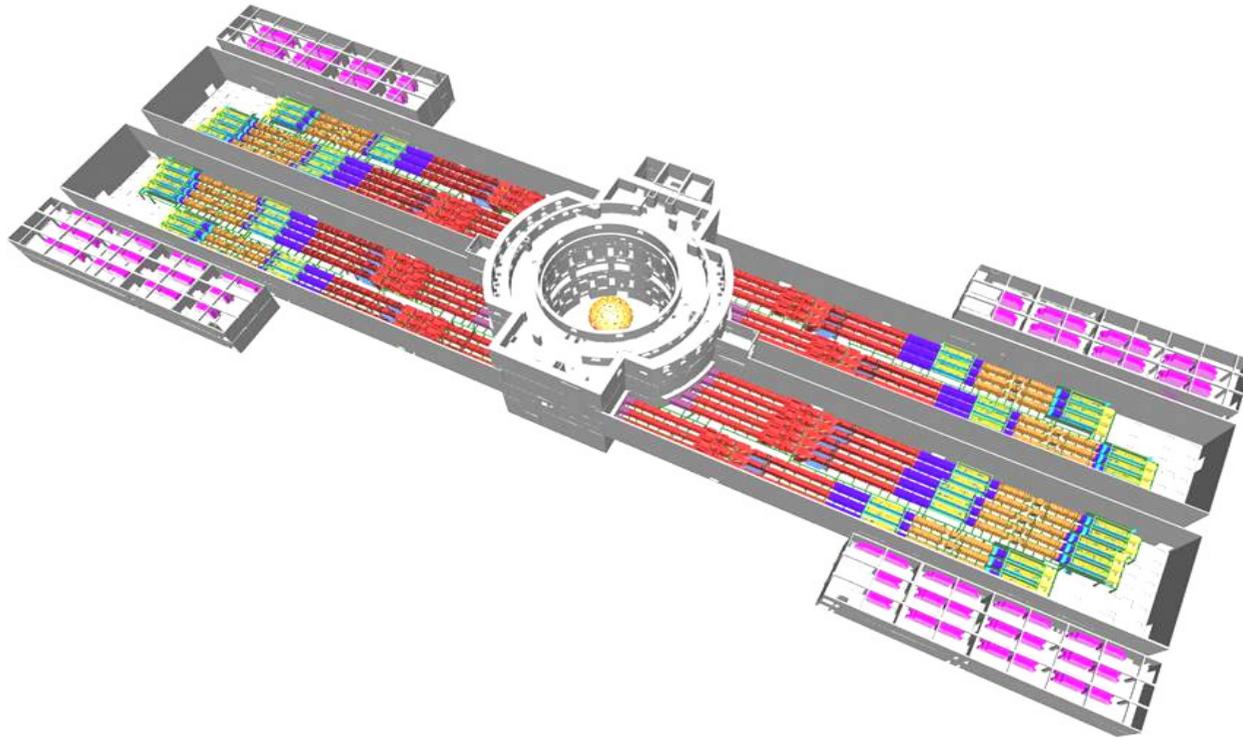


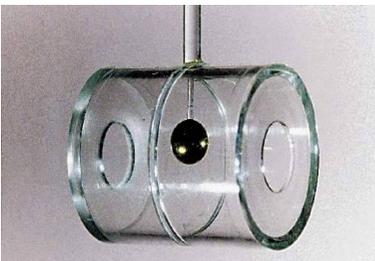
DEMARCHE D'OPTIMISATION DE L'EXPOSITION EXTERNE A LA CONCEPTION DU LASER MEGAJOULE



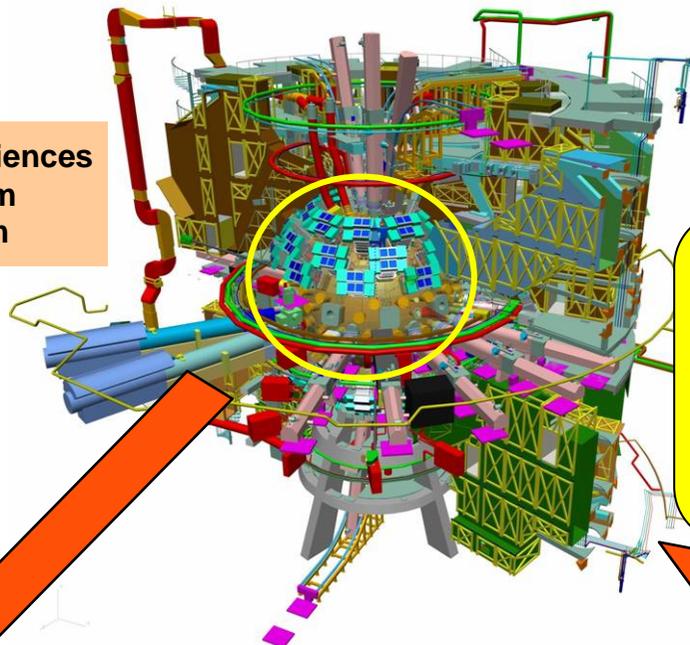
Le « LASER MEGAJOULE » (LMJ) est un outil expérimental qui permettra d'étudier :

- les réactions de fusion nucléaire**
- les interactions laser/matière**

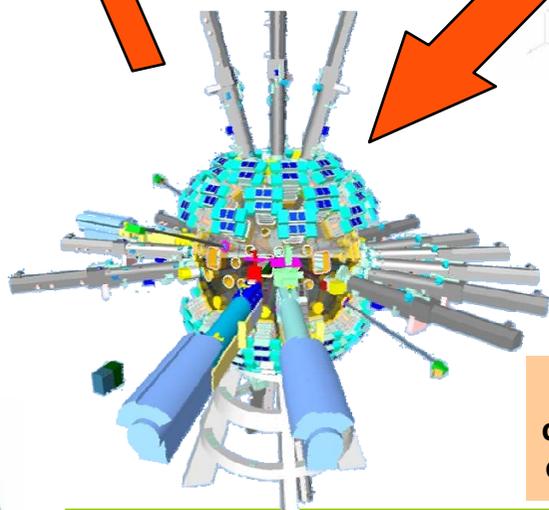
Cible (mm)



