



*Les enjeux de radioprotection à ITER et la démarche ALARA
mise en œuvre à la conception – Radioprotection travailleurs*

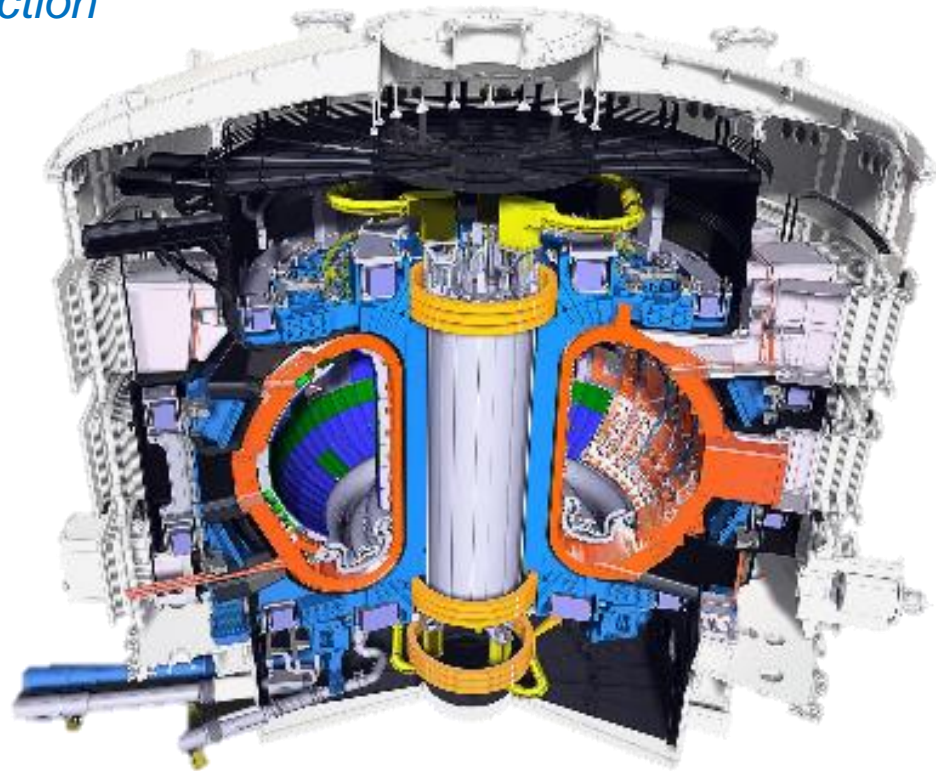
ITER Organization – Radiation & Beryllium Safety Environment Group
Y. LE TONQUEZE & F. JAVIER



Plan

1. *ITER, bref introduction*
2. *ITER et la radioprotection*
3. *Principales sources radioactives*
4. *Modes de fonctionnement d'ITER et nature des risques radiologiques*
5. *Démarche d'ingénierie de radioprotection*
6. *Démarche ALARA intégrée*
7. *Conclusion*

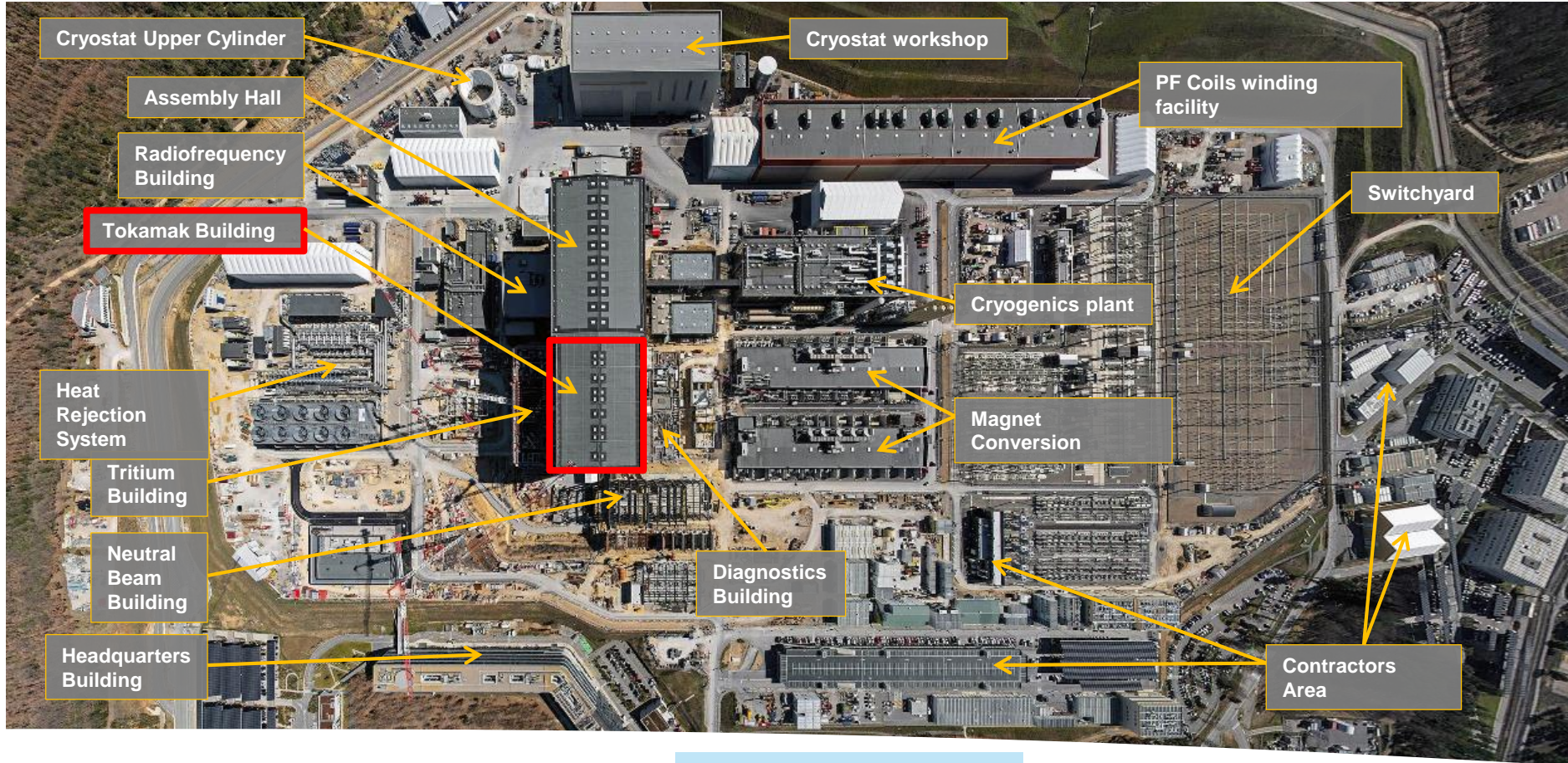
TOKAMAK ITER



1 – ITER, bref introduction

- ITER est un projet de TOKAMAK en construction à Cadarache avec l'**objectif de démontrer la faisabilité scientifique et technologique d'une machine de fusion magnétique nucléaire** (production de neutrons élevée, quantité importante de Tritium)
- Principal objectif: Produire **500 MW lors des plasmas DT avec un facteur d'amplification** ($Q > 10$) lors de pulse d'une durée de l'ordre de **450s**, ($Q > 5$ and 3000s) – **machine fonctionnant en mode pulsé**
- ITER est une Installation Nucléaire de Base (**INB 174** – décret 2012-1248: application Codes de la santé, environnement et travailleurs) avec 2 fonctions de sureté :
 - **Confinement des matières radioactives et toxiques**
 - **Limitation de l'exposition aux rayonnements ionisants**
- **ITER est en construction**, Premier plasma visé dans quelques années avec une phase nucléaire en 2035. A ce stade, on gère sur site uniquement les risques des tirs radio / soudures
- **500 MW de fusion avec un plasma DT génère l'émission de neutrons (14 MeV) $\sim 1.8 \cdot 10^{20}$ n/s**, qui vont activer les structures et l'eau de refroidissement ($\sim 10^{25}$ n/mois, fin de vie = **4700h : $3 \cdot 10^{27}$ n**)

