

Questions fréquemment posées sur ALARA...

...Optimiser les doses lors des expositions professionnelles

Réunion d'experts à l'AIEA
4, 5 Mars 2010

Avant propos

Les spécialistes de la radioprotection doivent souvent répondre à des questions tant des travailleurs, que des employeurs ou d'autres partenaires sur « Pourquoi devons nous mettre en œuvre le principe ALARA ? » et « Que pouvons nous faire pour le mettre en application correctement ? ». Ces questions se posent dans tous les secteurs d'activité qui travaillent avec la radioactivité,

Ce document a pour objet de fournir à ces spécialistes des éléments leur permettant de répondre rapidement et correctement aux questions les plus fréquemment posées. Il est clair que le document peut également fournir des informations utiles directement aux travailleurs, aux employeurs et aux autres partenaires.

De façon à faciliter l'accès à l'information recherchée, une liste des questions est disponible au début du document et un index avec des mots clefs à la fin.

Le document est disponible sous trois formes:

- Une version papier (.pdf) en trois langues (Anglais, Français, Espagnol);
- Une version internet en anglais sur le site ORPNET de l'AIEA;
- Une version CD Rom qui contiendra aussi les références mentionnées dans le texte)

Pour ceux qui désirent approfondir un sujet, une bibliographie succincte se trouve à la fin du document, et sur la version internet, des liens vers des articles ou publications spécifiques sont fournis avec les réponses à de nombreuses questions. Ces liens renvoient vers des documents fournis par des organisations internationales (réglementations ou recommandations) ou par des utilisateurs de la radioactivité (exemples pratiques).

Ce document a pour objectif d'être vivant et incorporera donc les « retours » des lecteurs aussi bien de la version papier que du site internet tant sur les questions existantes que sur de nouvelles questions qui justifient de nouvelles réponses.

La première version de ce document a été publiée en français en 2002 par le Commissariat à l'Energie Atomique. Cette nouvelle version est le résultat du travail d'un groupe d'experts en Mars 2010 à l'AIEA qui a revu et mis à jour la version initiale, et en a enrichi le contenu.

L'AIEA tient aussi à remercier la Commission Européenne Direction Générale de la Recherche et Madame Pamela Stockell pour avoir permis l'utilisation des schémas et des dessins qui nous apportent une aide précieuse pour mieux comprendre les concepts.

TABLE DES MATIERES

Questions fréquemment posées sur ALARA.....	1
PARTIE 1: INTRODUCTION.....	6
1. Pourquoi ALARA ?.....	6
1. Quelle est la signification du terme ALARA ?.....	6
2. Pourquoi mener une démarche ALARA ?.....	6
3. Comment le principe ALARA est il intégré dans les réglementations nationales?	7
PARTIE 2: LES CONTEXTES SCIENTIFIQUES ET RÉGLEMENTAIRES	8
2. Le système de protection radiologique.....	8
4. Qu'est-ce que l'UNSCEAR ?.....	8
5. Qu'est-ce que la CIPR ?	8
6. Quels sont les trois principes du système de protection radiologique recommandés par la CIPR ?	8
7. Quelle relation y a t il entre la CIPR et les réglementations nationales?	8
8. Qu'est-ce qu'une pratique justifiée ?	8
9. Qui décide si une pratique est justifiée ou non ?	8
10. Peut on optimiser une pratique non justifiée	9
11. Quelle est la différence entre « ALARA » et « optimisation de la radioprotection » ?	9
12. Quels objectifs poursuit-on avec l'optimisation de la radioprotection ?	9
13. Quel est le rôle de la limite de dose individuelle corps entier (dose efficace) ?	10
14. Pourquoi la CIPR a-t-elle retenu 100 mSv comme valeur de la limite de dose sur 5 ans pour les travailleurs ?.....	10
15. Pourquoi la CIPR a proposé des limites de doses spécifiques pour le cristallin et la peau (plus particulièrement pour les extrémités) et ne s'est pas contentée d'une limite de dose corps entier ?	11
16. Quel lien y a t il entre limites de dose et ALARA?	11
3. Effets pathologiques des rayonnements ionisants	11
17. Qu'est-ce qu'un effet déterministe ?	11
18. Qu'est-ce qu'un effet stochastique ?	11
19. A-t-on la preuve scientifique de l'existence des effets pour des expositions à faible dose ?	11
20. Est-ce que les connaissances scientifiques évoluent dans ce domaine ?	12
21. Cela revient-il au même de recevoir une dose en un temps très court ou la même dose cumulée sur une longue période ?	12
22. Quelle est la probabilité de décéder d'un cancer ou de développer tout autre effet radio-induit aléatoire ?	12
4. Dose absorbée, dose équivalente, dose efficace.....	12
23. Quelles différences y a t-il entre ces différentes quantités de dose ?.....	12
24. Qu'est-ce qu'une dose collective ?.....	14
PARTIE 3: QUE POUVONS NOUS FAIRE POUR METTRE EN ŒUVRE ALARA CORRECTEMENT ?	14
5. Quand mener une démarche ALARA?.....	14
25. A partir de quels niveaux de doses individuelles et collectives peut-on commencer à appliquer la démarche ALARA ?	14
26. Qui rédige des procédures de formalisation de la démarche ?	15
27. Quels degrés de formalisation de la démarche peut-on envisager en fonction du niveau des risques individuels ou collectifs ?.....	15
28. Faut il mettre en œuvre la démarche ALARA pour les travailleurs exposés au radon et pour ceux qui travaillent dans les industries « NORM » ?	16
6. Qu'est-ce qu'une étude ALARA ?.....	16
29. Quelles sont les différentes étapes d'une étude ALARA ?.....	16
30. Est-il important de faire une analyse de sensibilité dans une étude ALARA ?	16

7.	Qu'est-ce qu'un objectif dosimétrique ALARA ?.....	17
31.	Qu'est-ce qu'un objectif dosimétrique ALARA ?.....	17
8.	Qu'est ce qu'une contrainte de dose ?.....	17
32.	Une contrainte de dose est elle une limite ?	17
33.	Comment sont établies les contraintes de dose?.....	17
9.	Est-ce mettre en œuvre ALARA que de... ?.....	18
34.	Est-ce que fixer des objectifs dosimétriques revient à mettre en œuvre ALARA?	18
35.	Est-ce que fixer des contraintes de dose revient à mettre en œuvre ALARA ?.....	18
36.	Est-ce que faire uniquement un prévisionnel dosimétrique revient à mettre en œuvre ALARA ?	18
37.	Utiliser un système de dosimétrie opérationnelle revient-il à mettre en œuvre ALARA ?	18
38.	Est-ce mettre en œuvre ALARA que de ne pas mettre systématiquement les mêmes travailleurs sur les chantiers les plus dosants ?.....	19
39.	Est ce que faire du zonage revient à faire de l'ALARA ?	19
10.	Comment mettre en œuvre ALARA... ?	19
40.	Comment mettre en place une démarche ALARA dans une installation où il n'existe pas un grand chantier mais une multitude de tâches diffuses et peu dosantes ?	19
41.	Comment mettre en œuvre ALARA pour une opération peu coûteuse en dose qui doit être effectuée de façon répétitive ?.....	19
42.	Comment mettre en œuvre ALARA quand le risque est la contamination ?.....	19
43.	Peut il y avoir des transferts entre exposition interne et externe?	20
44.	Comment mettre en œuvre la démarche ALARA dans le cas des doses prises aux extrémités?	20
45.	Pourquoi les processus réglementaires sont ils différents pour la radioprotection et les autres risques professionnels ?	21
46.	Comment mettre en balance dans une démarche ALARA les risques radiologiques et non radiologiques ?	21
11.	ALARA de la conception au démantèlement	22
47.	Faut-il appliquer la démarche ALARA dès l'étude de conception ?.....	22
48.	Comment faire pour que la démarche ALARA soit mise en œuvre dès la conception ?.....	22
49.	Y a t il des spécificités à l'application d'ALARA au démantèlement ?	22
50.	Comment définir des objectifs optimisés en démantèlement en prenant en compte la dimension temporelle?	23
51.	Peut on modifier un scénario de démantèlement uniquement pour des raisons de radioprotection ?.....	23
52.	Quelle est l'importance d'éviter la perte de mémoire collective sur une installation ?	23
53.	Comment motiver des travailleurs à la démarche ALARA lorsque "leur" installation va fermer ?	24
12.	ALARA et les bonnes pratiques	24
54.	Quelle différence y a t il entre mettre en œuvre les « bonnes pratiques » et ALARA ?.....	24
13.	L'engagement des diverses parties prenantes	24
55.	Qui est responsable juridiquement de la mise en œuvre d'ALARA?.....	24
56.	Qui doit être responsable la démarche ALARA ?	24
57.	Est-ce que la démarche ALARA ne doit être menée que par le Service Radioprotection?	25
58.	Faut-il impliquer le service commercial dans la démarche ALARA ?.....	25
59.	Pour mettre en œuvre ALARA, une structure spécifique est-elle nécessaire ?	25
60.	Comment pérenniser la culture ALARA ?	26
14.	Comment un exploitant doit-il prendre en compte les travailleurs prestataires dans une étude ALARA ?	26
61.	Est-il nécessaire de connaître le passé dosimétrique des travailleurs qui vont intervenir ponctuellement sur une opération ?.....	26
62.	Doit-on prendre en compte, pour une optimisation, le passé dosimétrique des travailleurs qui vont intervenir ponctuellement chez un exploitant sur une opération?	27

