Rejets liquides et gazeux de l'installation expérimentale ITER(*) en fonctionnement de routine

–

description et impacts

Pierre Cortes

(*) Installation Nucléaire de Base N#174

L'intervenant est seul responsable des faits énoncés et opinion émise durant cette intervention.

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Plan

- Présentation de l'installation ITER
- Sources de rejets de l'installation expérimentale ITER
  - Rejets liquides / gazeux
  - Rejets radioactifs / chimiques
- Matières présentes dans l'installation
- Voies de rejet
- Dispositions de maîtrise des rejets
- Quantification des rejets
- Impact des rejets

This information is private and confidential. © February 13, 2008

ITER - rappel historique

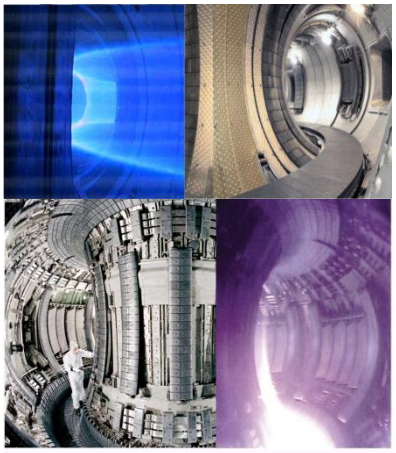
L'idée du projet d'ITER remonte au Sommet des Superpuissances (Genève, 21 novembre 1985) avec la proposition de Mikhaïl Gorbatchev et de Ronald Reagan pour la mise en place d'un projet international pour le développement de la fusion nucléaire en tant que "**source d'énergie inépuisable au service de l'humanité.**"

Le 21 novembre 2006, au Palais de l'Elysée, les sept partenaires d'ITER – Union européenne, Chine, Inde, Japon, Corée, Russie et États-Unis d'Amérique - signent le Traité ITER qui sera ratifié en Novembre 2007.

ITER : en latin "le chemin" et non ~~International Thermonuclear Experimental Reactor~~

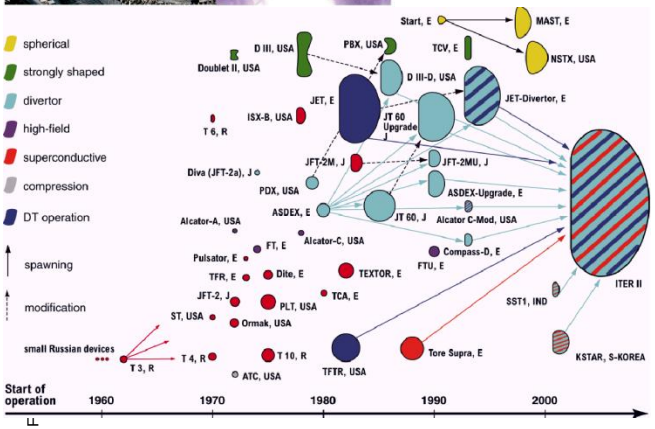
This information is private and confidential. © February 13, 2008

