



Code barres GCAO	Page : 1/15
Démarche matériaux applicable aux équipements du HE	

LMJ-200A0-ZWV-2NT-MOS19696C

EMETTEUR	
Nom	Raphaël ANDRE
Unité	CEA/CESTA/DLP/SISE
Fonction	Chef de Service
Date	08/02/2021
Signature	
Affaire suivie par : Stephanie LASSIME	
-	
Ce document est la propriété du CEA et ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation	

Les dates indiquées ci-dessus font état de signatures électroniques dans SIROCO.

Origine : CEA/CESTA/		Référence à :	
Classification : Diffusion Ordinaire		E.P :	Affaire : Contrat :
Identification du document			
Nature :	Référence :	Date :	Nombre de pages: 15
Rédacteur : Stéphanie Lassime			
Titre :			
Résumé :			
Mots clés :			

RÉPERTOIRE DES ÉVOLUTIONS			
INDICE	DATE	NATURE DES EVOLUTIONS	PAGES MODIFIEES
A		Edition initiale	-
B		Mise à jour pour simplifier l'obtention par les industriels des justificatifs concernant les matériaux	
C		Correction macro feuille Excel Précisions concernant l'utilisation d'autres aluminiums que Al5083 Précisions sur les titrages matière Ajout d'un onglet concernant les déchets	
Avant toute utilisation de ce document, vérifiez dans SIROCO son statut d'applicabilité			
ARCHIVAGE DE LA VERSION PERIMEE		TRANSFERT BCA	<input type="checkbox"/>
		ELIMINATION	<input type="checkbox"/>

VÉRIFICATION - DE DOCUMENT			
INDICE	FONCTION	NOM DU VÉRIFICATEUR	UNITÉ
A		Jacques BAGGIO	CEA/CESTA/DLP/SISE/LIS
B		Jacques BAGGIO	CEA/CESTA/DLP/SISE/LIS
C		Jacques BAGGIO	CEA/CESTA/DLP/SISE/LIS

## **SOMMAIRE**

<b>1. SYNTHESE.....</b>	<b>4</b>
<b>2. DOCUMENTS DE REFERENCE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. GLOSSAIRE.....</b>	<b>4</b>
<b>4. COMPOSITIONS A PRIVILEGIER EN PHASE DE CONCEPTION .....</b>	<b>5</b>
<b>5. JUSTIFICATIONS ATTENDUES POUR LES MATERIAUX APPROVISIONNES .....</b>	<b>5</b>
5.1. Recueil des données MATERIAUX .....	5
5.2. Justificatifs à fournir pour chaque typologie de pièce .....	10
<b>6. CONCLUSION.....</b>	<b>12</b>
<b>ANNEXE 1 : TRAME DU RECUEIL DES DONNÉES MATÉRIAUX.....</b>	<b>13</b>
<b>ANNEXE 2 : MÉTHODE EQUIVALENT COBALT .....</b>	<b>14</b>

## 1. SYNTHÈSE

Les études menées durant la phase de conception du LMJ ont permis de fixer des allocations de performance liées aux compositions chimiques des matériaux présents lors des expériences neutroniques, notamment en ce qui concerne leurs teneurs en Co, Ni, Cu, Mn et Fe. Ces éléments chimiques en particulier, soumis à un flux neutronique caractéristique des expériences de fusion, sont précurseurs de radioéléments conduisant à une exposition externe des travailleurs à des rayonnements ionisants, qu'il convient de limiter. On parlera « d'activation » pour qualifier ce type de phénomène physique. On cherchera à limiter tout particulièrement la création de radioéléments à durée de vie longue<sup>1</sup> qui conduisent à un effet cumulatif de l'activation au fur et à mesure des expériences.

