

Enjeux de radioprotection et mise en œuvre de la démarche ALARA à la conception d'IFMIF

Y. Le Tonqueze *et al.*
(IFMIF project team – CEA)

European Home Team



Project Team
 In Rokkasho
 (JAPAN)

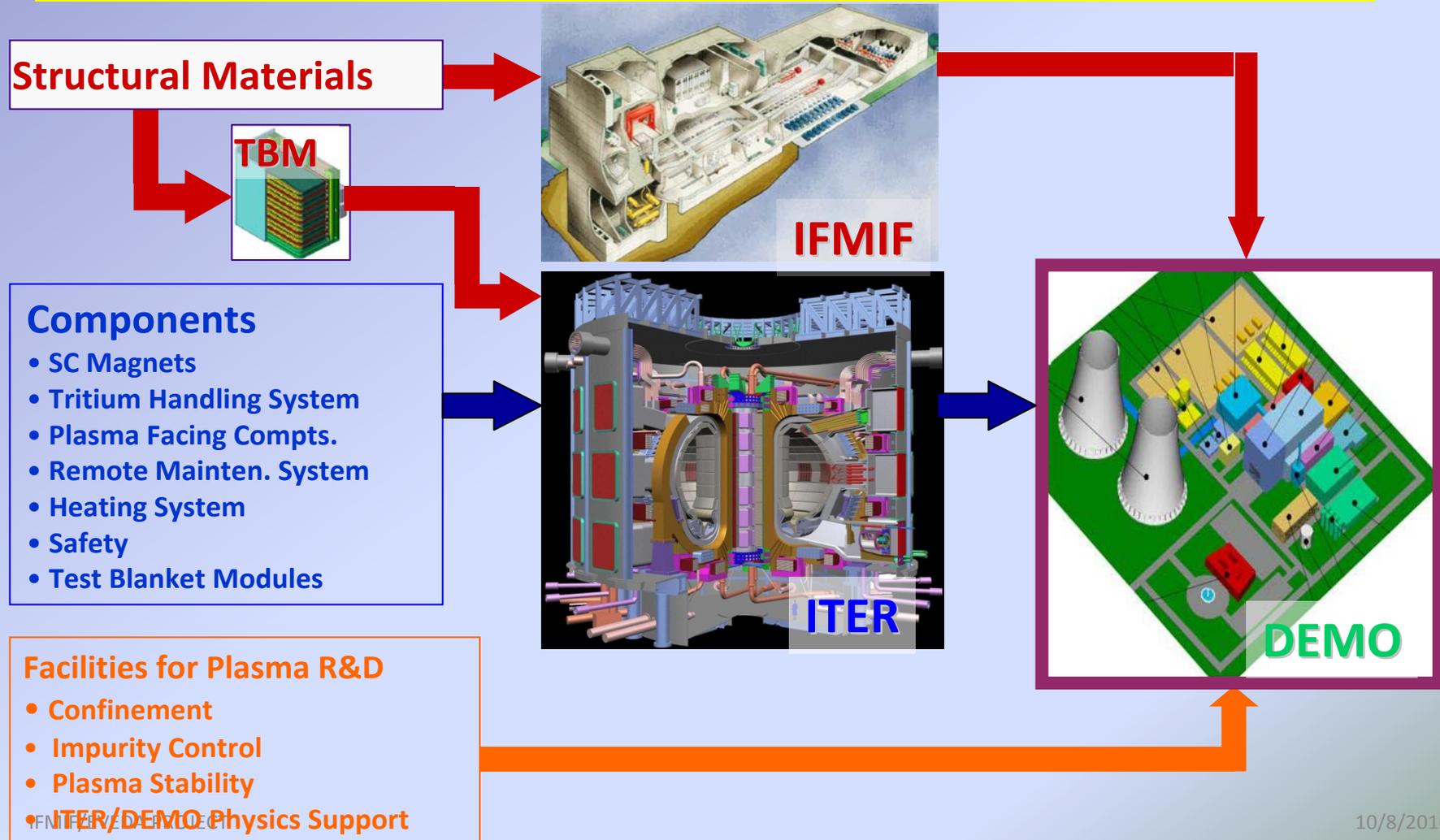
Japanese Home Team



Contexte

