibilité d'utiliser des techniques alternatives à la gammagraphie, tels les ultrasons ; la mise en place d'une valeur (0,5 microsievverts par heure) de balisage de la zone d'opération inférieure à la limite réglementaire (2,5) – ce qui accroît le périmètre d'exclusion de cette zone – ; l'utilisation de protection biologique mobile ; la création d'une zone d'entreposage temporaire des sources sur le chantier afin de limiter les transports hors du chantier ; la nomination de coordinateur/PCR ; l'information en entrée du site par des panneaux à LED pour annoncer la nuit des tirs et des appels sonores avant la réalisation des tirs ; la création de posters d'information en anglais et en français.

Compte tenu des multiples nationalités intervenant sur le site, la barrière de la langue peut rendre difficile l'appropriation des consignes, même si l'information doit s'effectuer dans les équipes. C'est pourquoi la CLI a recommandé une traduction dans d'autres langues, notamment l'espagnol. Dans la mesure du possible, il serait également souhaitable que les prestataires utilisent le local d'entreposage mis à disposition par ITER, comme autorisé par l'ASN. Cela éviterait des transports de matière radioactive sur les routes de la région, également sources d'exposition pour les conducteurs.

Compte tenu du dimensionnement des installations et du nombre important d'éléments à assembler sur le site ITER, ce type d'activité va aller crescendo.

C'est la première activité à risque radiologique présente sur le site, mais elle appelle à la plus grande vigilance. En cas d'incident, les conséquences en termes d'exposition du personnel – mais aussi financiers pour les entreprises – peuvent être très importantes.

Pour conclure, je rappellerai les propos tenus par l'ASN dans son rapport annuel 2016 : Les appareils de gammagraphie peuvent présenter des risques importants pour les opérateurs en cas de mauvaise manipulation, de non-respect des règles de radioprotection ou d'incident de fonctionnement.

À ce titre, c'est une activité à fort enjeu de radioprotection qui figure parmi les priorités de contrôle de l'ASN »



EN SAVOIR PLUS

• ASN :

La réglementation aux activités de gammagraphie

<https://www.asn.fr/Informer/Actualites/gammagraphie-industrielle>

Mots-clefs : ASN, gammagraphie industrielle

• IRSN : La délimitation d'une zone lors de tirs de gammagraphie industrielle

<http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Sante/radioprotection/>
Mots-clefs : IRSN, radioprotection, gammagraphie industrielle

• IRSN : Le certificat d'aptitude à manipuler les appareils de radiologie industrielle - CAMARI

http://www.irsn.fr/FR/prestations_et_formations/Missions_de_service_public/camari
Mots-clefs : IRSN, formation, CAMARI