Ce document présente la démarche matériaux **applicable à tout équipement entrant dans le HE** que chaque concepteur devra suivre. Il présente :

1. les compositions métalliques à privilégier dans la conception des différents produits,
2. les justifications attendues sur les matériaux approvisionnés en phase de fabrication et notamment le dossier à créer pour assurer la traçabilité de ces matériaux,
3. la procédure à suivre en cas d'écart sur la composition des matériaux, voire sur les matériaux eux-mêmes.

Cette note formalise la démarche à mettre en œuvre pour tout développement d'un équipement afin de garantir la maîtrise des caractéristiques matériaux au regard du principe ALARA. Cette démarche permet également de caractériser les équipements d'un point de vue radiologique, permettant ainsi de sélectionner les filières potentielles de déchets nucléaires, générés en exploitation et lors du démantèlement de l'installation.

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] LMJ-003S2-ZWV-2NT-MOS24570A  
Trame de la note de données d'entrée pour étude ALARA

## 3. GLOSSAIRE

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
CE	Chambre d'Expériences
HE	Hall d'Expériences
LMJ	Laser MégaJoule
SE	Salle d'Expériences
URA	Unité Remplaçable en Atelier
URL	Unité Remplaçable en Ligne

---

<sup>1</sup> Période supérieure à 1 an.

#### 4. COMPOSITIONS A PRIVILEGIER EN PHASE DE CONCEPTION

Le titulaire utilisera autant que possible l'alliage retenu pour les équipements intégrés dans le HE, soit l'aluminium AW 5083. Il convient d'ajouter à cela le verre, les matières organiques, ainsi que d'autres types d'aluminium si leur taux d'impureté est au maximum équivalent à celui de l'AW5083. Le titulaire justifiera de l'utilisation d'autres matériaux, s'ils s'avèrent nécessaires à la tenue des performances.

Lorsque l'aluminium ne permet pas d'atteindre une performance, sur justification, il peut être remplacé par un acier. Deux nuances d'acier sont proposées :

1. L'acier de construction S355,
2. L'acier inoxydable 304L.

L'acier 304L étant 2,5 fois plus dosant que l'acier S355, toute chose étant égale par ailleurs, **le concepteur devra limiter autant que possible la masse d'inox dans son équipement.**

Quand le concepteur ne peut pas répondre à ces recommandations fortes en termes de nuances métalliques pour des critères divers et variés (résistance mécanique, soudabilité, conductivité, masse, ...), il doit justifier le choix du nouveau matériau.

**Cette démarche de choix et de justification des matériaux doit être tracée dans le document [1] demandé par la FT Sûreté.**

**Remarque** : Tout changement de matériau après RCD fera l'objet d'une demande via un processus de Non-conformité.

#### 5. JUSTIFICATIONS ATTENDUES POUR LES MATERIAUX APPROVISIONNES

##### 5.1. Recueil des données MATERIAUX

Le titulaire du marché de fabrication de l'équipement doit s'assurer de l'adéquation des lots de matières approvisionnés avec les allocations de performance données par la FT Sûreté.

Pour ce faire, la FT Sûreté met à disposition une trame de répertoire des justifications à apporter concernant les matériaux approvisionnés pour la fabrication de l'équipement.

Cette trame « prête à remplir » doit permettre au titulaire du marché de fabrication de l'équipement de regrouper toutes les justifications nécessaires pour que la FT Sûreté se prononce sur la recevabilité d'un matériau donné. Ce document sera appelé « **RECUEIL DONNEES MATERIAUX** ».

Il se compose d'un tableur que le titulaire du marché de fabrication de l'équipement devra livrer au plus tôt dès la phase d'approvisionnement des lots matière. Ce fichier (disponible en annexe 1 du présent document) est organisé de la manière suivante :

- ✓ onglet « **Repères pièces** »

Cet onglet comporte des vues CAO de l'équipement avec des repères chiffrés (comme dans l'exemple fourni en annexe 1) ou alpha-numériques, permettant

d'identifier visuellement les pièces de l'équipement répertoriées dans l'onglet suivant « Liste des bruts ».

