



HSE
Occupational Health & Safety
and Environmental Protection unit

Autopsie et pré-conditionnement d'un absorbeur faisceau LHC (TDE)

HSE-RP : Renaud Mouret, Angelo Infantino, Christophe Tromel, Safouane El Idrissi, Richard Harbron, Philippe Bertreix
SY-STI : Ana-Paula Bernardes, Sven De Man, Damien Grenier
BE-CEM : Luca Buonocore

Congrès ATSR, Annecy-le-Vieux
21 Septembre 2022

EDMS 2779934

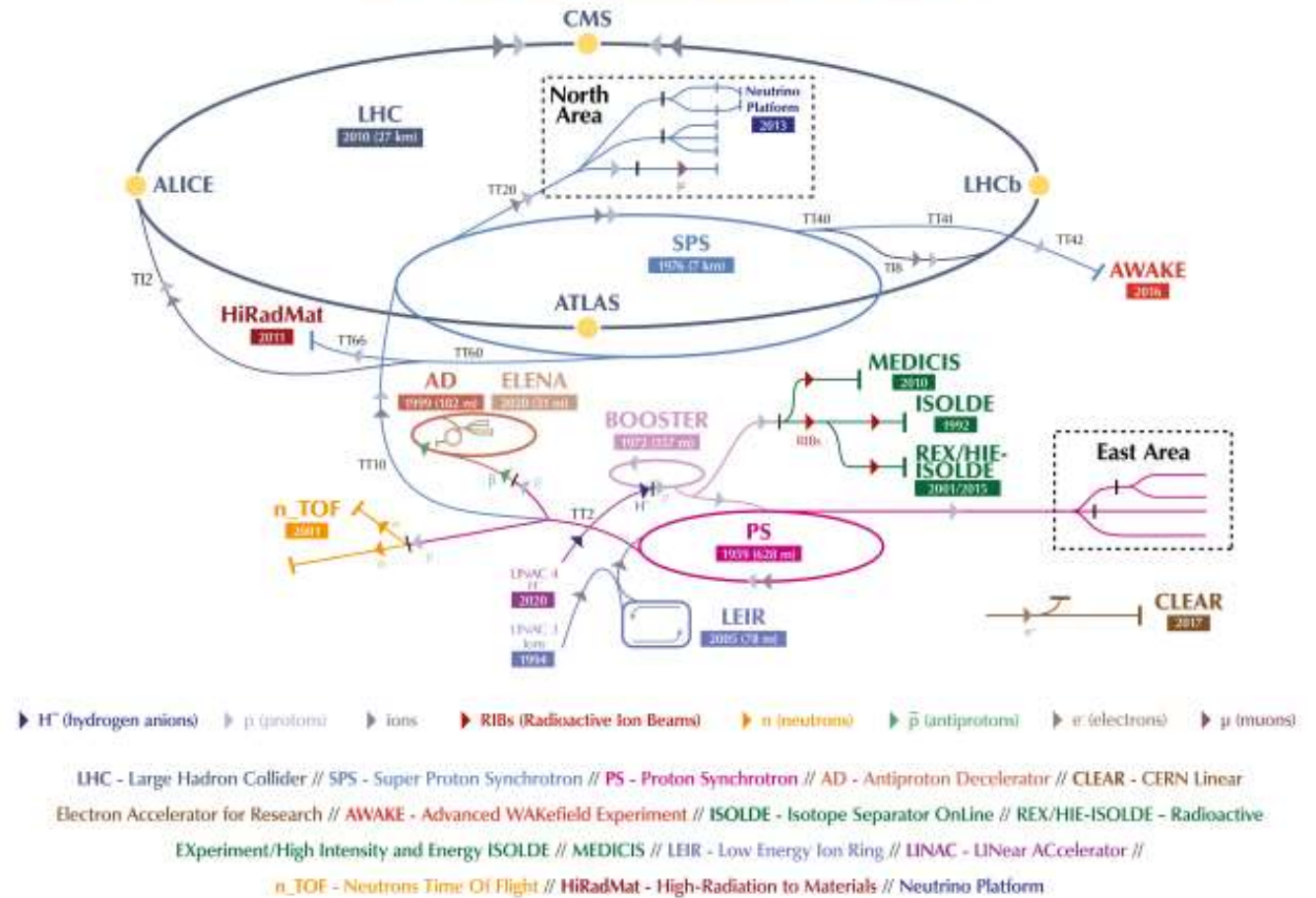
Introduction :

Le complexe d'accélérateurs du CERN consiste en une succession de machines qui accélèrent les particules à des énergies croissantes.

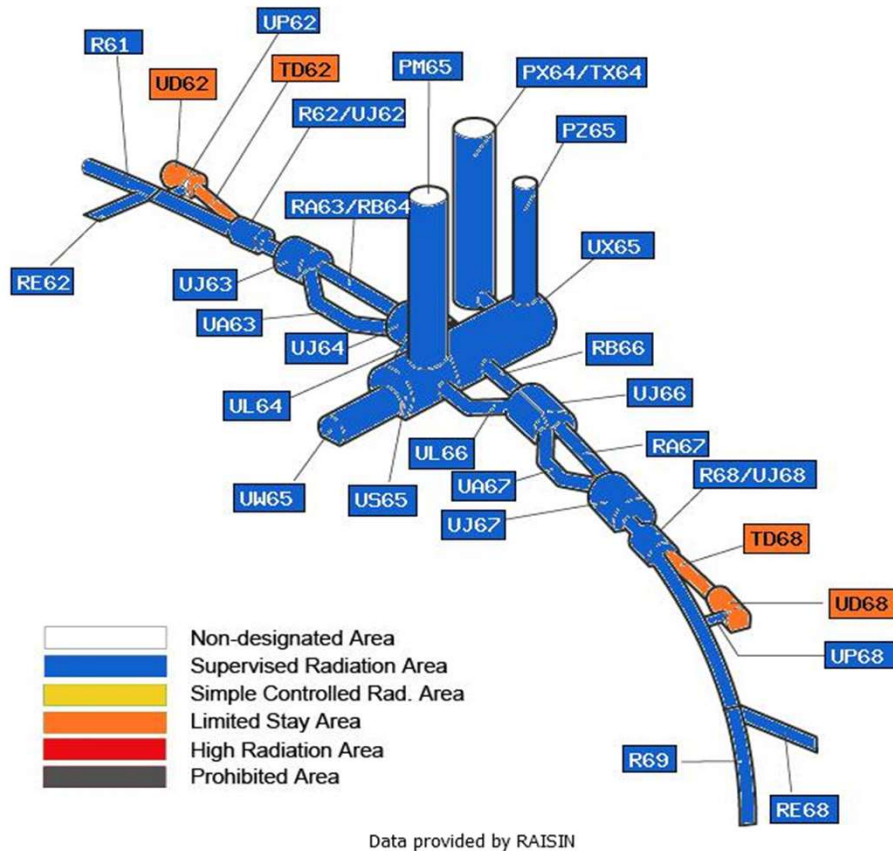
Chaque machine augmente l'énergie d'un faisceau de particules avant de l'injecter dans la machine suivante.