63. S'assurer que les travailleurs d'entreprises extérieures ne vont pas dépasser la limite de dose annuelle permet-il de satisfaire la démarche ALARA ?.....	27
15. Les outils ALARA.....	27
64. Quels sont les principaux outils indispensables à la démarche ALARA ?.....	27
65. Quels sont les principaux outils utiles à la démarche ALARA dans des situations plus complexes?	27
66. Comment favoriser l'appropriation des outils ALARA ?.....	27
67. Quelles informations faut-il relever pendant une intervention afin de mettre en œuvre ALARA ?	27
68. Existe-t-il des outils d'aide à la décision en matière de mise en œuvre d'ALARA?.....	28
16. ALARA et la prise en compte des temps d'exposition.....	29
69. Peut-on se contenter d'utiliser les volumes de travail facturés dans la mise en œuvre d'une démarche ALARA ?.....	29
70. Qu'appelle-t-on coefficient d'exposition ?.....	29
17. ALARA et les méthodes d'aide à la décision	29
71. Selon le type de données considérées dans l'étude coût-bénéfice (ou coût efficacité), ne risque-t-on pas d'aboutir à la conclusion que l'on désire ?	29
72. Doit-on inclure le coût de l'étude ALARA dans le coût des actions de protection ?	30
18. Un outil particulier : la valeur monétaire de l'Homme.Sievert	30
73. Qu'est-ce que la valeur monétaire de l'Homme.Sievert ?	30
74. Peut-on mener une démarche ALARA sans se doter d'un système de valeurs monétaires de l'Homme.Sievert ?	31
75. Y a-t-il différentes catégories de valeurs monétaires de l'Homme Sievert?	31
76. Ces valeurs monétaires de l'Homme Sievert sont-elles fréquemment utilisées dans le secteur nucléaire ?	31
77. Serait-il possible de distinguer un système de valeurs monétaires de l'Homme.Sievert spécifique au problème des doses aux extrémités ?.....	32
78. Comment prendre en compte le problème des travailleurs d'entreprises extérieures avec la valeur monétaire de l'Homme.Sv ?.....	32
INDEX.....	33
Liste des Participants au "consultancy meeting".....	35
Bibliographie Succincte	36

PARTIE 1: INTRODUCTION

1. Pourquoi ALARA ?

1. Quelle est la signification du terme ALARA ?

C'est un acronyme anglais (« As Low As Reasonably Achievable ») qui correspond à la définition du principe d'optimisation de la radioprotection : les expositions doivent être maintenues aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.

2. Pourquoi mener une démarche ALARA ?

Pour réduire le risque pour les individus exposés il faut, mettre en œuvre ALARA: c'est une obligation tant dans les réglementations internationales que nationales

Voir par exemple la recommandation 103 de la CIPR, paragraphe 203, le Préambule et la section 2.24 des Normes de Base internationales (IAEA safety series 115. 1996) et la Directive Européenne 96.29 article 6-3

CIPR 103 (2007):

The likelihood of incurring exposures, the number of people exposed, and the magnitude of their individual doses should be kept as low as reasonably achievable, taking into account economic and societal factors.

International BSS (1996):

Preamble

Radiation sources and installations should be provided with the best available protection and safety measures under the prevailing circumstances, so that the magnitudes and likelihood of exposures and the numbers of individuals exposed be as low as reasonably achievable, economic and social factors being taken into account, and the doses they deliver and the risk they entail be constrained (i. e. protection and safety should be optimized);

Paragraph 2.24.

In relation to exposures from any particular source within a practice, except for therapeutic medical exposures, protection and safety shall be optimized in order that the magnitude of individual doses, the number of people exposed and the likelihood of incurring exposures all be kept as low as reasonably achievable, economic and social factors being taken into account, within the restriction that the doses to individuals delivered by the source be subject to dose constraints.

3. Comment le principe ALARA est il intégré dans les réglementations nationales?

Les réglementations nationales varient d'un pays à l'autre, mais elles comportent toutes des exigences en matière d'optimisation ALARA. Les managers doivent donc être prêts à démontrer qu'ils satisfont aux obligations réglementaires en matière d'ALARA.

PARTIE 2: LES CONTEXTES SCIENTIFIQUES ET RÉGLEMENTAIRES

2. Le système de protection radiologique

4. Qu'est-ce que l'UNSCEAR ?

L'UNSCEAR (<http://www.unscear.org/>), est le Comité Scientifique des Nations Unies sur les effets des rayonnements. Il fait tous les 4 ans le point sur les expositions et les connaissances scientifiques concernant les effets pathologiques des rayonnements ionisants. La CIPR fonde ses recommandations sur la base des données de l'UNSCEAR, entre autres.

5. Qu'est-ce que la CIPR ?

La CIPR est la Commission Internationale de Protection Radiologique (<http://www.icrp.org/>). Cette Organisation Non Gouvernementale émet des recommandations sur la gestion du risque radiologique en s'appuyant sur les données scientifiques.

6. Quels sont les trois principes du système de protection radiologique recommandés par la CIPR ?

Il s'agit des principes de :

- justification des pratiques,
- optimisation de la radioprotection,
- limitation des expositions individuelles.

7. Quelle relation y a t il entre la CIPR et les réglementations nationales?

Certains pays établissent leurs réglementations en s'appuyant directement sur les recommandations de la CIPR ; d'autres en s'appuyant sur les Règles de Bases de l'AIEA ou sur d'autres réglementations nationales : mais toutes les réglementations requièrent la mise en œuvre d'ALARA.

8. Qu'est-ce qu'une pratique justifiée ?

Une activité humaine conduisant à une exposition d'une population aux rayonnements ionisants, qu'il s'agisse d'une activité planifiée ou pré-existante, sera dite « justifiée » si les bénéfices attendus de cette pratique pour l'individu ou la société l'emportent sur le détrimement sanitaire radio-induit.

9. Qui décide si une pratique est justifiée ou non ?

La plupart du temps, la justification d'une activité planifiée est le résultat d'une décision de type socio-politique au niveau national. Elle est parfois implicite : dans tous les pays du monde, l'utilisation des rayonnements ionisants à des fins de diagnostic médical est considérée comme justifiée et n'est pas remise en cause. Elle

est parfois mise en question et fait l'objet de débats : c'est le cas de la production électronucléaire.

Dans le domaine médical, il existe deux niveaux supplémentaires de justification :

- la justification d'une procédure qui est le résultat d'une décision de la profession,
- la justification de chaque acte qui est de la responsabilité du praticien en fonction des caractéristiques du patient.

Jusqu'à la fin du 20^{ème} siècle, seules quelques activités humaines étaient explicitement définies comme non justifiées dans certaines réglementations nationales (sources radioactives dans les paratonnerres, les jouets pour enfants et les cosmétiques...). Depuis la fin des années 90, de nombreux pays publient des listes les plus exhaustives possibles des activités non justifiées et imposent réglementairement des procédures très claires pour décider de la justification de toute nouvelle pratique, voire pour réexaminer à intervalle régulier la justification des pratiques existantes.

Plus de détails sur cette question sont disponibles dans:

EAN Workshop No.10: "Justification and optimisation in radiation protection: which one is first?" M. Bourguignon (DGSNR)

link (<http://www.eu-alara.net/index.php?option=content&task=view&id=62>)

EAN newsletter November 2006: "The implementation of the European Directives 96/29 and 97/43".

Link : http://www.eu-alara.net/index.php?option=com_content&task=view&id=119&Itemid=53

10. Peut on optimiser une pratique non justifiée

Par définition, une pratique non justifiée ne doit pas être mise en œuvre, de ce fait son optimisation n'a pas d'objet.

11. Quelle est la différence entre « ALARA » et « optimisation de la radioprotection » ?

Les deux termes sont parfaitement synonymes dans les documents de la CIPR et de l'AIEA. Ils sont employés sans aucune distinction.

12. Quels objectifs poursuit-on avec l'optimisation de la radioprotection ?

Le premier objectif est d'atteindre le juste équilibre entre utilisation efficace des ressources de protection et les risques associés aux expositions



Peser le « pour » (bénéfices) et le « contre » (détriments) est implicite dans les prises de décision de tout un chacun.

Le deuxième objectif est d'assurer l'équité

- en veillant à ce que les risques soient distribués de façon acceptable (équité dans la distribution des doses entre populations), et en réduisant en priorité les expositions les plus élevées (équité dans la distribution des doses individuelles).
- Dans le cas d'un exploitant nucléaire, industriel ou médical qui fait appel à des entreprises extérieures, l'équité consiste à traiter de façon « équivalente » ses propres travailleurs et ceux des entreprises extérieures.

13. Quel est le rôle de la limite de dose individuelle corps entier (dose efficace) ?

Le respect de la valeur de la limite de dose efficace permet non seulement de s'assurer que le risque de développer un cancer radio-induit n'est pas inacceptable, mais aussi de garantir à l'individu qu'il ne développera pas d'effets déterministes (voir aussi Q14 et Q 15).

14. Pourquoi la CIPR a-t-elle retenu 100 mSv comme valeur de la limite de dose sur 5 ans pour les travailleurs ?

La CIPR estime que les travailleurs soumis durant toute leur vie de travail à des expositions aux rayonnements ionisants ne devraient pas être soumis à un risque plus élevé que ceux qu'ils auraient rencontrés dans les industries les plus sûres. Pour satisfaire cet objectif, la limite de dose pour les travailleurs, proposée par la CIPR depuis sa Publication 60 en 1990, est de 100mSv sur une période de 5 ans (soit une moyenne de 20 mSv par an). De nombreuses réglementations nationales ont retenu 20 mSv comme limite de dose efficace annuelle.