✓ onglet « **Liste des bruts** »

Cet onglet se constitue typiquement à partir de la nomenclature de l'équipement. Les cellules sur fond bleu sont à renseigner par le titulaire du marché de fabrication. Les cellules sur fond blanc sont calculées automatiquement et n'ont pas besoin d'être renseignées.

Cet onglet comprend les colonnes suivantes :

- « **Repère** » : se réfère au numéro de l'élément identifié dans l'onglet « Repères pièces »
- « **Plan de référence** » : référence du plan de fabrication tel que diffusé dans SIROCO. N'indiquer que les 9 derniers caractères de la référence à 23 caractères (voir exemple dans annexe 1)
- « **Désignation** » : nom de la pièce considérée, telle qu'elle apparaît dans la nomenclature et sur les plans de fabrication
- « **Matière** » : nom standard du matériau constituant la pièce (voir liste proposée dans l'onglet « Liste »)
- « **Typologie des pièces** » : catégorie de la pièce considérée permettant de déterminer le type de justificatif à fournir (voir paragraphes suivants) dans le cadre de la démarche matériau :

« Typologie des pièces »	Type de pièce	Position de la pièce pendant les expériences (Figure 1)
« Fabrication Spéciale en CE »	Eléments faisant l'objet d'un approvisionnement et d'une réalisation spéciale ; ce sont essentiellement des éléments mécano-soudés ou des pièces usinées	Insérée dans la chambre d'expériences
« Fabrication Spéciale en périphérie de la CE »		En peau de chambre (soit entre 0m et 5m depuis l'extérieur de la chambre)
« Fabrication Spéciale dans la SE »		Dans la SE, zone comprise entre 5m et 11,5m depuis l'extérieur de la chambre
« Fabrication Spéciale dans le HE hors SE »		Dans le HE, hors SE c'est-à-dire à plus de 11,5m depuis l'extérieur de la chambre
« Fabrication spéciale hors HE »		Non présente dans le HE pendant les expériences
« Pièce du commerce en CE »	Eléments achetés « sur étagère » dont la composition n'est pas toujours totalement connue	Insérée dans la chambre d'expériences
« Pièce du commerce en »		En peau de chambre (soit entre

Ce document est la propriété du CEA et ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

« Typologie des pièces »	Type de pièce	Position de la pièce pendant les expériences (Figure 1)
périphérie de la CE »		0 m et 5 m depuis l'extérieur de la chambre)
« Pièce du commerce dans la SE »		Dans la SE, zone comprise entre 5m et 11,5m depuis l'extérieur de la chambre
« Pièce du commerce dans le HE hors SE »		Dans le HE, hors SE c'est-à-dire à plus de 11,5m depuis l'extérieur de la chambre
« Pièce du commerce hors HE »		Non présente dans le HE pendant les expériences

