

## 9. EVALUATION PREVISIONNELLE ET OPTIMISATION DES EXPOSITIONS DU PERSONNEL DANS LE HALL D'EXPERIENCE DE LA LIGNE D'INTEGRATION LASER AU CESTA

**Didier Raffestin (CEA/DAM/CESTA)**  
**Samuel Lepicard, Corinne. Benhamou (CEPN)**

Le futur système d'expérimentation Laser Mega Joule (LMJ) constitue un élément clé du programme de simulation au travers, entre autre, d'expérimentations de physique des plasma et de fusion inertielle. La ligne d'intégration laser (LIL) installée sur le centre du CEA/DAM/CESTA est un prototype du futur LMJ et permettra de réaliser, à l'horizon 2005, des expérimentations similaires mais à échelle plus réduite.

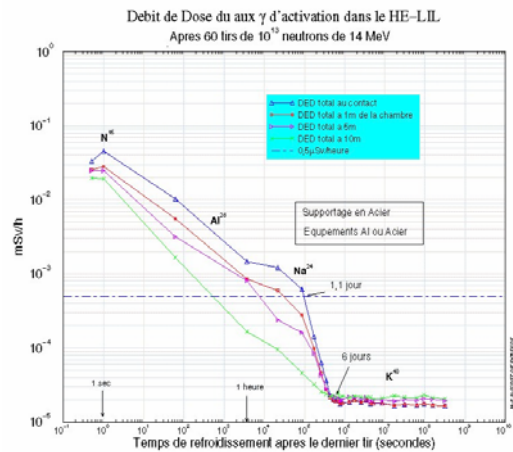
Une partie des expérimentations qui seront réalisées dans le hall d'expérience de la LIL (HE LIL) feront intervenir des réactions de fusion deutérium-tritium (DT). Ces réactions s'accompagnent de l'émission de neutrons énergétiques (14 MeV) et induisent des expositions radiologiques instantanée (dose prompte) et retardée, due à l'activation neutronique des structures et des éléments constitutifs du hall d'expérience.

L'objectif de cette étude [i] qui a été confiée au CEPN (Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire) est en premier lieu, d'évaluer l'exposition radiologique des travailleurs de la LIL en conditions normales d'opération et, en second lieu, d'appliquer une démarche d'optimisation de la radioprotection en tenant compte des contraintes d'exploitation. Les expositions promptes à l'intérieur du HE LIL qui peuvent résulter de situations accidentelles n'ont pas été prises en compte.

L'évaluation dosimétrique repose sur l'estimation préalable de l'évolution des débits de dose en différents points du HE LIL et la modélisation des postes de travail : temps passé par le personnel en ces différents points.

### Débits de dose dans le HE LIL

L'évolution temporelle et spatiale de l'ambiance radiative a été réalisée par la DAM/DIF grâce au code calcul neutronique TRIPOLI, sur la base de 60 tirs DT d'un flux de  $10^{13}$  neutrons. Seuls les débits de dose associés aux produits d'activation des matériaux du hall (chambre, tubage, supportage, diagnostics, murs) ont été pris en compte. En effet, après analyse préliminaire, les doses liées à l'activation de l'air du hall, de même que l'exposition associée à la contamination de surface qui relèverait plutôt de situations incidentelles, ne contribuent pas de manière significative à l'exposition externe.



### Evolution des débits de doses dans le HE LIL

Les débits de dose diminuent rapidement avec le temps et la distance à la chambre. La dose (pour une exposition de 2000 h d'exposition) est atteinte après 8 minutes à 10 m de la paroi de la chambre, 2 h à 5 mètres, 8 h à 1 m et 1.1 jours au contact.

### Modélisation des postes de travail

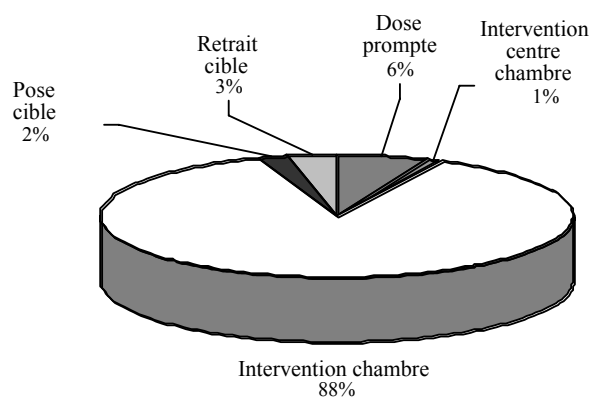
Une modélisation prévisionnelle des postes de travail a été menée avec le CESTA/DLP. Quatorze groupes de personnel exposé ont été distingués, correspondant chacun à une séquence d'opération dans le HE LIL et dans les salles annexes. Les interventions ont été modélisées en considérant la localisation du poste, la durée de l'intervention et le moment de l'intervention (temps écoulé depuis le dernier tir DT). Quatre phases d'opération ont été considérées, les phases pre tir, les phases post tir, la maintenance hebdomadaire (lundi) et la maintenance spéciale annuelle (5 semaines consécutives par an).