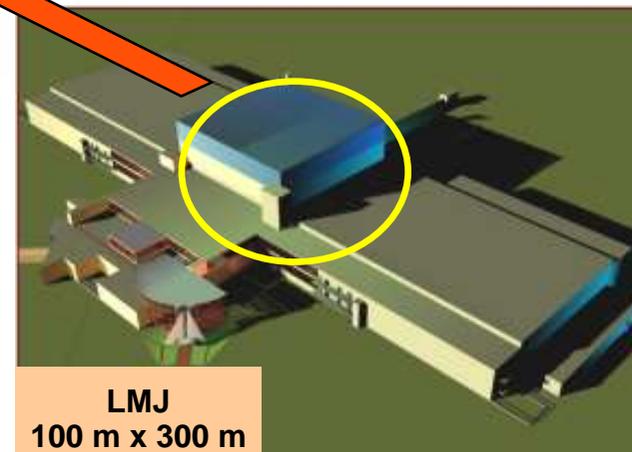
Salle d'expériences
hauteur : 40 m
Largeur : 60m



- 240 faisceaux (30 x 8)
- Énergie par faisceau : 7,5 kJ
- Durée d'impulsion : 20 ns
- Précision de pointage : 50 μm

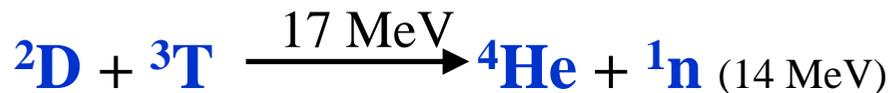
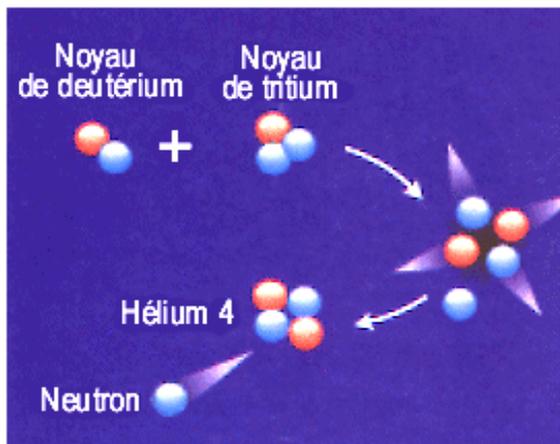


Chambre
d'expériences
diamètre 10 m



LMJ
100 m x 300 m

Réaction de fusion



Objectif : Vaincre la répulsion électrostatique

Comment : Porter le mélange dense à très haute température (agitation thermique élevée > 1^{ère} réaction de fusion > Energie cinétique augmente > Combustion du mélange

Le mélange est un plasma (état gazeux ionisé) de l'ordre de 10^7 K, réaction de fusion si la densité N du plasma par le temps t sont tels que : $Nt > 2 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3} \cdot \text{s}$

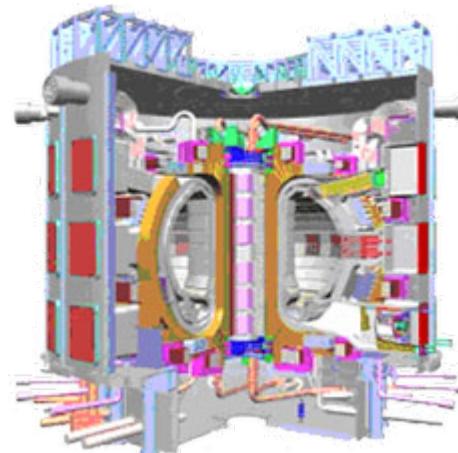
Confinement inertiel : LMJ



$$t \sim 10^{-10} \text{ s}$$

$$N \sim 10^{30} \text{ m}^{-3}$$

Confinement magnétique : ITER



$$t \sim \text{s}$$

$$N \sim 10^{20} \text{ m}^{-3}$$

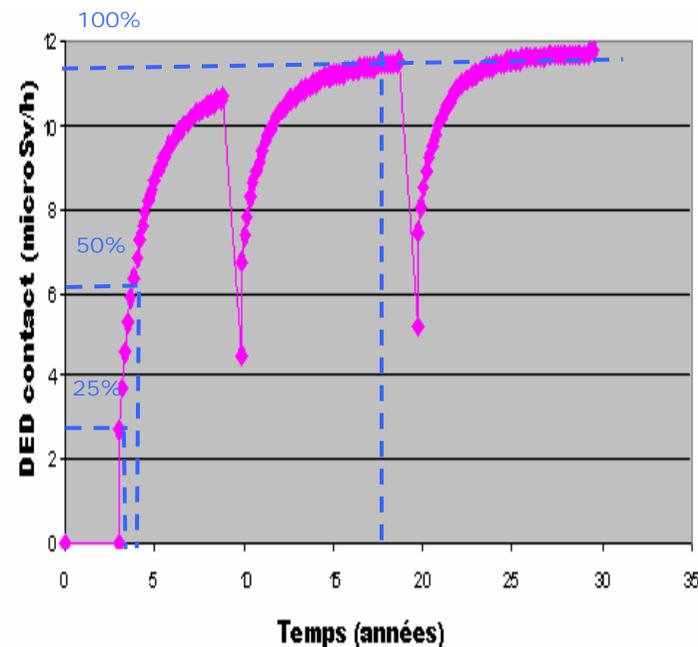
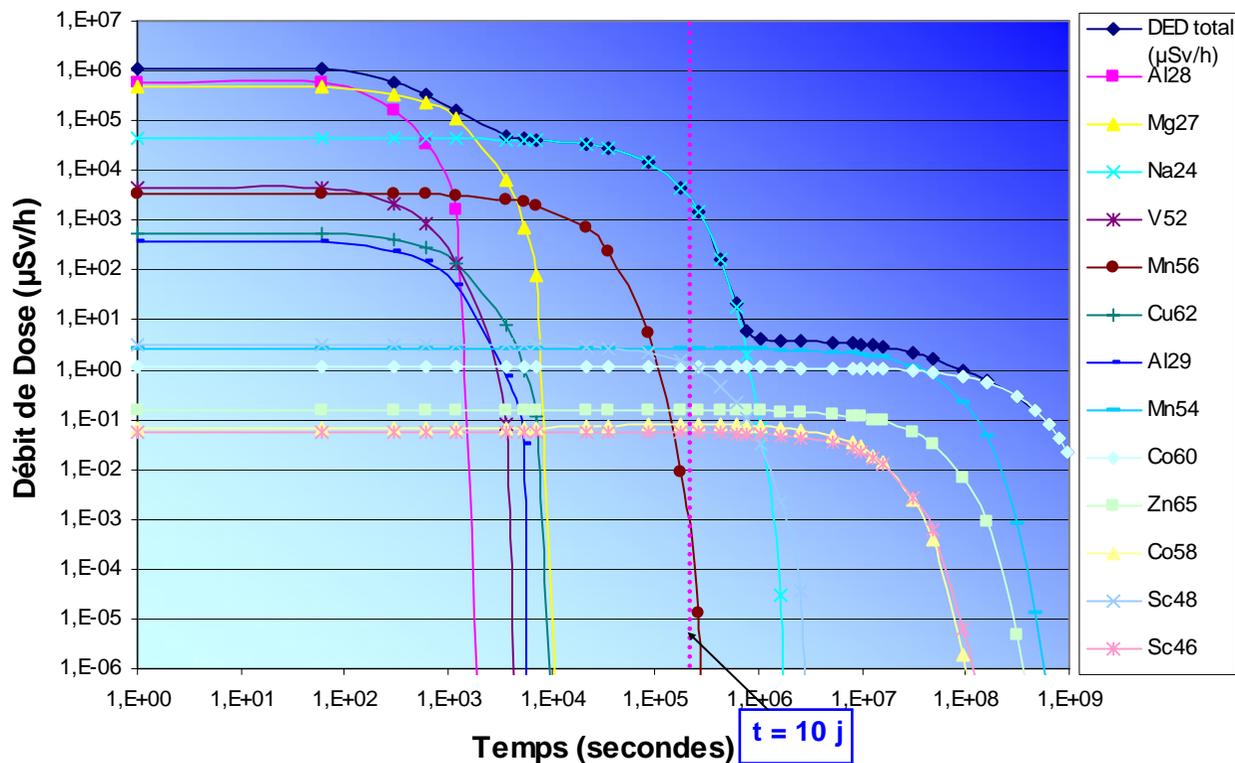
- Les fonctions de sûreté du LMJ sont :
 - La maîtrise de l'absence d'individu dans le Hall d'expériences pendant une expérience génératrice de neutrons
 - **La protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants après activation**
 - Le confinement des substances radioactives