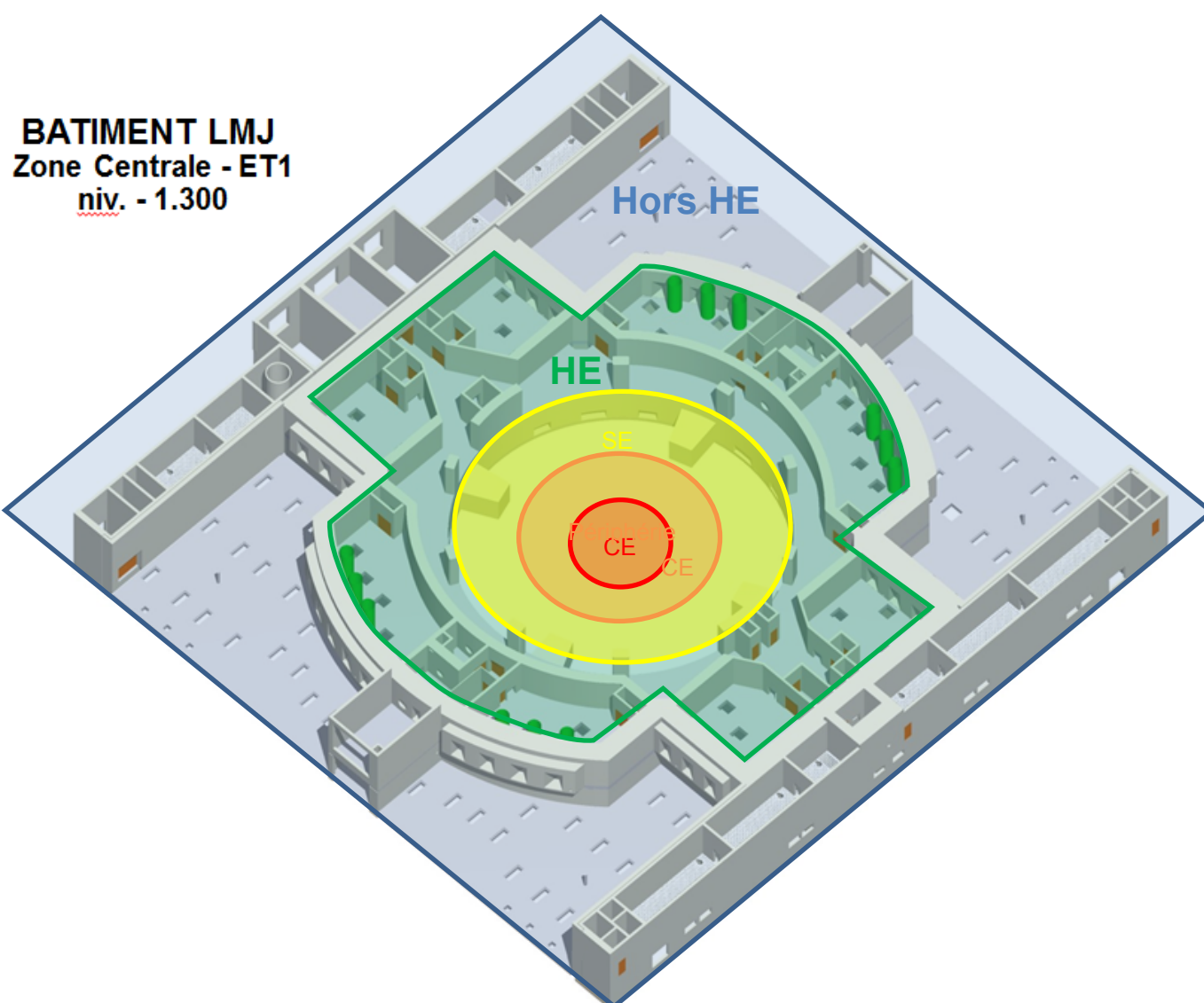


Figure 1 : Zones d'intérêt de chaque pièce vis-à-vis de la démarche matériaux

- « **URL/URA** » : indiquer le mode de maintenance de la pièce
- « **Quantité** » : nombre d'exemplaires de la pièce considérée

Remarque importante : lorsque deux exemplaires d'un même équipement peuvent être implantés dans des zones dont la « typologie des pièces » est différente, il y a deux options possibles :

- Dupliquer la ligne dans l'onglet « liste des bruts » pour tenir compte de l'implantation de chaque pièce (1 exemplaire par ligne avec une « typologie de pièces » associée)
- Garder une seule ligne avec les deux exemplaires dans l'onglet « liste des bruts », mais renseigner l'implantation la plus pénalisante en terme « d'Equivalent Cobalt » pour les deux exemplaires.

