



MSIS ASSISTANCE

Business Unit Assainissement d'AREVA



# Prise en compte des contraintes Radioprotection dans le dimensionnement du Génie Civil d'installations médicales ou/et de recherches

Congrès SFRP 2013 – Bordeaux

F. Mitifiot

**Confidentiel AREVA**



**AREVA**

l'avenir pour énergie

- ▶ **Présentation du REX MSIS Assistance**
- ▶ **Dimensionnement sur des installations médicales classiques (Hôpitaux Civils de Lyon)**
- ▶ **Dimensionnement sur des installations de recherche (ITER)**
  - ◆ **Problématiques associées**
  - ◆ **Méthode de dimensionnement**
- ▶ **Dimensionnement sur des installations d'hadronthérapie (APS ARCHADE)**
  - ◆ **Physique concernée**
  - ◆ **GC associé**



- ▶ **Présentation du REX de MSIS Assistance concernant le dimensionnement du génie civil et de la radioprotection sur les constructions de nouvelles installations à but médical ou de recherche.**
- ▶ **Les avancées et progrès dans le domaine du médical et de la recherche nécessitent la prise en compte de rayonnements d'énergie de plus en plus élevée et parfois composés de particules peu habituelles dans le milieu nucléaire classique.**

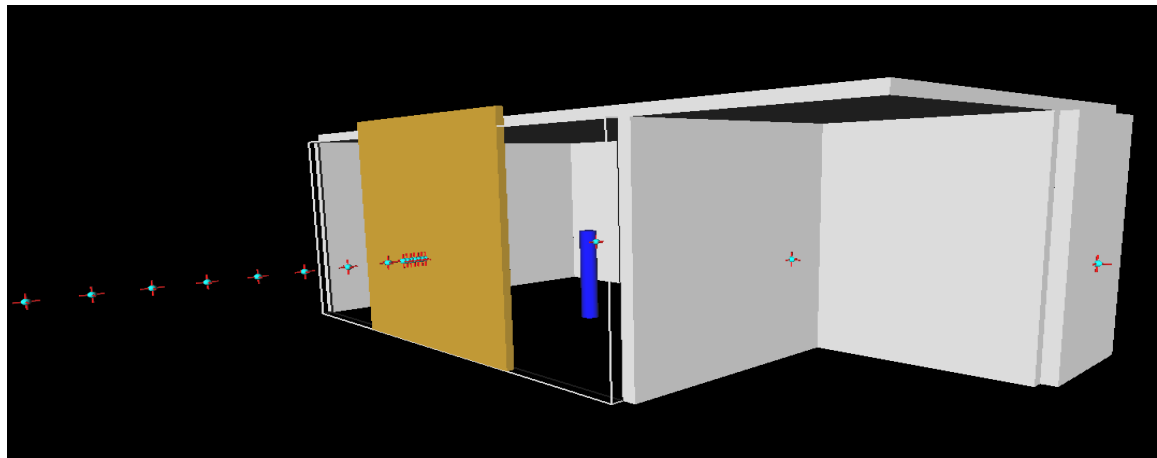
# Dimensionnement sur des installations médicales classiques (Hôpitaux Civils de Lyon)

## ► Réglementation

- ◆ Application directe de la réglementation pour les travailleurs en zone réglementée l'arrêté « zonage » du 15 mai 2006, le code du travail, le code de la santé publique
- ◆ Dimensionnements du Génie Civil réalisés de façon à respecter les contraintes de zonage imposées par la maîtrise d'ouvrage et la réglementation associée.

## ► Dimensionnement

- ◆ Dimensionnement simple avec des codes de calcul type Microshield® ou Mercurad®

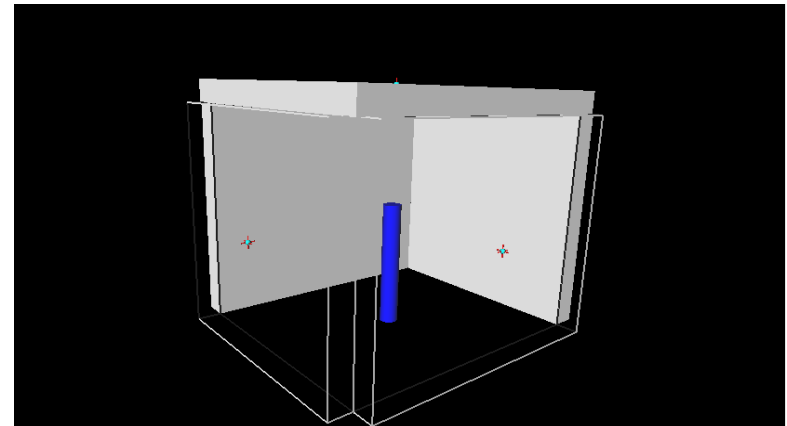


Local IRM

# Dimensionnement sur des installations médicales classiques (Hôpitaux Civils de Lyon)

## ► Dimensionnement

- ◆ Si présence de neutron : nécessité de passer en méthode Monte Carlo type MCNP ou codes spécifiques dédiés.
- ◆ Notion de build up essentielle, utilisation dans les codes déterministes parfois « obscurs ».
- ◆ Résultats d'inter-comparaison de codes permettant une meilleure utilisation et une optimisation des matériaux pris comme protection biologique (création de matériaux innovants, diminution des épaisseurs de protections (coût et masse des portes ...)).
- ◆ Deux cas particuliers intéressants :
  - Sources mobiles que sont les patients injectés
  - Effluents issus de ces patients.