15. Pourquoi la CIPR a proposé des limites de doses spécifiques pour le cristallin et la peau (plus particulièrement pour les extrémités) et ne s'est pas contentée d'une limite de dose corps entier ?

Dans la plupart des cas, si la limite de dose efficace (corps entier) était atteinte suite à l'irradiation d'un seul organe, la dose à l'organe serait largement inférieure au seuil d'apparition des effets déterministes pour cet organe.

Cependant, le même raisonnement appliqué à la peau, ou au cristallin démontre que le respect de la limite de dose efficace corps entier ne suffit pas pour éviter l'apparition d'érythème, de cataracte etc. Il a donc fallu proposer des limites de dose spécifiques à ces organes afin d'assurer aux personnes exposées qu'elles ne développeront pas d'effets déterministes à ces organes : 500 mSv pour la peau et les extrémités, et 150 mSv pour le cristallin.

16. Quel lien y a t il entre limites de dose et ALARA?

Même si les limites de dose correspondent à une obligation réglementaire parfaitement claire, ne pas les dépasser n'est pas suffisant, les doses résiduelles doivent aussi être maintenues ALARA

3. Effets pathologiques des rayonnements ionisants

17. Qu'est-ce qu'un effet déterministe ?

C'est un effet pathologique qui apparaît avec certitude dès lors que l'on a dépassé un certain seuil d'exposition aux rayonnements ionisants qui dépend de la radiosensibilité des individus. *Exemple : Les individus les plus radiosensibles développeront une cataracte s'ils reçoivent une dose (en une exposition brève) de 2 Gy au cristallin. Au dessus de 10 Gy tous les individus développeront une cataracte.*

18. Qu'est-ce qu'un effet stochastique ?

C'est un effet pathologique (cancer, effet héréditaire grave) qui apparaît de façon aléatoire suite à une exposition aux rayonnements ionisants. La probabilité d'apparition de cet effet est proportionnelle à la dose reçue. Lorsqu'une population est exposée aux rayonnements ionisants, aucun élément ne permet de prédire quels individus développeront un cancer, ni de diagnostiquer chez une personne atteinte d'un cancer, s'il peut être attribué ou non aux rayonnements ionisants.

19. A-t-on la preuve scientifique de l'existence des effets pour des expositions à faible dose ?

Oui, pour des expositions supérieures à 100 mSv reçues en un temps très court (moins de 2 jours).

Non, pour les expositions inférieures à 100 mSv.

Cependant, en application du principe de précaution, on considère que toute dose reçue peut induire un effet stochastique. On fait alors l'hypothèse qu'il y a une relation linéaire entre la dose et la probabilité d'apparition d'un effet stochastique.

20. Est-ce que les connaissances scientifiques évoluent dans ce domaine ?

Oui. Il y a une veille scientifique permanente en matière d'épidémiologie (voir l'UNSCEAR...). Entre les années 60 et nos jours, le niveau de dose qui représente la limite de détection des effets stochastiques a été réduit par dix.

21. Cela revient-il au même de recevoir une dose en un temps très court ou la même dose cumulée sur une longue période ?

Non. On considère que la probabilité d'avoir un cancer radio-induit est 2 fois plus faible, aux faibles doses, pour une dose cumulée sur une longue période que pour la même dose reçue en un temps très court (« exposition flash »).

22. Quelle est la probabilité de décéder d'un cancer ou de développer tout autre effet radio-induit aléatoire ?

Le tableau suivant regroupe les coefficients de probabilité (*) retenus par la CIPR dans sa publication 103 (2007) pour les effets stochastiques aux faibles doses :

	Cancer	Effets héréditaires graves	Total
Travailleurs	$4.1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$	$0,1 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$	$4,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$
Public	$5.5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$	$0,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$	$5,7 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$

(*) Il s'agit de coefficients moyens. La réalité est plus complexe, les coefficients de probabilité varient, entre autres, avec l'âge, le sexe, la population considérée...

4. Dose absorbée, dose équivalente, dose efficace

23. Quelles différences y a-t-il entre ces différentes quantités de dose ?

La quantité de base est la Dose Absorbée. C'est une mesure de la quantité d'énergie, exprimée en Joules (J), déposée dans un organe dont la masse est mesurée en kilogrammes (kg). L'unité de dose absorbée est le *gray* (Gy) qui est égal à 1 J/kg. Pour la plupart des types de rayonnements généralement rencontrés (rayonnements X ou gamma, particules bêtas), la Dose Absorbée dans l'organe correspond à la quantité d'énergie absorbée que l'on peut directement faire correspondre avec l'apparition des effets pathologiques (voir question sur les effets déterministes). Dans ce cas on utilise toujours l'unité de dose absorbée, le Gray (Gy).

Cependant il y a des types de rayonnements, tels que les neutrons, les protons, les particules alphas, qui, compte tenu de la façon dont ils déposent leur énergie, occasionnent beaucoup plus de dommage (jusqu'à 20 fois plus) par unité de Dose Absorbée. Pour prendre en compte cela, une autre quantité est nécessaire : la Dose Equivalente dont l'unité est le Sievert (Sv). La Dose Equivalente est égale à la Dose Absorbée multipliée par un facteur de pondération lié au type de rayonnement (voir tableau ci dessous).

La Dose Equivalente est utilisée pour mesurer les doses au niveau des organes. Mais elle ne permet pas de déterminer le risque d'effets stochastiques (voir question 18) associé à l'exposition d'une petite partie du corps en comparaison avec ce qui se passe

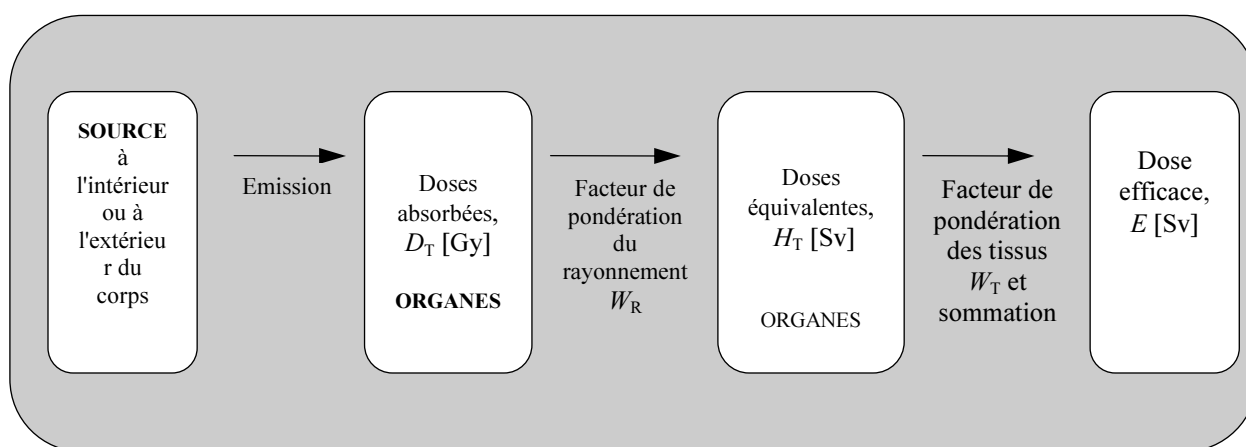
lors d'une exposition du corps entier. Ici aussi il faut prendre en compte certains facteurs tels que :

Certains organes (tissus) sont plus sensibles que d'autres aux effets de l'exposition aux rayonnements, et

On observe souvent simultanément des Doses Equivalentes différentes à différents organes

Ces facteurs sont pris en compte en utilisant un modèle mathématique qui assigne des coefficients de pondération des tissus, W_T (voir tableau ci dessous), aux différents organes du corps ; ce modèle requiert par ailleurs que les produits « Doses Equivalentes x facteurs de pondération des tissus » soient sommés sur le corps entier. Le résultat est appelé la Dose efficace, son Unité est aussi le Sievert (Sv)

La relation entre ces quantités et unités est décrite dans le diagramme suivant



Les valeurs des w_R (sans unité), dépendent du type de rayonnement et sont données dans le tableau suivant (plus w_R est élevé plus le rayonnement est dangereux)

nature du rayonnement	valeur de w_R
rayons X	1
rayons γ	1
particules β	1
neutrons	2,5 à 20 (courbe continue selon énergie)
Protons et pions chargés	2
particules α	20

Source CIPR publication 103 Volume 37, p 272, 2007

w_T est le facteur de pondération des tissus, il représente la radio sensibilité des tissus ou organes exposés, T, (sans unité)

tissu ou organe	facteur de pondération pour les tissus, W_T
gonades	0,08
moëlle osseuse (rouge)	0,12
colon	0,12

poumon	0,12
estomac	0,12
vessie	0,04
sein	0,12
foie	0,04
oesophage	0,04
thyroïde	0,04
peau	0,01
surface des os	0,01
glande salivaire	0,01
cerveau	0,01
autres tissus ou organes	0,12

La somme des w_T est égale à 1 (source CIPR 103, Annales de la CIPR, volume 37, pp1-332, 2007)

24. Qu'est-ce qu'une dose collective ?

Du fait que la relation dose-effet retenue est linéaire (une personne qui intègre une dose deux fois plus élevée qu'une autre aurait une probabilité deux fois plus élevée de développer un effet stochastique radio-induit), faire la somme des doses individuelles a un sens : elle permet de déterminer une dose totale appelée « dose collective » à laquelle correspond ce qu'on appelle le détriment sanitaire, égal à la somme des probabilités individuelles de développer un effet stochastique.