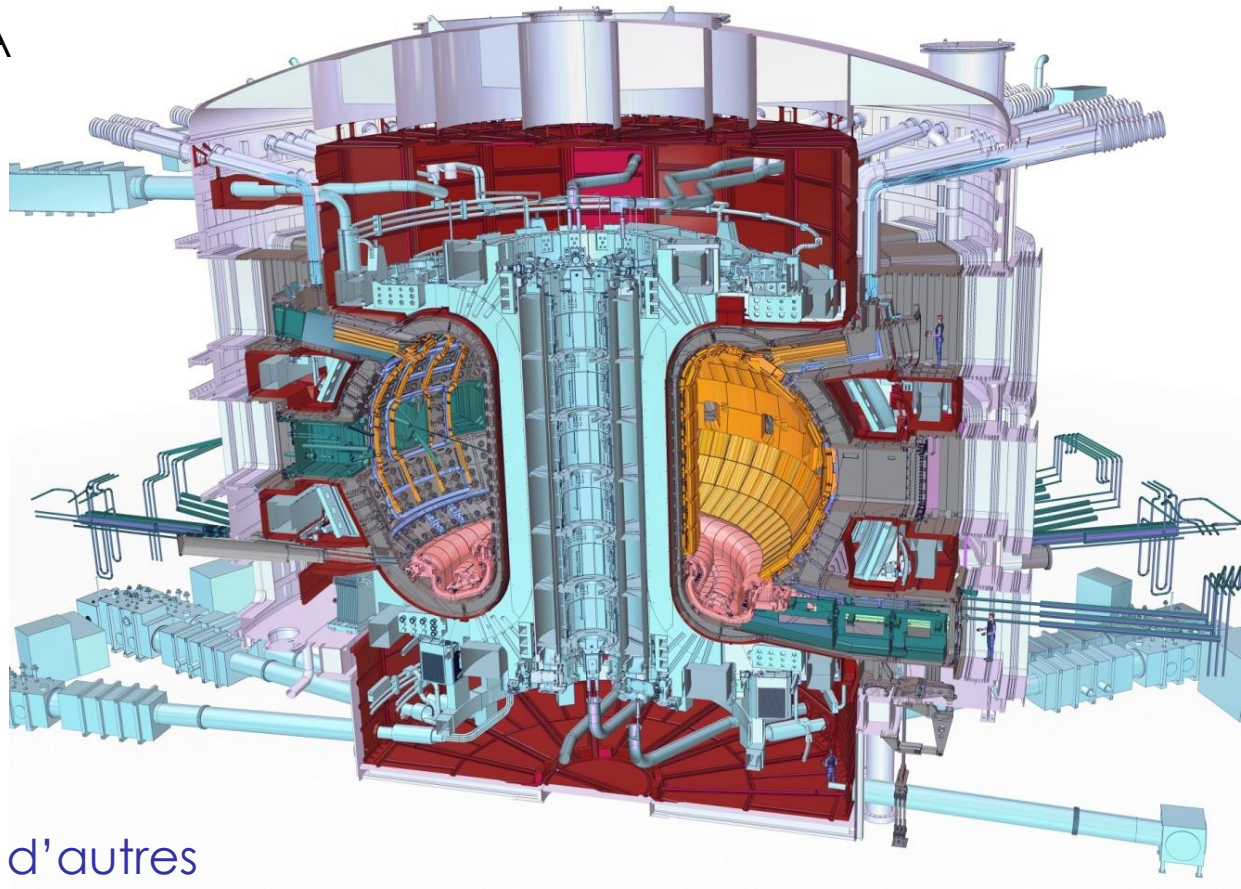
ITER - le Tokamak



TORE SUPRA

JET





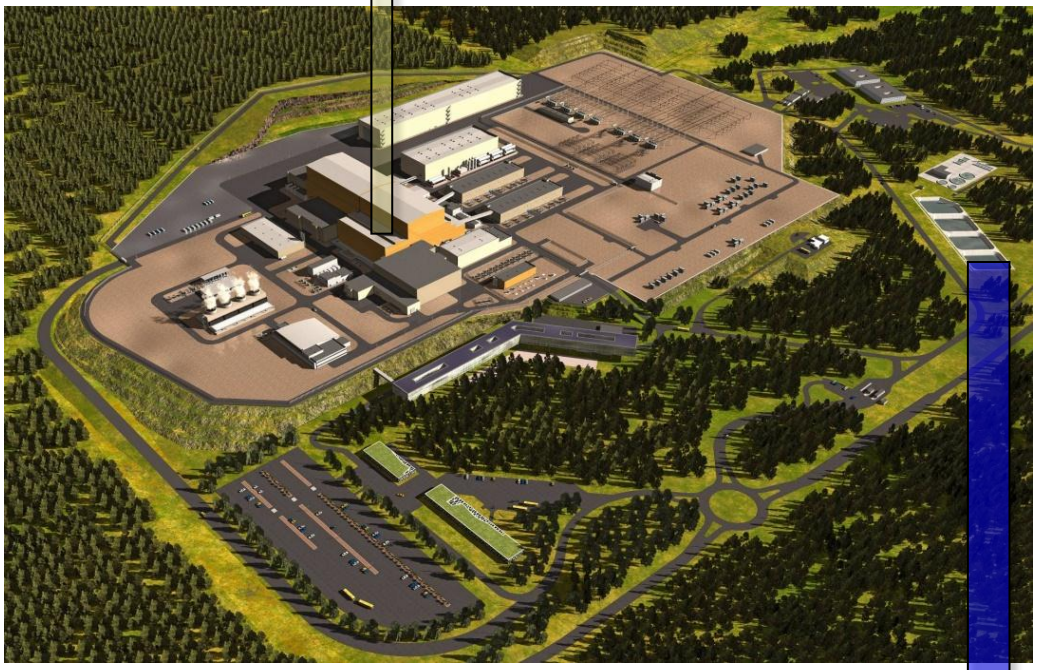
un Tokamak… parmi tant d'autres

Mais dont l'objectif est de démontrer la faisabilité scientifique et technique de l'utilisation de la fusion comme source d'énergie
Et avec un objectif de produire au moins 10 fois plus d'énergie que d'énergie consommée