Origine de l'exposition externe

Émission de neutrons de 14 Mev, ~ qqes 10^{18} n/tirs pour certaines expériences

→ Activation des équipements et structures situées dans le hall d'expériences

→ Exposition externe du personnel



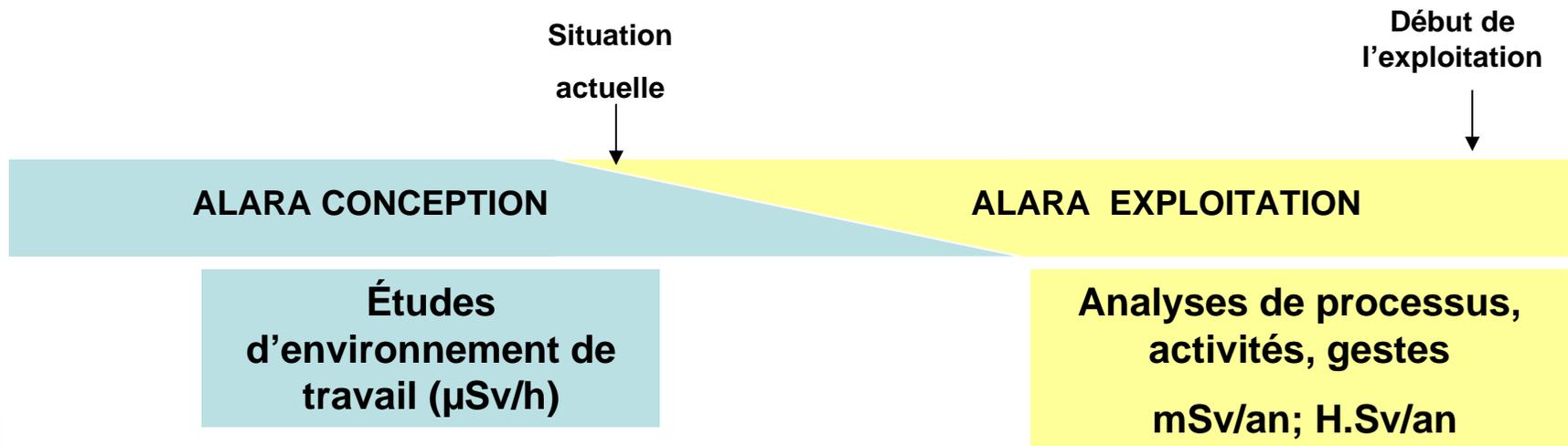
Évolution « type » du DeD après 1 tir

Évolution « type » du DeD sur 30 ans

- *Axe 1 : Optimiser le temps de présence en zone irradiante*
- *Axe 2 : Optimiser le profil d'emploi de l'installation*
- *Axe 3 : Réduire l'activation neutronique des équipements et des structures*
- *Axe 4 : Protéger les opérateurs des rayonnements gammas lors des interventions*

Processus itératif avec
une interface forte
entre
Concepteurs et
responsables sûreté

Processus d'optimisation **à deux niveaux** :
- Au niveau Système par le CEA
- Au niveau « produits » par les industriels



Ingénierie système LMJ

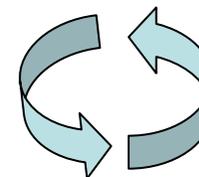
- Gestion des évolutions
- Analyse du modèle global et identification des Actions prioritaires (contributeurs à la dosimétrie)

