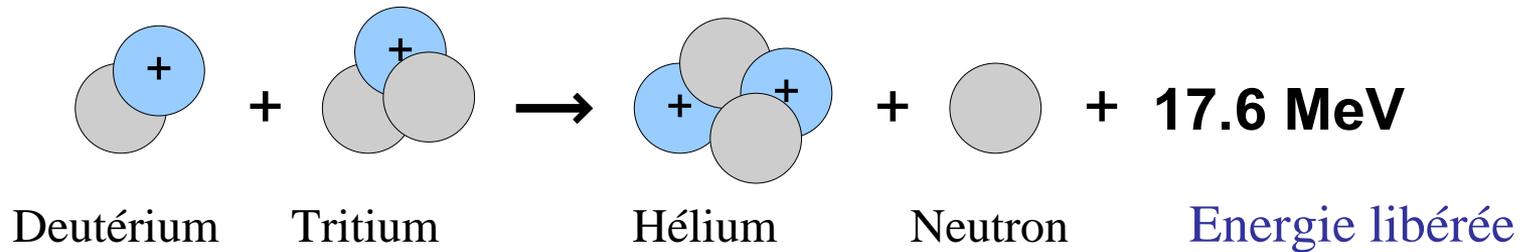


Optimisation de la gestion du tritium dans le projet ITER

Lina Rodriguez-Rodrigo
& Pierre Cortes

Pourquoi du Tritium sur ITER?

1-ITER produira de l'énergie de fusion par la réaction deutérium-tritium



- L'inventaire global de tritium dans ITER sera au maximum 4 kilogrammes importés



- ITER est une installation nucléaire de base

- ITER applique la réglementation française en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et de gestion des déchets radioactifs

article 14 de l'Accord ITER (ITER Agreement)

- ITER est Opérateur Nucléaire d'une Installation Nucléaire de Base

1. Loi n°2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire
2. Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs (PNGMDR)
3. Code de de l'Environnement.