This information is private and confidential. © F

Site ITER

Rejets gazeux
- Radioactifs
- Chimiques



Rejets liquides
- Radioactifs
- Chimiques

CEA Cadarache

Durance

This information is private and confidential. © February 13, 2008

ITER - phases d'exploitation

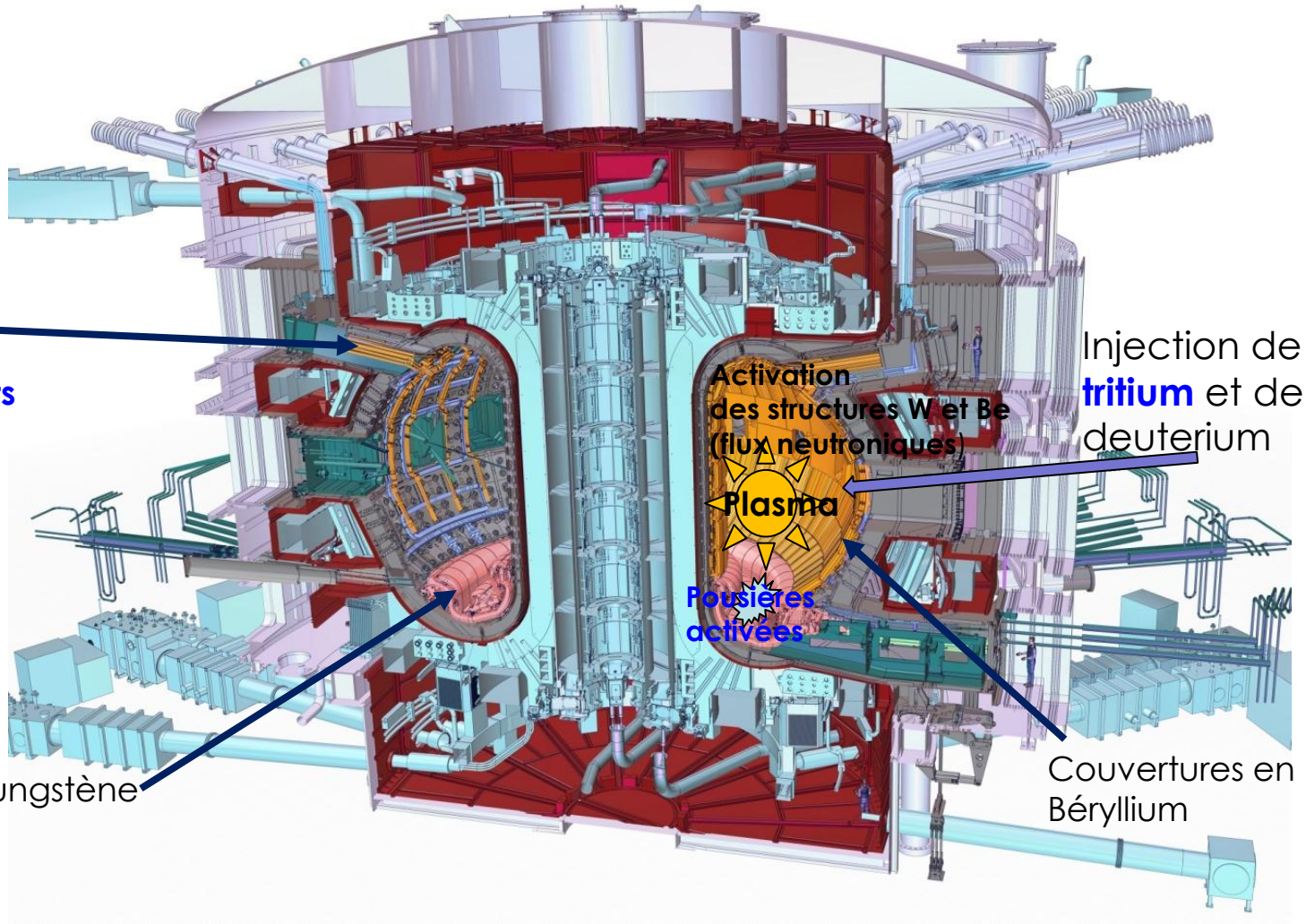
2 périodes distinctes : démarrage progressif

- phases d'exploitation en plasma H/He sans introduction de tritium
  - Objectif : meilleure connaissance de l'installation, étude des plasmas obtenus, test des équipements utiles (systèmes de vide, aimants, supraconductivité, chauffage des plasmas, etc.)
  - plusieurs années d'exploitation,
  - pas d'utilisation de matière radioactive
  - Rejets sous forme chimique (test de diesels, condensats de ventilation, Béryllium, station de traitement d'effluents sanitaires…)

- Phase nucléaire (arrivée du tritium sur site, démarrage de la phase D-D)
  - Véritable objectif d'ITER : objectif de 10 fois plus d'énergie produite que d'énergie utilisée
  - Après quelques mois en plasma D-D, passage en phase D-T,
  - Utilisation de circuits de refroidissement
  - Utilisation et création de matières radioactives
  - Rejets sous formes radioactive et chimique, liquide et gazeuse : les rejets évoqués dans cette présentation sont basés sur cette phase

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Matières radioactives ou toxiques dans le Tokamak



This information is private and confidential. © February 13, 2008

Matières radioactives ou toxiques mises en oeuvre

Produits de corrosion activés:

Origine = activation des structures métalliques des circuits de refroidissement sous flux neutroniques et corrosion de ces structures => produits de corrosion activés dans les circuits de refroidissement

Sources de rejets possibles (principalement liquides) :

- via les phases de maintenance dans lesquelles les circuits de refroidissement sont ouverts (par exemple vidange)
- via les fuites collectées des circuits de refroidissement, puis via l'efficacité d'épuration des circuits de traitement du fluide de refroidissement ou des circuits de traitement des effluents radioactifs

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Poussières activées

Origine : activation des structures sous flux neutroniques, puis “érosion” des composants face au plasma (Beryllium, Tungstène)

2 types de poussières activées : spectre Tungstène et spectre Béryllium, mais spectre Tungstène environ 100 fois plus radiotoxique (principalement dus à des isotopes de Tungstène et de Tantale) qu’un spectre Beryllium.