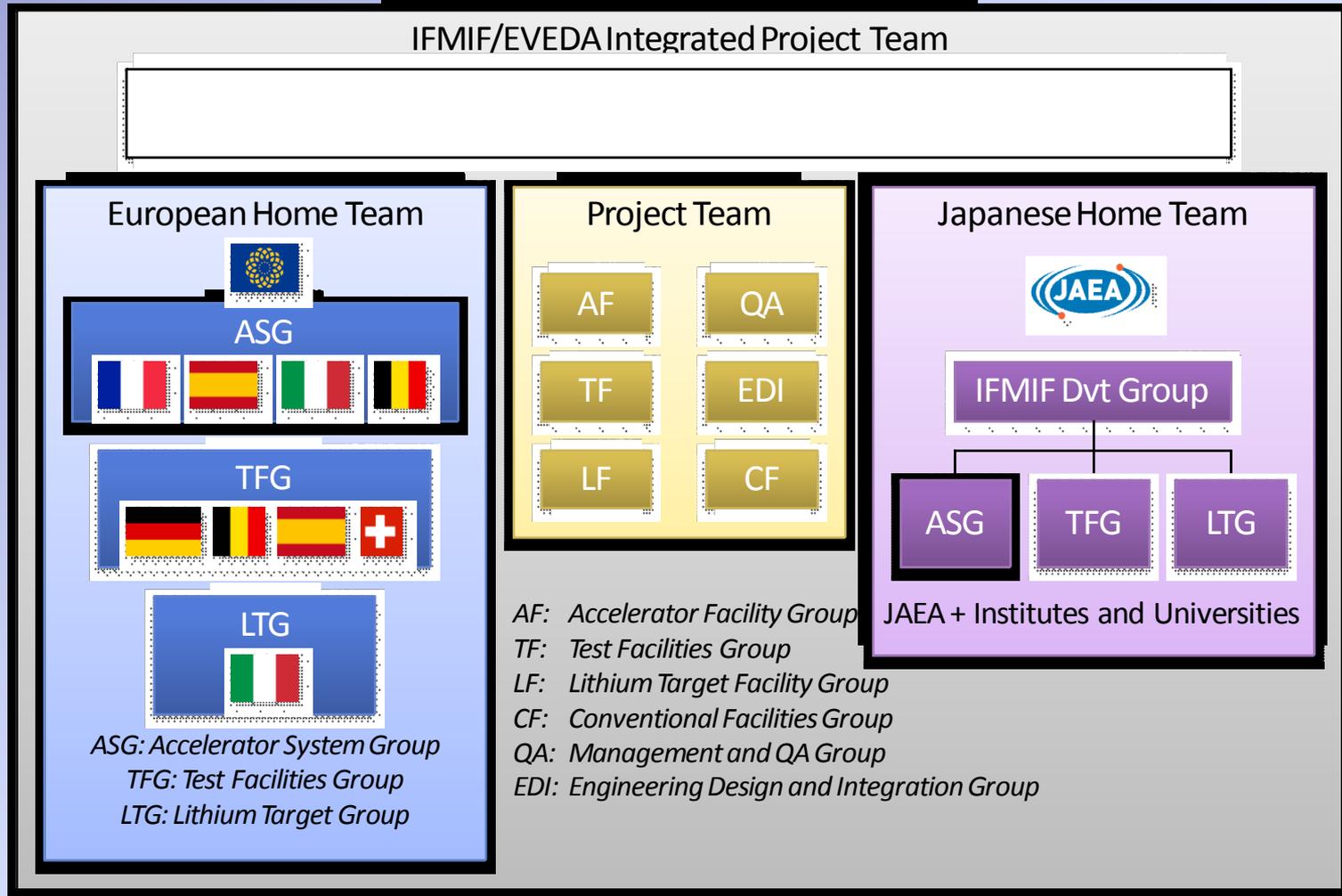
- ▶ International Fusion Materials Irradiation Facility, Installation nécessaire au développement de la filiere FUSION

Principal objectif: Caractériser les matériaux avec des contraintes représentatives de l'installation DEMO (Réacteur de fusion)