Liste non exhaustive

Le Site ITER

39 Bâtiments
180 hectares
10 ans de construction
20 ans d'exploitation

Alimentation
électrique

Bâtiment Siège actuel

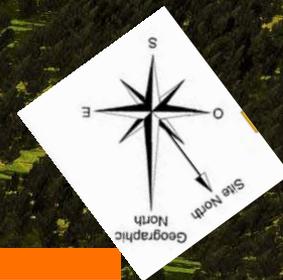
Hall Tokamak

Futurs
Bureaux

Vers Aix

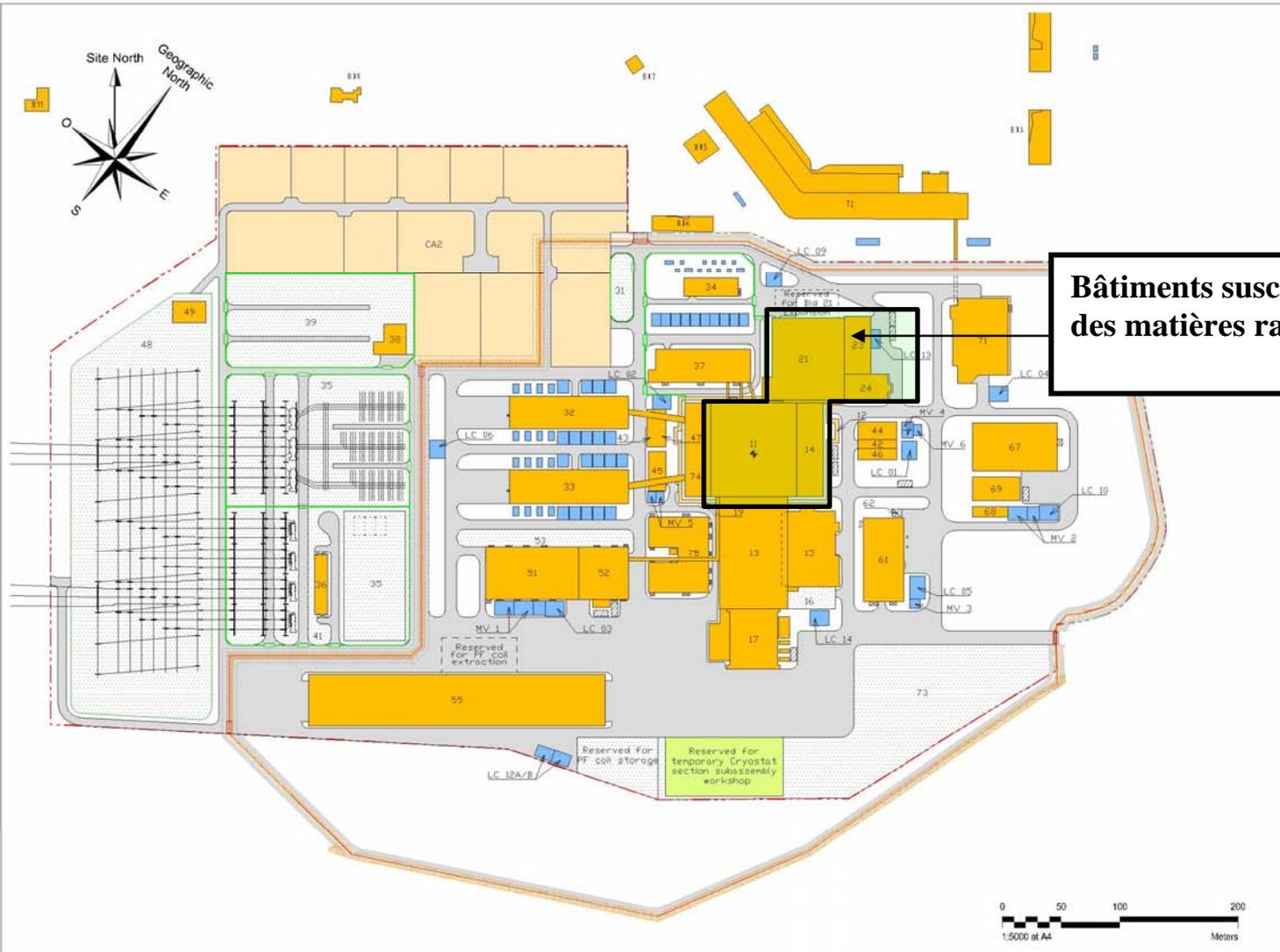
Parkings

Vers Manosque



Aménagement du site

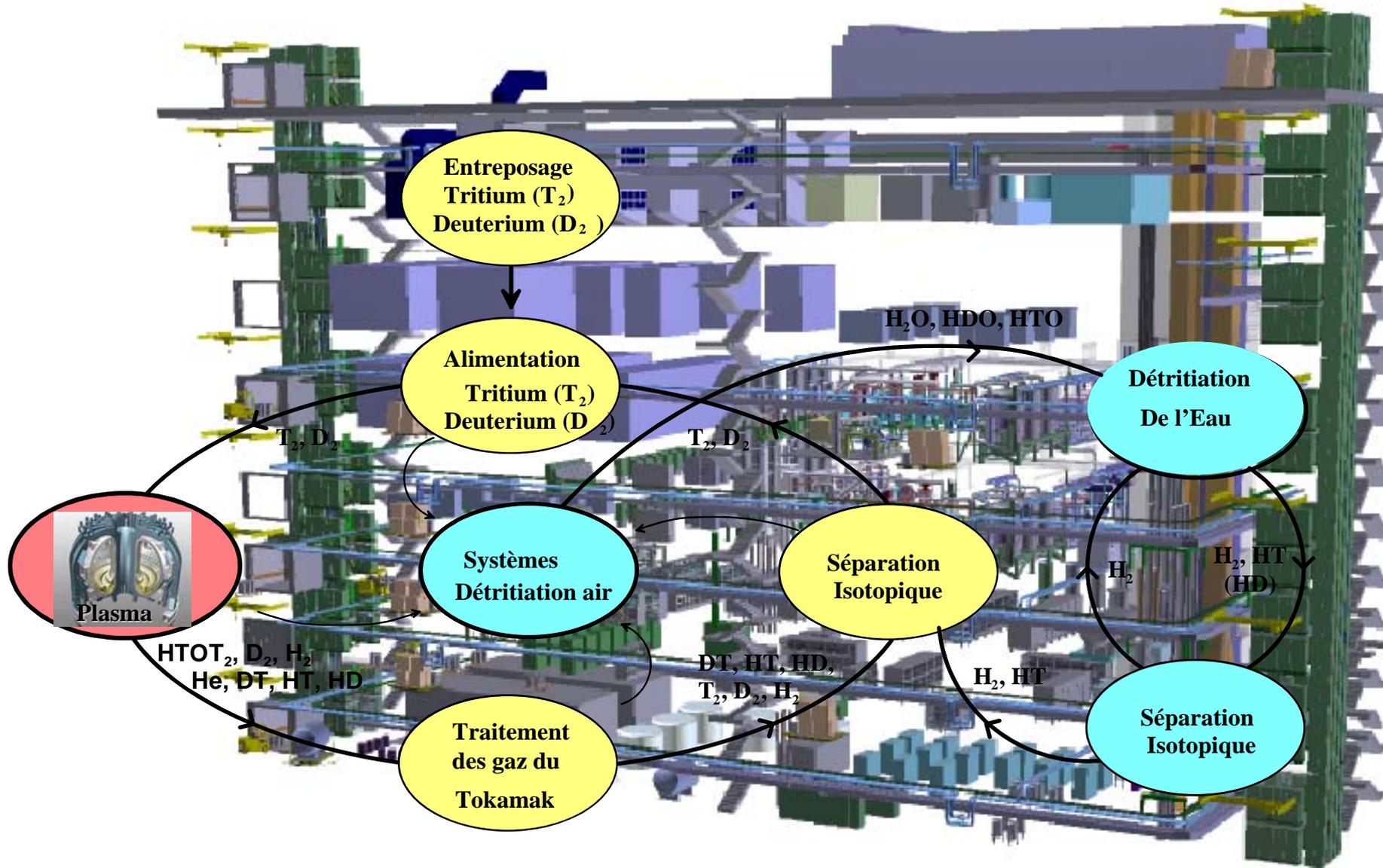
This information is private and confidential. © February 13, 2008