Sources de rejets possibles :

- Mise en suspension des poussières activées dans la chambre à vide lors des ouvertures,
- Découpe dans les cellules chaudes et les cellules de traversées d’équipements avec poussières activées
- Système de ventilation des locaux équipés de filtres à très haute efficacité (un ou 2 en série selon les locaux) : 99.9% pour un étage THE

Hors phase D-T, mêmes voies de rejet pour poussières non radioactives de Béryllium

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Carbone 14

Création via l'activation de l'azote contenu, soit dans le fluide de refroidissement, soit dans les additifs introduits pour limiter la corrosion. Création également via des traces d'azote éventuellement présentes proches des flux neutroniques.

Sources principales de rejet:

- Dégazage dans les circuits de traitement de fluide de refroidissement en connexion avec les circuits de ventilation
- Évacuation du carbone 14 créé dans la chambre à vide

Gaz rares (argon 41)

Création via l'activation de l'argon introduit dans la chambre à vide et celui contenu dans l'air proche des flux neutroniques

- Période radioactive très courte de 1.8 heures
- Très peu radiotoxique (gaz rare) mais fort émetteur gamma

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Matières radioactives ou toxiques mises en oeuvre

Tritium :

Lieux : chambre à vide, cellules chaudes, bâtiment Tritium

Origine = introduction de tritium dans la chambre à vide

- Recyclage du tritium dans le cycle du combustible,
- Dégazage des parties adsorbées sur les surfaces de la chambre à vide vers les circuits du cycle du combustible
- Inventaire maximum en fin de vie = 4 kg dans l'ensemble de l'installation ITER

Modes de formation des effluents gazeux tritiés:

- Perméation : tous locaux avec circuits de tritium gazeux, puis collecte dans les circuits de détritiation
- Dégazage : chambres à vide, cellules chaudes, puis collecte dans les circuits de détritiation
- Procédés du cycle du combustible et systèmes de détritiation dans le bâtiment tritium et le bâtiment des cellules chaudes : les circuits du cycle du combustible ont pour objectif de récupérer le tritium sans le relâcher, les circuits de détritiation de l'air le purifie avant rejet dans l'environnement. Transformation du tritium HT en Tritium HTO dans les circuits de détritiation

Modes de formation des effluents liquides tritiés: principalement circuits de refroidissement par perméation du tritium

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Résumé des types de rejets

Rejets radioactifs gazeux via l'émissaire commun du complexe Tokamak :

- tritium sous forme vapeur (HTO), sous forme gazeuse (HT) ;
- poussières activées ;
- produits de corrosion activés ;
- gaz activés (carbone 14, argon 41)

Rejets chimiques gazeux :

- Rejets de poussières de Béryllium via les mêmes voies que les poussières activées
- Rejets gazeux via essais périodiques de générateurs diesels de secours