1 – ITER, bref introduction

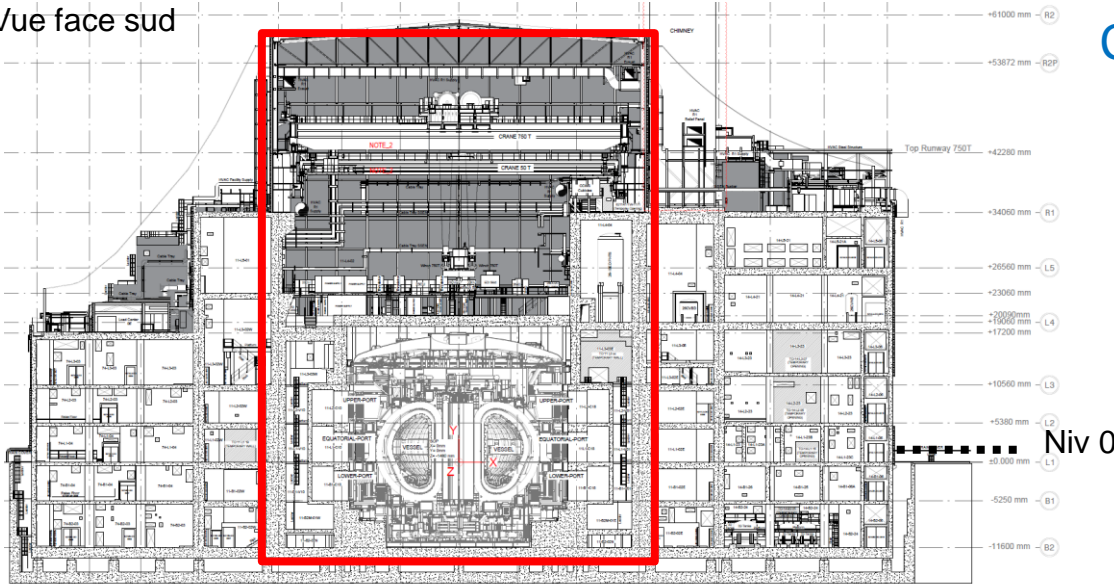


Site ITER en construction
Vue aérienne Mars 2023



1 – ITER, bref introduction

Vue face sud



COMPLEXE TOKAMAK

B74
Diagnostics

B11
Tokamak

B14
Tritium

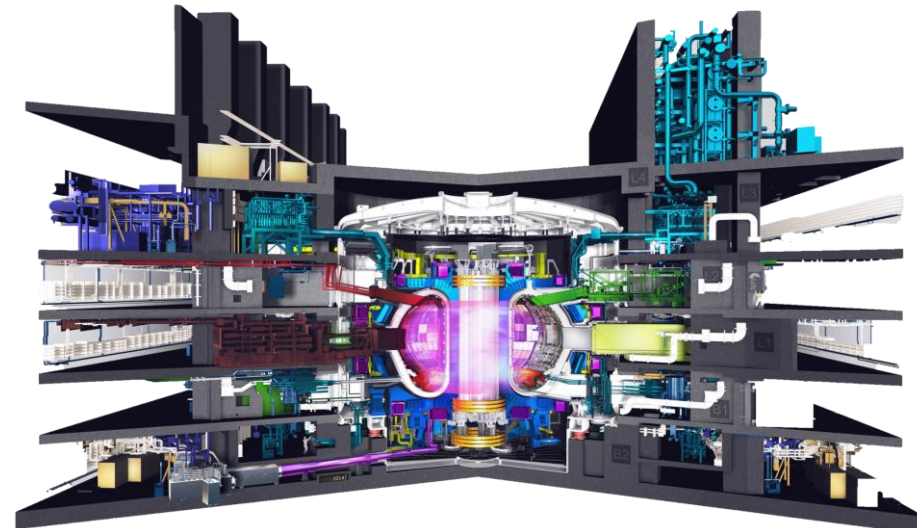
Machine 30m × 30m – 23 000 T
Volume du plasma 840m³

Complexe TOKAMAK
Structure monolithique
(B11, B14, B74)

493 patins antisismiques

Dimensions : ~ 80m * 120 m, 70 m
(57m depuis niveau 0)

~100 000m³ de béton, ~25 000t ferrailage



2 – ITER et la radioprotection

- Les objectifs retenus pour ITER quant à l'exposition du personnel et du public aux rayonnements ionisants sont présentés dans le tableau suivant :

	Travailleurs	Public & environnement
Situations normales	ALARA et en tout état de cause: Dose efficace indiv. annuelle moyenne (travailleurs exposés) $\leq 2.5\text{mSv/yr}$ Dose efficace indiv. Max: $\leq 10\text{ mSv/yr}$	Rejets inférieurs aux limites autorisées pour l'installation. Impact aussi faible que possible, et dans tous les cas inférieur à : $\leq 0,1\text{ mSv/an}$
Situations incidentelles	ALARA et en tout état de cause: Dose efficace indiv. Induite par une situation incidentelle: $< 10\text{ mSv}$	Rejets par incident inférieurs aux limites annuelles autorisées pour installation: $\leq 0,1\text{ mSv}$
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): $< 10\text{ mSv}$ Pas de restriction alimentaire (animaux ou végétaux)
Accidents hypothétiques	Pas d'effet de falaise ; contre-mesures éventuelles limitées dans le temps et l'espace	

- Par ailleurs, ITER s'est fixé un **objectif de dose collective annuelle moyenne de 500 hommes.mSv/an**
- En conséquence, des efforts importants sont réalisés pour :
 - Le **respect du zonage radiologique**, notamment lorsque la machine est en fonctionnement (Mode 0 – Plasma)
 - La mise en œuvre d'une **démarche ALARA** formalisée afin de respecter les objectifs individuel et collectif
 - La **maitrise du confinement**, notamment lors des opérations de maintenance

3 – Principales sources radioactives

Risque de contamination

Risque d'exposition externe

TRITIUM

poussière activée

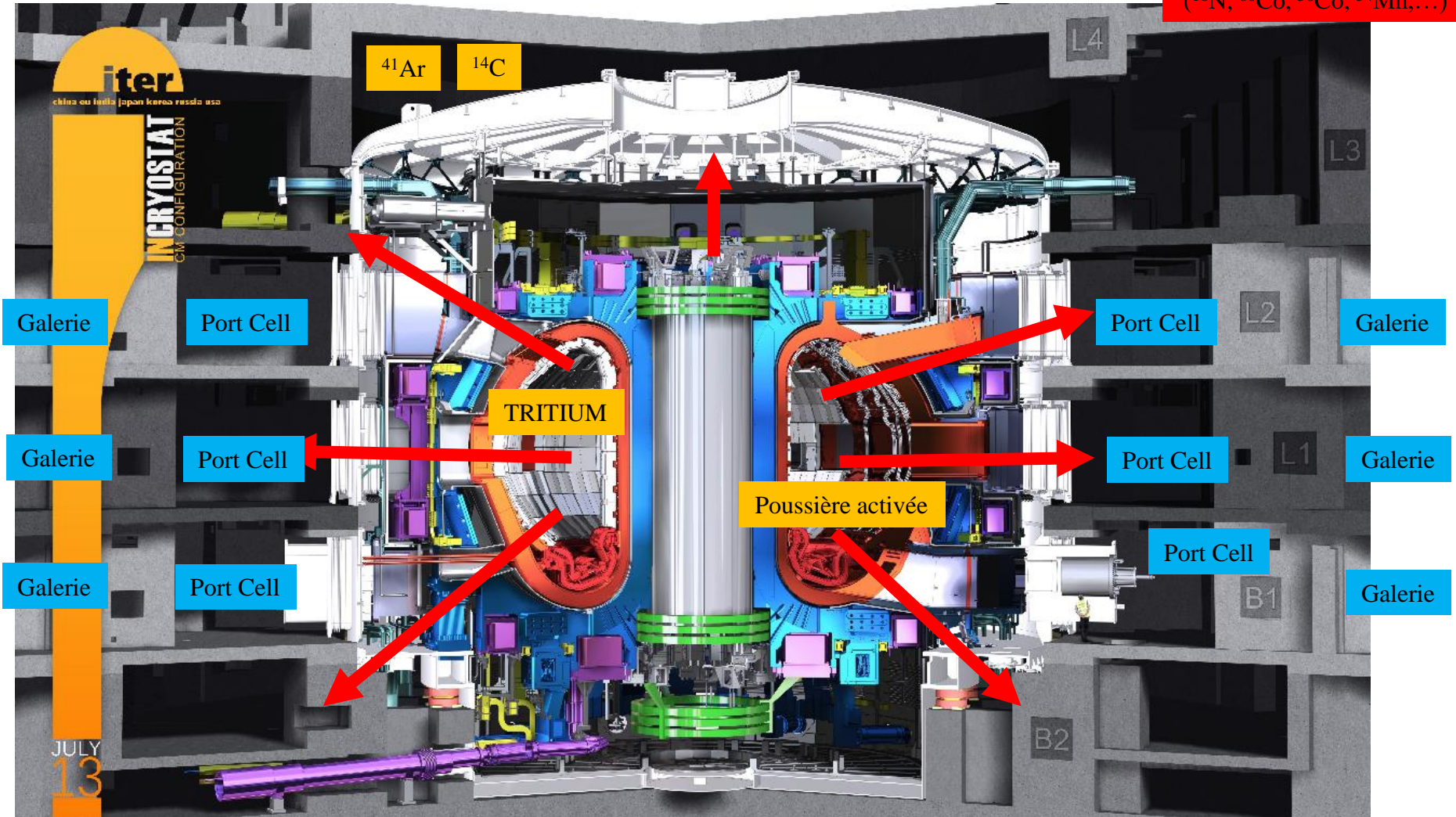
^{41}Ar

^{14}C

NEUTRONS (14 MeV)

Gammas prompts

Gammas d'activation (^{16}N , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{54}Mn ,...)