« Équipement » du LMJ

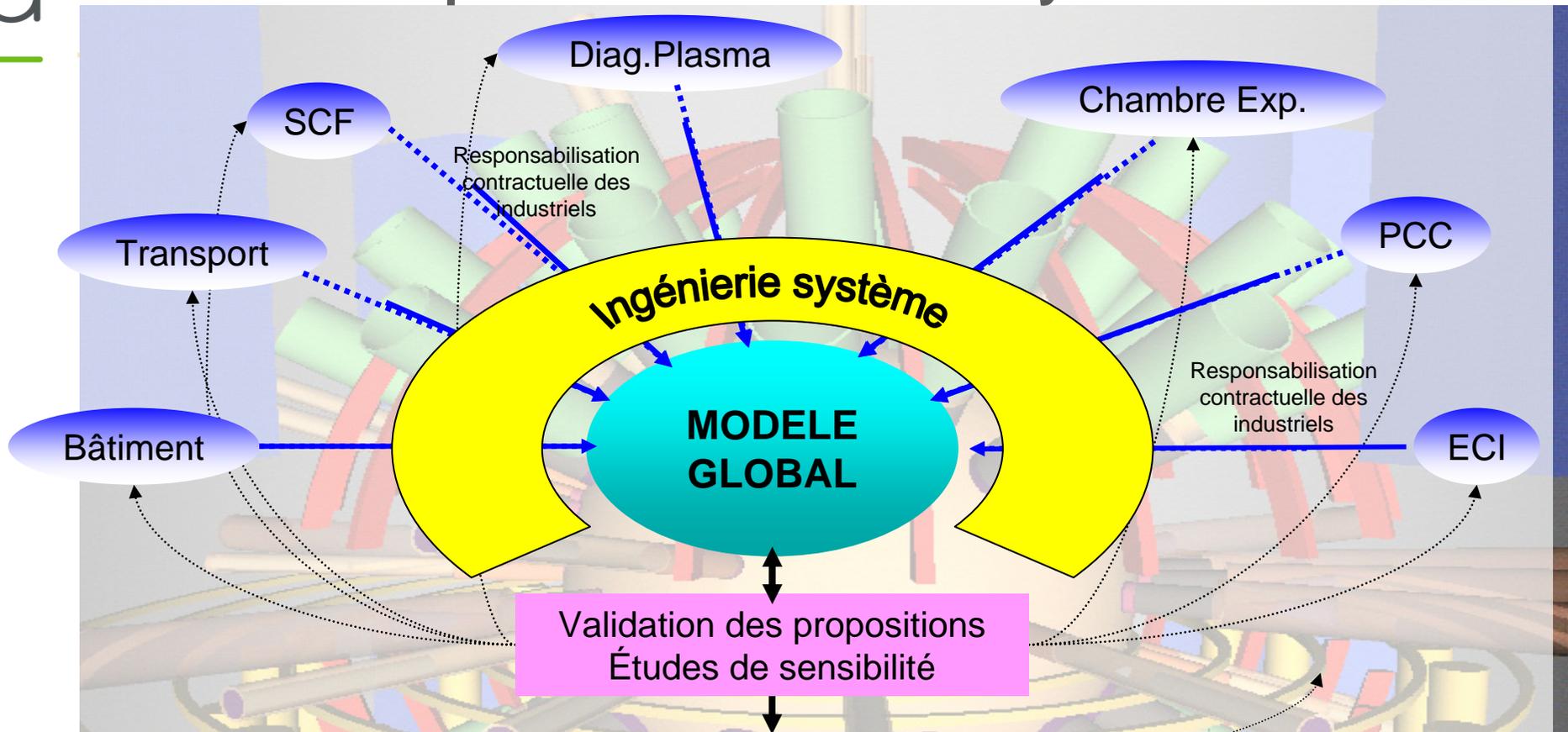
Par responsabilisation des industriels en spécifiant un processus d'optimisation

- Sur des objectifs de débits de doses et de temps
- Sur des objectifs « équivalent cobalt » et « temps Passé dans le HE » pour les futurs marchés