Rejets radioactifs liquides

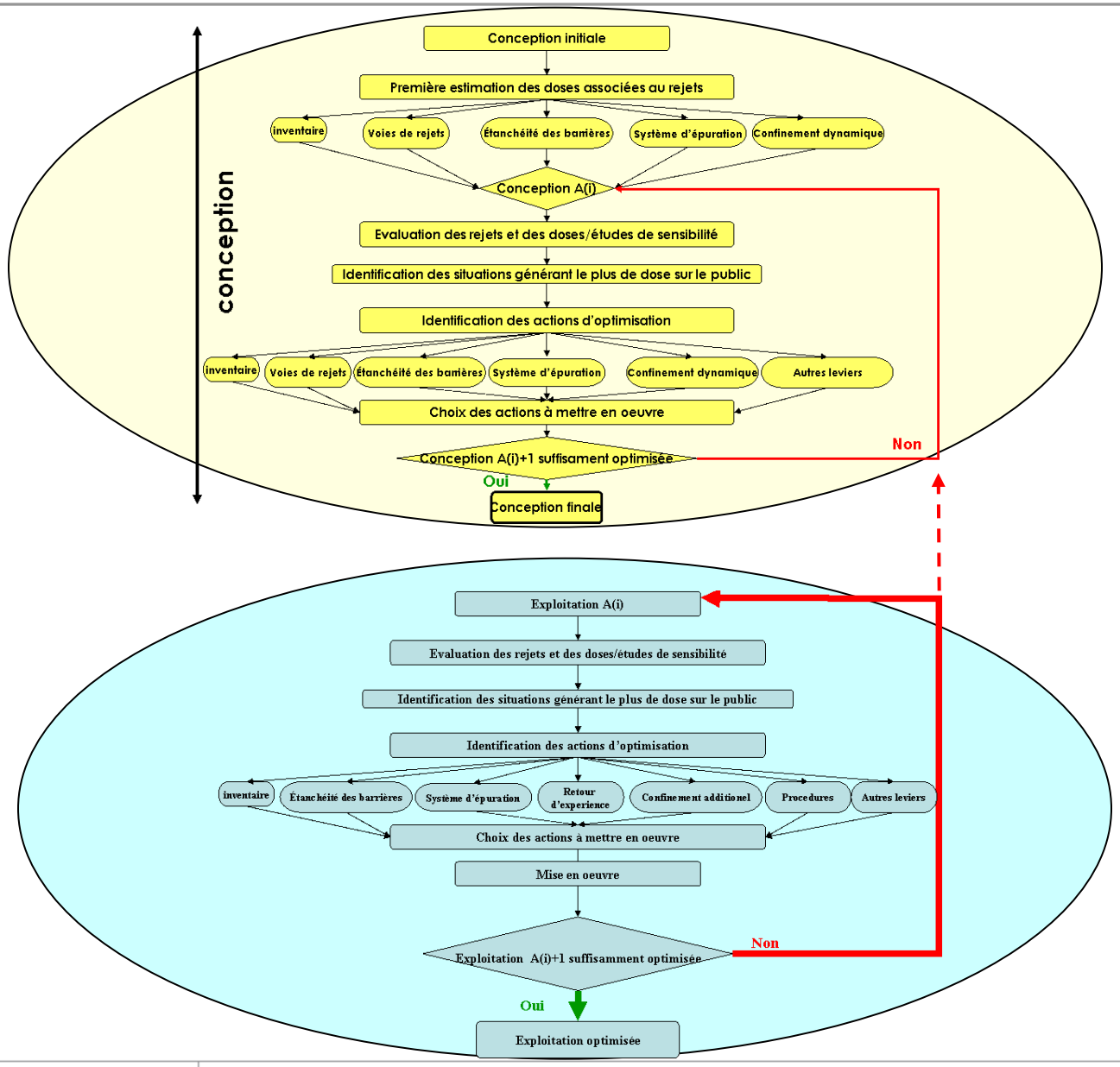
- ITER ne rejette pas directement d'effluents radioactifs liquides vers la Durance
- Rejets industriels liquides vers le CEA de Cadarache : via une canalisation d'effluents industriels du CEA avec critères d'acceptabilités en tritium et émetteurs béta-gamma

Rejets chimiques liquides

- Station d'effluents sanitaires
- Produits anti-corrosion additifs des fluides de refroidissement

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Rejets d'ITER - Processus d'optimisation continu