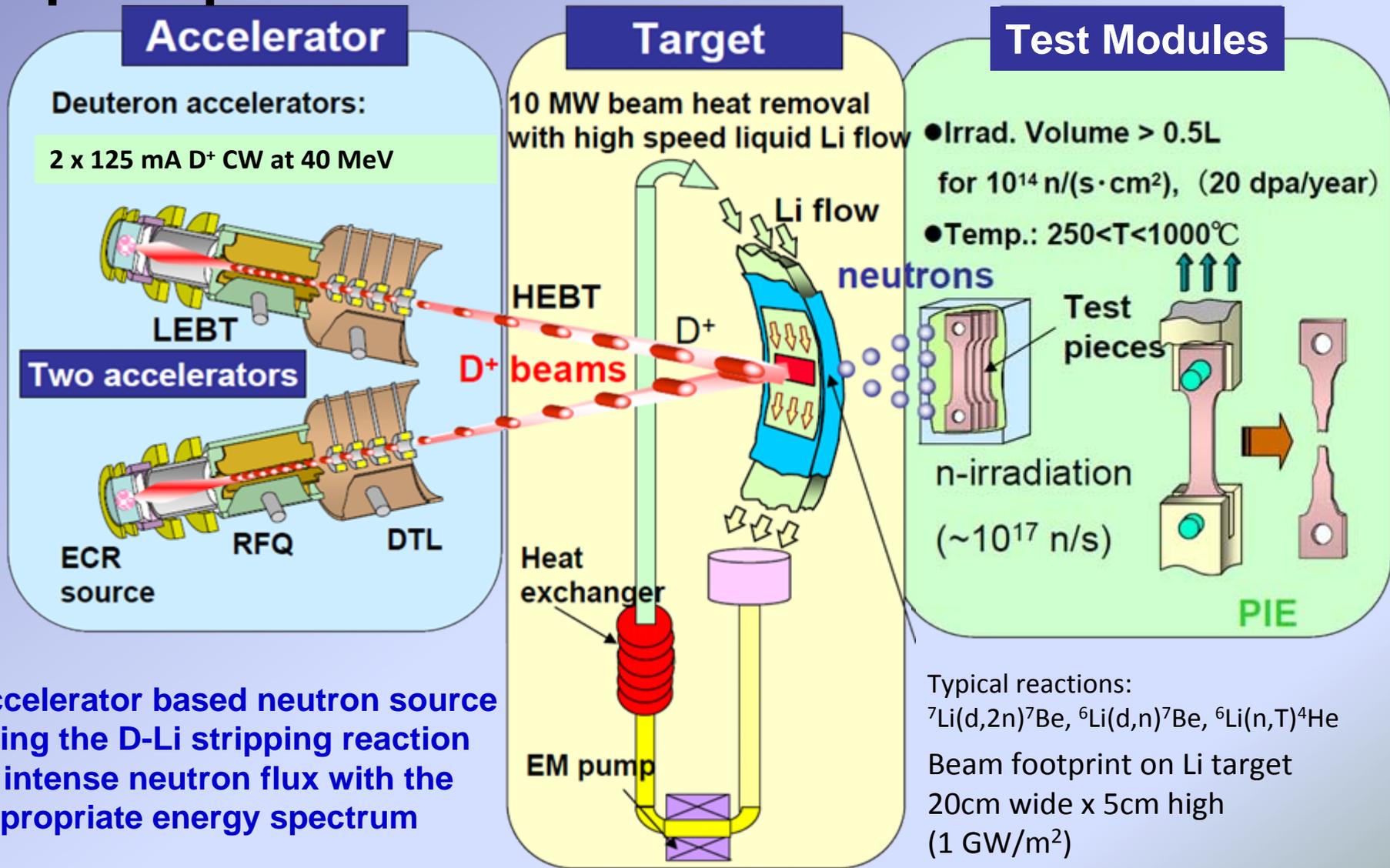


IFMIF/EVEDA – Approche élargie ITER

Projet international avec une gouvernance complexe



Le principe de fonctionnement d'IFMIF



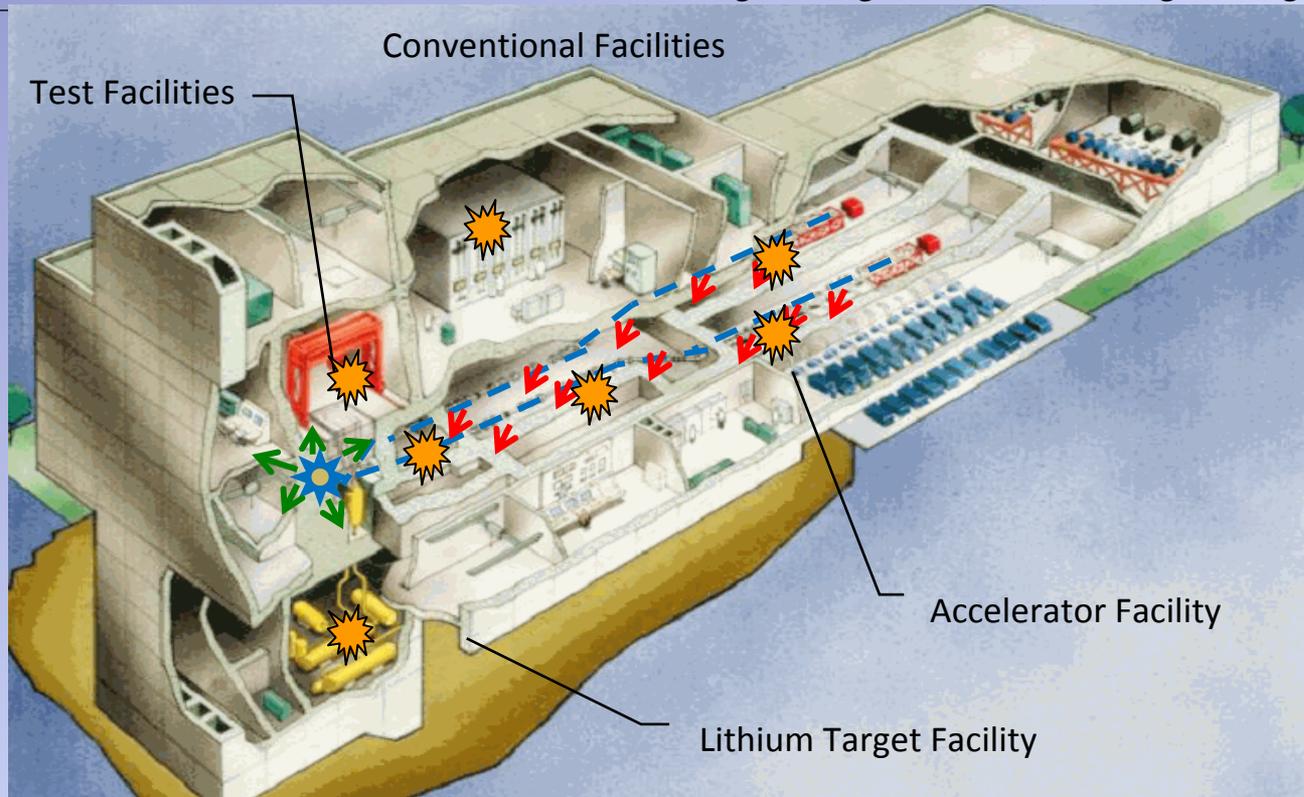
Accelerator based neutron source using the D-Li stripping reaction ⇒ intense neutron flux with the appropriate energy spectrum

Accélérateur

Métal liquide

Labo chaud

Enjeux de radioprotection



► Sources d'irradiation:

- ► Neutrons prompts produits par l'interaction des deutons du faisceau avec les composants de l'accélérateur
- ► X prompts dans l'accélérateur
- ► Neutrons prompts du fait de l'interaction D-Li au niveau de la cible (flux de l'ordre de 10^{15-12} n/cm².s)
- ► Gammas prompts du fait des phénomènes de diffusion/absorption des neutrons prompts (flux de l'ordre de 10^{14-11} n/cm².s)
- ► Gammas d'activation du fait des structures, composants ou atmosphère irradiés par les neutrons et les deutons. Les niveaux d'activation de la cellule d'irradiation sont de l'ordre de 10^{14} Bq/kg soit **plusieurs centaines de Sv/h**. Les produits d'activation et de corrosion activés conduisent dans la **boucle lithium** à un terme source de l'ordre de 10^{14} Bq/m³, soit de **l'ordre du Sv/h**