Itérations internes



L'optimisation au niveau système



- -
 -
- Cartographie flux neutroniques
 Bilan activation
 Cartographie DED

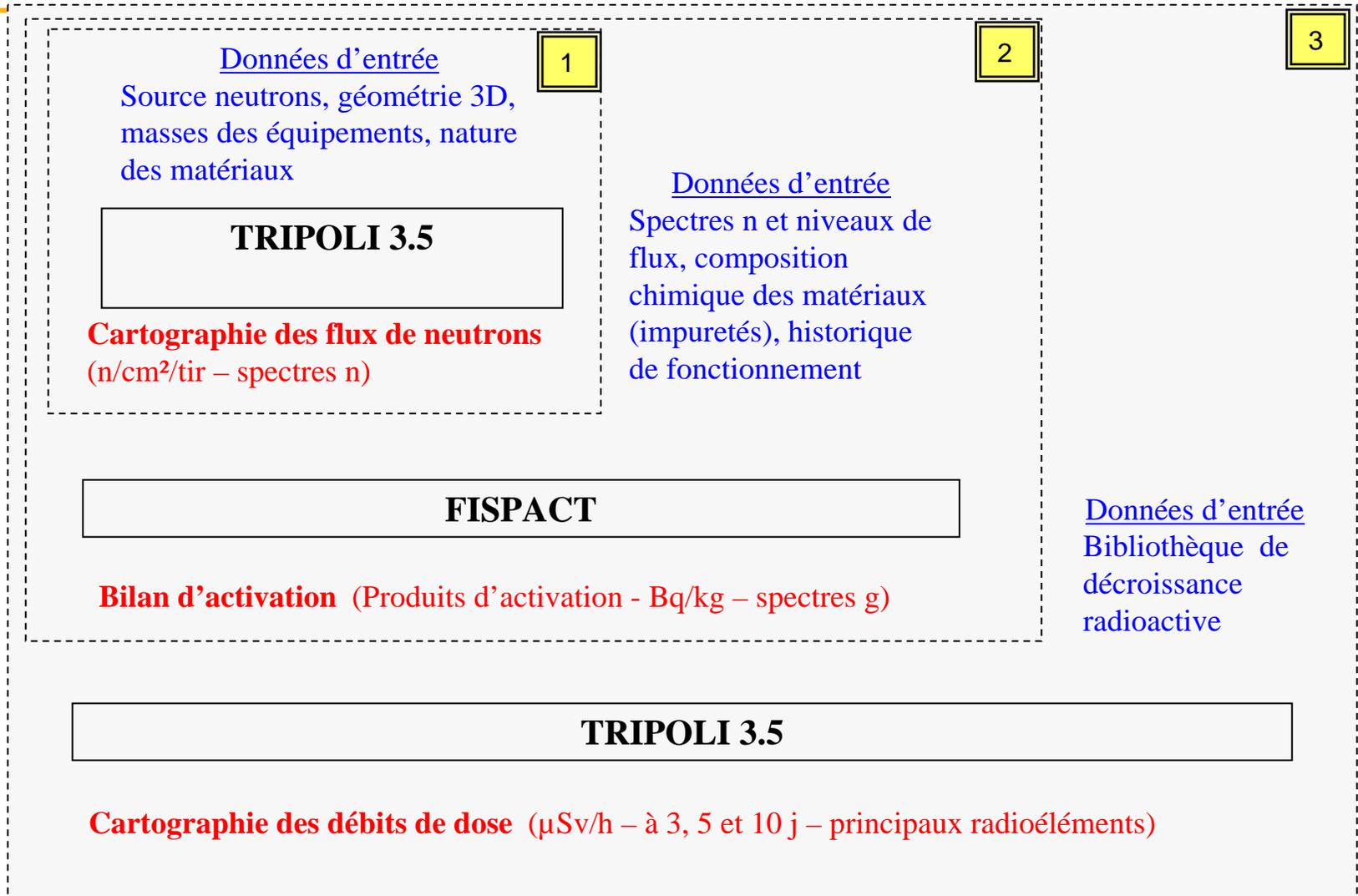
}

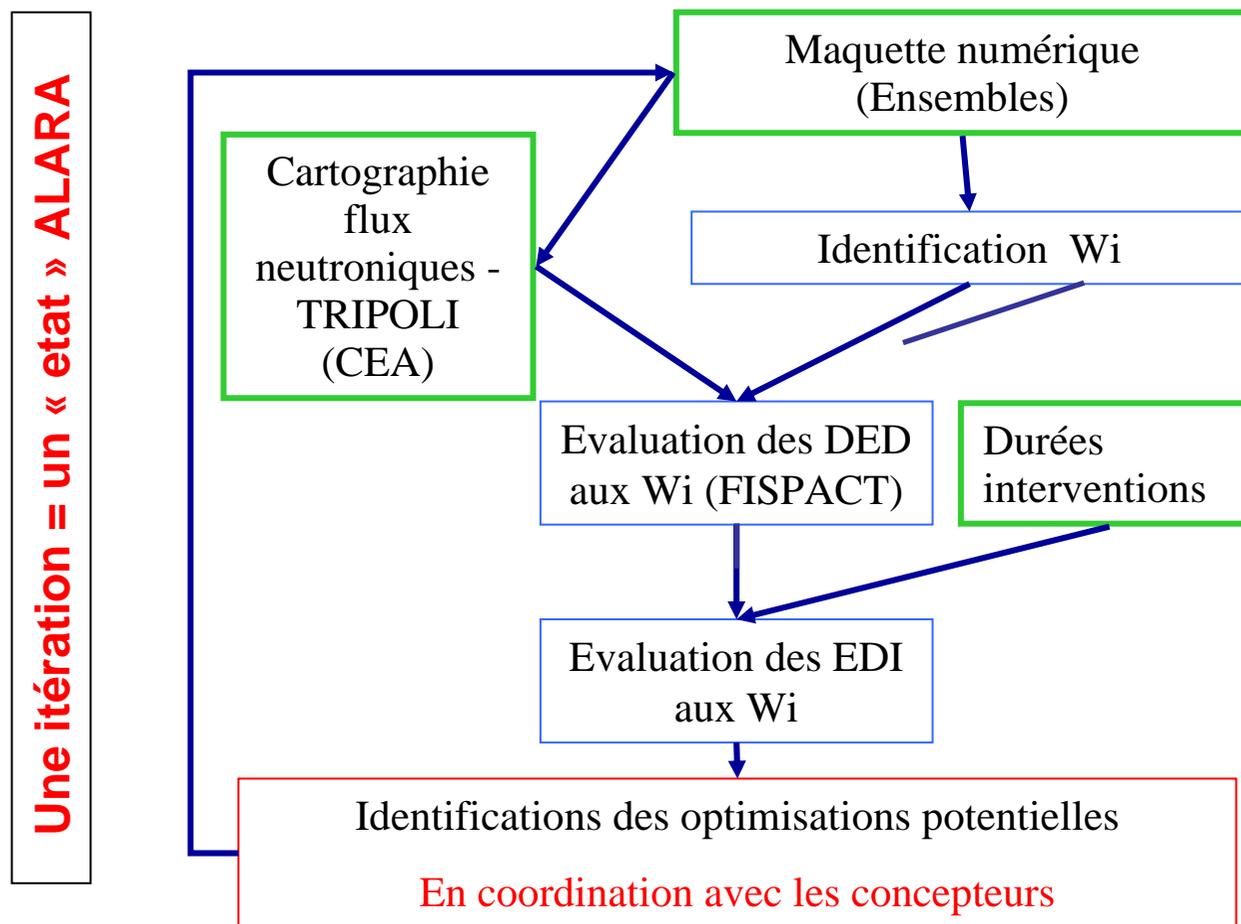
 Déchets nucléaires
 Exposition du personnel