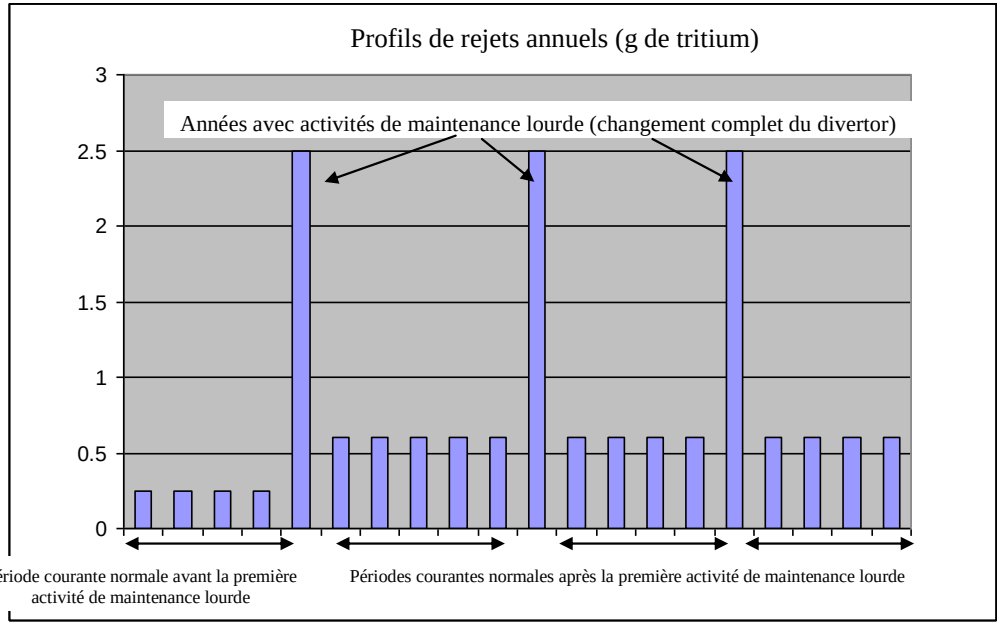


This information is private and confidential. © February 13, 2008

Rejets radioactifs gazeux en fonctionnement normal

Terme source gazeux		Rejets de routine annuels pour les années sans activités de maintenance lourde (Bq/an)	
Tritium	H3 (HTO)	$2,2.10^{14}$	
Gaz rares	Ar41	$5,0.10^{12}$	
Carbone 14	C14 (CO_2)	$5,4.10^{12}$	
Émetteurs béta et gamma	W187	$5,2.10^{8}$	Total émetteurs béta-gamma : $2,0.10^{9}$
	W185	$8,2.10^{8}$	
	W181	$4,7.10^{8}$	
	Re186	$1,6.10^{7}$	
	Ta182	$5,3.10^{6}$	
	Mn54	$2,2.10^{6}$	
	Mn56	$3,1.10^{7}$	
	Fe55	$4,5.10^{7}$	
	Co58	$2,4.10^{6}$	
	Co60	$3,2.10^{6}$	

Années avec maintenance lourde : Tritium : 900 TBq 2,5 g



This information is private and confidential. © February 13, 2008

Rejets radioactifs liquides

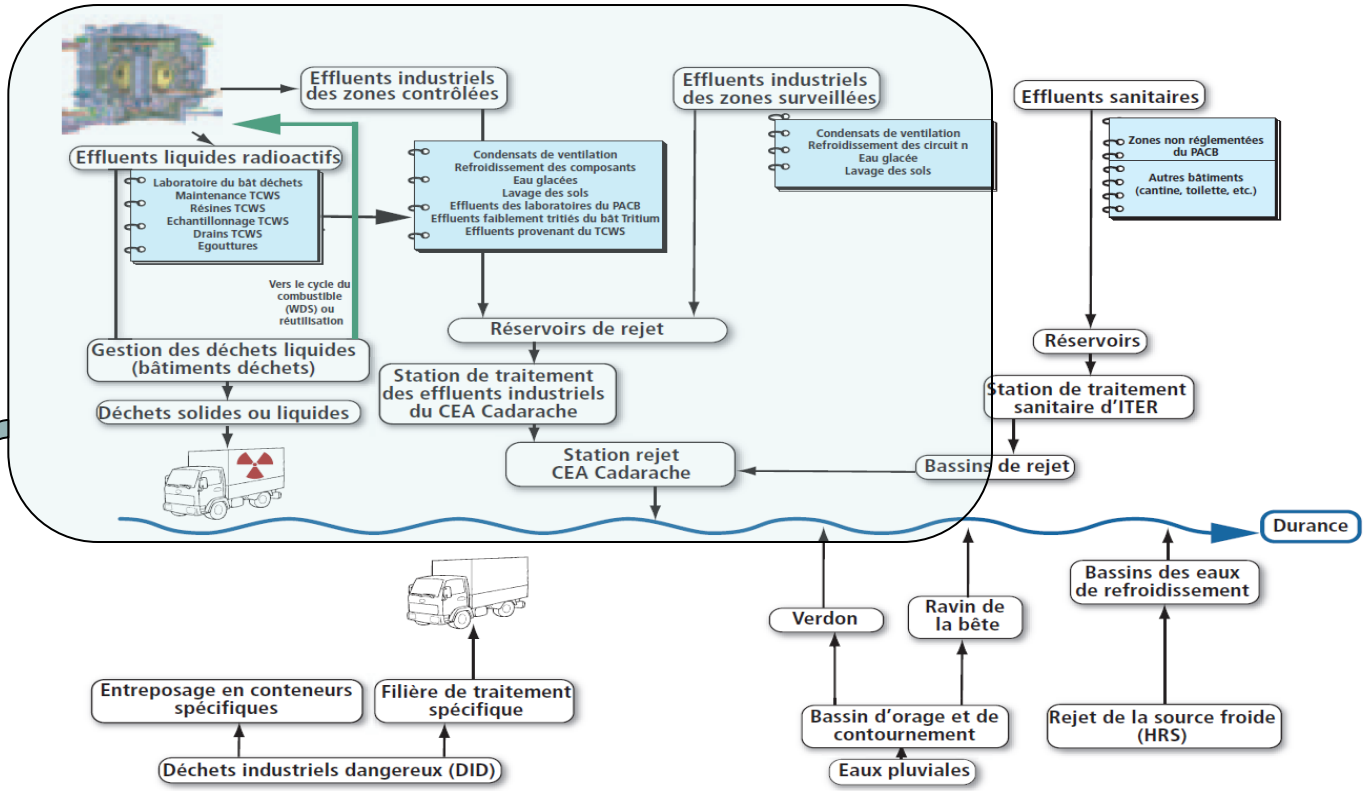


Figure 3 : Voies des rejets liquides d'ITER

Terme source liquide radioactif		Volume m^3/an	Radioactivité annuelle (Bq/an)
Tritium issu de la purification des déchets liquides	H3 (HTO)	2660	$2{,}0.10^{11}$
Carbone 14	C14		$2{,}0.10^{8}$
Émetteurs bêta et gamma	Cr51		$5{,}7.10^{6}$
	Mn54		$5{,}1.10^{6}$
	Mn56		$7{,}3.10^{7}$
	Fe55		$1{,}0.10^{8}$
	Co57		$3{,}2.10^{6}$
	Co58		$5{,}5.10^{6}$
	Co60		$7{,}2.10^{6}$
	Ni57		$2{,}3.10^{6}$