Dans le LHC, ([Grand collisionneur de hadrons](#)) le dernier élément de la chaîne, chaque faisceau de particules est ainsi porté à l'énergie record de 6,5 TeV.

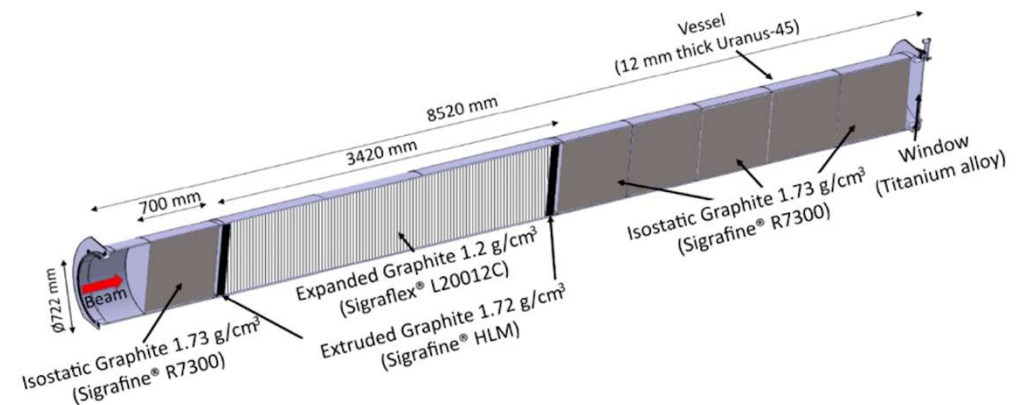
The CERN accelerator complex
Complexe des accélérateurs du CERN



Les absorbeurs de faisceaux du LHC



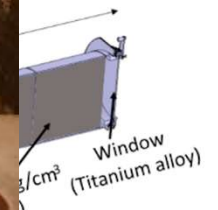
- Lorsque les faisceaux ne sont pas collisionnés au cœur des grandes expériences du LHC, ils sont dirigés vers les absorbeurs de faisceaux (dump TDE) pour être évacués.
- Les deux TDE sont localisés au point 6. Il y en a un pour chaque faisceau et sont installés dans les cavernes nommées UD62 et UD68.
- Ces absorbeurs sont composés d'une succession de disques et de blocs de graphites confinés dans une enveloppe en acier inoxydable 318 LN appelé URANUS[®] 45



Les absorbeurs de faisceaux du LHC



du cœur des
 s les
 vacués.
 un pour
 es
 n de disques
 oppe en



Isostoe
 (Sigrafine)

Motivations de l'autopsie

- Lors du Run 2 [2015-2018], plusieurs problèmes liés aux vibrations excessives et aux fuites d'azote (N_2) sont survenus sur les deux absorbeurs TDE. Une incertitude est apparue sur l'état réel du graphite à l'intérieur.
- Des modifications de conception de ces absorbeurs ont été réalisées sur les TDE de réserves (*nouvelle fenêtre de titane, instrumentation, nouveaux supports, retrait tube N_2 ...*)
- Ces améliorations ont été effectuées pendant le Long Shutdown 2 [LS2, 2019-2021] et les nouveaux absorbeurs opérationnels ont été installés pour le Run 3 [2022-2025].

Que faire des 2 anciens absorbeurs qui ont été remplacés et qui ont connu les problèmes techniques cités ci-dessus ?

SY-STI décide de réaliser une « autopsy » pour accéder aux disques de SIGRAFLEX dans le but de collecter des informations essentielles (état du graphite basse densité) pour les futurs absorbeurs TDE. C'est une opportunité unique de:

1) Valider des méthodes de découpe et de démantèlement



2) Préparer le préconditionnement en tant que déchet radioactif

Cette accumulation d'objectifs apporte une forte optimisation du coût financier et dosimétrique

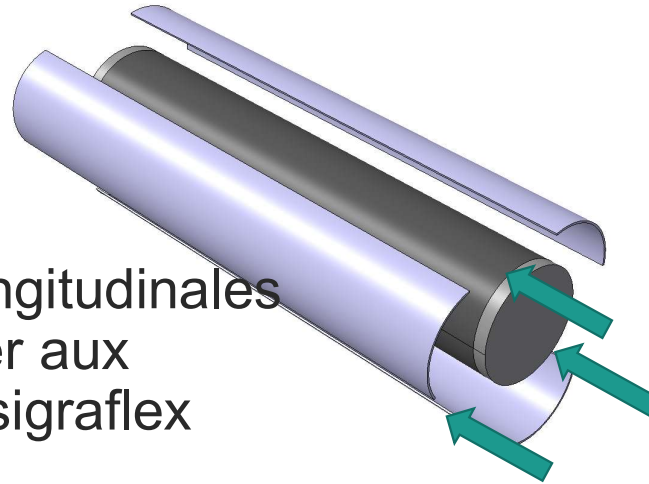
Challenges pour l'extraction du sigraflex

2 coupes radiales pour isoler la LDG



La présence de graphite induit une activité importante en tritium par activation.

3 coupes longitudinales pour accéder aux disques de sigraflex



Objet hautement activé, jusqu'à quelques mSv/h en contact après plusieurs années de refroidissement