 Éléments pour concept°
 et dossiers de sûreté

→ Données des industriels

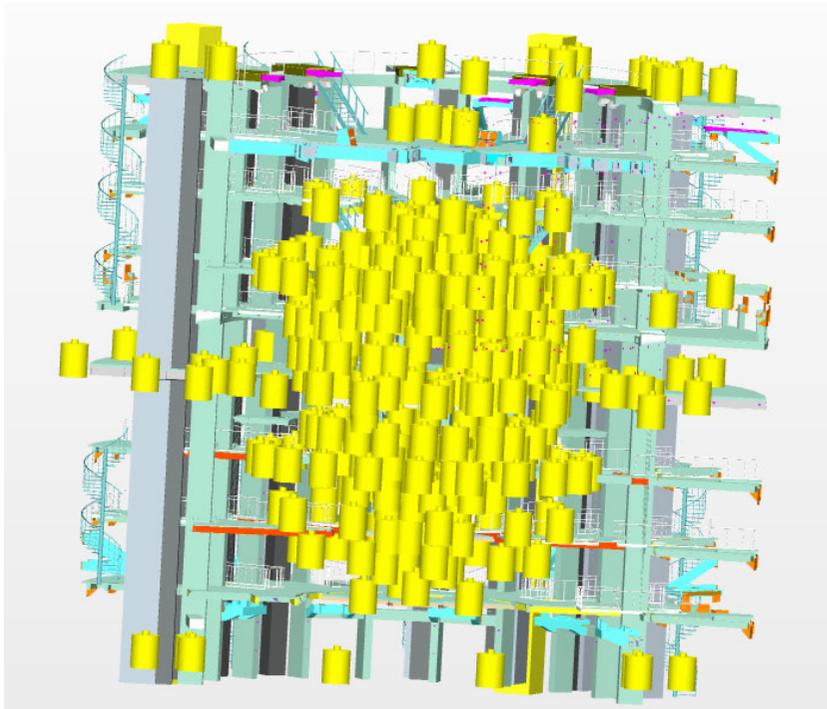
⋯→ Retour vers industriels



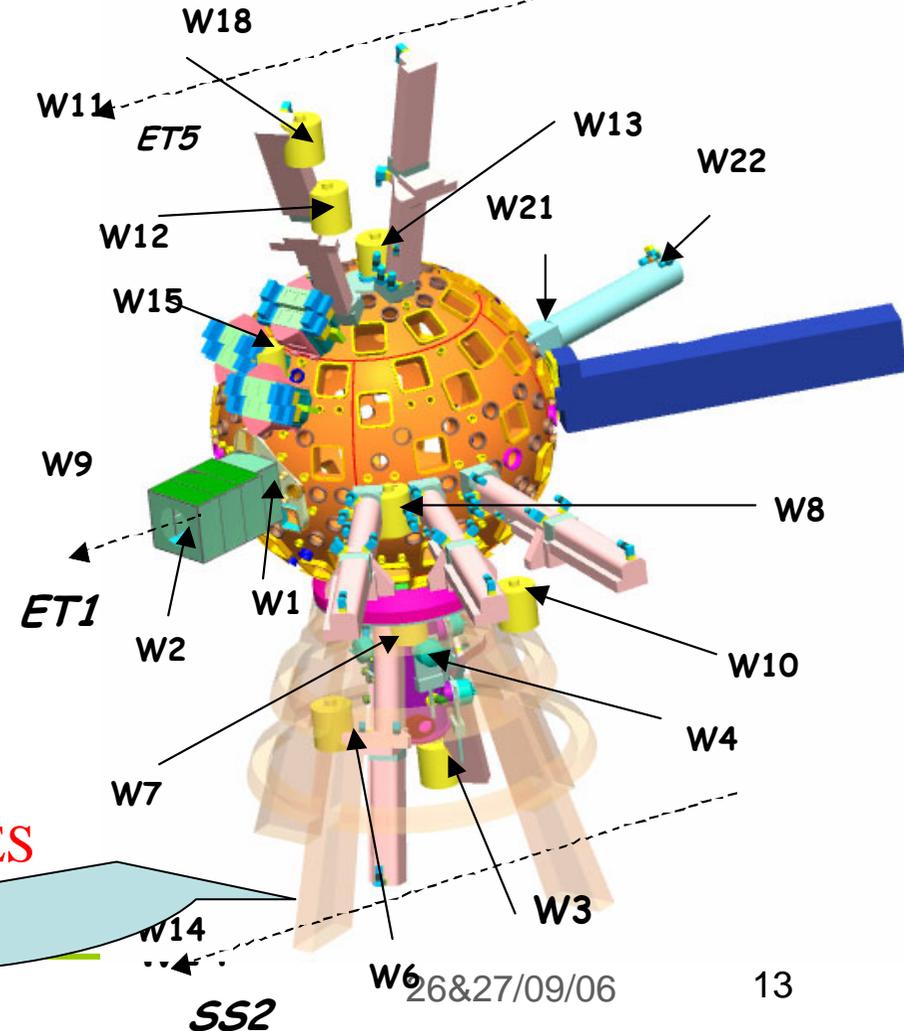
Démarche utilisée (type « ingénierie ») :

Corrélation des postes d'intervention P_i (estimation de la charge : hommes.heures/an)
avec des environnements de travail W_i

332 Postes d'intervention



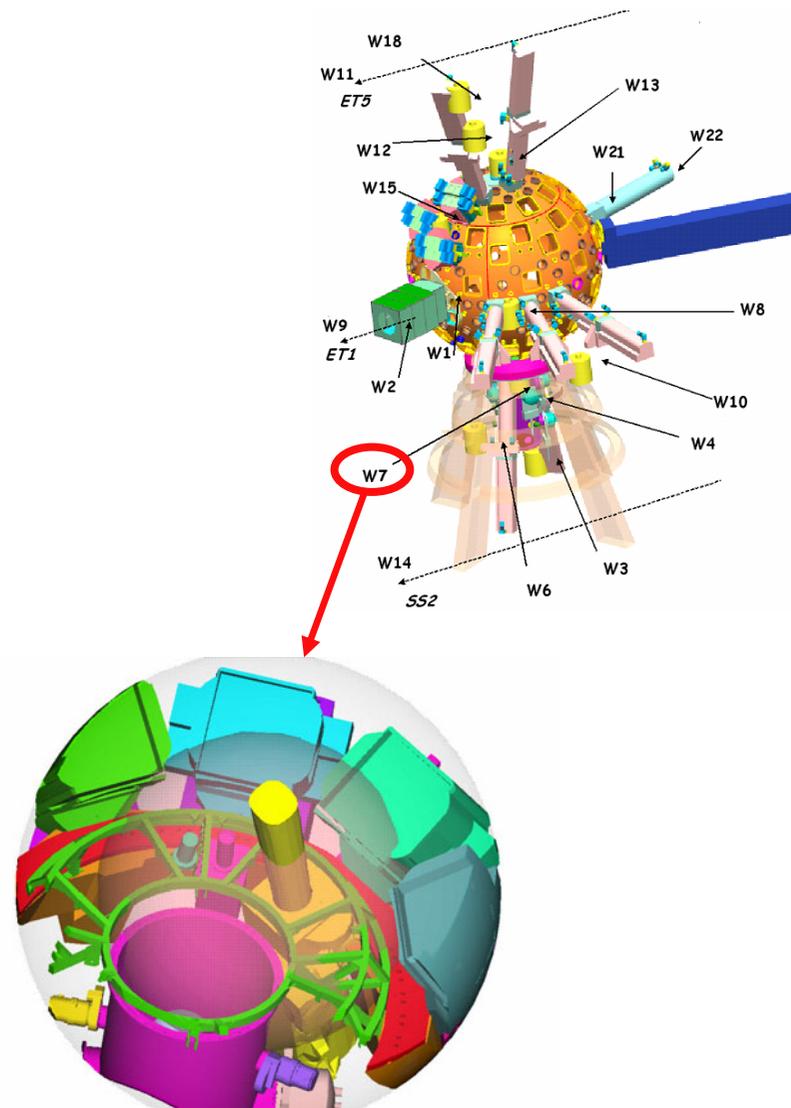
Plus de 20 Environnements W_n



BASE DE DONNEES

Moyen de calcul du DeD ($\mu\text{Sv/h}$)