Contribution des rejets liquides à la dose recue par les populations les plus exposées (St Paul Les Durance): < 5%

This information is private and confidential. © February 13, 2009

Impact des rejets radioactifs liquides et gazeux

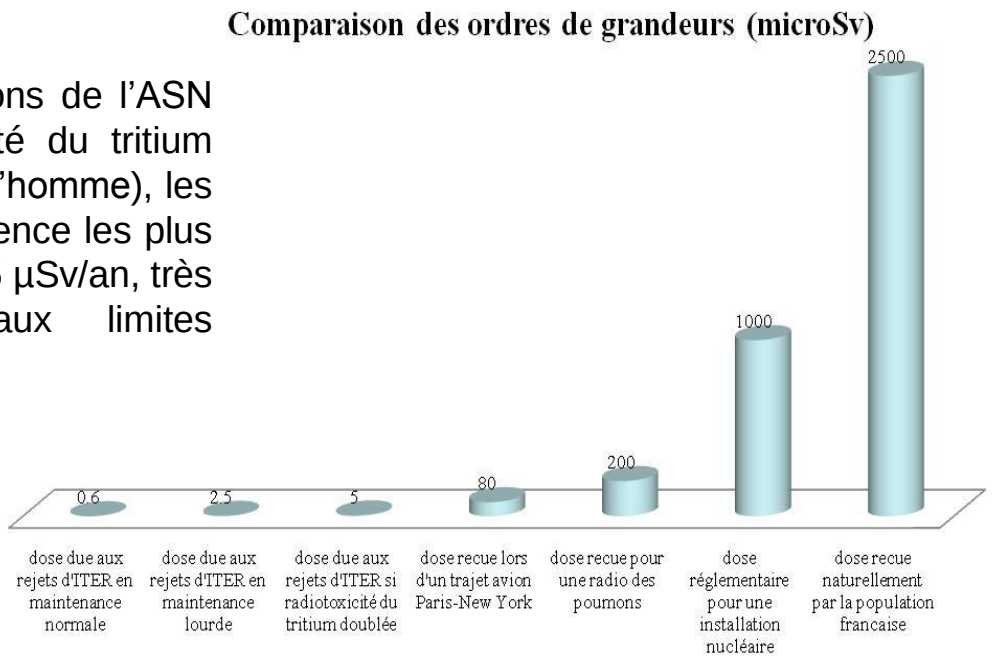
- ✓ Impacts calculés avec les hypothèses de radiotoxicité de la commission internationale de radioprotection (CIPR) au groupe de référence le plus exposé (St Paul les Durance) :
  - 0,6 µSv/an pour les années sans maintenance lourde
  - 2,3 µSv/an pour les années avec maintenance lourde

- ✓ Les autres groupes d'étude (Le Hameau, Le chateau, Vinon sur Verdon, Jouques, Pertuis, etc.) sont exposés à des doses efficaces annuelles au moins deux fois plus faibles que St Paul les Durance.

- ✓ Ces valeurs sont très inférieures à la limite réglementaire (1000 microSv).

- ✓ En tenant compte des recommandations de l'ASN (livre blanc tritium) sur la radiotoxicité du tritium (doublement de l'impact du tritium sur l'homme), les doses recues par les groupes de référence les plus exposés seraient encore inférieures à 5 µSv/an, très inférieures d'un facteur 200 aux limites réglementaires.

- ➢ **Domaine des très faibles doses**



This information is private and confidential. © February 13, 2008

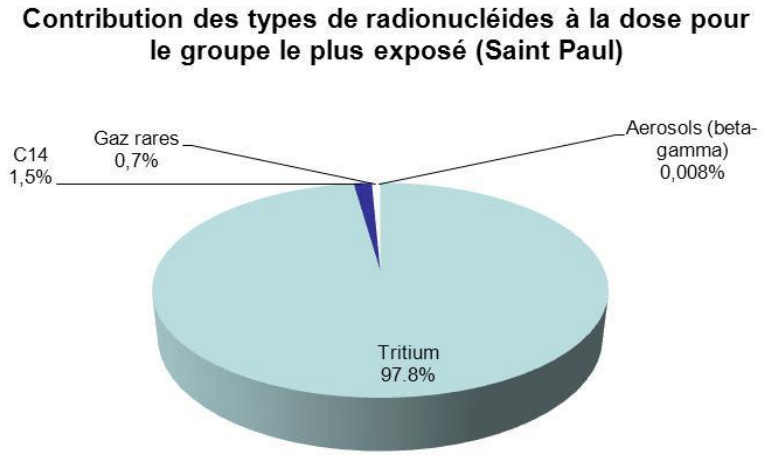
Impact dosimétrique pour les groupes les plus exposés