Machine TOKAMAK

SFRP 2023

IDM UID:
ITER_D_8ZVLT5

Page 7

4 – Modes de fonctionnement d'ITER et nature des risques radiologiques

ITER est une machine fonctionnant en régime pulsé sur des durées allant de 100 s à plusieurs milliers de secondes, les enjeux de radioprotection sont donc différents selon les modes de fonctionnement:

- **Mode 0** : Plasma Deutérium-Tritium pendant qq centaines à qq milliers de secondes (Pulse)
 - Accès Tokamak interdit – zone rouge
 - Etudes de radioprotection au niveau des murs périphériques et des pénétrations des bâtiments adjacents (diagnostics et tritium)
- **Mode 1 : Maintenance « légère » - Tokamak à l'arrêt**
 - « Mode maintenance » (avec interventions humaines), lorsque le Tokamak est en arrêt soit pour de « petites interventions » (1 à 30 jours), ou des plus longues (plusieurs mois)
- **Mode 2 : Maintenance lourde – transfert d'objets fortement irradiés** - Tokamak à l'arrêt. Transferts automatisés de composants activés (sans présence humaine) du bâtiment Tokamak (B11) vers le bâtiment des cellules chaudes (B21)
 - Accès Tokamak interdit – zone rouge
 - Etudes de radioprotection au niveau des murs périphériques et des bâtiments adjacents (diagnostics et tritium)

4 – Modes de fonctionnement d'ITER et nature des risques radiologiques

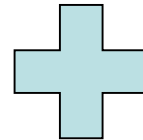
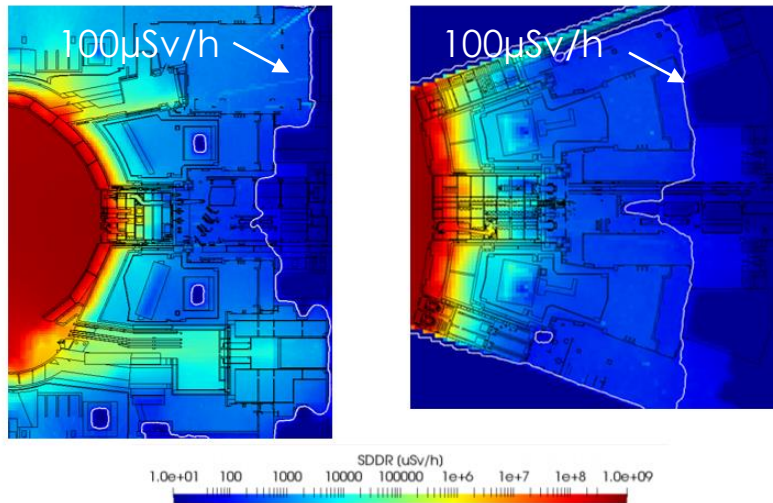
Mode 1 : Maintenance

Les rayonnements prépondérants :

- Gammas d'activation (^{60}Co , ^{58}Co , ^{54}Mn ...) des structures, systèmes et du béton (^{24}Na , ^{59}Fe ...) du génie civil.
- Gammas provenant des produits de corrosion activés (ACP: ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{64}Cu)
- Les débits de dose sont évalués en fin de vie (fluence neutrons maximale: 3.10^{27} n / 4700h de plasma) et après un temps de refroidissement (24h)

Zonage radiologique en mode 1:

- Zone jaune (Port cell)
- Zone verte (Galerie)



Enjeux de radioprotection
Complémentaires:
Opérations de maintenance sur la
première barrière de confinement
(Tritium, aérosols $\beta\gamma$)
et sur le système de
refroidissement (ACP ($\beta\gamma$))

10^6 s (12 jours) d'arrêt en fin de cycle de vie - le port
équatorial no 12 (Ligne blanche 100 µSv/h)

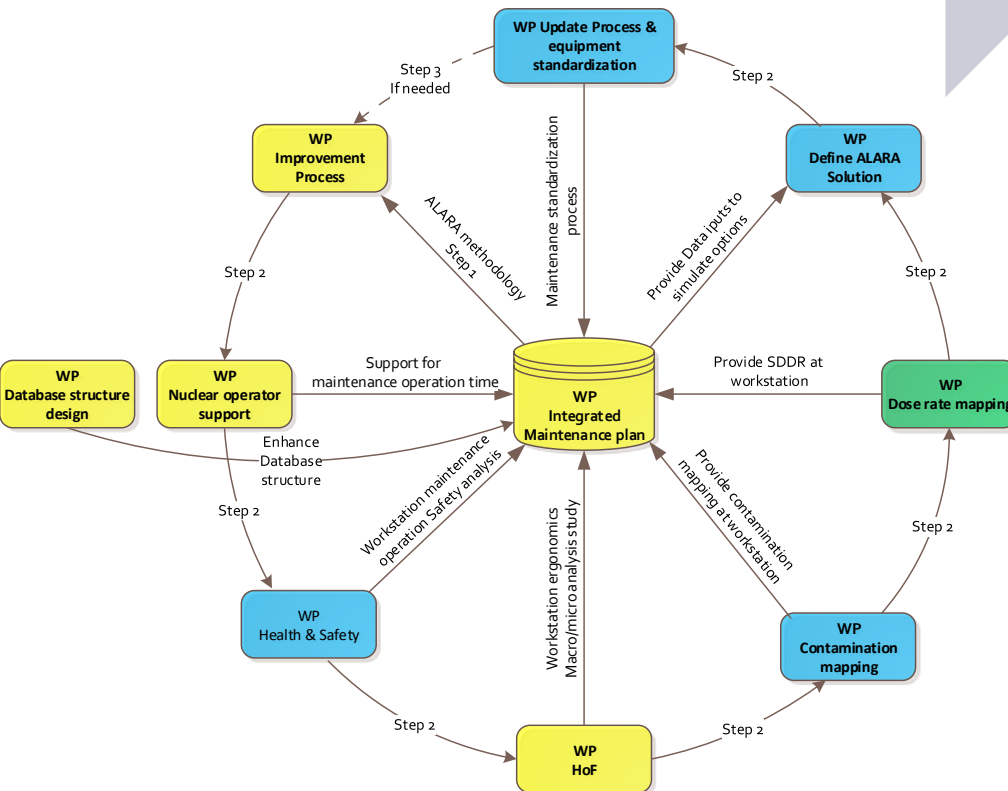
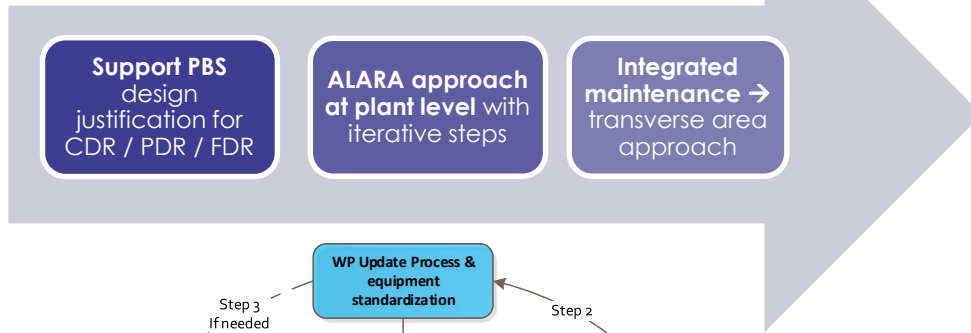
5 - Démarche d'ingénierie de radioprotection

- Requis ITER :
 - « PR1997-R: The As Low As Reasonably Achievable (ALARA) principle shall be applied to minimize occupational doses”
 - Occupational Radiation Exposure (ORE) / dose collective est inférieure à 500 h.mSv/yr
 - Contraintes de débit de dose RPrS/Pre-concept: <100 microSv/h (zone jaune) / 10 microSv/h (zone verte)
 - Au niveau système : matériaux spécifiques et contraintes sur les impuretés Co, Ni et Nb (déchets)
- A chaque revue de système (Conception, étude préliminaire, étude détaillée), l'approche ALARA est présentée. Le département sureté est en charge de vérifier sa mise en oeuvre
- En plus, compte tenu d'un fort enjeu de radioprotection, **une approche ALARA intégrée a été mise en place fin 2019**, durant 3 ans.

6 – Démarche ALARA intégrée

Via un contrat d'ingénierie multi-métiers mis en place d'une démarche ALARA formalisée

Consortium WORD



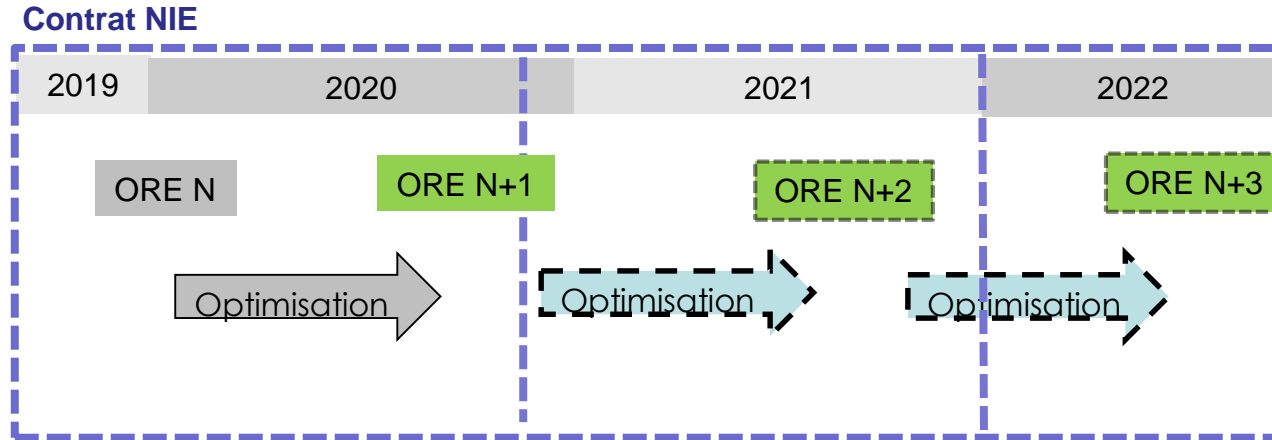
Approche:

- Pousser et formaliser la démarche ALARA (ALARA workshops, Formalisation de « Dose Reduction Measures », itération avec la Dose collective)
- Approche par zones et non par systèmes (vision sur-système)
- Intégrer le REX opérateur nucléaire
- Dossier d'ingénierie de radioprotection pour alimenter les dossiers de sûreté (mise à jour RPRs)

6 – Démarche ALARA intégrée

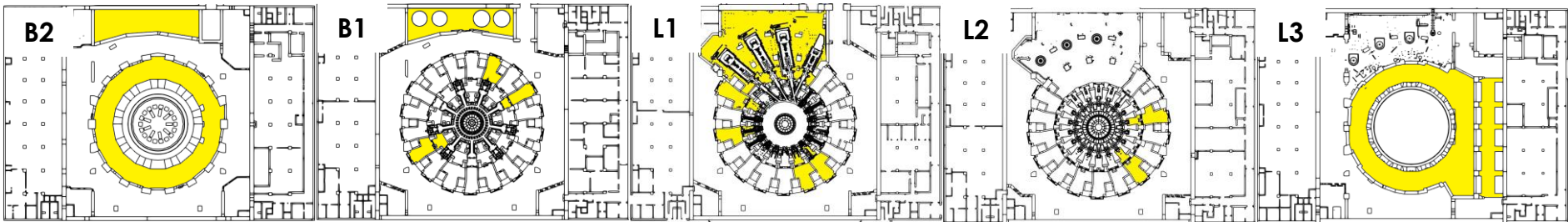
Planning

3 “états ALARA”