La dose collective est exprimée en Homme.Sievert (Homme.Sv).

PARTIE 3: QUE POUVONS NOUS FAIRE POUR METTRE EN ŒUVRE ALARA CORRECTEMENT ?

5. Quand mener une démarche ALARA?

25. A partir de quels niveaux de doses individuelles et collectives peut-on commencer à appliquer la démarche ALARA ?

La démarche ALARA doit être mise en œuvre quels que soient les niveaux de doses individuelles et collectives, mais il faut que les moyens soient adaptés aux enjeux. Par exemple, pour un chantier dont l'enjeu dosimétrique serait de quelques Homme. μ Sv, il faudra essentiellement s'appuyer sur le bon sens et s'assurer que toutes les bonnes pratiques radioprotection sont mises en œuvre. Les agents concernés, grâce à une bonne culture radioprotection et à leur professionnalisme, devraient s'appuyer sur les bonnes pratiques pour recevoir le moins de dose possible.



On peut réduire de façon significative l'exposition en s'appuyant sur le bon sens et un minimum d'effort.

A l'inverse, il existe des situations où les enjeux sont de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'Homme.mSv et où les doses individuelles peuvent dépasser 10 voir 15 mSv annuelles. On peut trouver de telles situations lors d'une opération de rénovation d'une installation ou de démantèlement dans le nucléaire, l'industrie, le médical ou la recherche, - ou encore pour l'analyse de certains postes de travail en radiologie interventionnelle,... Dans de tels cas, il est tout à fait envisageable d'avoir une étude ALARA de plusieurs Hommes semaines à plusieurs Hommes mois.

26. Qui rédige des procédures de formalisation de la démarche ?

La démarche ALARA implique l'engagement de tous les « acteurs » vis à vis d'ALARA. Pour réaliser cette démarche, chaque exploitant doit adopter des procédures détaillées qui lui sont propres pour mettre en œuvre la démarche ALARA en respectant la réglementation nationale et sa propre réglementation interne. La démarche ALARA doit aussi tenir compte des règles de la sécurité classique.

Ces procédures vont tenir compte des conditions particulières d'exploitation, des ressources disponibles et de la culture radioprotection de l'exploitant ou du site. Elles devront être connues des autorités et des travailleurs et discutées avec ces partenaires dans le cadre des réglementations de la radioprotection et du travail en vigueur dans le pays considéré.

27. Quels degrés de formalisation de la démarche peut-on envisager en fonction du niveau des risques individuels ou collectifs ?

La démarche ALARA s'applique quel que soit le niveau d'exposition. Cependant, il convient d'adapter le temps et le degré de formalisation du dossier « radioprotection » aux enjeux dosimétriques individuels et collectif d'un chantier. Des critères dosimétriques (niveaux de dose individuelle et/ou de dose collective et/ou de débit de

dose et/ou de fréquence d'une intervention...) sont souvent retenus pour décider du degré de formalisation de la démarche.

28. Faut-il mettre en œuvre la démarche ALARA pour les travailleurs exposés au radon et pour ceux qui travaillent dans les industries « NORM » ?

Oui, la CIPR 103 et les nouvelles Règles de Base de l'AIEA, disent clairement qu'ALARA doit être appliqué à ces travailleurs au même titre qu'à ceux des secteurs nucléaires, médicaux et de la recherche.

6. Qu'est-ce qu'une étude ALARA ?

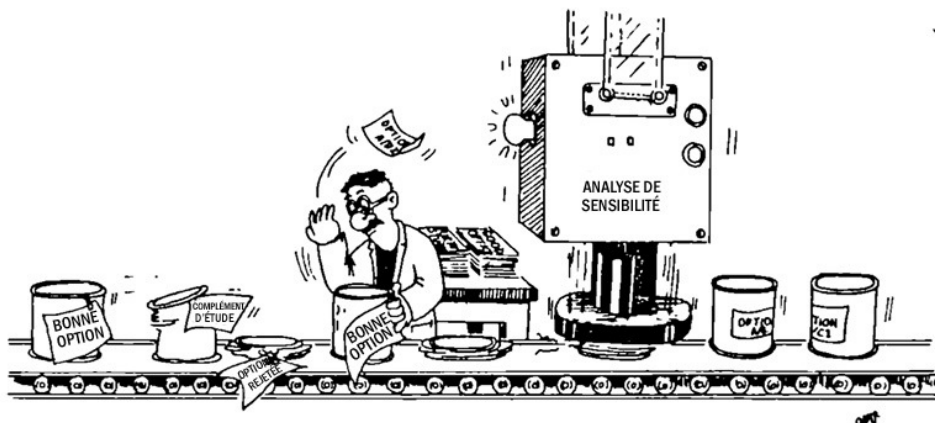
29. Quelles sont les différentes étapes d'une étude ALARA ?

La démarche ALARA peut considérer comme nécessaire une étude ALARA spécifique dans une situation donnée. Les différentes étapes d'une étude ALARA sont les suivantes (voir aussi la publication de la Commission Européenne "ALARA from theory to practice", report EUR 13796, 1991):

- La définition du problème,
- l'analyse préalable des enjeux dosimétriques (types et niveaux de doses),
- la définition d'options de radioprotection,
- la quantification de l'impact de ces options en terme de coût, de dose,... pour certains facteurs une évaluation qualitative sera nécessaire,
- la comparaison des options,
- l'analyse de sensibilité,
- le choix d'une solution optimisée.

30. Est-il important de faire une analyse de sensibilité dans une étude ALARA ?

Oui : pour tester la robustesse des résultats face aux variations des hypothèses retenues. Il y a deux manières d'aborder le problème :



Un objectif de l'analyse de sensibilité est de tester la robustesse des résultats

- soit se donner des marges de variations réalistes de chaque hypothèse (débits de dose, temps d'exposition, coûts, valeur monétaire de référence de l'Homme.Sievert...),

- soit se demander quelle est la variation maximale de chacune des hypothèses qui permet à la solution retenue de rester optimale.

7. Qu'est-ce qu'un objectif dosimétrique ALARA ?

31. Qu'est-ce qu'un objectif dosimétrique ALARA ?

Un objectif dosimétrique est qualifié d'« ALARA » s'il est le résultat d'une étude ALARA (voir question 29) : c.a.d. s'il correspond à un choix bien étayé parmi des alternatives et options de radioprotection possibles, pour un ensemble de tâches ou pour toutes les opérations d'un chantier, d'un poste, d'un atelier, d'un laboratoire, ou d'un service médical donné (doses collectives et individuelles). Il peut y avoir une étude ALARA initiale globale, puis les années/ tâches suivantes des ajustements de (des) l'objectif(s) ALARA sur la base du retour d'expérience.

8. Qu'est ce qu'une contrainte de dose ?

32. Une contrainte de dose est elle une limite ?

Non, La limite de dose est une dose individuelle annuelle fixée par la réglementation au dessus de laquelle les travailleurs ne doivent pas être exposés. Une contrainte de dose, est une dose individuelle inférieure à la limite, qui est établie dans le cadre du processus itératif et évolutif de l'optimisation.

Dépasser une contrainte de dose ne constitue pas une infraction réglementaire, mais cela peut entraîner des actions de suivi.

Pour les expositions professionnelles, une contrainte de dose apparaît comme l'enveloppe supérieure des résultats attendus des actions de protection dans le processus d'optimisation. La stratégie de radioprotection est alors arrêtée de façon à ce qu'aucune dose n'excède la contrainte. Une fois les expositions reçues, la contrainte de dose peut être utilisée comme un repère pour analyser la pertinence de la stratégie de radioprotection retenue et étudier s'il convient de la modifier. Dans certaines situations, l'exposition aux rayonnements ionisants peut ne pas être le seul risque ou le risque le plus important, dans ce cas établir des contraintes de dose doit être un élément d'un système plus global de gestions des risques professionnels.

33. Comment sont établies les contraintes de dose?

Les contraintes de dose annuelles doivent être comprises entre 1 et 20 mSv pour les travailleurs. Elles seront décidées au cas par cas pour chaque situation planifiée. Une optimisation générique, qui prenne en compte les spécificités nationales ou locales, aboutira à l'établissement d'une contrainte ; elle s'appuiera aussi, autant que nécessaire, sur les recommandations internationales ou les bonnes pratiques dans des activités professionnelles semblables.

Dans les grandes industries, les contraintes de dose pourront être établies par le management ; elles seront alors des outils de gestion interne; dans d'autres industries,

ou dans les secteurs de la recherche et le médical, elles pourront être diffusées par les autorités réglementaires après discussion entre les « acteurs » concernés.

Il faut aussi bien réaliser que les contraintes de dose ne sont pas une frontière entre ce qui est sûr et ce qui est dangereux ; elles ne représentent pas un saut important dans le risque pour la santé des individus.

9. Est-ce mettre en œuvre ALARA que de... ?

34. Est-ce que fixer des objectifs dosimétriques revient à mettre en œuvre ALARA ?

Tout dépend de la signification du mot « objectif » :

- si l'objectif est le reflet d'une simple prévision de dose, sans optimisation, cela ne revient pas à mettre en œuvre ALARA (cf questions 29 et 31) ;
- si l'objectif, en termes de doses collectives ou individuelles, est déterminé de façon purement politique par un exploitant pour tous les intervenants sur ses sites, il s'agit plus d'objectifs correspondant à une « démarche de progrès » que d'objectifs résultant de l'application de la démarche ALARA.
- si l'objectif répond à la définition de la question 31, alors cet objectif s'inscrit dans une démarche ALARA.