- « **Masse unitaire pièce finie (kg)** » : masse d'un exemplaire de la pièce considérée
- « **Masse totale pièces finies (kg)** » : masse totale des exemplaires de la pièce considérée (calcul automatique à l'ouverture du classeur)
- « **N° de coulée** » : référence de la coulée dans laquelle la pièce a été fabriquée (calcul automatique à l'ouverture du classeur, à partir des données renseignées dans les onglets 01, 02,...)
- « **N° CCPU 3.1** » : référence du certificat matière relatif à la coulée dans laquelle la pièce a été fabriquée (calcul automatique à l'ouverture du classeur, à partir des données renseignées dans les onglets 01, 02,...)
- « **N° titrage** » : référence du titrage matière (éventuel) relatif à la coulée dans laquelle la pièce a été fabriquée (calcul automatique à l'ouverture du classeur, à partir des données renseignées dans les onglets 01, 02,...)
- « **N° échantillon** » : repérage des échantillons éventuellement livrés à la FT Sécurité du CEA (calcul automatique à l'ouverture du classeur, à partir des données renseignées dans les onglets 01, 02,...)
- « **N° onglet** » : onglet dans lequel les justificatifs de la pièce considérée sont disponibles (un lien hypertexte vers l'onglet considéré est automatiquement généré à l'ouverture du classeur).
- « **Eq Co** » : calcul automatique de l'Equivalent Cobalt pour cette pièce, à partir des données renseignées dans les onglets 01, 02,... La couleur indique l'acceptabilité du lot matière :
  - **Vert** = lot accepté sans réserves
  - **Orange** = lot dépassant de moins de 10% la valeur acceptable – nécessite une demande de dérogation auprès de la FT Sécurité



- **Rouge** = lot dépassant de plus de 10% la valeur acceptable – nécessite une demande de dérogation auprès de la FT Sûreté

- « **Dérogation à demander** » : indique automatiquement à partir du calcul d'Equivalent Cobalt ci-avant si une dérogation est à demander à la FT Sûreté CEA (OUI / NON).

Un point d'arrêt est à prévoir en RCD et en RDF pour identifier les dérogations à instruire avec la FT Sûreté du CEA.

- « **Décision CEA** » : Réponse du CEA (Accord ou Refus) suite à la demande de dérogation
- « **Référence** » : Référence de la note comportant la décision du CEA (accord / refus) vis-à-vis d'une dérogation donnée

✓ onglet « **déchets** » :

Les cases de couleur blanche sont reprises automatiquement de l'onglet « Liste des bruts », ou à remplir par le CEA à chaque revue.

Les cases de couleur bleue sont à remplir par le titulaire :

- pièce soumise au vide (de la Zone Contaminante) ou non et surface concernée
- dimensions et volume enveloppe de la pièce
- fréquence de mise au déchet (0 pour correctif ou fréquence par an) au regard des études de SLI-SdF
- liste des toxiques chimiques recensés dans la pièce par ceux de la liste fournie dans l'onglet « Liste » et masses afférentes

✓ onglets « **01 ; 02 ; 03 ;...** »

Il convient de comparer la composition réelle des matériaux approvisionnés avec la composition prise comme référence dans les calculs d'activation, but de chaque onglet « 01, 02, 03,... ».

Ainsi, chacun de ces onglets comporte les informations relatives à une coulée (CCPU 3.1, éventuellement titrage et échantillons) ou à une pièce du commerce donnée (fiche produit) → Voir paragraphes suivants pour type de justificatifs demandés en fonction de la typologie des pièces.

Les outils de comparaison aux calculs d'activation réalisés se trouvent dans les onglets suivants de « Al A356 » à « Acier A45E » (comportant les valeurs d'Equivalent Cobalt de référence pour ce matériau, cf. annexe 2). Un onglet « pièce du commerce » est également disponible pour effectuer automatiquement le calcul « d'Equivalent Cobalt » à partir des données de la fiche produit.

Il suffit de **dupliquer** l'onglet du matériau correspondant à la coulée et le renommer dans l'ordre choisi pour tracer les coulées « 01 », « 02 »,...