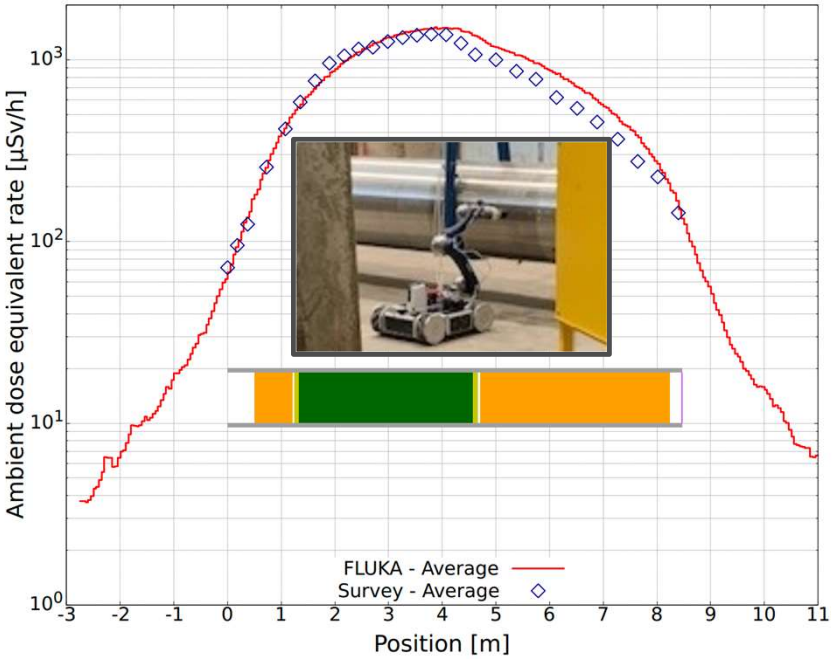
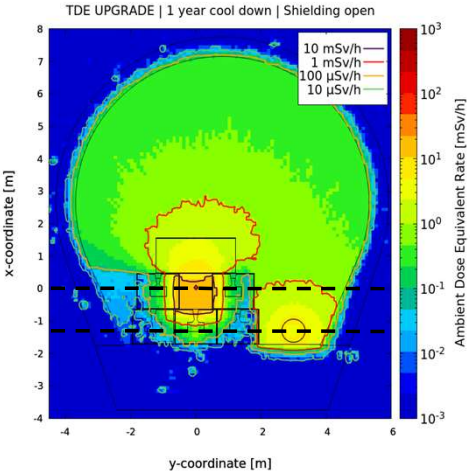
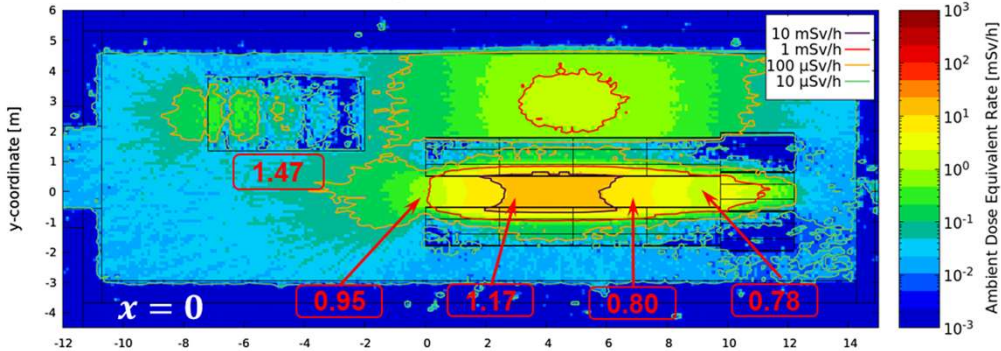
L'état structural du graphite est incertain et pourrait être pulvérulent



Retrait du sigraflex pour analyse

Test à blanc

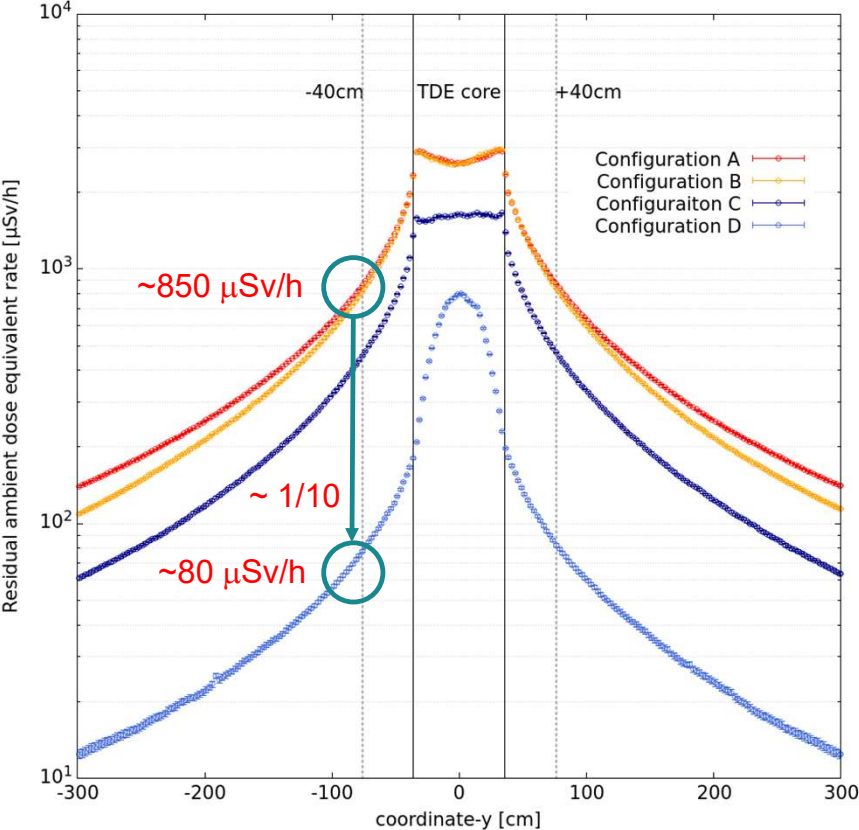
Simulation Fluka (ref to Lucie Elie CERN présentation : S1-2 du congrès)



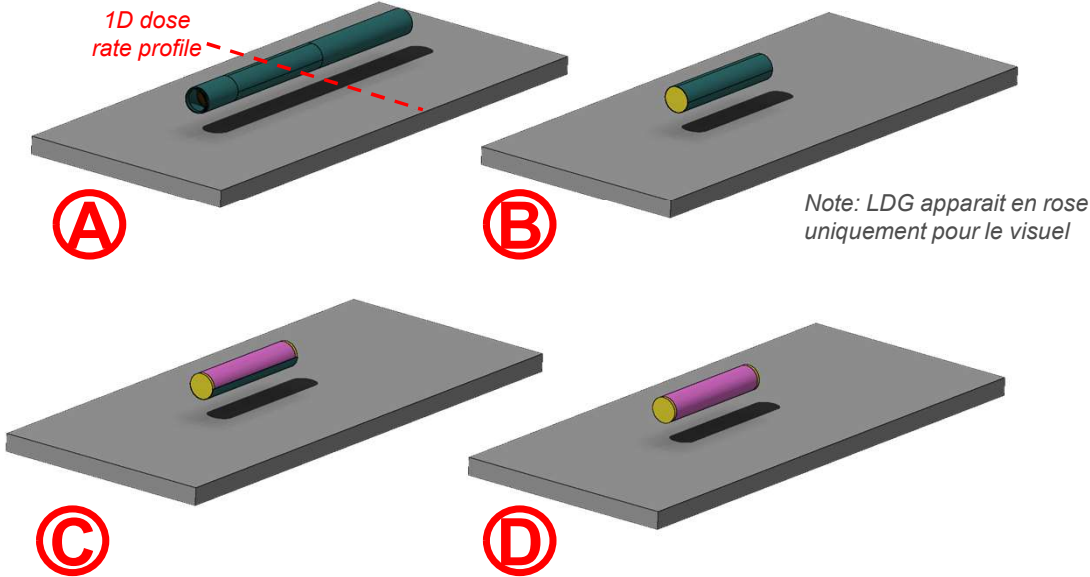
Ccorrélacion établie avec les mesures de terrain réalisées plus tard ($\pm 20\%$) (cf slide 13)

Simulation Fluka

LHC TDE PIE - 1D Residual dose rate profile (Dec. 2021) - Average over z=110/430cm; x=-/+36



- Configurations étudiées:
- TDE entier (A)
 - LDG section + son enveloppe complète (B)
 - LDG section + $\frac{1}{2}$ enveloppe (C)
 - LDG section isolée (D)



Première tentative : fin 2020,



Réalisation :

- Aucun test de découpe n'avait été réalisé en amont
- La dureté de l'enveloppe d'acier 318 LN a été sous-estimée et la méthode de découpe n'était pas adéquate
- Le temps de découpe était trop long au vue des debits de dose présents
- Le blindage mis en place n'était pas suffisant.