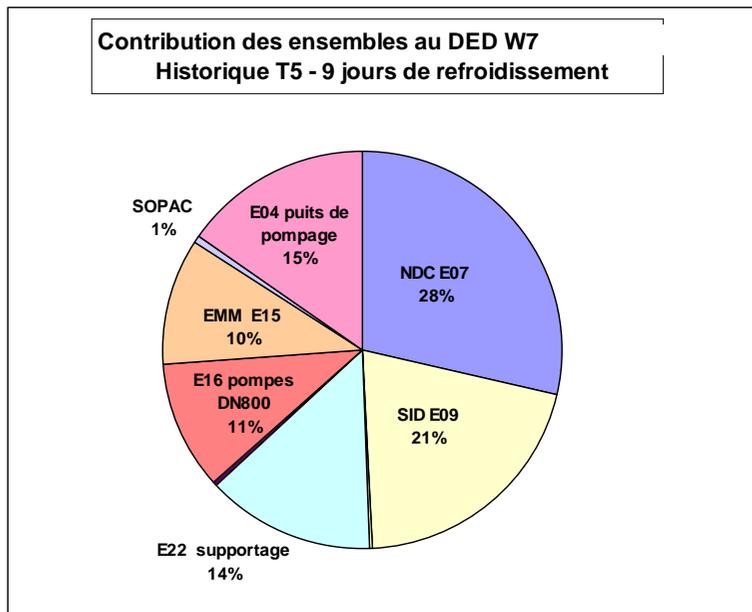
- Utilisation d'une cartographie Neutronique transmise par le CEA
- Définition des données d'entrées avec les concepteurs (géométrie, matériaux...)
- Définition d'une sphère de Projection virtuelle dans la maquette CAO.
- Identification de surfaces en Intersection avec cette sphère et de la distance au point de mesure
- Calcul sous FISPACT des DeD Contact
- Estimation des contributeurs sous Un angle solide pour définir un DeD Par environnement de travail



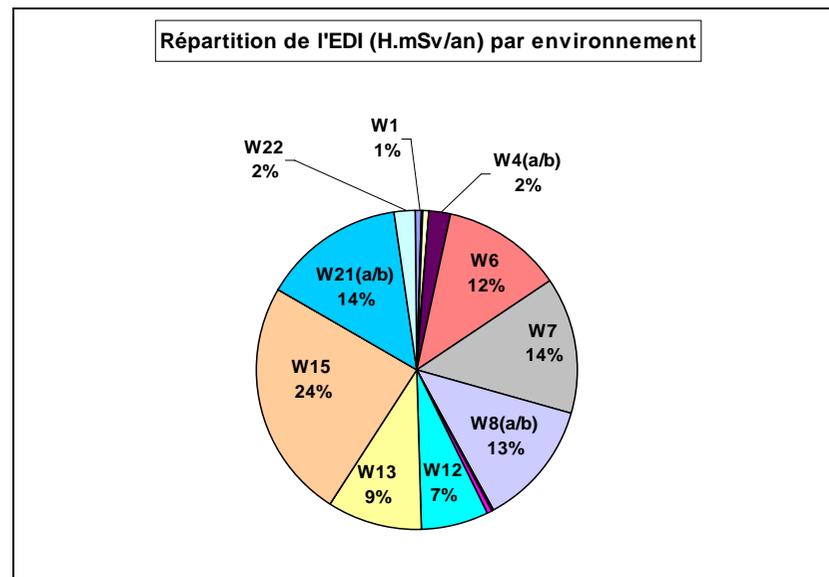
Analyse de la situation dosimétrique à chaque itération :

- *Identification des contributeurs et des environnements*
- *Historique des évolutions*
- *Etudes de sensibilité pour poursuivre l'optimisation*

Exemples :



Contribution au DeD « W7 » – « état 3 »



Contribution à l'EDI – « état 3 »

➤ Objectif : Proposer aux industriels un moyen simple de comparaison de l'impact sur la dosimétrie des teneurs en impuretés d'un matériau afin de cibler les éléments chimiques nécessitant un effort de diminution

➤ Comment : Déterminer en fonction de la composition du matériau une masse dite d'équivalent Co à partir des coefficients d'équivalent Co de chaque élément dans les zones du HE (8 zonage concentrique) :

Ex. pour 1 kg d'Al5083 :

	teneur massique (%)	Equivalent Co (en mg)	
		Z2	Z6
Cobalt	0.015	150.0	150.0
Manganèse	0.7	1772.2	43.1
Nickel	0.015	23.4	1.9
Zinc	0.07	26.7	2.6
Masse equivalent Co (en g)		2.1	0.2

$$\text{Coef Eq Co}_i = \frac{\text{Ded}_i}{\text{Ded}_{\text{Co}}}$$

$$\text{Eqvlt Co} = \sum_i \text{teneur}_i \times \text{Coef Eq Co}_i$$

Ded_i : Ded au contact d'1 kg de l'élément i activé

Ded_{Co} : Ded au contact d'1 kg de Co activé

➤ Axe 3 : « Limitation des fuites neutroniques : Inserts en béton boré »

➤ Initialement : 2 marchés distincts « chambre » et « ECI » avec des contraintes d'interfaces (masse des équipements)

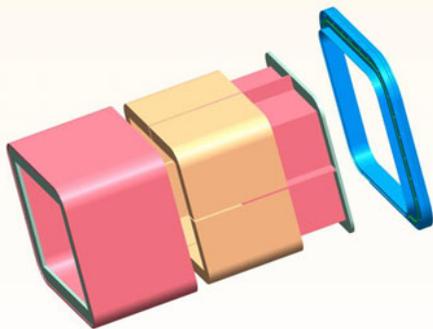
➤ Objectif : Réduire les sections de fuites au niveau du passage des faisceaux laser, atténuer le flux, notamment la partie thermique

➤ *Etude « matériaux » : béton boré, robotel PNT7, borolène, cestilène, permali*

➤ *Etude neutronique :*

➤ *Transport neutrons et activation pour une géométrie simple : 1 bouchon, enjeux : déterminer le compromis matériaux (masse, épaisseur) / efficacité*

➤ *Transport N et activation : géométrie à 5 Nez de chambre*



➤ Gain sur les gros contributeurs au DED de l'ordre de 2.5 en ambiant dans l'environnement de ces équipements

➤ Gain DED de l'ordre de 30% sur les équipements placés en périphérie des équipements laser