35. Est-ce que fixer des contraintes de dose revient à mettre en œuvre ALARA ?

Non. Par exemple, imposer une limite de dose de 0,5 mSv par jour, ne signifie pas pour autant que l'optimisation ait été effectuée.

Ce type de contrainte de doses est établie à partir des limites réglementaires ou des objectifs « politiques » que s'impose l'exploitant. Il répond à une logique de limitation et de gestion des expositions individuelles et non d'optimisation, mais l'optimisation doit en tenir compte ; elle ne peut aboutir au non respect de ces contraintes.

36. Est-ce que faire uniquement un prévisionnel dosimétrique revient à mettre en œuvre ALARA ?

Si seul un prévisionnel dosimétrique a été réalisé, sans aucune étude d'alternatives, d'options de radioprotection, c'est à dire sans aucune optimisation de la radioprotection, la démarche ALARA n'a pas été entièrement appliquée.

37. Utiliser un système de dosimétrie opérationnelle revient-il à mettre en œuvre ALARA ?

Non, mais c'est un outil ; un outil très utile pour suivre ce qui a été réalisé.

Certains systèmes dosimétriques ne fournissent des données que sur une période standard (mois...). Cela est souvent nécessaire pour le contrôle réglementaire des doses individuelles.

Dans une optique ALARA, il est indispensable de faire le lien entre les tâches effectuées, leur lieu d'exécution et les doses... L'objectif est de pouvoir répondre aux questions : où ? quand ? comment ? par qui ? sont prises les doses. Cela implique souvent d'avoir à disposition un système de dosimétrie en temps réel.

38. Est-ce mettre en œuvre ALARA que de ne pas mettre systématiquement les mêmes travailleurs sur les chantiers les plus dosants ?

Non. Il s'agit bien d'une gestion du personnel permettant d'affecter de façon équitable les différents opérateurs aux différentes tâches, mais cela ne suffit pas dans une démarche ALARA puisqu'il n'y a aucune réflexion visant à réduire la dose collective totale.

La prise en compte de l'équité dans la démarche ALARA correspond à une réflexion portant sur la réduction des expositions **collectives** et individuelles, visant en priorité les expositions les plus élevées. Cette démarche implique de choisir des options de radioprotection.

39. Est ce que faire du zonage revient à faire de l'ALARA ?

Mettre en place un zonage est un élément essentiel et obligatoire d'une bonne politique de radioprotection, mais il ne s'agit nullement d'un élément de la démarche ALARA. Le zonage détermine des actions minimales de formation, d'information, de surveillance... Le type de zone est fonction des risques d'exposition susceptibles d'être encourus par certains travailleurs dans la zone en question. Les BSS internationaux laissent aux autorités nationales la responsabilité de définir ces niveaux de risques. La Directive Européenne 96.29, lie directement le zonage à la possibilité de dépasser en 1 an 1 mSv pour la dose efficace (limite du public) ou 1/10 de la limite travailleur pour la dose équivalente (article 18 section1). Le zonage s'inscrit donc dans une logique de « limitation ». Le zonage ne permet absolument pas de garantir à l'individu qui travaillera dans une zone que son exposition est maintenue aussi bas que raisonnablement possible, en fonction du temps qu'il passera, du travail qu'il effectuera, etc.

10. Comment mettre en œuvre ALARA... ?

40. Comment mettre en place une démarche ALARA dans une installation où il n'existe pas un grand chantier mais une multitude de tâches diffuses et peu dosantes ?

On peut dans ce cas essayer de regrouper d'une part les tâches qui se ressemblent, d'autres part les tâches répétitives afin d'envisager des actions de radioprotection communes. Si certaines tâches peuvent effectivement être regroupées, et si l'enjeu devient ainsi plus significatif, on peut alors revenir à une formalisation décrite précédemment (question 29). Si ce n'est pas le cas, il s'agit alors de faire valoir le bon sens, la culture et les bonnes pratiques.

41. Comment mettre en œuvre ALARA pour une opération peu coûteuse en dose qui doit être effectuée de façon répétitive ?

On peut dans ce cas réaliser un dossier ALARA générique pour l'opération. Ce dossier devrait faire l'objet d'une révision périodique. Cette situation se rencontre très fréquemment dans le secteur médical.

42. Comment mettre en œuvre ALARA quand le risque est la contamination ?

On rencontre deux cas de figure :

- l'inhalation potentielle des radioéléments peut conduire à des doses absorbées très supérieures aux limites ; cette situation se rencontre dans la recherche nucléaire et dans le cycle nucléaire. La conduite à suivre dans de telles situations est de diminuer au maximum la probabilité d'occurrence de telles expositions.
- par ailleurs, il existe des situations pour lesquelles la contamination interne correspond à la routine (utilisation ou production de matériaux naturellement radioactifs tels que phosphate, thorium, sables minéraux, manipulations d'uranium dans l'amont du cycle nucléaire, exposition au tritium ...). Dans ces situations, les travailleurs sont soumis aux expositions internes de façon presque continue et les doses sont, à quelques exceptions près, inférieures aux limites. Dans ces cas, le principe ALARA doit être appliqué.

Plus de détails sur cette question sont disponibles dans : "summary and recommendations" of 3rd EAN Workshop Neuherberg, Germany, 1999 on "Managing Internal Exposures"

43. Peut il y avoir des transferts entre exposition interne et externe?

Oui, dans quelques cas. Cette situation peut être rencontrée lorsqu'il y a un risque de contamination à des niveaux relativement faibles dans un environnement où les débits de dose sont particulièrement élevés et où un travail doit absolument être effectué. Dans ce cas, le fait de vouloir supprimer une voie d'exposition (interne ici) peut entraîner un accroissement important de l'autre (externe ici). Une étude ALARA globale, incluant les deux composantes, doit être réalisée et une décision prise sur ce qui est réellement la situation optimale.

44. Comment mettre en œuvre la démarche ALARA dans le cas des doses prises aux extrémités?

Cette question revient à se demander ce que signifie le concept d'optimisation pour la gestion des doses reçues aux extrémités ? Pour répondre à cette question, il faut d'une part considérer les effets déterministes, d'autre part les effets stochastiques.

La logique de l'optimisation ne s'applique pas pour éviter les effets déterministes qui apparaissent seulement au dessus d'un certain seuil : ce seuil ne doit jamais être dépassé.

Pour les effets stochastiques, on va effectivement mettre en œuvre l'optimisation en raisonnant sur le risque de cancer qui ne peut être estimé qu'à partir de la dose efficace « corps entier ». Il faut donc ramener des doses prises aux extrémités à des doses corps entier. Cela se fait en appliquant des règles de calcul bien établies qui tiennent compte de la radiosensibilité de chaque organe ou tissu, soit dans le cas présent de la peau.

Par exemple :

Soit un individu qui reçoit une dose de 500 mSv aux extrémités (limite de dose aux extrémités). Le facteur de pondération (w_T) pour la peau étant de 0,01 et ces extrémités ne représentant que 5% de la surface totale de la peau (95% de la peau ne reçoit donc aucune dose), les 500 mSv délivrés aux extrémités correspondent à une dose efficace corps entier de

$[(500 \times 0,05) + (0 \times 0,95)] \times 0,01 = 0,25 \text{ mSv}$. Ainsi, même si un travailleur atteignait la limite de dose aux extrémités chaque année pendant 5 ans, la dose totale corps

entier correspondante ne serait que de 1,25 mSv, ce qui largement inférieur à la limite de 100 mSv sur 5 ans de la dose efficace.

Dans la réalité, les doses extrémités sont la plupart du temps très inférieures aux limites de doses, les doses efficaces corps entier sont donc particulièrement faibles. La démarche ALARA doit alors être appliquée... mais en utilisant des moyens adaptés aux enjeux dosimétriques.

45. Pourquoi les processus réglementaires sont ils différents pour la radioprotection et les autres risques professionnels ?

La raison doit être recherchée dans l'histoire du siècle dernier. Après la première guerre mondiale, l'Organisation Internationale du Travail a été créée en 1919 pour promouvoir le « traitement » décent des travailleurs. La plupart des pays ont alors créé des Ministères du Travail ou leur équivalent et se sont dotés de réglementations couvrant l'ensemble des risques professionnels. Cependant, après la deuxième guerre mondiale et la bombe atomique, l'AIEA a été créée en 1957 au sein des Nations Unies, comme l'organisation de « l'Atome pour la Paix ». S'appuyant sur les recommandations de la CIPR (voir questions 6 et 7), l'AIEA a publié des Règles de Base Internationales en matière de radioprotection. Depuis lors, la plupart des pays ont créé des Autorités Règlementaires spécifiques pour gérer la Sureté Nucléaire et la Radioprotection. Ainsi dans de nombreux pays, le risque professionnel d'exposition aux rayonnements ionisants est couvert par des réglementations spécifiques. Cependant, tant au niveau international que national, on peut espérer que les réglementations et les conditions de travail soient harmonisées en termes de gestion de tous les risques professionnels.

46. Comment mettre en balance dans une démarche ALARA les risques radiologiques et non radiologiques ?

C'est un vrai problème. Il n'existe pas à l'heure actuelle une échelle globale du risque permettant de comparer les risques stochastiques, déterministes, à seuil, sans seuil, immédiats, différés... radiologiques et non radiologiques. Cependant il ne faut pas privilégier le risque radiologique au détriment des autres risques (accident classique par exemple). Les organisations internationales (AIEA, OIT, OMS) recommandent de mettre en œuvre une approche globale de la gestion des risques. En pratique, là où il y a à la fois des risques radiologique et non radiologiques, il faut faire attention à éviter les conflits et à renforcer la cohérence, les complémentarités et les synergies entre les différentes approches de la gestion des risques. Cela implique - des interactions entre tous ceux qui interviennent dans ce domaine, radioprotectionnistes et autres spécialistes des risques professionnels, - et des échanges sur les principes et les bonnes pratiques.