Code	Buildings/Areas
11	Tokamak Building
12	Tokamak Complex Excavation Support Structure
13	Assembly Building
14	Triumph Building
15	RF Heating Building
16	HVAC Building (for Tokamak Complex)
17	Cleaning Facility Building
19	Seismic Isolation Basement
21	Hot Cell Building
23	Rad Waste Building
24	Personnel Access Control Building
31	SF6 Equipment Area
32	Magnet Power Conversion Building 1
33	Magnet power Conversion Building 2
34	NB Power Supply Building
35	Pulsed Power High Voltage Substation Area

48	R.T.E. Switchyard Area
49	R.T.E. Control Building
51	Cryoplant Compressor Building
52	Cryoplant Colobox Building
53	Cryoplant Infrastructure
55	PF Coil Fabrication Building
61	Site Services Building
62	Fuel Tanks
67	Cold Basin & Cooling Towers
68	Cooling Water Pumping Station
69	Heat Exchangers
71	Control Building
72	Office Building
73	Assembly Area
74	Diagnostics Building
75	FD and Switching Network Resistor Building
B12	Public Relations Centre
B13	Site Access Control
B15	Medical Building
B16	Nuclear Area Access Control
B17	Technical Building
B18	View Point
B11	Sewage Treatment Station
B21	Load Center No.1
B21	Load Center No.2
B22	JWS 2 Building
B23	JWS 3 Building
B24	JWS 2-3 Area Access Control
B25	Site Access Control
B31	Changing Room
B32	Magasin
B33	Infirmiry
B34	Refectory
B35	Office Building No.1 and Meeting Room
B36	Office Building No.2
CA1	Contractors Area No.1
CA2	Contractors Area No.2
MV	Medium Voltage Switchgear
LC	Load Centre

Cycle du combustible d'ITER



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

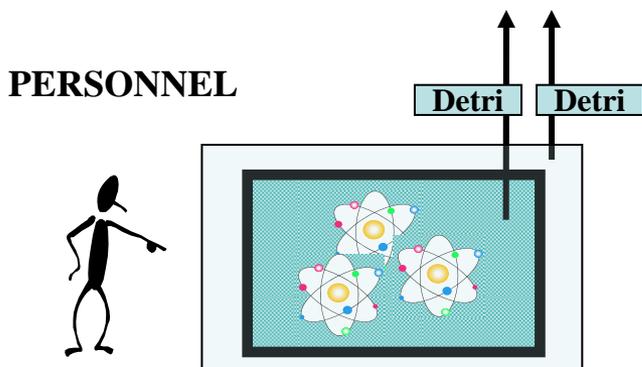
Objectifs généraux de sûreté

	Pour le personnel	Pour le public et l'environnement
Situations de dimensionnement		
Situations normales	ALARA, et dans tous les cas inférieur à : Dose maximale individuelle ≤10 mSv/an Dose moyenne individuelle pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants ≤2,5 mSv/an	Rejets inférieurs aux limites autorisées pour l'installation. ALARA, et dans tous les cas inférieur à : ≤0,1 mSv/an
Situations incidentelles	ALARA, et dans tous les cas inférieur à : 10 mSv par incident	Rejets par incident inférieurs aux limites annuelles autorisées pour l'installation. ≤0,1 mSv
Situations accidentelles	Prend en compte les contraintes liées à la gestion de la situation accidentelle et post-accidentelle	Pas de contre-mesures immédiates ou différées (confinement, évacuation) < 10 mSv Pas de restriction alimentaire (animaux ou végétaux)
Situations hors dimensionnement		
Accidents hypothétiques	Pas d'effet de falaise ; contre-mesures éventuelles limitées dans le temps et l'espace	