Chaque séquence de tir fait intervenir environ 28 personnes, dont seulement 10 sont susceptibles d'agir dans l'enceinte du HE-LIL, les autres restant dans les salles annexes et au poste de commande. La maintenance hebdomadaire (lundi) fait intervenir 25 personnes, dont 19 sont susceptibles d'agir dans l'enceinte du HE-LIL, tandis que la maintenance spéciale annuelle fait intervenir 48 personnes, toutes susceptibles d'intervenir – une partie du temps – dans l'enceinte du HE-LIL.

### Evaluation des expositions individuelles et collectives

Les opérateurs intervenant sur les diagnostics après tirs présentent les doses individuelles les plus élevées, celles-ci s'élèvent à environ **0,35 mSv.an<sup>-1</sup>**, soit 1/3 de la limite réglementaire du public (1 mSv.an<sup>-1</sup>).

La contribution majeure aux doses de ces opérateurs provient des interventions sur les diagnostics. Les doses associées à l'intervention en centre chambre (en maintenance) ou bien celles associées au retrait et à la pose de la cible ne constituent pas des sources d'exposition discriminantes.



**Fig. 2 : Distribution des doses pour les personnels les plus exposés**

La dose collective totale annuelle a été calculée sur la base des expositions individuelles évaluées précédemment en considérant l'ensemble du personnel intervenant sur les expériences du HE LIL pendant les tirs et pour la maintenance.

La dose collective totale est de l'ordre de **6,7 homme.mSv** pour une année de tirs (600 tirs dont 60 tirs DT). Près de 60% de la dose collective totale est associée au groupe des opérateurs intervenant sur les diagnostics après tirs. Le groupe des opérateurs du service radioprotection représente à lui seul près de 20% de la dose collective totale.

## Application du principe ALARA

En application de la démarche ALARA, l'objectif de cette étape est de rechercher différentes options possibles de réduction des expositions du personnel et d'évaluer leur efficacité.

Compte tenu de la situation spécifique du HE LIL et des doses collectives relativement faibles mises en jeu (de l'ordre de la dizaine d'homme.mSv par année de fonctionnement), il ne paraît pas justifié de s'appuyer sur des critères purement économiques – évaluation économique des bénéfices attendus en attribuant une valeur monétaire à l'homme.Sv évité (analyse coût/bénéfice) – pour effectuer une démarche d'optimisation des expositions. Il demeure indispensable d'identifier d'éventuelles options, portant essentiellement sur la réorganisation des équipes et de leur planning d'intervention, et qui permettraient, à un coût et des contraintes de mise en œuvre très faibles – voire nuls – de réduire les doses individuelles et collectives de certaines catégories de personnel.

En s'intéressant en premier lieu aux phases les plus coûteuses en termes de doses individuelles (et collectives), plusieurs options possibles ont été sélectionnées. Les effets de ces options ont été évalués en terme de réduction des doses individuelles et collectives.

Tab. 1 : Efficacité des options (doses individuelles et collectives)

| Description de l'option  | Réduction des doses individuelles<br>(mSv.an <sup>-1</sup> ) | Efficacité (%) sur les doses individuelles totales | Efficacité (%) sur la dose collective totale |
|--|--|--|--|
| Doublement des équipes d'entretien   | 0,05   | 50%  | Aucune                                       |
| Délai d'intervention dans le HE LIL de 24 heures minimum après un tir DT (pour les équipes d'entretien)                  | ≈ 0,05   | ≈ 50%  | ≈ 1,5%                                       |
| Délai d'intervention dans le HE LIL après un tir de :<br>15 minutes<br>30 minutes<br>60 minutes                          | jusqu'à 0,04 <sup>+</sup><br>jusqu'à 0,06<br>jusqu'à 0,11    | de 2 à 13%<br>de 2 à 26%<br>de 4 à 51%             | jusqu'à ≈ 25%                                |
| Modification de la conception des diagnostics de façon à diminuer le temps d'exposition en phase post tir d'un facteur 2 | 0,06 par opérateur <sup>++</sup>                             | de 15 à 30%  | 10%  |

<sup>+</sup> pour les groupes les plus exposés

<sup>++</sup> pour les opérateurs intervenant en phase post tirs

## Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les expositions professionnelles associées au fonctionnement futur du hall d'expérience de la LIL et de mettre en œuvre une démarche ALARA de réduction des expositions. Les doses individuelles annuelles maximales estimées pour les groupes de personnel les plus exposés ont été évaluées à environ 0,35 mSv.an<sup>-1</sup>, la dose collective totale s'élevant à environ 6,7 homme.mSv par année de fonctionnement « nominal ». Cette évaluation prévisionnelle a permis d'étudier plusieurs options portant essentiellement sur la réorganisation des équipes et de leur planning d'intervention, qui permettraient, à un coût et des contraintes de mise en œuvre très faibles – voire nuls – de réduire les doses individuelles et collectives de certaines catégories de personnel les plus exposées.

[i] **Evaluation prévisionnelle et optimisation des doses d'exposition du personnel dans le HE LIL**, S. Lepicard, C. Benhamou, CEPN, NTE/01/07, 2001.