Les niveaux de dose et les coûts financiers ne sont pas toujours les seuls facteurs à prendre en compte : exemple de la ventilation dans une mine d'uranium.

Plus de détails sur cette question sont disponibles dans les proceedings du Séminaire EAN d'Anvers, Belgique, Novembre 2000 sur "Management of Occupational Radiological and Non-radiological Risks: Lessons to be Learned", et le Séminaire EAN de Prague, République Tchèque, 2006 sur "Experience and new Developments in implementing ALARA" en particulier la session 2

11. ALARA de la conception au démantèlement

47. Faut-il appliquer la démarche ALARA dès l'étude de conception ?

Oui, il faut appliquer la démarche ALARA dès l'étude de conception (d'une installation, d'une rénovation, d'un chantier de maintenance, d'un chantier de démantèlement...) car d'une part plus on s'y prend tôt, plus on a de degré de liberté et moins cela coûte (il est plus facile de modifier quelque chose sur papier que lorsque l'ouvrage est terminé) et d'autre part, plus on s'y prend tôt et plus on peut agir sur les sources et les débits de doses.

48. Comment faire pour que la démarche ALARA soit mise en œuvre dès la conception ?

Il faut que la radioprotection soit prise, dès le début, comme un critère à part entière et de ce fait il est essentiel de :

- prendre connaissance des analyses de retour d'expérience en matière de radioprotection réalisées pour des installations semblables ou lors d'opérations ou de tâches similaires,
- analyser des alternatives (ou scénarios) prenant en compte des actions de radioprotection,
- fixer des objectifs dosimétriques optimisés.

49. Y a t il des spécificités à l'application d'ALARA au démantèlement ?

Oui certaines sont pénalisantes en matière de radioprotection, en particulier pour les installations les plus anciennes. Il s'agit par exemple d'un fort accroissement de l'incertitude sur les conditions radiologiques que l'on va rencontrer aux diverses étapes du démantèlement ; en particulier lorsque l'on ne sait pas ou plus les

modifications apportées à l'installation par rapport aux plans disponibles ; ou bien lorsque l'on ne sait pas ou plus ce que sont les sources et leur compositions.

Par contre d'autres sont positives, ainsi en est il de la possibilité d'utiliser la loi de décroissance radioactive et du fait de disposer de beaucoup plus de temps que pour des installations en fonctionnement pour réaliser toutes les opérations à effectuer - et de la possibilité de supprimer au fur et à mesure les sources les plus pénalisantes.

Toutes ces spécificités renforcent la nécessité d'une approche prévisionnelle ALARA avec des scénarios intégrant des analyses de sensibilité et tenant compte de la grande variabilité des hypothèses. Ces analyses doivent être nettement plus approfondies que pour les installations en fonctionnement et doivent permettre de répondre à la question « que va t-on faire si..... ».

50. Comment définir des objectifs optimisés en démantèlement en prenant en compte la dimension temporelle?

Les objectifs optimisés seront, comme dans le cas des installations en fonctionnement, des objectifs en doses collectives et individuelles. Il conviendra de ne pas jouer sur le temps disponible pour réduire artificiellement les doses annuelles. Les objectifs doivent donc être globaux sur le démantèlement dans son ensemble (ou sur chacune de ses phases techniques) et ensuite seulement déclinés selon les échéances temporelles.

51. Peut on modifier un scénario de démantèlement uniquement pour des raisons de radioprotection ?

Bien sûr, et cela est arrivé de nombreuses fois car certains scénarios aboutissent à des expositions qui dépassent les limites ou ne sont pas du tout raisonnables sur le plan des résultats dosimétriques. Il est recommandé d'anticiper au maximum et de ne pas attendre la mise en œuvre d'un scénario pour se rendre compte que la radioprotection justifie de l'arrêter : l'expérience montre que cela coûte alors beaucoup plus cher qu'une bonne préparation en amont.

52. Quelle est l'importance d'éviter la perte de mémoire collective sur une installation ?

Il y a souvent des différences entre les spécifications, les plans originaux et l'installation telle que construite. Cela peut venir de difficultés rencontrées lors de la construction et à l'origine de petites modifications. Cela peut aussi provenir, pendant la vie de l'installation, de changement de structures, d'équipements, de services, voir de mode d'utilisation de l'installation. Il est alors important que les plans soient régulièrement et correctement mis à jour et que l'on conserve trace des opérations de maintenance effectuées, des succès et leçons apprises, tout autant que des radionucléides utilisés.

Cette connaissance est importante lorsque l'on met en œuvre une démarche ALARA tant pour des opérations de routine, que pour des grandes modifications exceptionnelles ou pour le démantèlement. Les connaissances de ceux qui ont travaillé dans l'installation doivent être « capturées et conservées » sous une forme accessible et appropriée pour la formation. Dans certaines installations anciennes une telle

politique est parfois récente. Dans ce cas il peut être nécessaire de rechercher ces informations auprès d'anciens membres du personnel.

53. Comment motiver des travailleurs à la démarche ALARA lorsque "leur" installation va fermer ?

Il est important dans ce cas de leur rappeler que leur responsabilité perdue pour la préparation du démantèlement. L'installation doit être propre pour que le démantèlement se fasse dans les meilleures conditions possibles. La plupart du temps, le travail préparatoire pour s'assurer de cette approche professionnelle, doit être effectué pendant les dernières années de fonctionnement de l'installation, et inclure une approche ALARA totalement intégrée dans le comportement tant des managers que des travailleurs.

12. ALARA et les bonnes pratiques

54. Quelle différence y a t il entre mettre en œuvre les « bonnes pratiques » et ALARA ?

- Une bonne connaissance de la culture radioprotection de l'entreprise permet de mettre en œuvre certaines pratiques habituelles que l'on qualifiera de « bonnes pratiques » (ex : mise en place systématique de protections biologiques sur les points chauds). Il peut cependant être utile de mener une analyse de temps à autre afin de rester persuadé de l'efficacité et du coût raisonnable de ces bonnes pratiques.
- Les options dont on voit d'emblée qu'elles font gagner des doses et des coûts seront, elles aussi, qualifiées de bonnes pratiques et intégrées dans la situation dosimétrique de référence, si aucun autre critère n'empêche leur réalisation.

13. L'engagement des diverses parties prenantes

55. Qui est responsable juridiquement de la mise en œuvre d'ALARA?

Dans les installations (nucléaires, industrielles, médicales) la mise en œuvre du principe ALARA relève principalement de l'exploitant / chef d'établissement/ responsable de la source qui est tenu de mettre en œuvre tout ce qui est « raisonnable » pour permettre aux travailleurs (les siens et ceux des entreprises extérieures intervenant sur son site) de bénéficier des meilleures conditions « radiologiques » de travail (actions sur les sources, les protections collectives, l'organisation du travail) L'employeur peut lui aussi être impliqué en première ligne quand il effectue un travail de sous-traitance pour l'exploitant. Le contrat doit alors définir clairement le rôle de chacune des parties dans la mise en œuvre d'ALARA. Il existe donc une responsabilité partagée : l'exploitant / chef d'établissement/ responsable de la source assumant une responsabilité de coordination générale.

56. Qui doit être responsable la démarche ALARA ?

Le directeur de l'installation est totalement responsable. Cela implique qu'il définisse et délègue clairement les responsabilités et donne les ressources nécessaires à la mise en œuvre d'ALARA. Ceux à qui les responsabilités ont été déléguées peuvent faire

appel à des conseils, à une expertise et à chaque fois que cela apparaît utile et nécessaire, ils peuvent faire intervenir les corps de métiers et les « entreprises extérieures » concernés.

57. Est-ce que la démarche ALARA ne doit être menée que par le Service Radioprotection?

Certainement pas. La démarche ALARA est un « travail d'équipe » qui nécessite aussi bien le savoir faire de l'exploitant, des entreprises que des radioprotectionnistes et des intervenants.



Séance de réflexion où différents « acteurs » concernés mettent en communs leurs idées d'options et de critères de choix

58. Faut-il impliquer le service commercial dans la démarche ALARA ?

Oui lorsqu'il peut avoir un impact. Il faut qu'il soit imprégné de la culture ALARA afin de ne pas sélectionner systématiquement les prestataires les « moins disant », mais plutôt les « mieux disant » s'ils ont intégré dans leurs propositions et dans leurs pratiques la dimension ALARA. (des exemples peuvent être trouvés dans le 5^{ème} Séminaire EAN sur les contrats passés avec les entreprises de radiographie industrielle) "Industrial Radiography: Improvements in Radiation Protection, in particular session 3" Rome, Italie, Octobre 2001

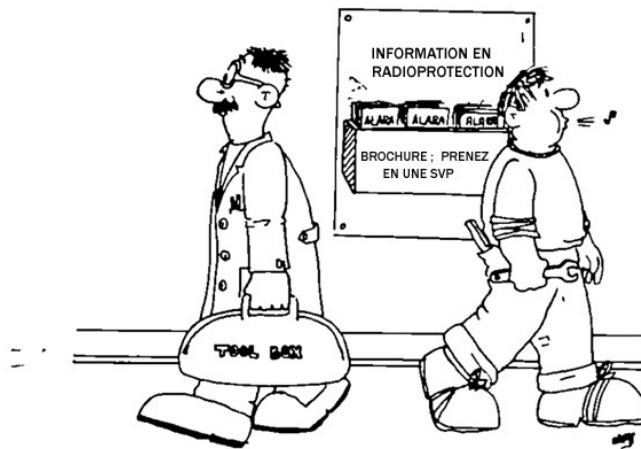
59. Pour mettre en œuvre ALARA, une structure spécifique est-elle nécessaire ?