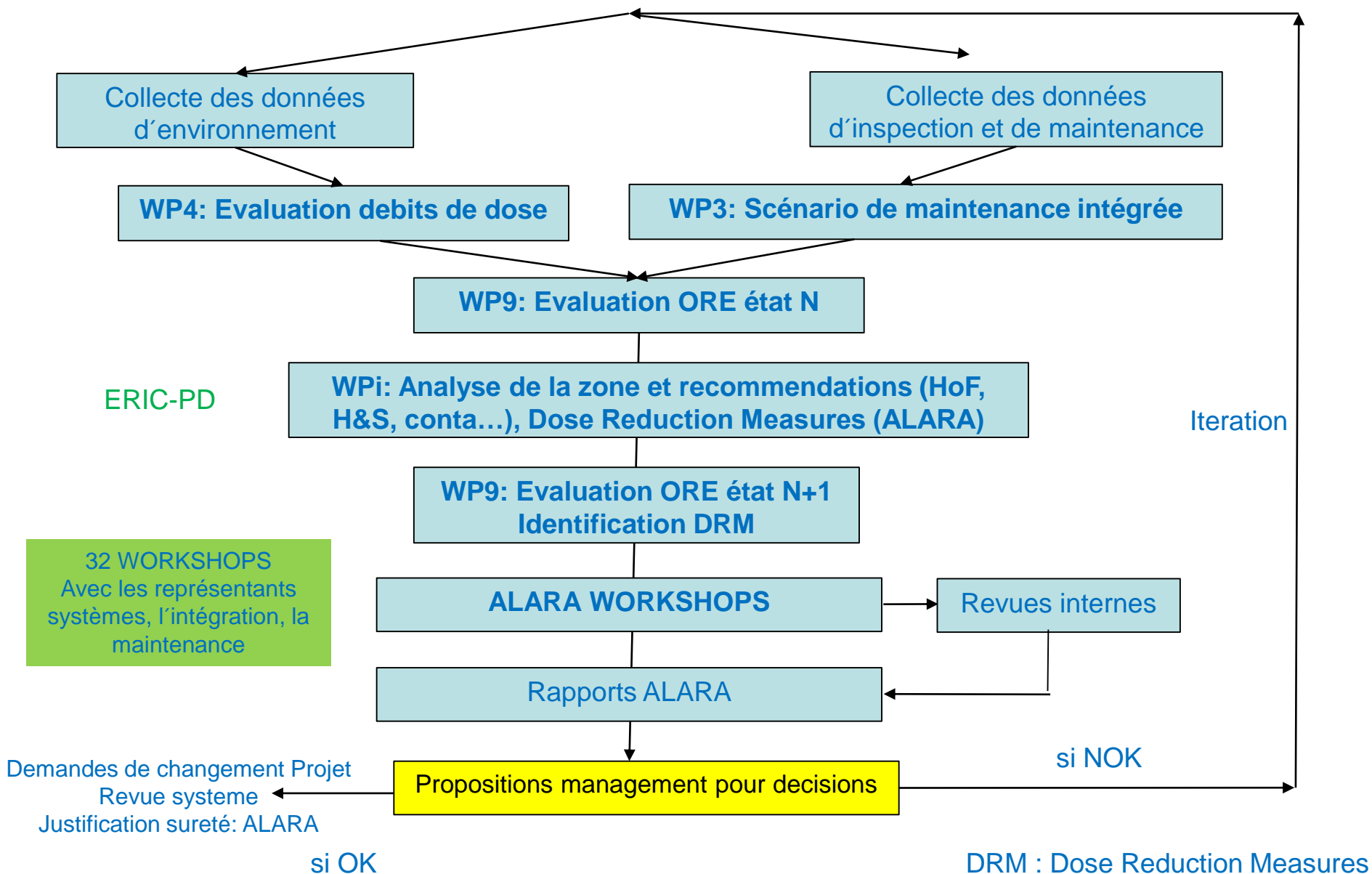


ORE : Occupational Radiation Exposure = Dose collective

13 zones représentatives du TOKAMAK ont été analysées



6 – Démarche ALARA intégrée

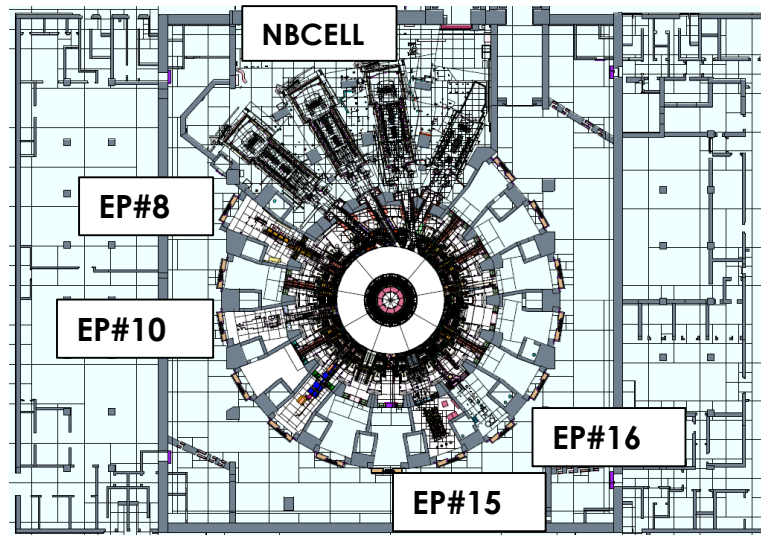


6 – Démarche ALARA intégrée

WP4 – Débits de dose

- **Géométrie:**

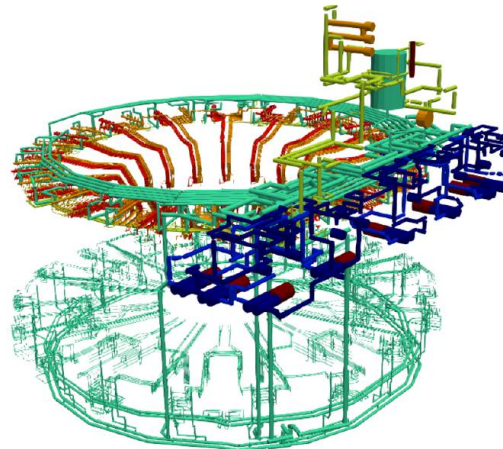
E-lite (Tokamak MCNP machine) = 600 000 surfaces



Modele MCNP – niveau equatorial

Utilisation D1S-UNED (MCNP modifié) + Space claim/Super MC/GEO-UNED

- **Sources: Neutrons du plasmas, Produits de corrosion activés (ACP)**

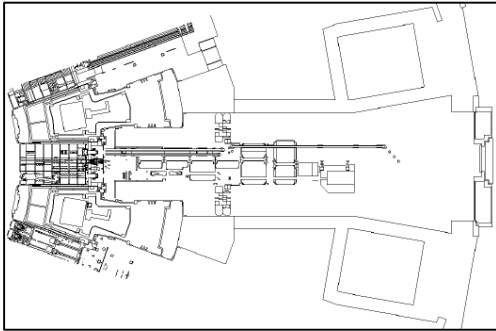


Source des ACP dans le système de refroidissement primaire d'ITER

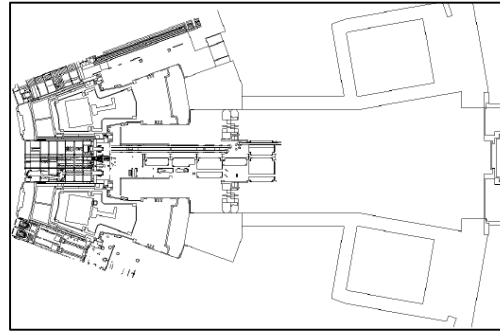
WP4 – Débits de dose

- 4 Configurations de maintenance

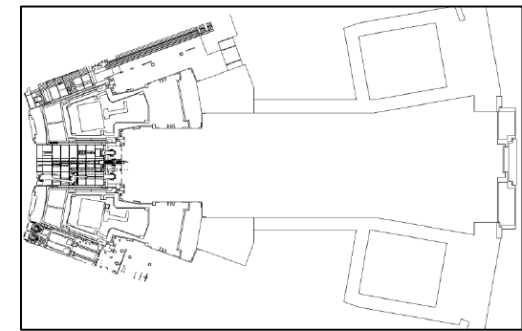
Port cell – tout équipée



Port cell – zone arrière vidée

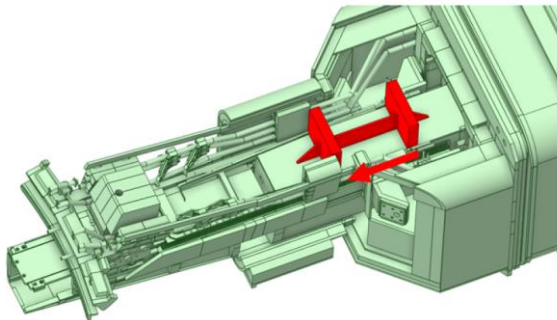


Port cell – zone avant vidée

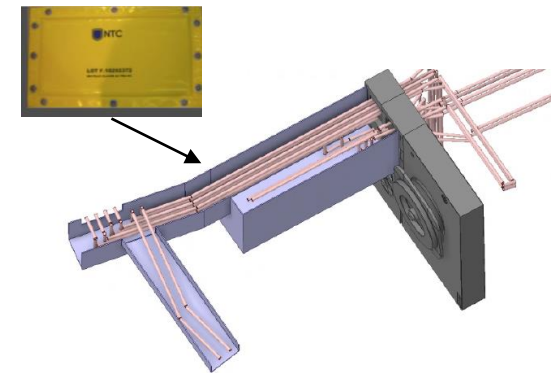
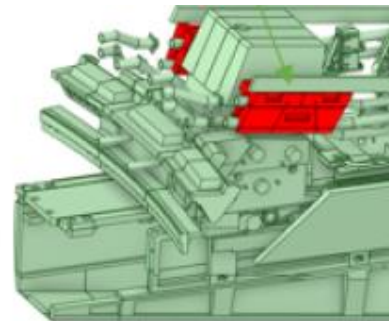