Les outils de calcul

Deutons

Neutrons

Gammas

TRACEWIN

MCNP-X

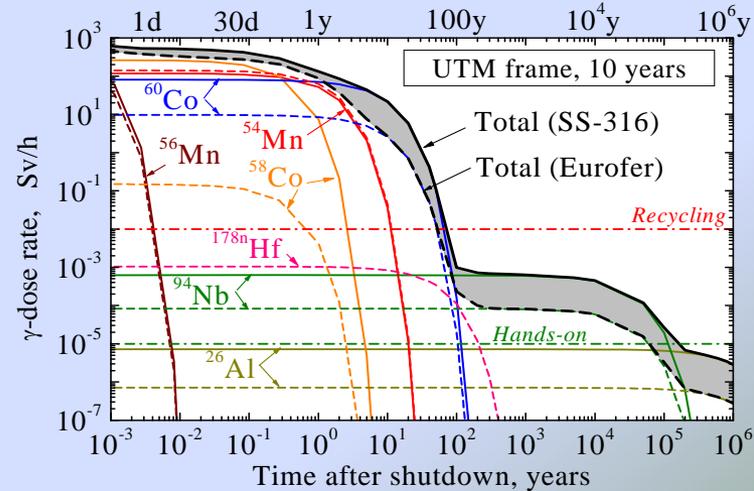
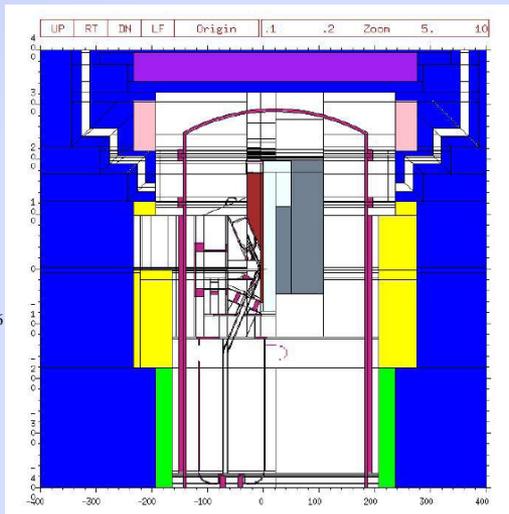
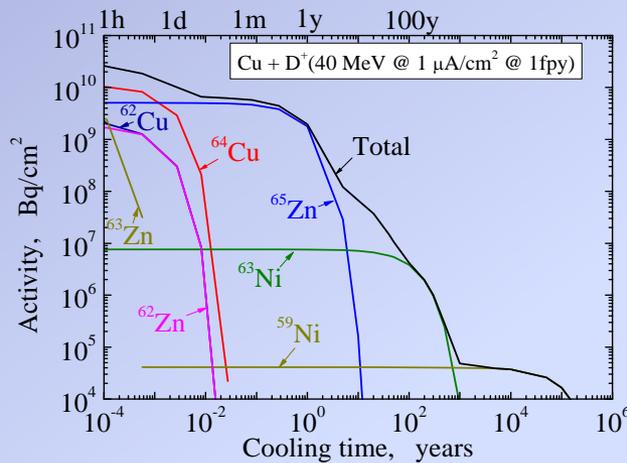
FISPACT

TALYS

MC DELICIOUS

MC UNED

ACAB



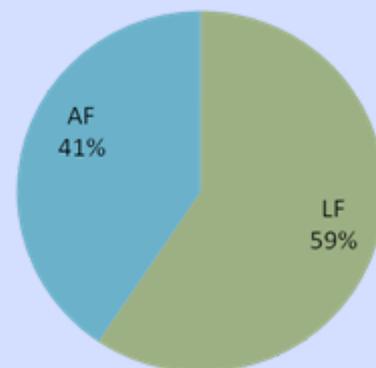
Evaluation dosimetrique au stade de la conception