En règle générale non, dès lors qu'il y a une volonté politique claire de la hiérarchie. Par contre, il faut envisager des réunions spécifiques regroupant les radioprotectionnistes, l'exploitant (le maître d'ouvrage), le maître d'œuvre, les

entreprises, à chaque fois qu'il est nécessaire de formaliser la démarche ALARA. Dans certains cas de figure, notamment lorsque les enjeux dosimétriques le justifient dans le domaine nucléaire, il peut être intéressant de créer un comité ALARA décisionnel dirigé par le chef de l'installation ou du département ou son adjoint.

60. Comment pérenniser la culture ALARA ?

Il est nécessaire de faire régulièrement des « piqûres de rappel » afin de montrer aux diverses spécialités concernées les progrès faits d'année en année, les nouveaux problèmes qui apparaissent et de leur exposer comment leurs suggestions ont été prises en compte. A cette fin des formations internes peuvent être effectuées et certaines personnes peuvent participer à des formations externes lorsqu'il en existe dans le pays.



Fournir des brochures éducatives au personnel n'est pas suffisant

14. Comment un exploitant doit-il prendre en compte les travailleurs prestataires dans une étude ALARA ?

61. Est-il nécessaire de connaître le passé dosimétrique des travailleurs qui vont intervenir ponctuellement sur une opération ?

Oui, pour s'assurer que les limites de doses réglementaires ne seront pas dépassées à l'occasion de cette opération. Le corollaire de cette connaissance est bien sûr le fait d'avoir effectué une prévision optimisée de la dose collective et de la distribution des doses individuelles sur l'opération.

Les BSS internationaux précisent très clairement cette nécessité:

“Registrants or licensees shall, as a precondition for engagement of workers who are not their employees, obtain from the employers, including self-employed individuals, the previous occupational exposure history of such workers and other information as may be necessary to provide protection and safety in compliance with the Standards.” (International BSS appendix 1; 1.6 ; 1996)

62. Doit-on prendre en compte, pour une optimisation, le passé dosimétrique des travailleurs qui vont intervenir ponctuellement chez un exploitant sur une opération?

Non, la connaissance de leur passé dosimétrique est bien sûr fondamentale pour s'assurer que l'opération ne va pas leur faire dépasser une limite de dose (cf question 58), mais pas du tout pour faire de l'optimisation sur la dose de l'opération (cf question 57). Cela reviendrait à déresponsabiliser les autres exploitants.

63. S'assurer que les travailleurs d'entreprises extérieures ne vont pas dépasser la limite de dose annuelle permet-il de satisfaire la démarche ALARA ?

Non, pas plus que pour les travailleurs de l'exploitant. On est ici dans une logique de respect des limites et non dans une logique de réduction des doses aussi bas que raisonnablement possible.

15. Les outils ALARA

64. Quels sont les principaux outils indispensables à la démarche ALARA ?

- l'évaluation du risque pour toute activité et une approche prévisionnelle proactive
- la dosimétrie opérationnelle (individuelle et d'ambiance)
- les bases de données de retour d'expérience,
- les cartographies normalisées de débits de dose et de contamination aux postes de travail des intervenants,
- les check lists ALARA,
- les Autorisations de travail en milieu radioactif,
- les codes simples de calcul de débits de dose

65. Quels sont les principaux outils utiles à la démarche ALARA dans des situations plus complexes?

- les codes de calculs de débits de dose plus complexes,
- les codes de calcul de doses analytiques, incluant des modélisations 3D
- la valeur monétaire de l'Homme.Sievert,

66. Comment favoriser l'appropriation des outils ALARA ?

- par la diffusion la plus large possible d'une culture radioprotection,
- grâce à une bonne transmission de l'information sur les bonnes pratiques,
- par une impulsion hiérarchique,
- par un appui des radioprotectionnistes...

67. Quelles informations faut-il relever pendant une intervention afin de mettre en œuvre ALARA ?

Les informations à relever doivent permettre de répondre aux questions :

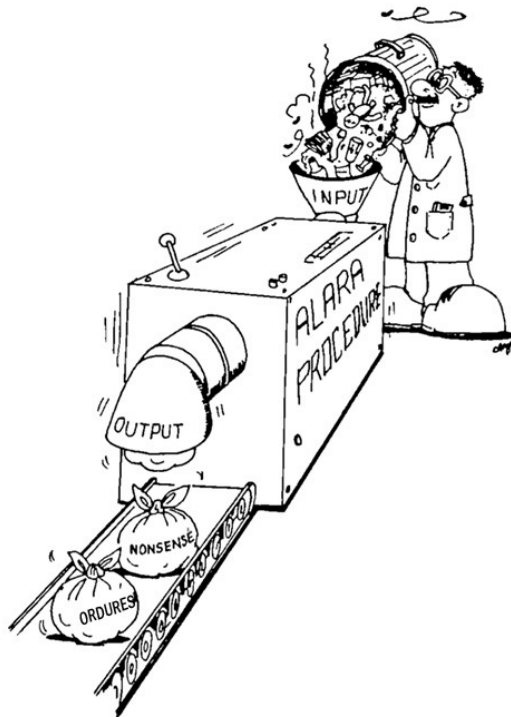
Questions	Exemples de réponses dans le secteur nucléaire
------------------	---

Qui reçoit les doses ?	Recueil du nom et de la profession des différents intervenants.
Quand et comment ?	Relevé journalier des doses, mise en place d'un codage des activités et relevé des aléas
Où sont prises les doses ?	Définition pertinente de zones sur lesquelles les relevés des doses et des débits de dose sont effectués,
En combien de temps ?	Recueil des temps d'exposition par individu, par tâche, par zone.

Toutes ces informations étant connues, elles doivent permettre, en étant croisées, d'analyser a posteriori l'intervention considérée.

Ces informations peuvent être collectées manuellement (support papier) ou via des systèmes informatiques.

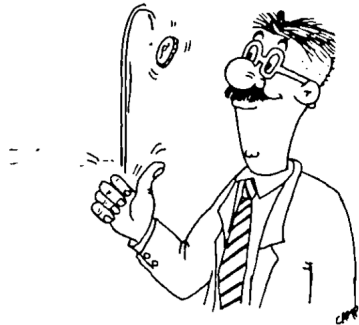
En tout état de cause, le degré de finesse des informations à recueillir doit être adapté aux enjeux dosimétriques (voir question 27).



La qualité des résultats dépend en définitive de la qualité des données

68. Existe-t-il des outils d'aide à la décision en matière de mise en œuvre d'ALARA?

Oui. Il existe des méthodes d'aide à la décision telle que la méthode coût-efficacité, la méthode coût-bénéfice . Il existe aussi des méthodes dites « multi-critères » (voir à ce sujet le livre de la Commission des Communautés Européennes « ALARA from theory towards practice » EUR 13796 EN et la CIPR 55 de 1989 « optimisation and decision making in radiological protection ». Annals of ICRP 20. La CIPR a repris de façon synthétique, au regard du retour d'expérience des dernières décades, les méthodes les plus utiles dans une annexe de son récent document « The optimisation of radiological protection: Broadening the process » Annals of the ICRP, Volume 36,



16. ALARA et la prise en compte des temps d'exposition

69. Peut-on se contenter d'utiliser les volumes de travail facturés dans la mise en œuvre d'une démarche ALARA ?

Non. Multiplier un débit de dose au poste de travail par le volume de travail facturé (8 heures de travail dans une journée par exemple) revient à surestimer largement la dose prévisionnelle puisque dans ce temps sont comptés les pauses, les déplacements hors zone, les temps d'habillage/déshabillage...

Pour chaque travail, il convient donc d'estimer le volume de travail exposé (VTE).

70. Qu'appelle-t-on coefficient d'exposition ?

Durant une opération, un intervenant ne passe pas l'intégralité de son temps au point précis du poste de travail où est mesuré le débit de dose. Tout en restant exposé, il s'éloigne ou se rapproche de ce point. Le retour d'expérience montre que le produit (débit de dose x temps d'exposition) surestime alors fréquemment la dose réelle (il la sous-estime plus rarement).

Dans un prévisionnel, il est donc souvent justifié de multiplier le produit (débit de dose x temps d'exposition) par un coefficient d'exposition (souvent pris égal à 0,7).

17. ALARA et les méthodes d'aide à la décision

71. Selon le type de données considérées dans l'étude coût-bénéfice (ou coût efficacité), ne risque t'on pas d'aboutir à la conclusion que l'on désire ?

Comme dans toute étude, les résultats dépendent beaucoup des hypothèses posées. C'est le rôle des différents interlocuteurs (radioprotectionnistes, exploitant, entreprise extérieure...) de questionner mutuellement leurs hypothèses. Le simple fait de poser cette question montre aussi que l'analyse de sensibilité est fondamentale pour tester la robustesse des résultats.

72. Doit-on inclure le coût de l'étude ALARA dans le coût des actions de protection ?

Non, car mettre en œuvre ALARA est une obligation réglementaire : il convient d'appliquer la loi quel qu'en soit le coût. Ce coût fait donc partie du coût global de la radioprotection d'un site, il ne doit pas être imputé à une étude ALARA particulière. Mais, le coût de l'étude doit cependant rester adapté aux enjeux dosimétriques : ainsi, passer plusieurs Hommes.mois pour effectuer une étude ALARA pour un chantier non répétitif de quelques Homme.μSievert ne serait pas raisonnable !