Voir exemple dans la trame fournie : pour tracer les informations relatives à la coulée n°055140/001 correspondant à un Al5083, l'onglet « Al 5083 » a été dupliqué et renommé en « 01 » (NB : dans l'onglet « liste des bruts », les pièces en Al5083 fabriquées à partir de cette coulée doivent alors référencer l'onglet « 01 » dans la colonne « N° onglet »).

Les **cases en bleu** ont ensuite été renseignées (les autres cellules sont verrouillées et gardées pour information): N° CCPU et titrage de la coulée, n° échantillons fournis au CEA, composition en ppm.

*Remarque : il est demandé de dupliquer les onglets matière, pas seulement copier le contenu dans une nouvelle feuille, car le verrouillage des cellules qui n'ont pas à être renseignées par l'industriel reste ainsi actif.*

Remarque sur les formules automatiques : les cellules comportant des calculs automatiques ne sont pas verrouillées. Le renseignement de ces cellules s'effectue par une macro se lançant à l'ouverture du classeur.

## 5.2. Justificatifs à fournir pour chaque typologie de pièce

Les constituants au plus proche de la chambre d'expériences étant soumis aux agressions neutroniques, ce sont eux qui sont majoritairement visés par la démarche matériau présentée dans le chapitre précédent. Cependant, la maîtrise des matériaux des pièces de fabrication spéciale ne pourra pas se faire de la même manière que les pièces dites « du commerce ».

Le tableau suivant détaille les justificatifs attendus pour chaque typologie de pièces. Il reflète l'effort croissant d'optimisation attendu pour les pièces les plus dosantes.

« Typologie des pièces »	Justificatifs attendus
« Fabrication Spéciale en CE »	<p><b>CCPU 3.1 :</b></p> <p>Un certificat matière de type CCPU 3.1 standard est demandé systématiquement pour chaque lot matière constituant les pièces considérées.</p> <p><b>Titrages matière</b></p> <p>Le certificat CCPU3.1 n'est pas toujours suffisant et le titulaire du marché de fabrication devra procéder à des titrages systématiques à 10 ppm près pour chaque coulée pour mesurer les éléments Cobalt (Co), Nickel (Ni), Cuivre (Cu), Manganèse (Mn) et Fer (Fe) lorsqu'ils sont à l'état d'impuretés (&lt; 1% massique). Ce titrage est en général réalisé par un laboratoire spécialisé.</p> <p>Le fournisseur devra veiller à sélectionner des lots de matériau minimisant la teneur des éléments cités précédemment.</p> <p><b>Equivalent Cobalt</b></p> <p>Un premier « RECUEIL DES DONNEES MATERIAUX » doit être transmis à la FT Sûreté du CEA dès sélection des lots matière (version préliminaire pour la RCP ou la RCD, version définitive pour la RDF). A partir des justificatifs fournis ci-dessus, un calcul d'Equivalent Cobalt est obtenu. La FT Sûreté du CEA se prononcera alors sur la recevabilité des lots matière avant la</p>
« Fabrication Spéciale en périphérie de la CE »	
« Fabrication Spéciale dans la SE »	