► **Etude préliminaire “classique”**

**PHASE DE
CONCEPTION**

AREA	PERSON POWER	EVALUATED STATION DOSE	
		Lower limit	Upper limit
	person-h/year	mSv/a	mSv/a
Access cell	117		1.17E-03
Li loop (blower-cooler)	60		6.00E-04
Lithium loop - purification traps	488	1.12E-02	1.12E-02
Li loop components	700	3.47E-01	2.65E+00
Li loop (organic & water equipment)	72		7.20 E-04
Accelerator ion source	45	4.50E-02	9.00E-01
Accelerator (LEBT-RFQ-DTL)	355	3.76E-02	3.76E-02
HEBT low radiation area	132	6.60E-03	3.30E-01
HEBT high radiation areas	220	1.10E-02	5.50E-01
HVAC filters/fans	26		2.60E-04
TOTAL		0.46	4.48

Dose collective par facility CF 0% TF 0%



**Dose collective annuelle
0.46 – 4.48 H.Sv/an**

Evaluation dosimetrique au stade de la conception

**PHASE DE
CONCEPTION**

► Prise en compte d'un REX d'installation similaire

et extrapolation

- Analyse de la dosimetrie de l'installation TRIUMF (cyclotron, CANADA)
- Extrapolation en plusieurs etapes:
 - Step 1: Repartition similaire + prise en compte: gestion du vide dosante
 - Step 2: Facteur 2 sur les besoins de maintenance
 - Step 3 : Proportionalité sur la puissance faisceau (prise en compte d'écrans)
 - Step 4: 2 accélérateurs
 - Step 5: Prise en compte de la boucle Li

TABLE 16 –Worker Dose Estimate for IFMIF (p-mSv/a)

Dose Category	TRIUMF	IFMIF1	IFMIF2	IFMIF3	IFMIF4	<i>IFMIF</i>
Accelerator	52	52	104	208	416	416
Targets	22	22	44	88	176	352
Vacuum Pumping	15	30	60	120	240	240
Remote Handling	24	24	48	96	192	384
Plant Services	14	14	28	56	112	224
Technical, Engineering & Administrative Support	31	31	62	124	186	186
TOTALS	158	173	346	692	1322	1802

**Dose collective annuelle
1.8 H.Sv/an**

Demarche d'optimisation

Les options d'optimisation

Accelerator Facility:

- Minimisation des fuites du faisceau de Deutons
- Dimensionnement des locaux en terme d'écrantage pour un niveau de fuite enveloppe (arrêts faisceaux et parties hautes)
- Optimisation du design et des procédures de maintenance pour réduire les temps d'exposition et/ou le nombre de personnel
- Provision d'écrans additionnels en phase de maintenance

Test Facility:

- Définition de cellules blindées et mise en œuvre de télé opération pour les équipements les plus activés
- Choix des matériaux: Acier basse activation (Eurofer ou équivalent), réduction des impuretés (Co)...
- Etudes d'optimisation des flux de matériaux activés et d'aménagement des cellules d'analyse (architecture des locaux, études des transferts)

Les options d'optimisation

Lithium target Facility:

- Définition de cellules blindées et mise en œuvre de télé opération pour les équipements les plus activés (cible)
- Spécification du niveau d'impuretés du lithium afin de limiter le terme source
- Etude et limitation des phénomènes de corrosion
- Choix des matériaux: Acier basse activation (Eurofer), réduction des impuretés (Co) pour la structure de la cible lithium...
- Etude d'une cuve de décharge pour purger la boucle Li et isoler le terme source avec une protection adéquate
- Utilisation de pièges pour les produits d'activation (^7Be) et les produits de corrosion (^{54}Mn) avec les procédures de maintenance adaptées pour réduire l'activité de la boucle et du caloporteur.
- Accès interdit durant une période de refroidissement
- Définition d'écrans disposés sur la boucle lithium afin de réduire l'ambiance dans la zone d'intervention

Démarche ALARA IFMIF/EVEDA

L'approche ALARA IFMIF/EVEDA

► Concept:

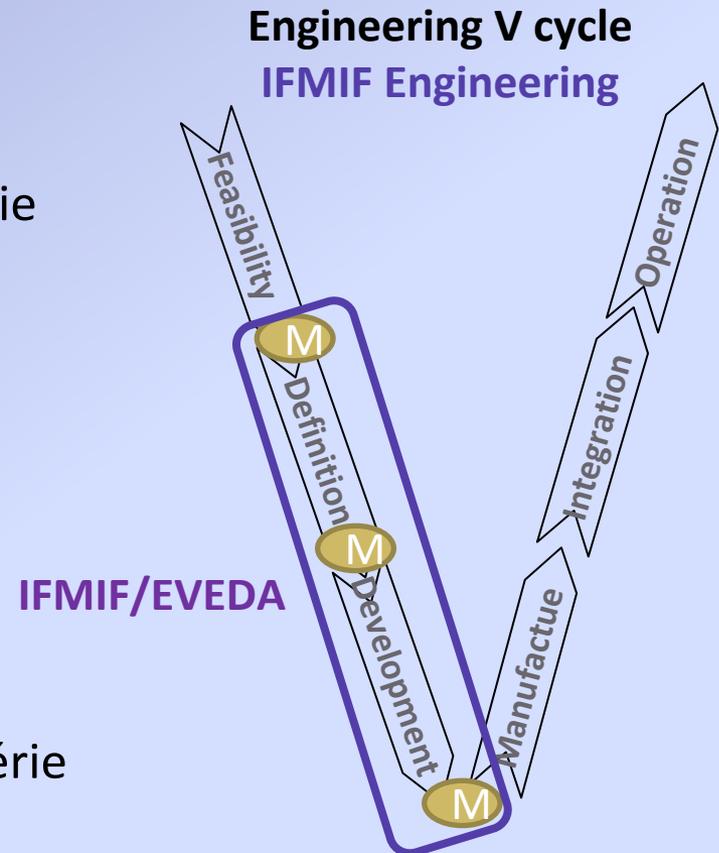
- Sous-process du process d'ingénierie de sûreté
- Formalisation, a minima lors des jalons projets (revue de definition, revue détaillée)

► Enjeux:

- Un des principaux enjeux de sûreté
- Intégration à la démarche d'ingénierie
- Formalisation de l'optimisation