Projection sur la base « état 3 » : **Gain sur la dose**

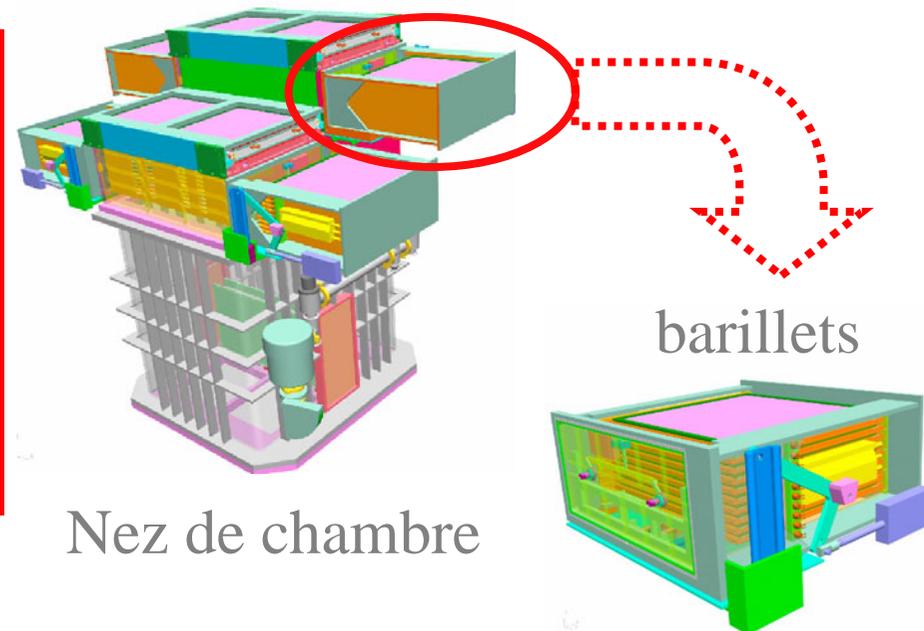
collective ~32 %

- Axe 1 : « Limitation du temps de présence » : Barillets nez de chambre
 - Initialement : Extraction unitaire des équipements, amélioration des connaissances sur les endommagements optiques + difficultés d'accès
 - Stratégie : Limiter les interventions et donc les temps d'exposition
 - *Conception de type barillets (changement automatique)*
 - *Limite l'accès à une zone difficile, baisse conséquente des temps d'exposition pour une contribution*

- La mise en œuvre des barillets :
- permet de diminuer par 4 le temps d'intervention sur les LAE (9888 H.heures/an / 2472 H.heures/an)
- Contribue à 10% du DeD à W15

Projection sur la base « état 3 » :

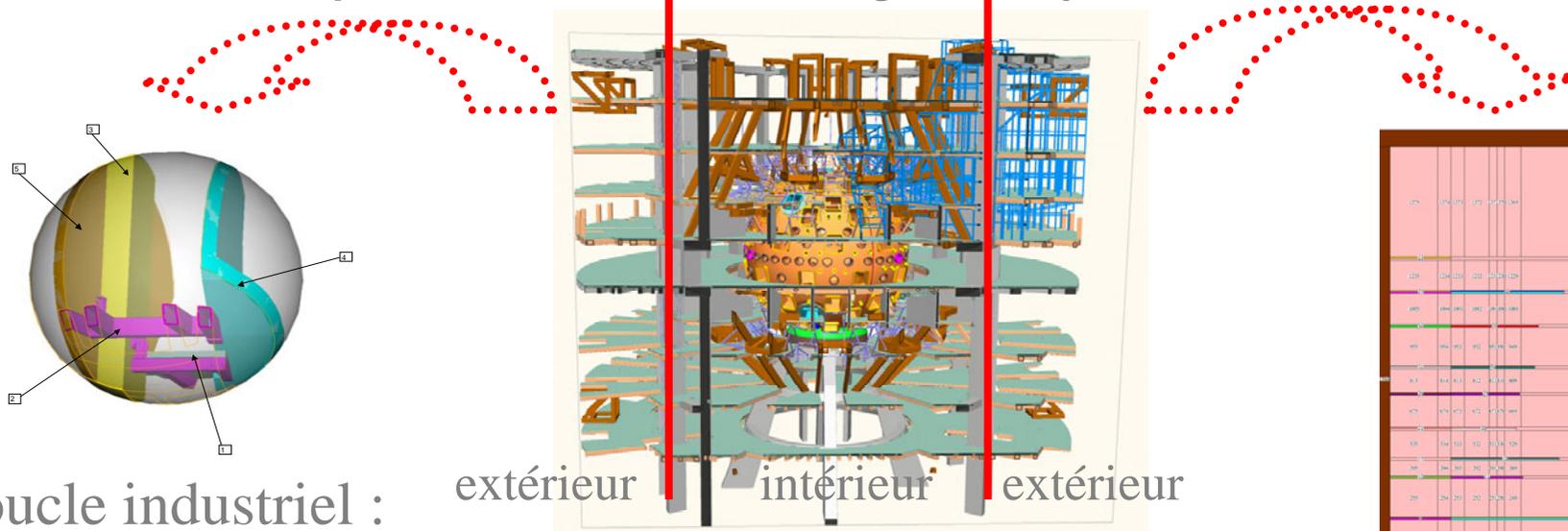
Gain sur la dose collective ~40 %



➤ Axe 3 : « L'optimisation des matériaux : supportage métallique »

➤ 4 constituants : structure de supportage, caillebotis, structure barrière de propreté, et parement/âme des barrières de propreté

➤ 2 boucles d'optimisation : Industriel et ingénierie système

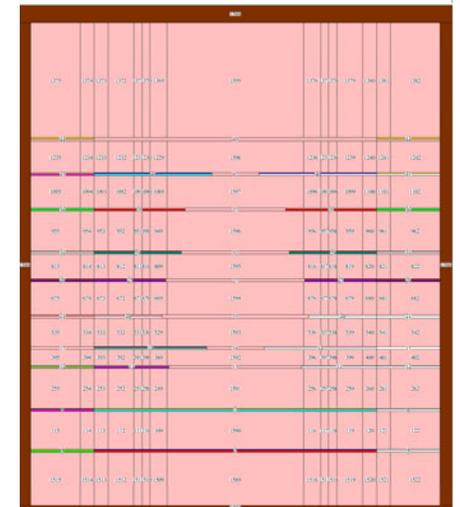


Boucle industriel :

-Modèle simplifiée
(sphère de projection)

- 3 itérations

➤ Structures en alu à l'int., âme en alu,
parements alu à l'int., caillebotis acier
➤ **Gain sur la dose collective ~32 %**



Boucle Ingénierie :

-Modèle TRIPOLI

- 2 itérations

Chantier LMJ (Août 2006)