Dose collective 980 μ Sv

Dose individuelle max 242 μ Sv → 0 coupe



Arrêt du chantier pour respect du principe ALARA

Tentative d'amélioration au vue du REX

Test de découpe avec des nouveaux disques sur une maquette non radioactive



Mieux mais toujours trop long

Mise en œuvre d'une cage blindée supplémentaire



Mieux mais toujours insuffisant

Améliorations insuffisantes → Abandon du chantier, étude d'une autre solution au début de l'année 2021

Début 2021 Externalisation de l'activité

- Peu de ressources CERN impliquées
- Délégation des problématiques de sécurité et de radioprotection
- ... Mais très chers (>1MCHF)
- ... et des délais importants.

→ Solution rejetée

Juin 2021 : Développement interne de solutions téléopérées

- Maximiser l'expertise CERN
- Réduire les coûts
- Ressource humaine importante
- Gérer la radioprotection et la sécurité du chantier

→ Solution approuvée

Développement de méthodes de découpe

Solution 1 : principale

Utilisation d'une scie Husvarna télécommandée



Solution 2 : réserve

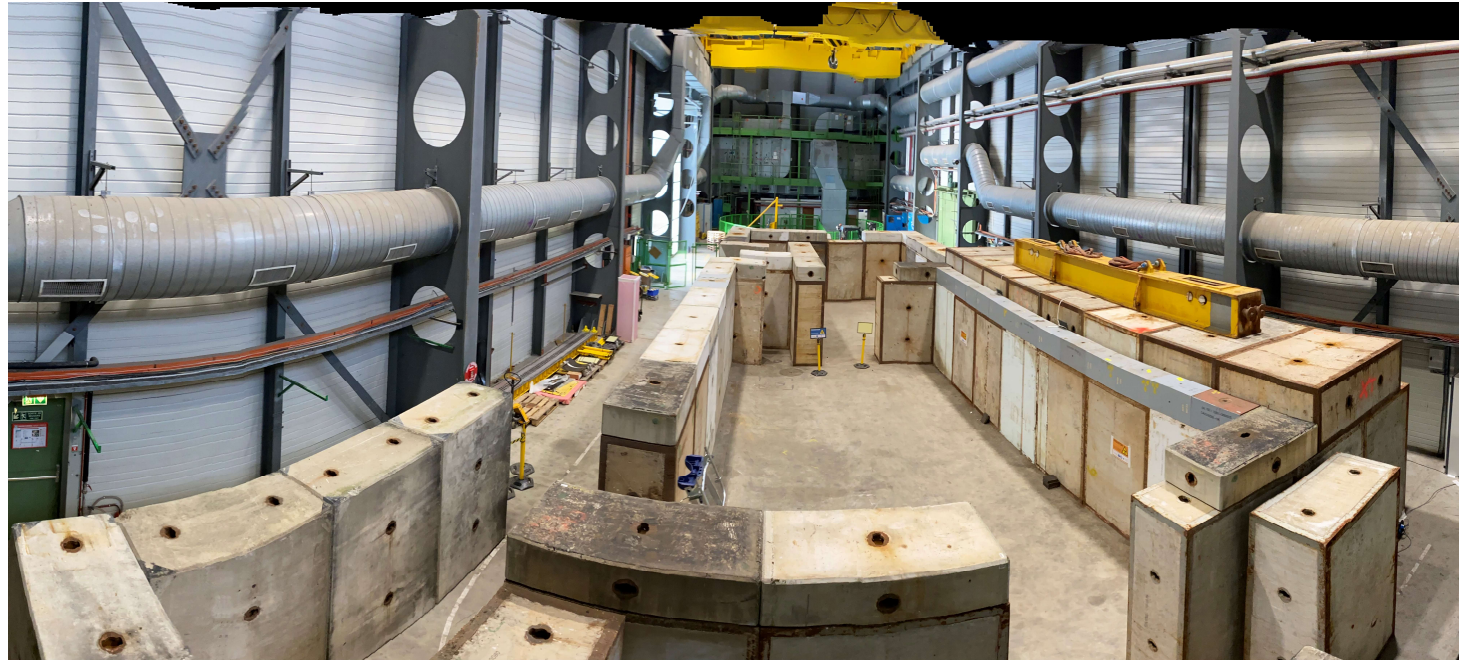
Utilisation d'un robot CUKA



TESTS SUCCESSFULL

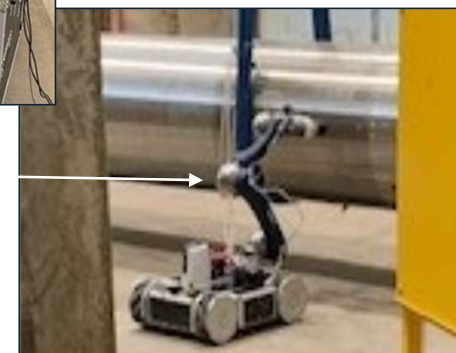
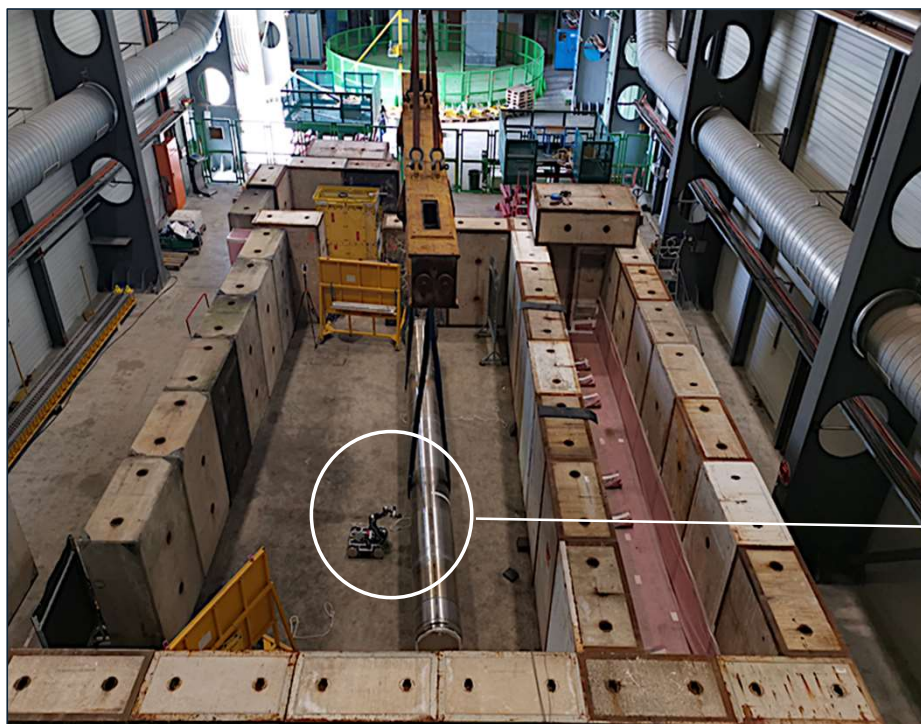
Déroulement de l'activité :