Contributeurs à la dose:

- rejets gazeux (96%)
- rejets liquides (4%)

Radionucléides contributeurs à la quasi-totalité de la dose: tritium > 95%

➢ Démontre l'intérêt de l'optimisation des rejets de tritium gazeux



This information is private and confidential. © February 13, 2008

Rejets chimiques gazeux

Sources de rejets chimiques gazeux:

- SF6 (NB, isolateurs électriques) : gaz non toxique mais à effet de serre : 300 kg/an

- Béryllium : Rejets de Béryllium (non radioactif, associé aux rejets de poussières de composants face au plasma mais considéré avec la même importance que les rejets radioactifs) : 6 g par an avant la phase nucléaire, 1.5 g par an pendant la phase nucléaire.
  - ❖ *A noter que la toxicité chimique du Béryllium est certes élevée (0.2 microg/m^3), mais comparativement très inférieure à la radiotoxicité du tritium (1 LDCA= 0.001 microg/m^3) et extrêmement inférieure à celle de radionucléides "classiques" (ex : 1 LDCA Co60 = 0.000007 microg/m^3)*

- Produits issus de la combustion lors des essais périodiques de diesels (CO : 504 kg/an, COV : 187 kg/an, NOx : 3340 kg/an, SO2 : 45 kg/an)

- Produits issus des tours aéroréfrigérantes : ozone 12 kg/an

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Effluents chimiques liquides “industriels”

à transférer vers la station de traitement du CEA

- **2660 m³ effluents industriels provenant des locaux nucléaires**
- **280 m³ effluents chimiques industriels**

Total des effluents industriels = 2940 m³

Optimisation des volumes d’eau :

- **recyclage dès que possible**
- **Emploi au juste minimum de produits chimiques permettant la protection des équipements (inhibiteurs de corrosion)**
- **Interdiction de produits susceptibles de créer des impacts sur l’environnement**

Paramètre	Rejets annuels (kg)
Solides en suspension	132,3
Demande chimique en oxygène (DCO)	352,8
Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5)	117,6
Azote global	88,2
Phosphore total	29,4
Cyanures	0,147
Chrome hexavalent et composés (en Cr)	0,147
Plomb et composés (en Pb)	0,882
Cuivre et composés (en Cu)	0,588
Chrome et composés (en Cr)	0,588
Nickel et composés (en Ni)	1,176
Zinc et composés (en Zn)	5,88
Manganèse et composés (en Mn)	0,588
Étain et composés (en Sn)	0,588
Fer et composés (en Fe)	7,35
Aluminium et composés (en Al)	7,35
Composés organiques halogénés (AOX)	2,058
Hydrocarbures totaux	14,7
Fluorures	2,94
Hydrazine	0.029
Sodium	1646
Sulfates	2 058
Chlorures	588
Bore	1,47

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Rejets d'effluents chimiques rejetés en Durance

- **Via l'eau de refroidissement des tours aéroréfrigérantes**
  - **Phosphanate de zinc (anti-corrosif/anti-tartre) : 500 kg/an**
  - **Fer (corrosion) : 1640 kg/an**

Rejets d'effluents de la station sanitaire
(effluents envoyés directement à la station de rejet CEA)

Produit	Rejet annuel (kg/an)
DBO 5j	1000
DCO	3600
MES	1200
Azote Kjeldahl	400
Phosphore	40

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Impact chimique environnemental et sanitaire

- Impact environnemental:
  - Gaz: << 10% seuil max de la substance la plus pénalisante
  - Liquides: < 46% du seuil max de la substance la plus pénalisante (zinc)
  - Sédiments: < 4%
- Impact sanitaire des rejets chimiques liquides : Indice de risque (doit être inférieur à 1) : < 0.01 << 1
- Impact sanitaire des rejets gazeux chimiques (indice de risque) au “Hameau”
  - ITER seul: < 0.03 pour la concentration totale ajoutée < 1 (**dont Béryllium <<< 0.01**)
- Excès de risque individuel (substances cancérigènes) pour rejets liquides ou gazeux (ERI doit être inférieure à 1E-5) :
  - Gaz (Béryllium) < 2E-11 < < 1E-5
  - Liquides: 7E-7 << 1E-5

Tous les critères environnementaux et sanitaires sont respectés

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Conclusion

- Dispositions de confinement permettant de réduire les rejets radioactifs et toxiques, en particulier le Tritium et le Béryllium
- Processus d'optimisation des rejets
- Quantification des rejets avec processus d'optimisation continu
- Impact radioactif dans le domaine des très faibles doses
- Tous critères environnementaux et sanitaires respectés / impact chimique

This information is private and confidential. © February 13, 2008

Merci de votre attention

2009

2013

2013

2014

Construction finale

2015

This information is private and confidential. © February 13, 2008