	<p>fabrication des pièces (voir dans « Recueil des données matériaux »).</p> <p>Remarque : Les conditions de stockage, de marquage et d'utilisation des lots de matières feront l'objet d'audits et d'une procédure écrite conjointement par le fournisseur et le fabricant, afin de prendre en compte les besoins en termes de traçabilité et les procédures en vigueur chez le fournisseur.</p> <p><b>Echantillons</b></p> <p>Le fabricant fournira à la FT Sûreté des échantillons (dimension typique 5cm x 5cm) en 2 exemplaires par coulée si celle-ci est utilisée pour la fabrication de pièces dont la masse totale est supérieure à 50 kg.</p> <p>Ceux-ci seront identifiés par coulée. Ils seront livrés au à la FT Sûreté (au CESTA/DLP/SISE/LIS) sachant que ces livraisons pourront être faites au fur et à mesure de la fabrication.</p>
« Fabrication Spéciale dans le HE hors SE »	<p><b>CCPU 3.1 :</b></p> <p>Un certificat matière de type CCPU 3.1 standard est demandé systématiquement pour chaque lot matière constituant les pièces considérées.</p>
« Fabrication spéciale hors HE »	<p><b>CCPU 3.1 :</b></p> <p>Un certificat matière de type CCPU 3.1 standard est demandé systématiquement pour chaque lot matière constituant les pièces considérées.</p>
« Pièce du commerce en CE »	<p><b>Fiche Produit et/ou CCPU 3.1</b></p> <p>Certains constituants font appel à des compositions dont la définition est la propriété intellectuelle du fournisseur ou du fabricant. L'exhaustivité de la composition des pièces du commerce sera recherchée au mieux.</p>
« Pièce du commerce en périphérie de la CE »	
« Pièce du commerce dans le HE »	
« Pièce du commerce hors HE »	<p><b>Fiche produit</b></p>

## 6. CONCLUSION

Pour les équipements participant aux expériences LMJ, compte tenu de l'activation des matériaux, la FT Sûreté impose une règle du jeu permettant de répondre aux différentes réglementations et autres engagements auprès des Autorités de Sûreté.

Cette règle du jeu peut se diviser en 3 étapes :

- 1) choix des matériaux métalliques soit parmi une liste prédéfinie, soit sur demande spécifique,
- 2) méthode permettant de lister les composants à contrôler,
- 3) contrôle qualité de ces matériaux et vérification de leurs « performances » dosimétriques.

## **ANNEXE 1 : Trame du recueil des données matériaux**

Voir RECUEIL DONNEES MATERIAUX.xlsm

## ANNEXE 2 : Méthode Equivalent Cobalt

La FT Sûreté établit une cartographie des Débits d'Equivalent de Dose (DeD) du LMJ à partir d'une configuration représentative de l'installation, en s'appuyant principalement sur les caractéristiques des matériaux constituant chaque équipement présent dans le HE lors des tirs générateurs de neutrons.

Dans les chapitres précédents, on a pu voir que la FT Sûreté demandait des nuances métalliques particulières. Or, le concepteur ne peut pas toujours répondre à ces impositions que ce soit en phase Etude (choix d'un matériau particulier) ou en fabrication (teneurs massiques non respectées). Dans ces cas, la FT sûreté va s'attacher à vérifier que la pièce métallique approvisionnée ne dépasse par les allocations de performance « dosimétrique ».

Pour ce faire, la FT sûreté a mis au point une méthode d'ingénieur qui permet de trier instantanément les matériaux les plus dosants sans avoir à effectuer des calculs fastidieux. La méthode est relativement puissante comme le montre les exemples d'Equivalents Cobalt calculés dans les feuilles « matériaux » du recueil des données matériaux. Plus l'Equivalent Cobalt est fort, plus le matériau participera à la dose reçue par les opérateurs travaillant à proximité. On peut voir immédiatement que l'aluminium 5083 doit être privilégié au profit des aciers et que même dans les aciers, les écarts peuvent être importants selon les nuances.

Cette méthode permet ainsi d'aider la FT Sûreté à trancher sur la recevabilité d'un lot de matière donné.

Dans la trame de recueil des données matériaux, les « Equivalents Cobalt » sont calculés automatiquement, mais pour plus de renseignements sur le mode de calcul, consulter le document AMO01738A.

DIFFUSION

UNITÉ	INTÉRESSE (SI BESOIN)	PAPIER (*) OU MESSAGERIE (PDF)
Destinataires :		
CESTA/DLP/SISE/LIS	E. SIBE	PDF
CESTA/DLP/SISE/LIS	J. BAGGIO	PDF
Copies :		
CESTA/DLP/SISE		PDF
CESTA/DLP/SISE/LIS	R. CLATOT	PDF