This

Systèmes de confinement pour ITER

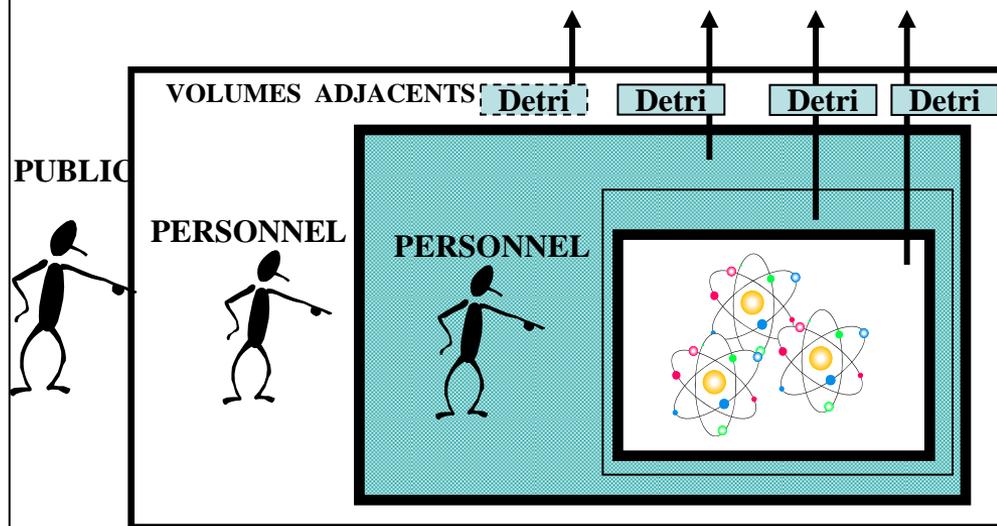
1er système de confinement



Objectifs du 1er système de confinement:

- Dose inhalée la plus proche possible de zéro pour le personnel intervenant à proximité du système en marche normale et incidentelle
- Pas de nécessité de protection individuelle au poste de travail

2ème système de confinement



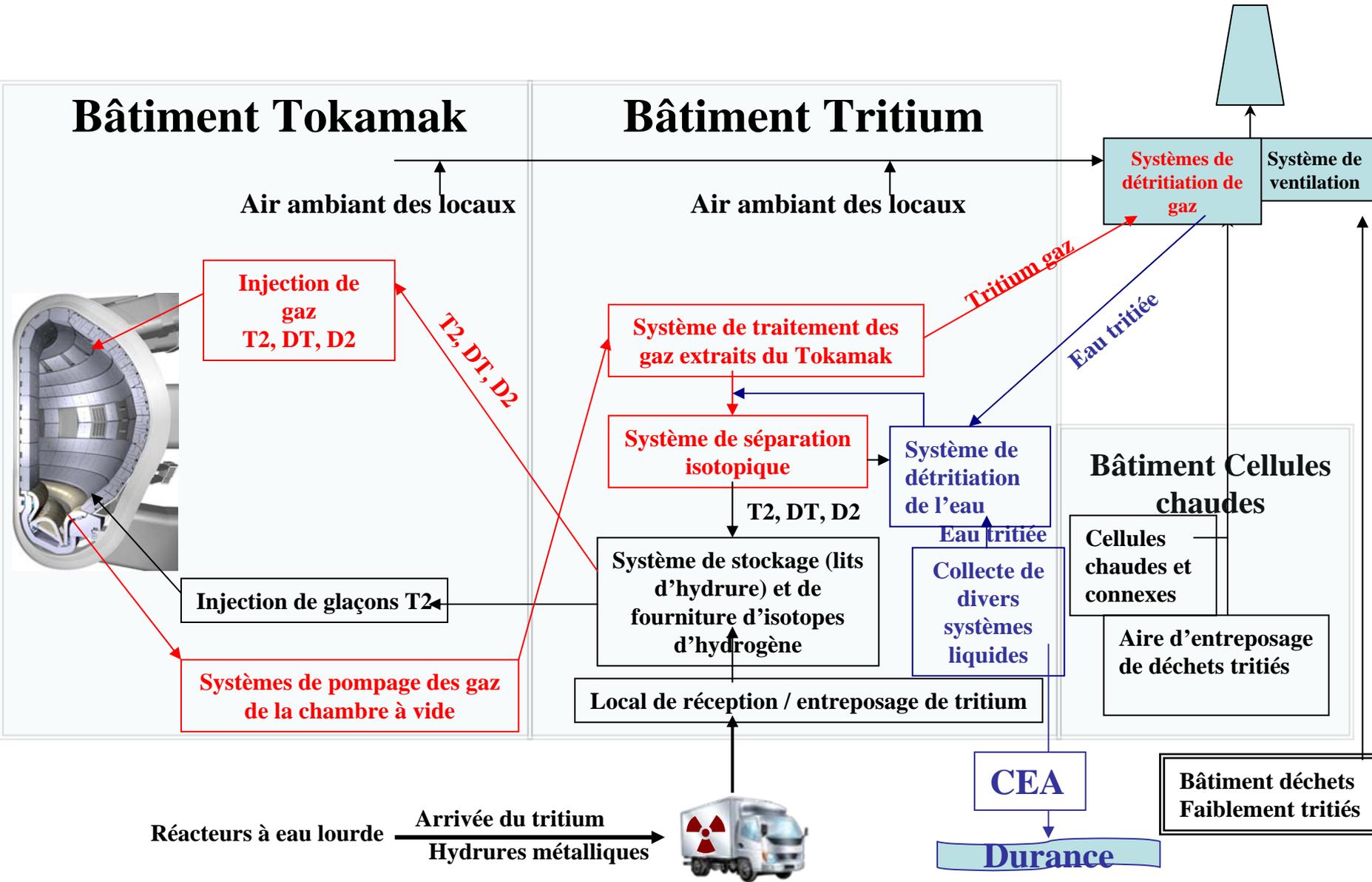
Objectifs du 2ème système de confinement:

- protection des travailleurs non concernés par les activités et du public pour les situations normales, incidentelles et accidentelles

• Conception des systèmes de confinement suivant l'état de l'art et sur des normes reconnues et approuvées en France et à l'étranger

• Première installation au monde à disposer d'un système de détritiation de l'air des locaux
→ 2ème système de confinement

Représentation des systèmes de gestion du tritium



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

Processus d'optimisation de la conception

2001

Conception initiale

Appliqué en particulier

- Rejets
- Radioprotection
- Déchets

Première estimation des doses associées au rejets

inventaire

Voies de rejets

Étanchéité des barrières

Système d'épuration

Confinement dynamique

2007

Conception A(i)

Evaluation des rejets et des doses/études de sensibilité

Identification des situations générant le plus de doses sur le public

Identification des actions d'optimisation

inventaire

Voies de rejets

Étanchéité des barrières

Système d'épuration

Confinement dynamique

Autres leviers

Choix des actions à mettre en oeuvre

Conception A(i)+1 suffisamment optimisée

Non

Oui

2010

Conception optimisée

conception

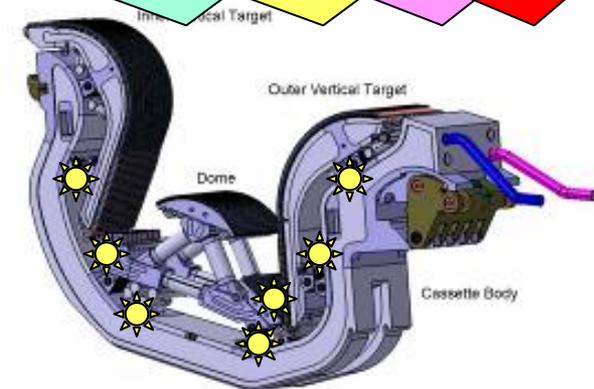
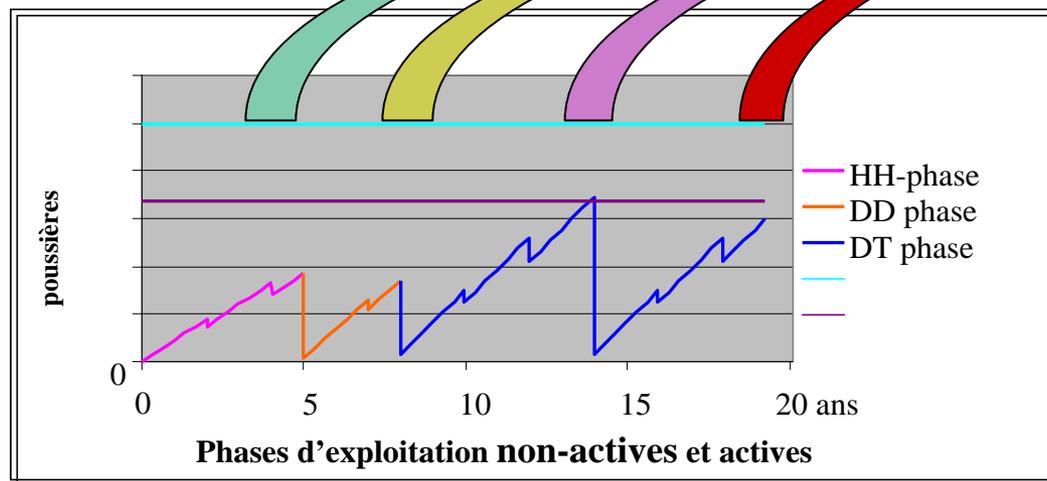
This information is private and confidential. © February 13, 2008