- Nouveau bunker



Déroulement de l'activité :

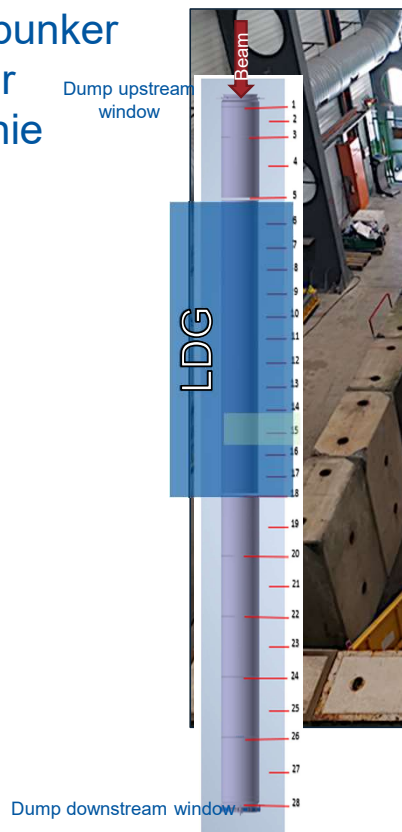
- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie



Déroulement de l'activité :

Debit de dose (+20% de sécurité) → Débit de dose utilisé pour les estimations dosimétriques

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie

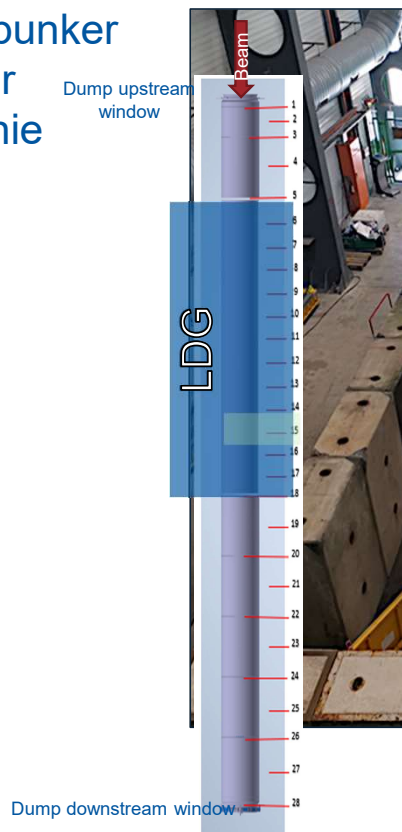


	Position [cm]	Débit de dose [$\mu\text{Sv/h}$] (mesure + 20%)			Position [cm]	Débit de dose [$\mu\text{Sv/h}$] (mesure + 20%)	
		Upstream 30 cm	Downstream 30 cm			Upstream 30 cm	Downstream 30 cm
1	0	92	80	15	380	1691	1628
2	18	118	110	16	407	1662	1627
3	37	164	133	17	435	1589	1375
4	73	425	192	18	462	1394	1156
5	108	557	441	19	500	1150	1246
6	135	746	661	20	538	1065	1003
7	163	964	865	21	575	917	956
8	190	1257	1035	22	613	811	678
9	217	1347	1178	23	651	638	660
10	244	1444	1309	24	689	565	524
11	271	1493	1315	25	727	446	433
12	299	1544	1486	26	764	353	311
13	326	1638	1550	27	802	291	252

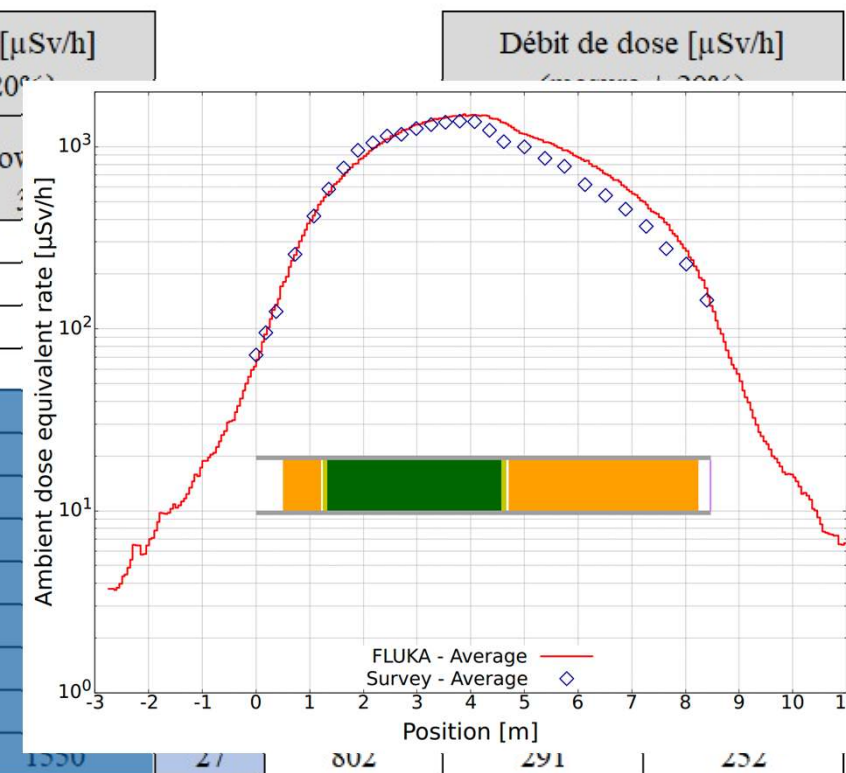
Déroulement de l'activité :

Debit de dose (+20% de sécurité) → Débit de dose utilisé pour les estimations dosimétriques

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie



	Position [cm]	Débit de dose [$\mu\text{Sv/h}$] (mesure + 20%)	
		Upstream 30 cm	Downstream
1	0	92	
2	18	118	
3	37	164	
4	73	425	
5	108	557	
6	135	746	
7	163	964	
8	190	1257	
9	217	1347	
10	244	1444	
11	271	1493	
12	299	1544	
13	326	1638	