► Démarche

- Procédure ALARA
- Contraintes de dose
- Formalisation ALARA

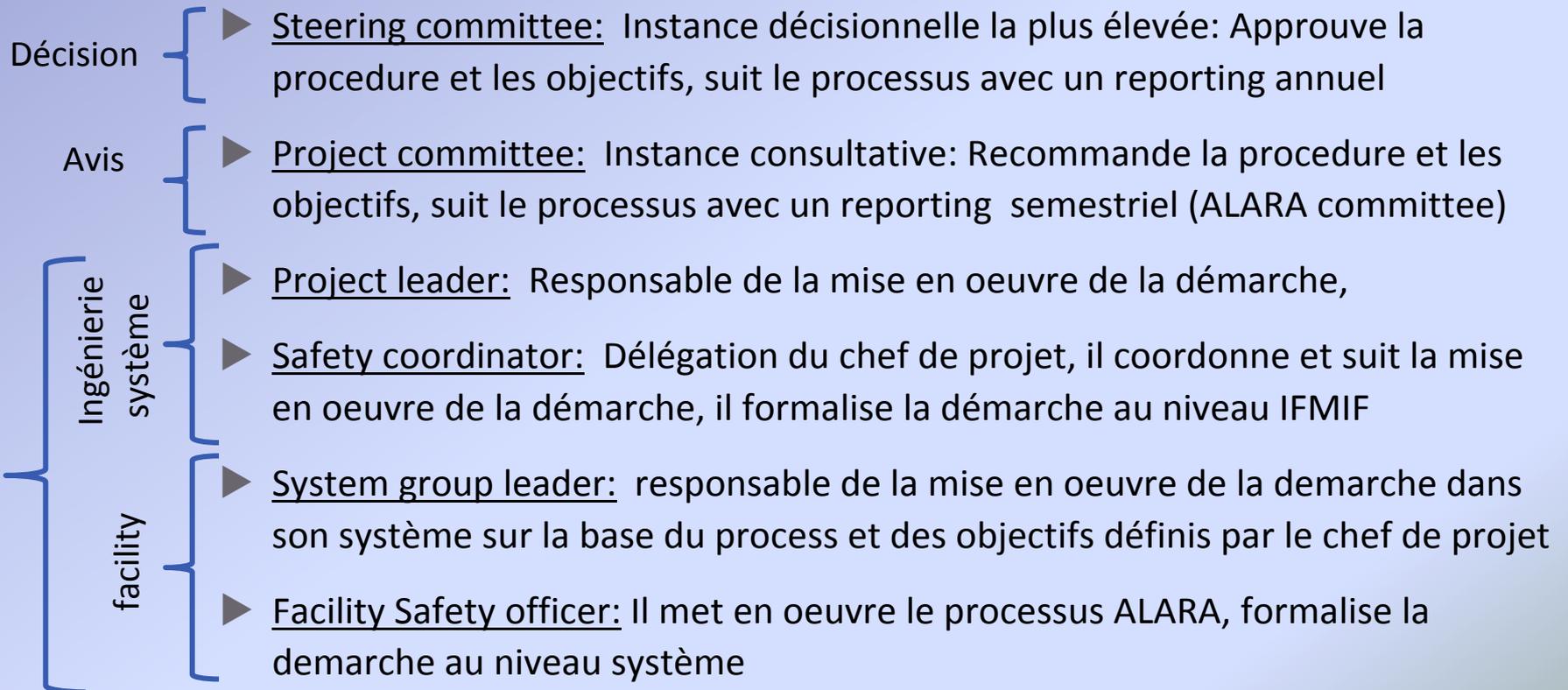


► **Procedure ALARA**

► **Objectif: Formalisation de la démarche (itérations), implication des instances décisionnelles**

► **Structure du document**

1. Acteurs et responsabilités en matière d'ALARA



► Procedure ALARA

► Objectif: Formalisation de la démarche (itérations), implication des instances décisionnelles

► Structure du document

2. Processus d'optimisation au niveau d'une « facility »

► Processus itératif formalisé par les jalons projets

► 1 a 2 itérations par phase: Définition/développement

► A minima 2 itérations durant EVEDA

1. Evaluation de toutes les situations conduisant a une exposition (« photo »)

Processus
SLI/SDF

► Identification des postes de travail

► Evaluation de la fréquence, des temps de présence et du nombres d'intervenants

Calculs

► Evaluation des sources: Cartographie gamma

Neutrons/gamma

2. Evaluation des leviers d'optimisation sur la base d'une check-list (annexe procédure)

3. Evaluation des options et comparaison aux objectifs

4. Recommandation d'options, le cas échéant analyse cout-avantage

► Introduction d'une valeur de l'homme.sievert

5. Formalisation de la décision

► Rédaction d'un chapitre ALARA dans le dossier de sûreté « Facility »

► Indicateurs de suivi de la mise en œuvre de la démarche ALARA

► Contenu du chapitre ALARA

2 itérations ALARA

Chapitre ALARA

► Définition de contraintes de dose

Dose individuelle maximale de
10 mSv/an

Dose individuelle moyenne de
2 mSv/an

Dose individuelle sur une
opération inférieure à 0.5 mSv

Dose collective annuelle
inférieure a 0.15 H.Sv/an

AF:60 H.mSv/AN

LF:30 H.mSv/AN

TF:15 H.mSv/AN

PIE:15 H.mSv/AN

Plant:30 H.mSv/AN :

Conclusion

- ▶ IFMIF est une **installation dosante** au stade de la conception – **La démarche d’optimisation est une nécessité** en phase de définition/développement.
- ▶ IFMIF est un **projet international** avec une majorité de **scientifiques**, la démarche ALARA :
 - ▶ Souffre d’un **déficit de culture d’ingénierie** : “contrat”, itérations avec les concepteurs, analyse multi-critères, formalisation
- ▶ La démarche proposée consiste:
 - ▶ A rédiger une **procédure ALARA** (importance, “contrat”)
 - ▶ A impliquer les **décideurs** (approbation et reporting)
 - ▶ A intégrer la démarche dans un **processus d’ingénierie système**:
 - ▶ Portage **fonction Sûreté** (formalisation + Objectifs)
 - ▶ **Couplage** avec la SLI/SDF + Groupes neutroniques
 - ▶ **Sensibilisation** des acteurs (formation)



Arigato gozaimasu
MATANE !