Leviers permettant d'optimiser la gestion du tritium-1/3

Diminution des inventaires de tritium mobilisable

- Réduction des inventaires en tritium notamment dans la chambre à vide
 - **conception** de procédés spécifiques permettant de forcer le dégazage du tritium incorporé dans des composants métalliques de la chambre à vide avant l'ouverture de la chambre à vide (exemple: chauffage du divertor à 350C)
 - **conception** de systèmes pour l'extraction des poussières qui contiendront la majorité du tritium piégé

Phases d'exploitation



-Diminution des inventaires de tritium mobilisable (suite)

➤ Optimisation du cycle du tritium afin de disposer de la plus faible part de tritium en gaz → récupération et transformation du gaz en eau puis en hydrures (pour réutilisation dans le cycle du combustible)

-Ajustement des taux de dégazage

➤ Choix de matériaux permettant de diminuer le dégazage à température ambiante (exemple du tungstène versus carbone)

➤ Utilisation d'ambiance à température contrôlée afin de diminuer le dégazage à l'extérieur de la chambre à vide,

- Mise en place de systèmes de confinement efficaces, suivant les normes approuvées les plus récentes sur les systèmes de confinement
 - Maitrise de l'étanchéité des bâtiments participant au confinement du tritium afin de réduire les entrées d'air et les fuites non filtrées (exemple taux de fuite de 1%/jour pour le premier système de confinement de la chambre à vide)
 - Mise en place de systèmes de filtration à très haute efficacité (efficacité supérieure à 99,9%) pour les poussières tritiées
 - Utilisation de systèmes de détritiation des ambiances susceptibles de conduire à des rejets de tritium (efficacité attendue de 99% dans la plupart des situations normales ou accidentelles); programmes de recherche permettant d'augmenter cette efficacité

Estimation de l'impact du tritium au stade d'optimisation actuel

A ce stade de l'optimisation → l'impact des rejets dûs au tritium sera très faible, dans le domaine des très faibles doses

➤ Dose efficace pour le public < **10 μSv**

➤ Contribution des différentes voies de rejet à cette dose:

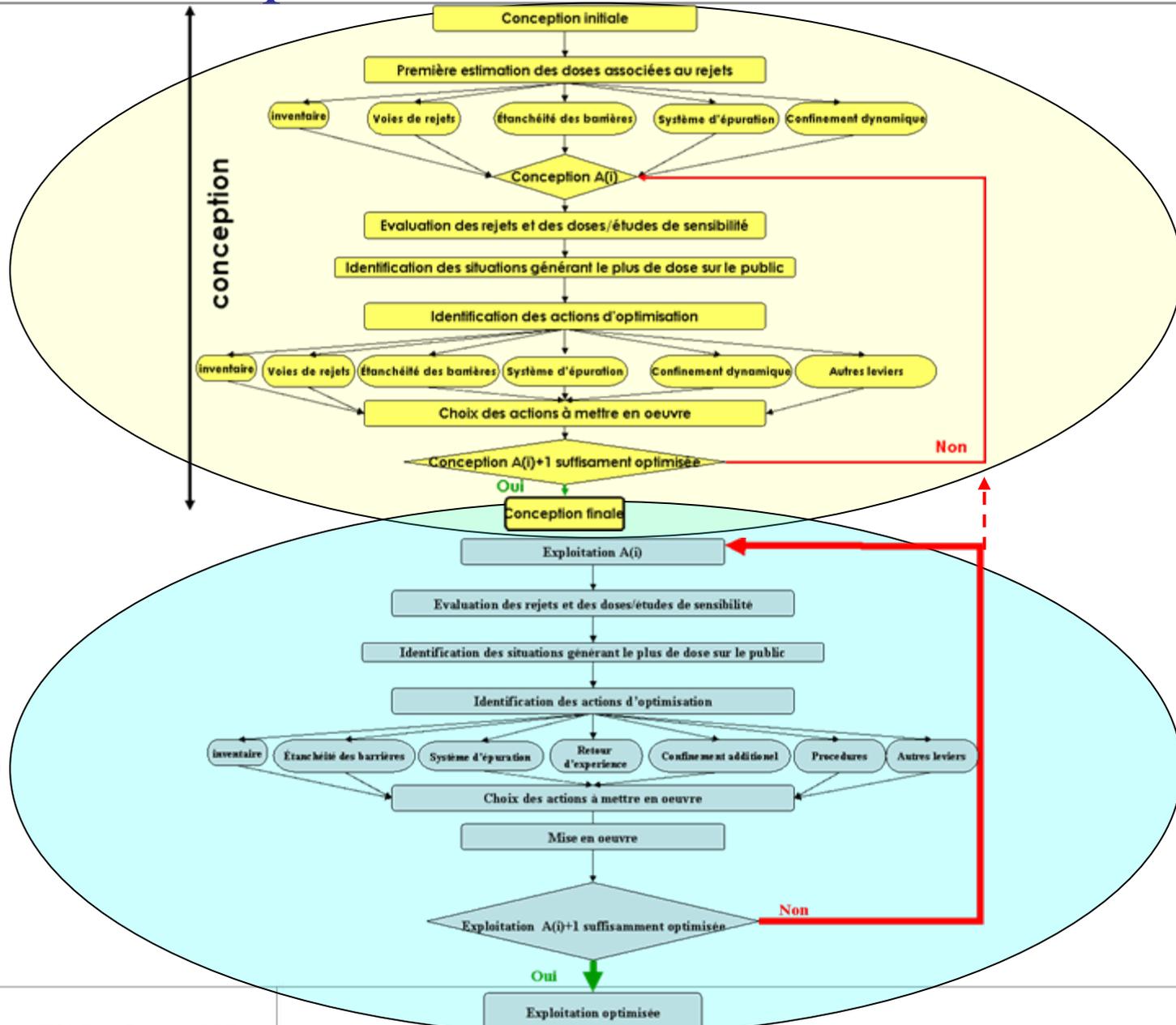
➤ Contribution du tritium gazeux (HTO) à la dose “public”: 98%

➤ Moins de 0.1% du tritium gazeux dans les locaux ne passe pas par les systèmes de détritiation → Détritiation dans tous les locaux > seuil de detection du tritium.

➤ Les situations de maintenance exceptionnelle de la chambre à vide (remplacement du divertor ou de la paroi de la chambre) contribuent 10 fois plus à la dose “public” que les opérations “plasma”

➤ environ 2/3 de la dose “public” est due à la phase pendant laquelle la chambre à vide est connectée aux systèmes de détritiation (pendant les éventuelles opérations de remplacement des équipements)