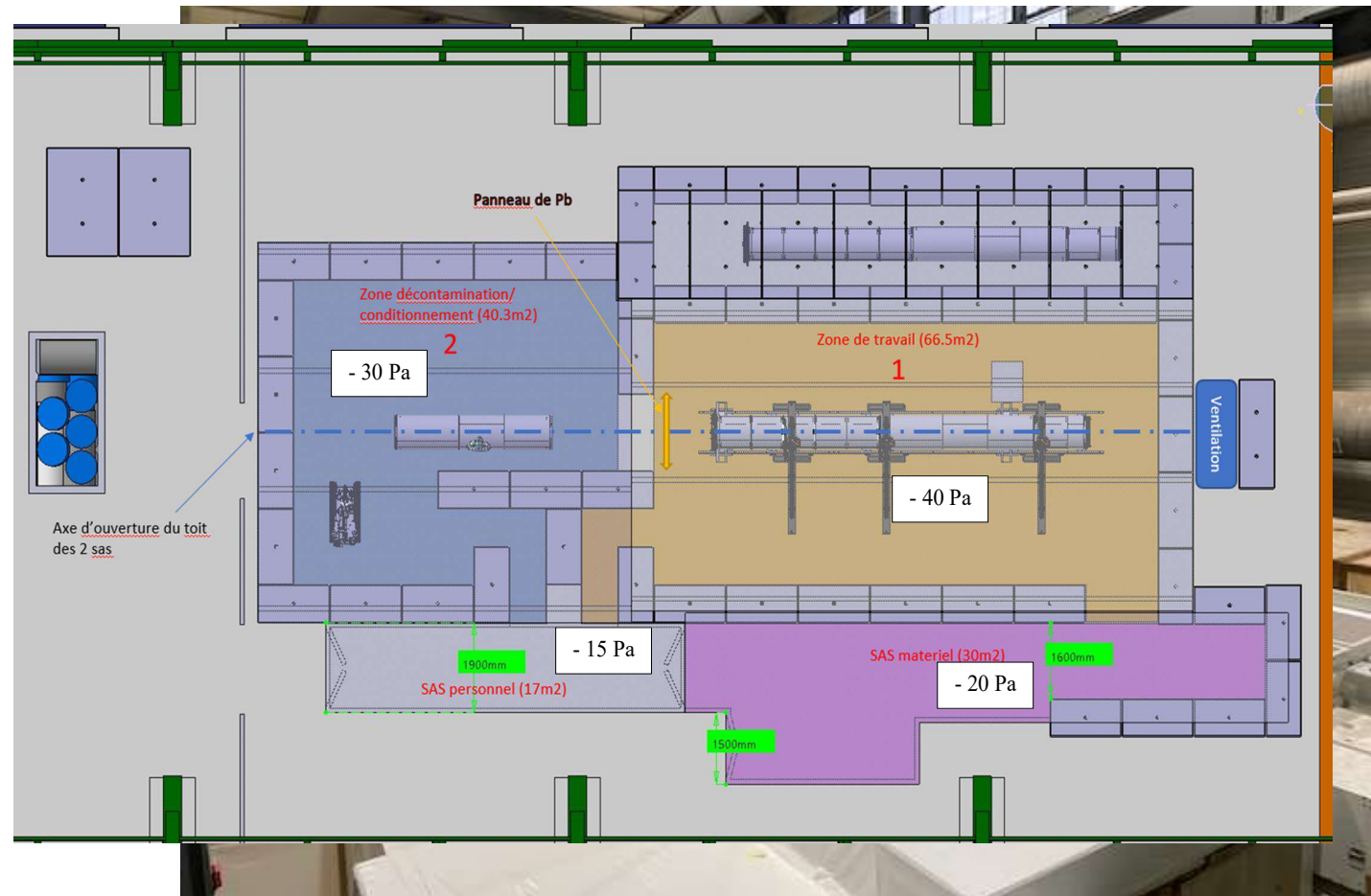
Déroulement de l'activité :

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie
- Installation sas



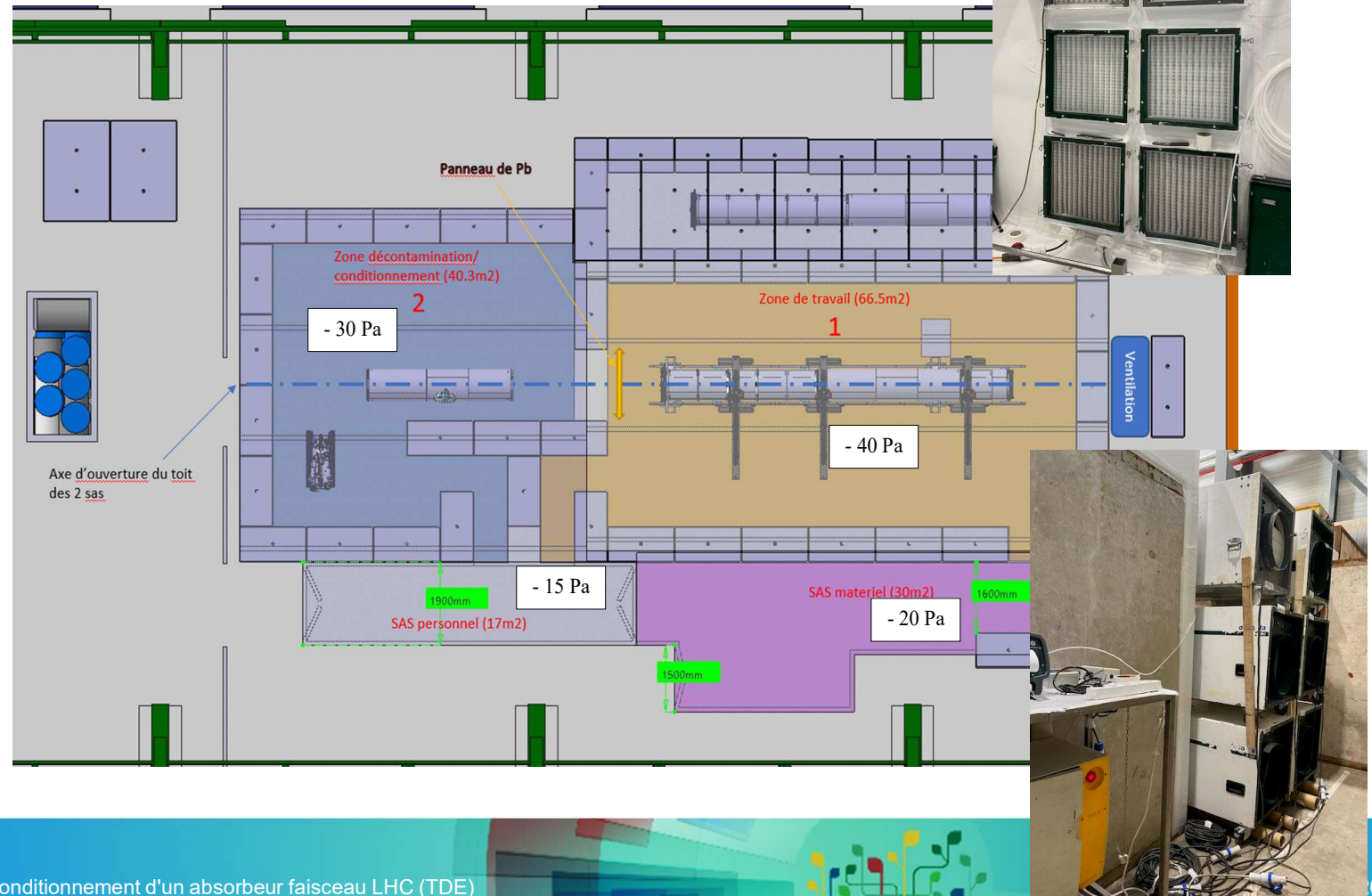
Déroulement de l'activité :