- Optimisation: intégration d'écrans (Dose Reduction Measures)

Protection neutron

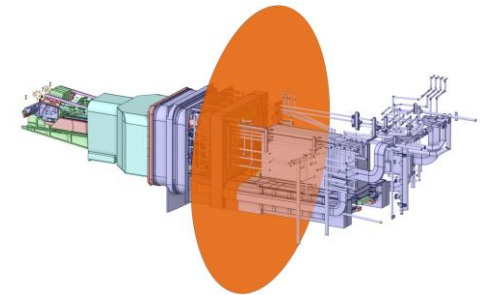
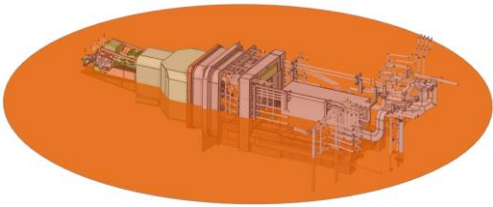


Protection Gammas

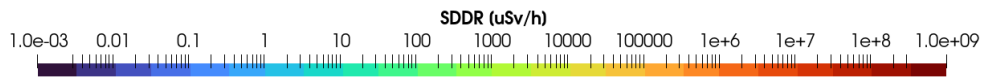
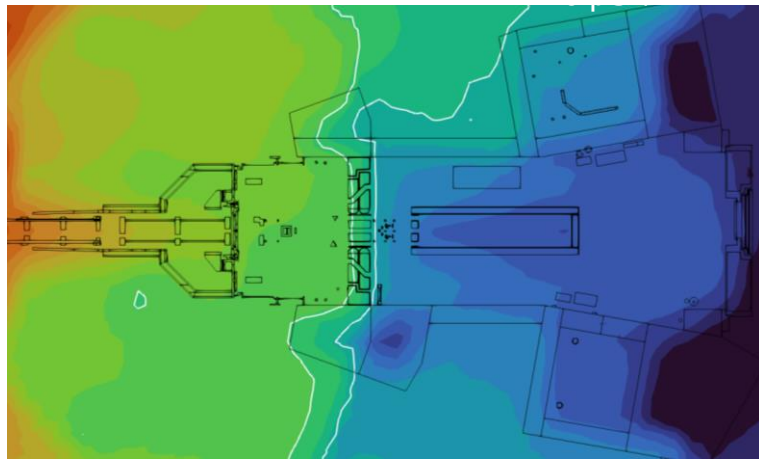


6 – Démarche ALARA intégrée

WP4 – Débits de dose

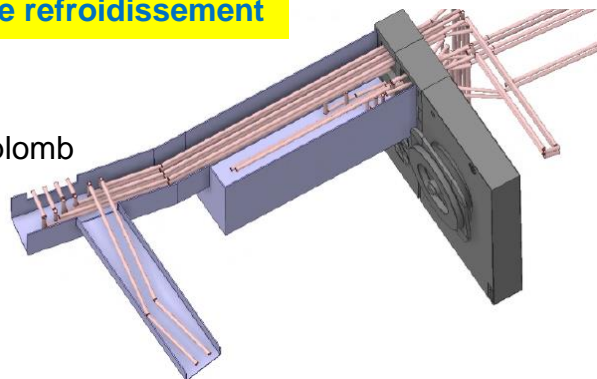


100 µSv/h
Carte de Débits de dose (PLASMA) – Lower Port #02
 40 µSv/h



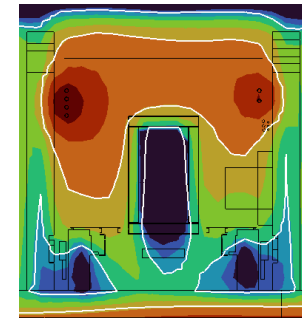
DRM système de refroidissement

Couvertures de plomb

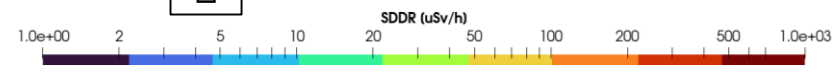
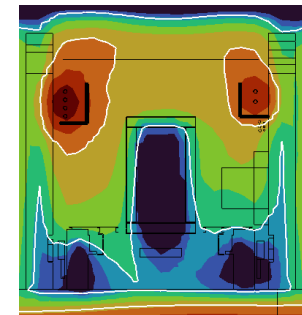


Carte de Débits de dose (ACP) – Lower Port #02

NO DRM



DRM 068: TCWS SHIELDS



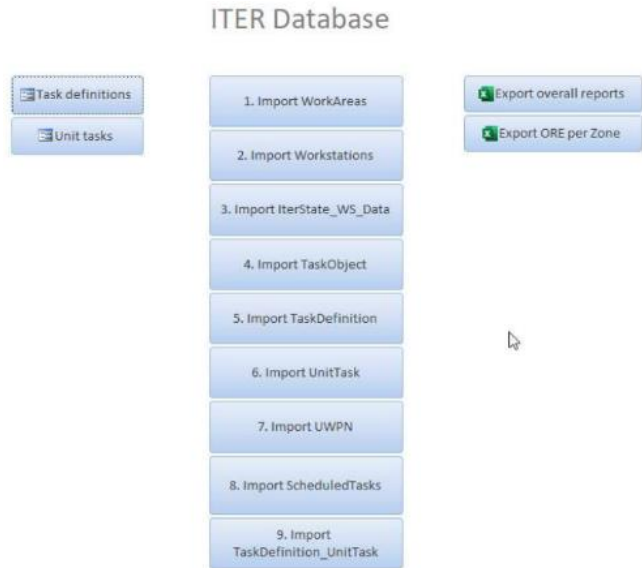


Visualisation faite par UNED PhD student Mario Belotti (Rafael Juarez)

6 – Démarche ALARA intégrée

WP3 - Base de données Maintenance

Le besoin d'inspection/maintenance est collecté – sur cette base un scénario intégré est proposé



- PBS15 maintenance activities v1.0 (ITER_D_5UDCVT)
- PBS17 maintenance activities v1.0 (ITER_D_5UDJPC)
- PBS18 maintenance activities v1.0 (ITER_D_5YH6FT)
- PBS23 maintenance activities v1.0 (ITER_D_5ZGXTV)
- PBS24 maintenance activities v1.0 (ITER_D_68ZKWU)
- PBS26 maintenance activities v1.0 (ITER_D_6JEMUC)
- PBS31 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7JTUD7)
- PBS32 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7P7HFW)
- PBS34 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7V7793)
- PBS41 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7WNQFL)
- PBS51 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7WNVY6)
- PBS52 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7WNWNA)
- PBS53 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7WNXUK)
- PBS55 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7WNXXM)
- WP-B.D2 Input Data package fir PDR v1.0 (ITER_D_5PNP4V)
- PBS57 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7WNYWW)
- PBS62-64-65 maintenance activities v1.0 (ITER_D_7WNZRH)

WP3 MS Access ITER Maintenance Database

Plans de maintenance système + REX Orano

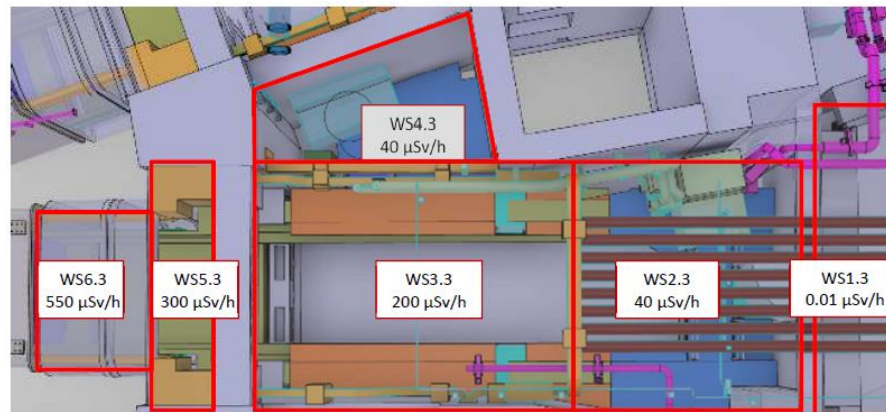


Figure 14: UP#16 STEP 1 SDDR Config 3 (no shielding cabin configuration)