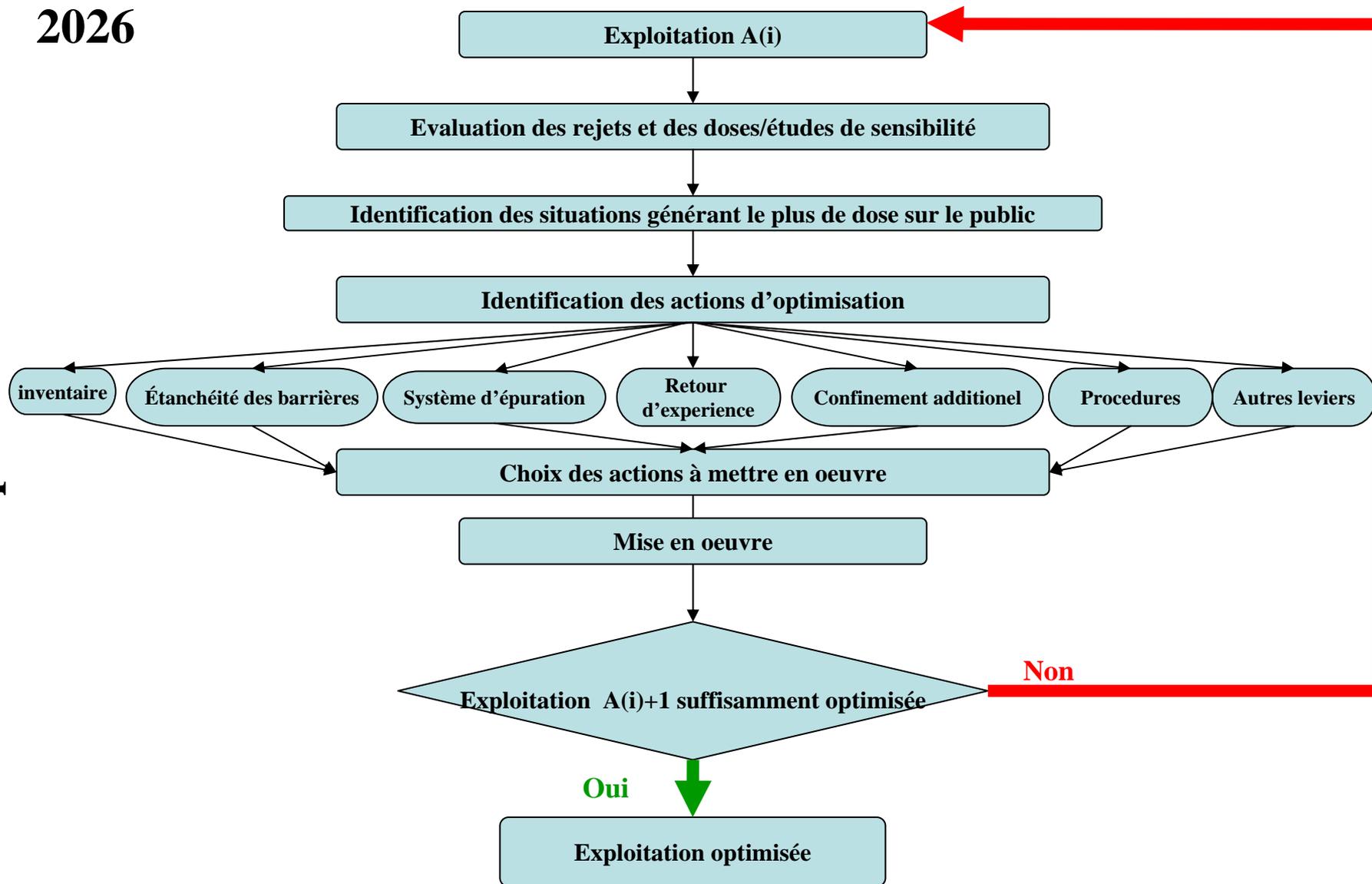
Processus d'optimisation continu



Etapes suivantes : Processus d'optimisation de l'exploitation

2026

Exploitation



- 1. Mise en place d'un cycle de gestion du tritium permettant sa réutilisation afin de réduire l'impact de rejets potentiels**
- 2. Mise en place de systèmes de confinement uniques au monde pour détritier l'atmosphère des locaux susceptibles d'être contaminés en tritium**
- 3. Mise en place d'un processus d'optimisation continu et itératif pour la phase de conception**
- 4. Au stade d'optimisation actuel, l'impact prévu des rejets d'ITER est très faible $< 10 \mu\text{Sv}$**
- 5. Poursuite du processus d'optimisation à la fois pour la phase de conception, d'exploitation et de démantèlement**

**Merci de votre
attention**

Estimations des déchets de démantèlement d'ITER

COMPOSANTS	Masse tonnes	CLASSIFICATION	Tritium (Bq/g)
Divertor	660	MAVL	de ~1x10 ⁸ à ~1x10 ⁵
Couvertures	1553	MAVL	
Chauffage Ion-cyclotron	50	MAVL	
Chauffage electron-cyclotron	50	MAVL	
Chambre à vide	8024	Paroi interne FMA après 70 jours. Le reste FMA.	de ~1x10 ⁵ à ~1x10 ³
Chauffage additionnel injecteurs de neutres	212	FMA	
Diagnostics	899	FMA	
Circuits de refroidissement	4598	FMA Décontamination pour déclassification en TFA	de ~10 à ~ 1/10 ⁶
Aimants Toroïdaux TF	5356	Supports gravitaires TFA et FMA . Après 30 ans tout les aimants sont TFA.	
Solénoïde Central	1007	TFA	
Aimants de position	57	TFA	
Aimants Poloïdaux	2340	TFA	
Cryostat	4746	TFA	
Combustible	65	EDTSF	<3x10 ⁷
Procédé Tritium	322	EDTSF	<3x10 ⁷