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie
- Installation sas



Déroulement de l'activité :

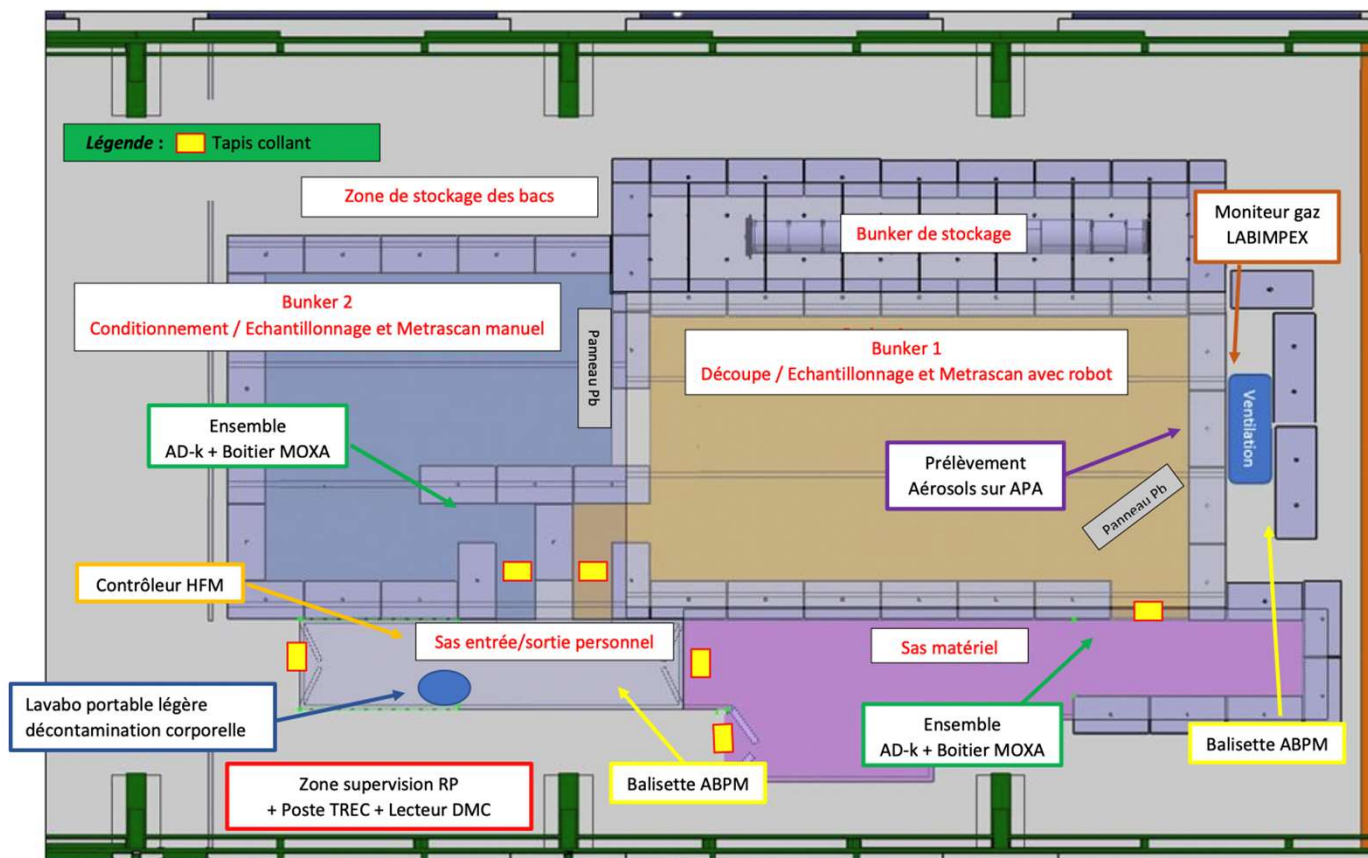
- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie
- Installation sas



Déroulement de l'activité :

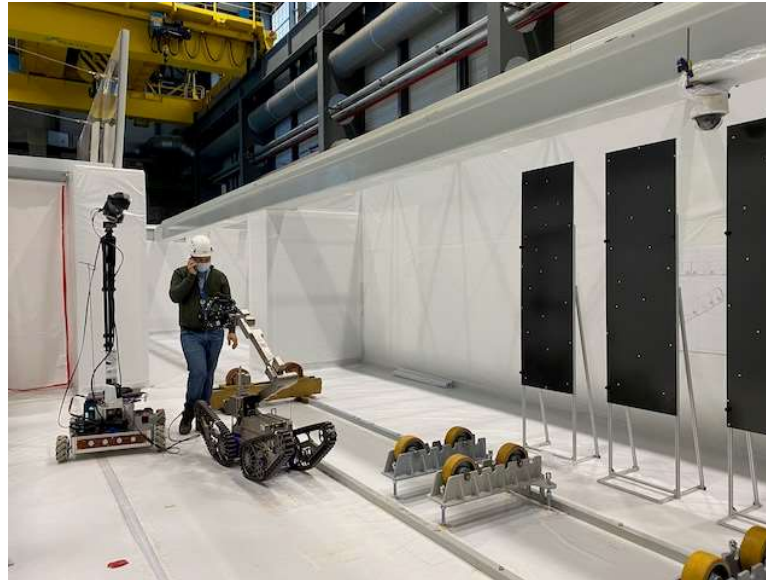
Sas de travail en SX6 : Implantation du matériel de radioprotection

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie
- Installation sas
- Installation surveillance RP



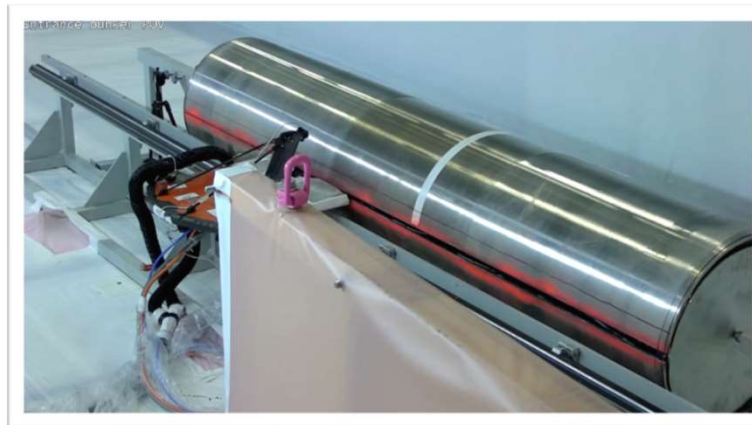
Déroulement de l'activité :

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie
- Installation sas
- Installation surveillance RP
- Installation des infrastructures nécessaires à la découpe et dernier tests à blanc