6 – Démarche ALARA intégrée

WP3 - Base de données Maintenance

PBS	Task number	Task definition	Frequency/ Event	ORE man.µSv STEP 1	ORE man.µSv STEP 2	IO document reference
32	29	UP16 - Detriation pipe inspection - To be confirmed	LTM	TBD/TBC	TBD/TBC	
55	30	UP16 - Coils Upper - IVC feedthrough Inspection by endoscope (16 hours)	LTM	59,859	N/A in vessel	[85] task cancelled following meeting [100]
44	31	UP16 - ELM SIC cable tray inspection ? - To be confirmed (*)	LTM	TBD/TBC	TBD/TBC	
44	32	UP16 - VS SIC cable tray inspection ? - To be confirmed (*)	LTM	TBD/TBC	TBD/TBC	
62	33	UP16 - Bio Shield Plug opening	Failure	N/A	N/A	Assumption
61	34	UP16 - Contaminated Water drainage Inspection (*)	LTM	TBD/TBC	TBD/TBC	
62	35	UP16 - Fire protection inspection	LTM	TBD/TBC	TBD/TBC	
61	36	UP16 - Building Concrete and Emergency Power Supply	TBD/TBC	TBD/TBC	TBD/TBC	
62	37	UP16 - HVAC - relief panel maintenance	LTM	19	9	Assumption
62	38	UP16 - Demineralised Water valves inspection	LTM	20	4	Assumption
62	39	UP16 - Nitrogen valves inspection	LTM	257	4	Assumption
52	40	UP16 - Simplified polarized and WG and expansion unit inspection - Ex vessel waveguide inspection	LTM	261	33	[15] [7]
52	41	UP16 - Diamond windows inspection	LTM	271	9	[15] [7]
52	42	UP16 - Isolation valve visual inspection (ceiling)	LTM	266	9	[15] [7]
52	43	UP16 - Replacement of isolation valves (ceiling)	Corrective	434	148	[15] [7]

Task number	Main tasks contributor	ORE man.µSv	Percent
50	UP16 - VV Upper Port Extension Inspection - ESPN	3,072	21.5%
47	UP16 - VV Sealing Flange - Lip seal In-Service Inspection	2,592	18.2%
44	UP16 - Cooling line - ESPN - Internal & External visual examination of all visible areas including welded joints	180	1.3%
Total ORE man.mSv – STEP 2		7.4	100.00%
<i>Total ORE man.mSv – STEP 1</i>		<i>136.34</i>	

• Corrective tasks (see § 5.1.2):

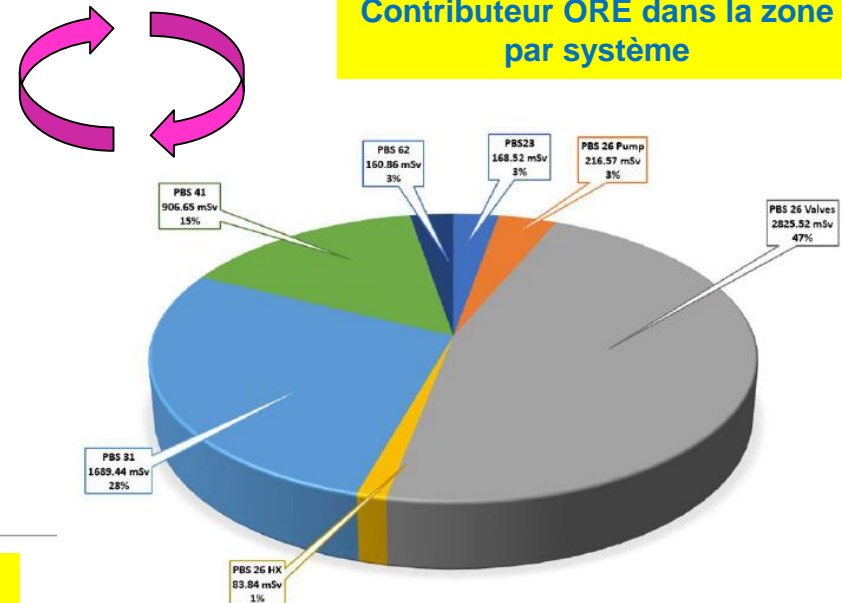
Task number	Main tasks contributor	ORE man.µSv	Percent
53	UP16 - Replacement of insulation break	7,828	26.7%
55	UP16 - Replacement of feedthrough	5,562	18.8%
23	UP16 - Mitrebend replacement (*)	5,520	18.8%
10	UP16 - Replacement of electrical feedthrough (*)	4,492	15.3%
11	UP16 - Adaptation of jumpers for degraded mode of operation (*)	2,026	6.9%
54	UP16 - Replacement of thermocouples	1,381	4.7%
8	UP16 - In-vessel waveguides flange bolting	1,228	4.2%
Total ORE man.mSv – STEP 2		29.4	100.00%
<i>Total ORE man.mSv – STEP 1</i>		<i>60.526</i>	

WP3 tâches de maintenance par zone & système - ORE par tâches

	LTM 6		LTM 7		LTM 8		LTM 9		LTM 10		LTM 11	
	STEP1	STEP3	STEP1	STEP3	STEP1	STEP3	STEP1	STEP3	STEP1	STEP3	STEP1	STEP3
EP#10 – ORE for preventive maintenance every LTM	13.78	7.2	13.78	7.2	13.78	7.2	13.78	7.2	13.78	7.2	13.78	7.2
EP#10 – ORE for preventive maintenance every LTM	4.47	4.82			4.47	4.82			4.47	4.82		
EP#10 – ORE for preventive maintenance every LTM	0.42	0.53										
EP#10 – ORE for preventive maintenance every LTM					1.71	1.58						
EP#10 – ORE for preventive maintenance every LTM							0.43	0.53				
EP#10 ORE per LTM for preventive maintenance mSv – STEP 3	12.57		7.22		13.62		7.75		12.04		7.22	
EP#10 ORE per LTM for preventive maintenance mSv – STEP 2	14.01		11.2		14.01		11.51		13.7		11.2	
EP#10 ORE per LTM for preventive maintenance mSv – STEP 1	18.67		13.78		19.96		14.21		18.25		13.78	

ORE par zone par campagne de maintenance

Contributeur ORE dans la zone par système



WP5 Contamination

Evaluation des risques de contamination lors d'interventions spécifiques

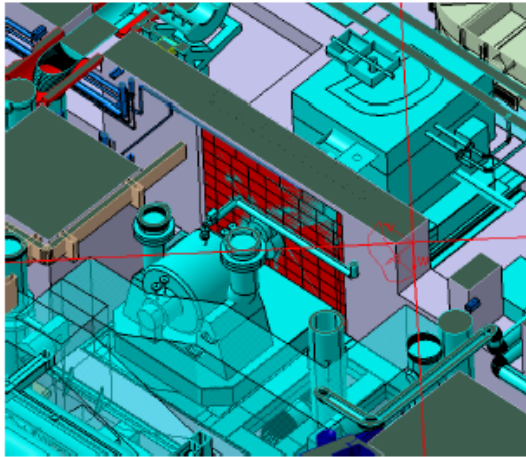


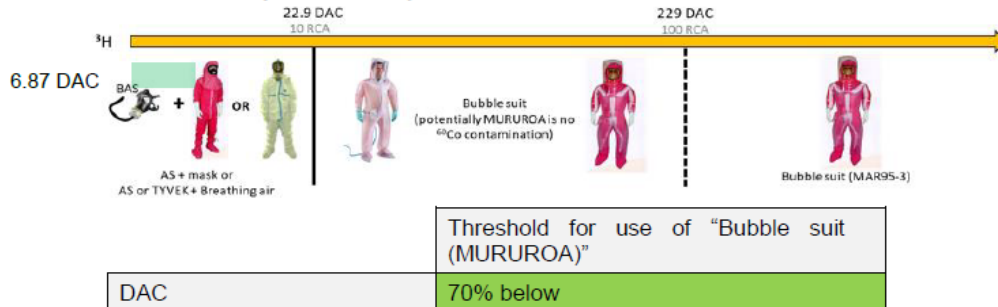
Figure 35 – Tasks 3&4 in UPC

Maintenance de pompe

Identification des tenues d'intervention

The expected level of surface contamination arising from this case is well below the limits for a C3 zone so the classification of the UPC is not challenged.

The DAC is mostly dominated by tritium.



	ACPs	Tritium (gas)	TOTAL
Peak airborne contamination (Bq/m ³)	7.73E+00	7.86E+03	7.87E+03
Average airborne contamination (Bq/m ³)	3.35E-01	1.59E+03	1.59E+03
Average DAC	9.59E-05	4.67E-03	4.76E-03
Final surface contamination (Bq/m ²)	9.65E+00	-	9.65E+00
Deposition dose (Sv)	2.84E-10	-	2.84E-10
Immersion dose (Sv)	1.21E-09	1.57E-10	1.37E-09
Inhalation dose (Sv)	1.30E-07	3.75E-06	3.88E-06
Total dose (Sv)	1.32E-07	3.75E-06	3.89E-06
Dose rate (Sv/h)	1.59E-09	4.55E-08	4.71E-08

Utilisation du code RESRAD BUILD

Recommendations “ gestion de la contamination ”

TASKS 3 & 4 – PUMP MAINTENANCE (UPC)

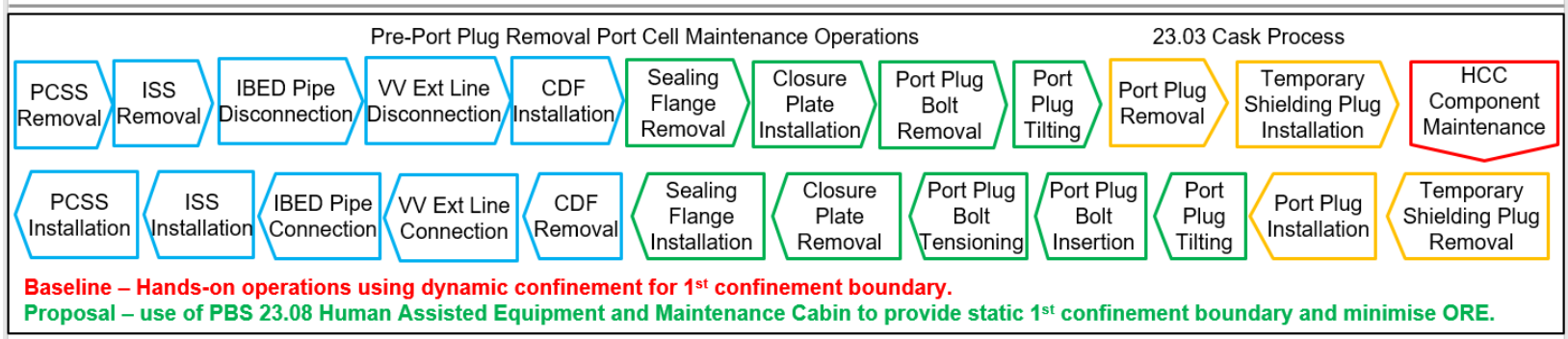
Results in §4.6 and 4.7 lead to the following control solutions:

Control solution	Status	Justification
Use of TYVEK + BAS	Recommended	Presence of tritium gas. No additional recommendation due to very low level for ACP DAC and surface/airborne contamination. Risk of liquid splashing.
Temporary framed tent enclosure	Recommended	Available space is sufficient to deploy a framed tent enclosure. Sealing is required around inlet, outlet and shaft.
Use of DS as local extract	Recommended	Dynamic confinement is ensured with ventilation and additional extraction with an elephant trunk connected to the DS (typically 100-200 m ³ /h possible for PBS 26 maintenance).