Il est important que les efforts consentis pour une étude ALARA soient proportionnels aux coûts de mise en œuvre des options et aux gains en dose escomptés

18. Un outil particulier : la valeur monétaire de l'Homme.Sievert

73. Qu'est-ce que la valeur monétaire de l'Homme.Sievert ?

Pour faciliter la mise en œuvre pratique du principe ALARA, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a proposé, dès 1973 (publication n°22), jusqu'à ses dernières recommandations ("The optimisation of radiological protection: Broadening the process", *Annals of the ICRP, Volume 36, Issue 3, 2007*) de mettre en regard les coûts associés aux options de radioprotection et les bénéfices en termes de réduction des expositions. Pour ce faire, elle a suggéré de recourir à des analyses dans lesquelles le bénéfice ou l'efficacité sont valorisés monétairement à l'aide d'une valeur monétaire de référence de l'unité de dose évitée : la valeur monétaire de l'Homme-Sievert ou valeur d'alpha.

L'attribution d'une valeur monétaire aux bénéfices sanitaires des actions de radioprotection, ou, autrement dit, le choix d'une valeur monétaire de référence de

l'unité de dose collective, traduit ce que la société ou l'entreprise est prête à payer pour éviter un éventuel effet sanitaire induit par l'exposition aux rayonnements.

La valeur monétaire de l'Homme-Sievert doit permettre de:

- Réduire le niveau de l'exposition collective.
- Réduire la dispersion des expositions individuelles.
- Réduire la dispersion des doses en recherchant en priorité la réduction des expositions individuelles les plus élevées.

74. Peut-on mener une démarche ALARA sans se doter d'un système de valeurs monétaires de l'Homme.Sievert ?

Oui. Cela dépend des enjeux dosimétriques et des sommes à engager pour les réduire. Si une baisse significative en dose est obtenue avec une somme modique, il n'est pas nécessaire d'employer la valeur monétaire de l'Homme.Sievert. Dans certaines situations, les données quantitatives peuvent ne pas être disponibles (ou nécessaires) pour tous les critères de choix et de ce fait il convient de prendre des décisions qualitatives. Malgré cela, dans tous les cas, les éléments de la prise de décision doivent être documentés pour que les analyses ultérieures de la mise en œuvre d'ALARA puissent en vérifier l'efficacité.

75. Y a t il différentes catégories de valeurs monétaires de l'Homme Sievert?

Oui, il y a deux types de valeurs:

- celles recommandées par certaines Autorités Règlementaires au niveau national comme au Canada, en République Tchèque, en Finlande, aux Pays Bas, en Suède, en Suisse, en Grande Bretagne, aux USA.
- Celles qui sont définies et utilisées comme des outils de gestion par plus des ¾ des installations nucléaires dans le monde.

Les valeurs recommandées par les Autorités règlementaires sont généralement de l'ordre de quelques dizaines ou centaines de \$ US par Homme mSv (au début du 21ème siècle), alors que les valeurs décidées par les exploitants comme outil de management sont d'un ordre de grandeur supérieur ; elles se situent généralement entre mille et trois mille dollars US.

76. Ces valeurs monétaires de l'Homme Sievert sont elles fréquemment utilisées dans le secteur nucléaire ?

Dans tous les pays, l'utilisation par les exploitants de ce type de valeur, concerne essentiellement des décisions importantes tant en termes de budget et (ou) d'impact sur l'exploitation et la sûreté de l'installation. Environ 60% des utilisations sont clairement liées à la mise en œuvre d'ALARA pour des modifications importantes, des réparations coûteuses, ou la modification des paramètres chimiques de l'installation. Une utilisation formalisée de la valeur monétaire de l'Homme Sievert ne fait donc pas partie de la vie quotidienne (sauf pour quelques exploitants).

Plus d'information est disponible dans une publication du système ISOE : ETC information sheet number 34 ; 2006.

77. Serait-il possible de distinguer un système de valeurs monétaires de l'Homme.Sievert spécifique au problème des doses aux extrémités ?

Non, cela n'a aucune signification (voir question 44, concernant le traitement de l'optimisation des doses aux extrémités).

78. Comment prendre en compte le problème des travailleurs d'entreprises extérieures avec la valeur monétaire de l'Homme.Sv ?

Si on utilise la valeur monétaire de l'Homme.Sv cette valeur doit être la même pour tous les travailleurs, ceux de l'exploitant et ceux des entreprises sous traitantes.

INDEX

REMARQUE: les nombres suivant chaque terme de l'index ne sont pas les numéros des pages mais ceux des questions!

A		
	• ALARA (quelle signification?)	1
	• ALARA (pourquoi?)	2
	• ALARA (étude)	29, 30, 31, 41, 67, 71,72
	• ALARA (démarche)	de 26 à 75
	• Approche Globale des risques (holistique)	45, 46
	• Acheteur et ALARA	55
B		
	• Bonnes Pratiques	54,
	• BSS Internationaux	7, 2
C		
	• Contamination	42, 43
	• Coût-bénéfice	71
	• Coût de l'étude ALARA	72
	• Coefficients de risque de Cancer	22
	• Coefficient d'exposition (correction)	70
	•	
	• Conception des installations	47,48
	• Contraintes	32, 33
	• Contraintes et ALARA	35
	• (Connaissance) Scientifique (évolution)	20
	• CIPR	5, 2, 14,15, 22, 23,
	68,73	
	• Cristallin	15, 17
	• Culture ALARA	60, 66
D		
	• Démantèlement des installations	de 49 à 53
	• Démarche ALARA	de 26 à 75
	• Dose	
	○ Effets aux faibles doses	19
	○ Dose flash, dose cumulée	21
	○ Dose Absorbée	23
	○ Dose Equivalente	23
	○ Dose Efficace	23
	○ Dose Collective	24
	• (Effet) Déterministe	17
	• Dosimétrie Temps Réel et ALARA	35
E		
	• Etude ALARA	29, 30, 31, 41, 67, 71,72
	• Entreprise extérieure (sous traitant)	61, 63, 78
	• Effet Déterministe	17
	• Equilibre coûts et risques	12, 68, 7
	• Equité	12
	• Extrémités (ALARA et doses aux)	44 77
G		
I		
	• (Exposition) Interne	42, 43
	• BSS Internationaux	7, 2
J		
	• Justification	
	○ Decision	9
	○ Pratique Justifiée	8
L		

	• Limitation	63
	• Limite de Dose	13, 14, 15, 16
N		
	• Niveau de Dose pour commencer ALARA	25
	• Niveaux de sophistication en fonction des enjeux dosimétriques	27
	• (Industries) NORM (ALARA et)	28
O		
	• Optimisation de la radioprotection	11
	• Objectifs	
	○ Objectif de dose ALARA	31, 34
	○ Prévision et objectif	34, 36
	○ Démarche de progrès	34
	• Outils (ALARA)	64, 65, 66, 68
P		
	• Principes du système de radioprotection	6
	•	
	• (Facteur de)Pondération des Tissus	23
	• (Facteur de) Pondération des types de Rayonnement	23
R		
	• (Exposition au) Radon et ALARA	28
	• Règlementations	3, 7
	• Processus Règlementaire	45
	• Facteur de pondération des types de Rayonnement	23
	• Responsabilité	26, 55,56
	• Responsabilité de l'Exploitant	26, 55
	• Role des spécialistes de radioprotection	57
S		
	• Analyse de Sensibilité	30, 71
	• Effet Stochastique	18
	• (Connaissance) Scientifique (évolution)	20
	• Structure (besoin de)	59
	• Suivi des Doses	61,62
	• Système de Radioprotection	6
T		
	• (Facteur de Pondération) des Tissus	23
	• Types de valeurs monétaires	75
	• Travailleurs	
	○ Affectation	38
	○ Motivation	53, 60
	○ Entreprise extérieure (sous traitant)	61, 62, 63, 78
U		
	• UNSCEAR	4
	• Usage de la valeur monétaire	76, 74
V		
	• Valeur Monétaire de l'Homme Sievert	de 73 à 78
	• Volume de Travail Exposé (VTE)	69
Z		
	• Zonage et ALARA	39

Liste des Participants au “consultancy meeting”

“Frequently asked Questions on ALARA”
IAEA 4th and 5th of March 2010.

T. de Bruyne (France) Président
J. Croft (UK)
G. Massera (Argentina)
M. Paganini Fioratti (Italy)

Personnel AIEA;

R. Czarwinski
J. Hunt Secrétaire Scientifique
R. Cruz Suarez
C. Lefaure (consultant pour l’AIEA)

Bibliographie Succincte

Le système de radioprotection

ICRP publication 103:« The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection » Annals of the ICRP volume 37 (2-4) Elsevier 2007

ICRP publication 101 pages 69 -104; « The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process », Annals of the. ICRP Volume 36(3), Elsevier ,2006.

IAEA : « Basic Safety Standards » ; IAEA Safety Series 115. 1996

Mise en œuvre d'ALARA

IAEA/ILO Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Guide No.RS-G-1.1

European Commission “ALARA from theory to practice”, report EUR 13796, 1991

NEA/OECD “[Optimisation in Operational Radiological Protection](#)” *A Report by the Working Group on Operational Radiological Protection of the Information System on Occupational Exposure* (2005)

NEA/OECD “Work Management to Optimise Occupational Radiological Protection at N