Déroulement de l'activité :

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie
- Installation sas
- Installation surveillance RP
- Installation des infrastructures nécessaires à la découpe et dernier test à blanc
- Réalisation de l'activité



Déroulement de l'activité :

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie
- Installation sas
- Installation surveillance RP
- Installation des infrastructures nécessaires à la découpe et dernier test à blanc
- Réalisation de l'activité



Déroulement de l'activité :

- Nouveau bunker
- Mise à jour cartographie
- Installation sas
- Installation surveillance RP
- Installation des infrastructures nécessaires à la découpe et dernier test à blanc
- Réalisation de l'activité

SUCCESS STORY

Dose collective prévisionnelle 4844 μSv – Dose intégrée 2326 μSv
Dose individuelle prévisionnelle 508 μSv – Dose intégrée 255 μSv



Pré-conditionnement en tant que déchet radioactif

Classification des déchets radioactifs au CERN

Candidats à la Libération inconditionnelle - CL	Libération inconditionnelle comme déchets conventionnels en Suisse
Très Faibles Activités - TFA	Elimination pour stockage en surface en France tel que défini dans les critères d'acceptation du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (CIRES) de l'ANDRA
Faibles et Moyennes Activités à Vies Courtes - FMA-VC	Elimination pour stockage en surface en France (périodes $T_{1/2} < 30$ ans, $< LMA$), tel que défini dans les critères d'acceptation du Centre de Stockage de l'Aube (CSA) de l'ANDRA
Faibles Activités et Moyennes Activités – FA-MA	Elimination pour stockage en Suisse ⁽¹⁾ Dès lors que les critères d'acceptation FMA-VC (half-life, activity level) sont dépassés

Au vue des simulations Fluka/Activiz LHC TDE < LMA



- (1) En Suisse, l'Institut Paul Scherrer est en charge de la collecte, de l'entreposage et du conditionnement des déchets radioactifs produits dans le secteur de la recherche, de l'industries et du médical, en attendant le stockage définitif dans un future centre de stockage en profondeur.

Contrainte de la filière

- Les critères d'acceptation ANDRA FMA-VC s'appliquent :
 - Specification Générale pour acceptance des conteneurs déchets FMA-VC ref. ACO.SP.ASRE.99.001
 - Specification pour la classification radiologique, ref. ACO.SP.ASRE.99.002 (EDMS 1332409)
- Les contraintes les plus contraignantes pour le TDE dump sont :

Dimensions interne du conteneur injectable ANDRA

- 3082 mm long
- 1360 mm large
- 1300 mm haut
- calage requis pour assurer la stabilité et l'intégrité des emballages

- Une coupe radiale supplémentaire
- Etude du calage arrimage

Activité ^3H limitée à 50 GBq/conteneur

- FLUKA/ActiWiz calculations :
 - LDG: 65 GBq
 - 6 HDG : 4-24 GBq
 - enveloppe: 6 GBq
- Non prise en compte de dégazage

- Echantillonnage pour mesure tritium
- Test de dégazage tritium
- Répartition pour respecter les 50GBq

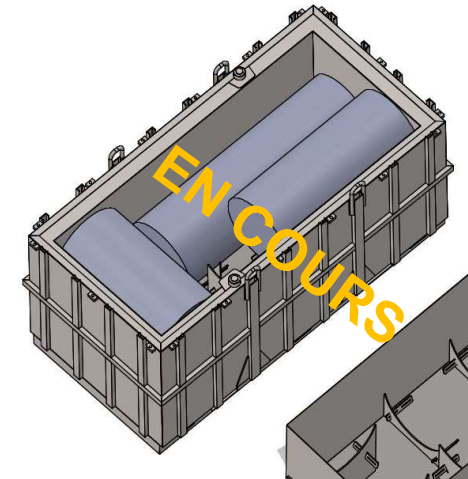
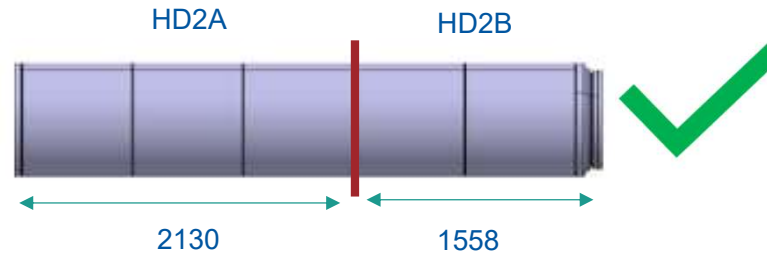
Matériel pulvérulent limité à 10% du volume total

- Le graphite n'est par nature pas pulvérulent
- Cependant après l'absorption du faisceau LHC, sa structure a pu évoluer.
- $10 \text{ m}^3 = 600\text{L max.}$
- $5 \text{ m}^3 = 250\text{L max.}$

- Vérifier l'état du graphite

Gestions des contraintes

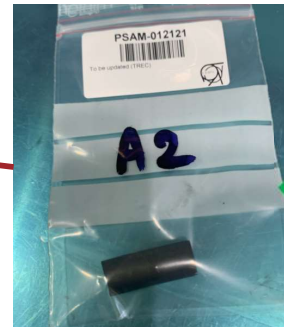
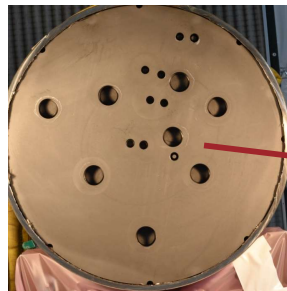
Dimensions interne du conteneur



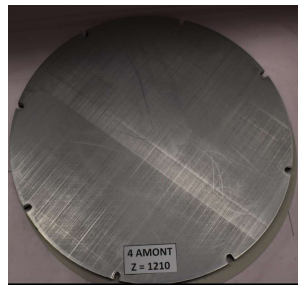
Mesure de dégazage en attente du chargement du TDE dans son conteneur



Activité ^3H limitée à 50 GBq/conteneur



Matériel pulvérulent limité à 10% du volume total



Conclusion

1) Extraire des informations pour les futurs TDE dump

- Sigraflex accessible
- Echantillons prélevés
- Etudes de surface réalisées

Données suffisante pour optimiser les futurs absorbeurs

Objectif atteint 😊

2) Valider des méthodes de découpe et de démantèlement

- 2 méthodes développées
- 2 méthodes validées

REX important acquis pour le démantèlement des futures TDE

Objectif atteint 😊

3) Préparer l'emballage en tant que déchet radioactif

- Activité tritium évaluée
- Pulvérulence écartée
- Conteneur et arrimage en cours de validation

Coupes suffisantes pour effectuer l'emballage de l'absorbeur.

En cours

Pas de point bloquant identifié

Merci pour votre attention!

Remerciements

Tous les collègues de la Robotic, du Main Workshop, du Transport, de SY-STI, de la radioprotection qui ont permis d'atteindre la réussite actuelle de ce projet.

Des questions ?



www.cern.ch