6 – Démarche ALARA intégrée

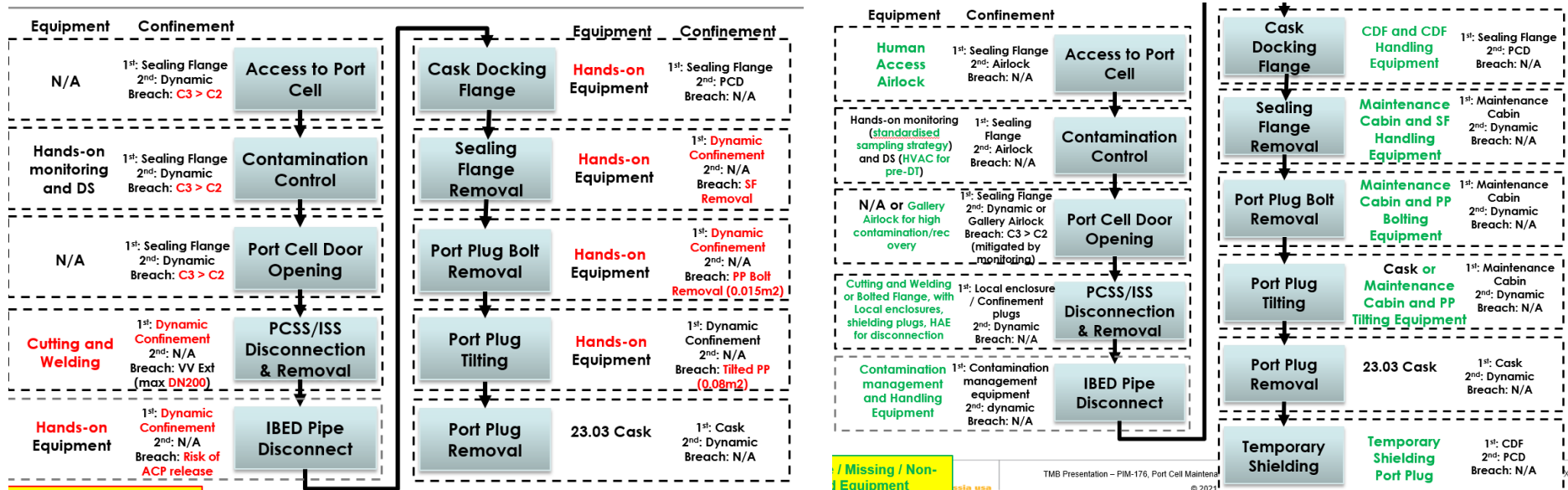
WP6 Maintenance standardisée

Toutes les phases de maintenance d'une port Cell ont été identifiées et analysées



BASELINE

Nouvelle proposition



OBJECTIFS: MAITRISER les risques de contamination, réduire l'ORE, standardiser avec les bonnes pratiques et meilleures technologies disponibles



6 – Démarche ALARA intégrée

WP7 - Analyse Facteur humains et Organisationnels

Entrée

Analyse macro des zones de priorité 1 :

- Identification des tâches de maintenance
- Sélection des tâches prioritaires pour l'analyse micro
 - Présence de systèmes de sureté
 - Utilisation de tenue ventilée
 - Niveau d'exposition
 - Complexité de la tâche
 - Accessibilité
 - Présence de risques

Analyse micro des zones de priorité 1 :


- Analyse détaillée des acces
 - Passage humains - acces
 - Acces aux systemes
 - Zone de travail (position travailleur / zone de stockage)
- Identification des risques de défaillance humaines
 - Risque exposition externe, contamination
 - Etude de la tâche influencant sa réalisation

Model 3D et analyse en salle de réalité virtuelle = recommandations HoF

Matrice de criticité HoF

Task no.	Workstation (WS [38])	PBS	Details	TTC (hour, [38])	SIC [54]	Suit [40]	Complexity	SDDR (µSv/h, [39])	Required clearance	OHS hazard [41]	TOTAL /19
21	WS 7.6	PBS 55	Inspection of closure plate components (including the cooling pipes) through inspection windows of shielding	1	SIC 1	US	high	132	C	critical	14
24	WS 7.6	PBS 55	In-situ inspection of closure plate feedthroughs	0.5	SIC 1	US	high	132	C	critical	14
1	WS 8.4	PBS 15	Inspection of lip seal	10	SIC 1	US	high	233	C	high	13
9	WS 4.1	PBS 55	Inspection of the closure plate components (endoscope)	2	SIC 1	US	medium	0,54	NC	high	12
10	WS 4.1	PBS 55	Leak Tests (from behind Bioshield plug)	6	SIC 1	US	medium	0,54	C	high	11
26	WS 3.1	PBS 55	Preventive replacement of motors in spectrometers	40	Non SIC	US	medium	0.13	NC	critical	11
2	WS 8.6	PBS 17	Control of no degradation or damage on Optical Fiber Feedthrough	4.5	SIC 1	US	low	234	C	high	11
23	WS 7.6	PBS 26	In-situ inspection of ex vessel cooling pipes	1	SIC 1	US	low	132	C	high	11

Sortie

Manikin referenced location	View of the Work Station
<p>11-L3-03EW - TCWS_ORE_02</p> <p>→ not OK (< 1.2 m)</p> <p>[No Title]</p> <p>HOF Requirement 45 The required clearance is not respected for the TCWS_ORE_02 locations. The maintenance of this valve will have to be checked (micro-analysis planned)</p>	

6 – Démarche ALARA intégrée

WP8 – Sécurité des travailleurs

Entrée

Liste des dangers possibles dans la zone

Est-ce que les travailleurs sont susceptibles d'être exposés aux dangers ?

Si un des Ws = YES

Environmental hazard lookup	Est-ce que les travailleurs sont susceptibles d'être exposés aux dangers ?																Further assessment needed	
	WS 1.1	WS 2.1	WS 3.1	WS 4.1	WS 1.2	WS 2.2	WS 3.2	WS 4.2	WS 5.2	WS 6.2	WS 1.3	WS 2.3	WS 3.3	WS 4.3	WS 5.3	WS 6.3		
Live parts accessible	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Inflammable material	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ATEX zone	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Collision from vehicles / machinery / parts	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Electromagnetism from coils	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Trapping in zones	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Extreme temperatures	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Exposition to fumes / dust	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Dust explosion	No	TBC	TBC	TBC	No	TBC	TBC	TBC	TBC	TBC	No	TBC	TBC	TBC	TBC	TBC	TBC	Yes
Anoxia from leak of gas / insufficiency of air renewal	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Lack of breathing air	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Burning from fluid chemical or temperature	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intoxication from vapour	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Fall from height	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Falling objects	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tripping hazard	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Hazardous ergonomic conditions	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Entry / dead-end / several levels / path linked to airlock	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

DRM	WP3	WP7	DRM tracker
83 - Local shielding of the RH preparation area	The time and number of worker necessary to install the shielding blanket shall be implemented in the maintenance plan before any task related to the work area involved.	A lifting tool might be necessary to avoid arduous physical activity, depending on the weight of the blankets (input data not mature enough). The tool shall satisfy the HOF criteria and be consistent with the French OHS regulation (values about lifting and handling of loads are mentioned below).	A lifting tool might be necessary to avoid arduous physical activity, depending on the weight of the blankets (input data not mature enough). Risk of blankets collapse is not taken into account for OHS assessment. The tool shall be consistent with the French OHS regulation.

Sortie

Si YES...Analyse et recommandations pour sécurité



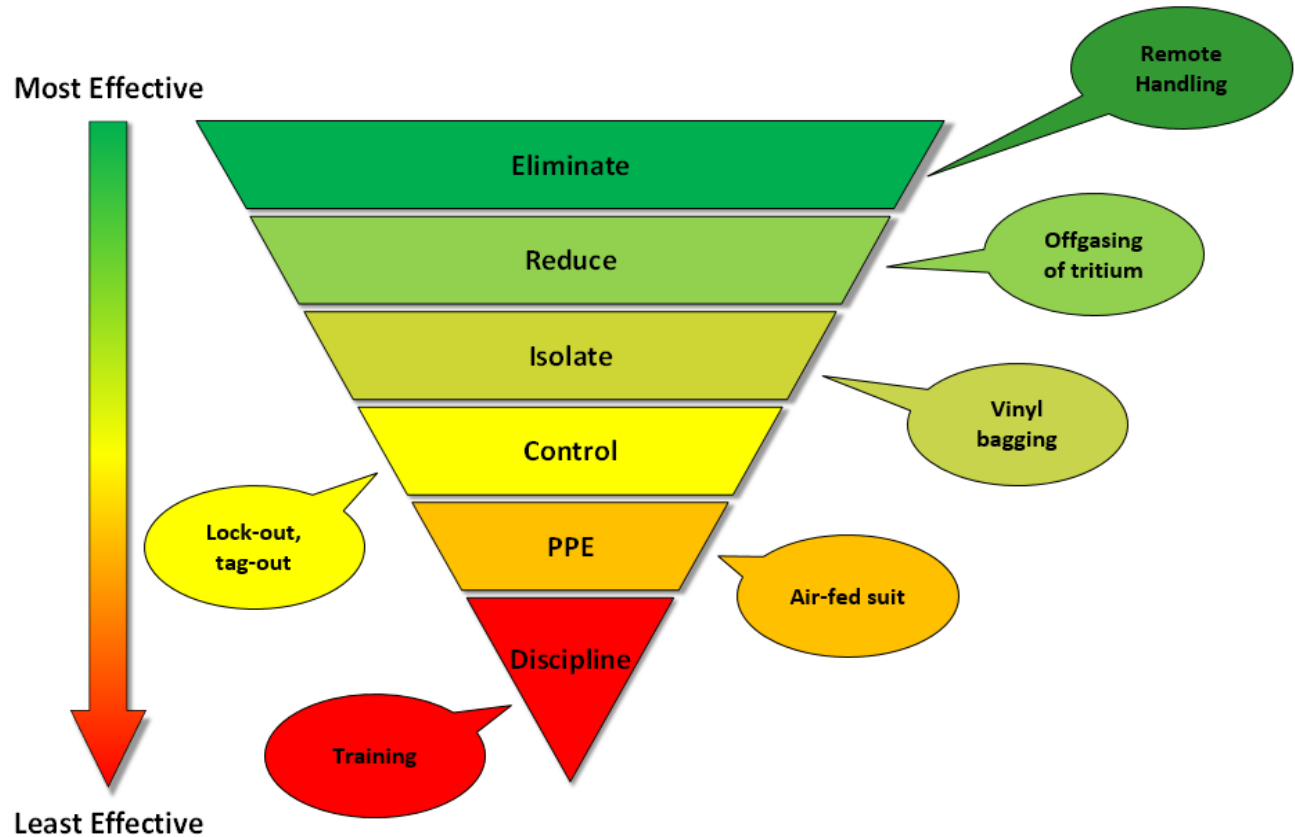
SNE 2021 – ITER Lessons learned

6 – Démarche ALARA intégrée

WP9 – ALARA

Identification des axes d'optimisation (Dose Reduction Measures) 32 ALARA WORKSHOPS

Formalisation
via l'approche
ERIC – PD



ORE n=1 / ORE n=3 ~ 2.5

6 – Démarche ALARA intégrée

WP9 – ALARA

Traçabilité des pistes d'optimisation 142 « Dose Reduction Measures » identifiées Après analyse et les workshops, 58 sont considérées pour l'ORE état 3

Dose Reduction Measure (DRM) Proposal Form
 Form Reference ITER_D_35SDPU v1.0
 Nuclear Integrated Engineering (NIE) Contract IG/CT/4300001948
 Page: 1 / 3

DOSE REDUCTION MEASURE (DRM) PROPOSAL FORM

DESCRIPTION

ID Number	ID number from tracker	Applicable Area(s)	E.g. EQ-11
DRM Title	Insert title of the DRM here		
Jacobs Engineering Ref	Insert Jacobs Engineering DRM reference here		
Background			
Explain context and nature of the problem – i.e. high SDDR in a particular workstation due to gap in shielding, or a particular task takes a very long duration, contributing highly to the area ORE for example.			
Description of DRM Proposal			
Description of the DRM at a concept level, supported with images where possible. Integration issues or drawbacks should not be stated here; they will follow in later sections.			
Applicable Tasks			
List task numbers and titles, consistent with WP3		SIC/PIC Components?	
1 – Replacement of component A		<input type="checkbox"/>	
2 – Calibration of component B		<input type="checkbox"/>	
BENEFIT			
Dose Reduction in Isolation (mSv)	12.6 mSv	Dose Reduction Score (1-5)	4
Basis of Dose Reduction Estimate		Other Benefits	
Explain how this estimate of the dose reduction was derived, including key assumptions.		Briefly note other benefits to ITER from this DRM which are unrelated to dose reduction.	
COST			
Costs			
Qualitative or semi-qualitative description of all costs and disadvantages associated with the implementation of this DRM. These may include:			
<ul style="list-style-type: none"> - Financial cost - Incompatibility with current requirements - Integration problems - Increased complexity - Conventional safety risks - Any other disadvantages 			

Dose Reduction Measure (DRM) Proposal Form
 Form Reference ITER_D_35SDPU v1.0
 Nuclear Integrated Engineering (NIE) Contract IG/CT/4300001948
 Page: 2 / 3

INTEGRATION

Project Impact Score (0-4) 2

Integration Issues

Describe here all integration issues. Include issues such as potential clashes, displacement of other components, civil loads, encroachment on human passage and the current state of the design and manufacturing (potential for rework).

Describe any other potential transversal issues such as changes to the fire loading in an area, or changes to area classification.

List the key points for further study, to demonstrate the feasibility or otherwise of this DRM.

DRM required for which phase:

First Plasma
 PFPO-1
 PFPO-2
 FPO (DT)

Alternative to implementing this DRM

Consider alternatives to implementing this DRM as described above, if any. Alternative approaches should take into consideration the integration constraints mentioned in the section above.

Affected PBS

List the PBS affected by this change

PCR Required?

PBS INPUT (MAIN PBS ONLY)

PBS ID	PBS Comments
a.g. 55 or 55 U4	Any comments regarding the feasibility, effectiveness or implementation of this DRM.
TRO Name	
Jean Dupont	

PBS ID	PBS Comments
a.g. 55 or 55 U4	Any comments regarding the feasibility, effectiveness or implementation of this DRM.
TRO Name	
Jean Dupont	

DECISION

Recommended?	Lead Party for Implementation	Basis for Decision
<input type="checkbox"/>	PBS 55	Briefly explain the basis for recommending this DRM or not. Explain any conditions attached to this recommendation.

ALARA Potential Score (0-20) 8 (product of Dose Reduction Score and Project Impact Score)

Orano Projets/UNED/Jacobs

Dose Reduction Measure (DRM) Proposal Form
 Form Reference ITER_D_35SDPU v1.0
 Nuclear Integrated Engineering (NIE) Contract IG/CT/4300001948
 Page: 3 / 3

IO DRM INTEGRATION IN DESIGN BASELINE

Status	<input type="checkbox"/> Validated <input type="checkbox"/> Pending actions <input type="checkbox"/> Rejected	Insert workshop's minutes of meeting IDM link.
Pending actions to be closed-out before integration decision	Insert actions to be closed-out before integration decision based on the action tracker.	
Integration Implementation	E.g. On-hold until actions closed out Senior Mgt validation / PCR / DR	

RBSE ALARA STUDY N=3

RBSE Decision for ALARA study N=3	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
Comments of the RBSE final decision	Insert comments of the RBSE final decision based on workshops.

Orano Projets/UNED/Jacobs

7 - Conclusion

- Les **points clés** de la démarche ALARA intégrée mise en œuvre à ITER depuis 2019 :
 - **Un fil conducteur avec des « états ALARA »** permettant une **prédiction des doses**, une **formalisation des itérations** et de **l'optimisation**
 - Des états ALARA formalisés (rapports, DRM, DRM tracker) via des **workshops regroupant les parties prenantes** et permettant de **diffuser la culture RP/ALARA /sûreté**, d'associer les systèmes en les aidant à justifier la mise en œuvre d'ALARA, de trouver un compromis
 - **Chaque « état ALARA » est en outre analysé par les métiers:** « Facteurs humains », « Sécurité », « Standardisation maintenance », « RP-Contamination » afin d'intégrer ces recommandations vers les concepteurs
 - **Une approche par zone incluant une vision « futur exploitant »** (contribution d'ORANO) permet de construire une approche commune (lutte contre les « silos ») des modalités d'interventions dans un environnement nucléaire
- Ce type d'approche, multi-métiers, structurée avec pour fil conducteur la démarche ALARA est intéressante sur des environnements aussi contraints que les Tokamak de fusion nucléaire ou sur d'autres environnements complexes pour maîtriser les enjeux de radioprotection.

7 - Conclusion

- En raison de la production de neutrons et de la conception d'un tokamak avec intervention humaine, **l'évaluation de l'exposition professionnelle aux rayonnements et le principe ALARA sont essentiels pour un projet tel qu'ITER.**
- **Les exigences liées au principe ALARA et au débit de dose figurent dans les exigences du projet** et sont identifiés dans les principaux systèmes d'ITER (PBS).
- **Certains PBS ont fait des efforts importants lors de la conception** : Conception, choix des matériaux, contenu en Co, blindage, optimisation de l'inspection/maintenance... **Cependant, à proximité de la machine, le débit de dose est souvent supérieur aux contraintes de dose visées.**
- Selon :
 - La conception actuelle de la machine
 - Les données d'entrée actuelles : Programme de recherche (fluence n,..)
 - Les hypothèses de maintenance et d'inspection et l'évaluation actuelle des Débit de dose dans les zones

L'ORE (dose collective) d'ITER doit encore être optimisée et la démarche ALARA poursuivie

- Des réflexions sont en cours sur l'optimisation du programme scientifique. ITER poursuit ses efforts. Sur la base de l'approche ALARA intégrée mise en œuvre.



Thank you!