**Local Réception Patients**

# Dimensionnement d'installations de recherche : ITER

## ► Problématiques

- ◆ Phénomènes principaux : X, gamma, possibilité de présence de neutrons et de protons.
- ◆ Présence de radionucléides peu usuels dans le milieu nucléaire classique.
- ◆ Gestion de phénomènes d'activation avec des débits de dose dépassant le Gy.h<sup>-1</sup> localement.
- ◆ Problématiques importantes de dimensionnement dues à la difficulté d'expérimenter et de connaître la direction exacte des faisceaux et des particules.

RN	Activité massique (Bq/g)	Pourcentage de présence (activité tot)
<sup>49</sup> V	3,12E+07	1,1344540%
<sup>54</sup> Mn	2,52E+08	9,163636%
<sup>55</sup> Fe	1,52E+09	55,2727273%
<sup>57</sup> Co	2,72E+08	9,8909091%
<sup>60</sup> Co	2,49E+08	9,0545455%
<sup>65</sup> Zn	2,02E+06	0,0734545%
<sup>179</sup> Ta	6,62E+06	0,2407273%
<sup>192</sup> Ir	2,75E+07	1,0000000%

Tableau 1 : Spectre type considéré pour les calculs de radioprotection

Masse de la source (g)	Activité correspondante (Bq)
50	1,37.10 <sup>11</sup>
1000	2,75.10 <sup>12</sup>

Tableaux 2 : activités des sources modélisées au RDC

# Dimensionnement d'installations de recherche : ITER

## ► Dimensionnement

- ◆ Etude des phénomènes d'activation nécessitant le recours à des codes probabilistes de type MCNP, Géant 4, ... afin d'identifier les futures zones d'activation et les réactions mises en jeu.
- ◆ Dans le cas de forts flux de neutron ou de proton, ces codes permettent de calculer les débits de dose engendrés par les particules secondaires issues des réactions entre les particules et la structure.
- ◆ Exemple d'un dimensionnement pour ITER

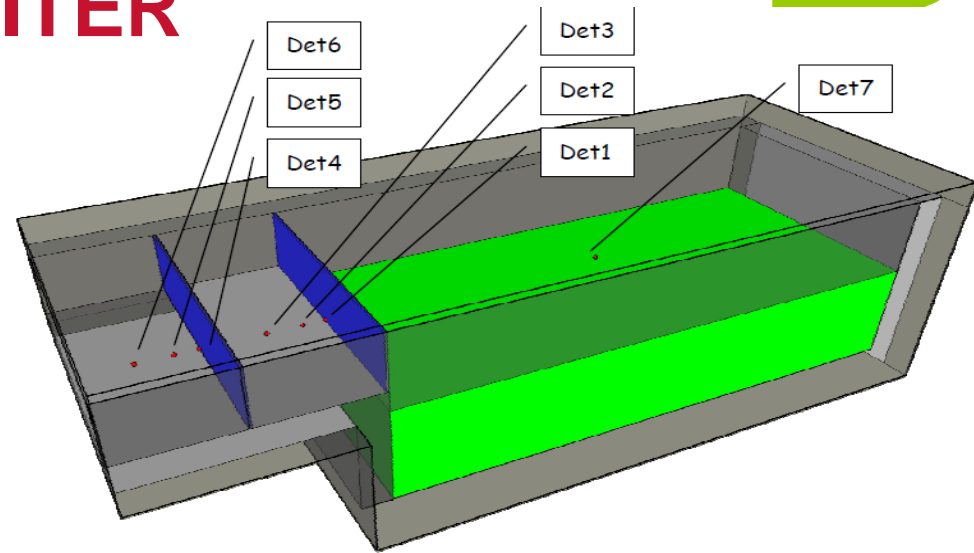


Figure 10 : Localisation et référencement des points détecteurs (cas 1 du Sous sol)

- Deux portes fermées

Détecteur	Débit d'équivalent de dose
Det1	8.487E+05 $\mu$ Sv/h
Det2	1.175E+06 $\mu$ Sv/h
Det3	1.024E+06 $\mu$ Sv/h
Det4	9.989E+03 $\mu$ Sv/h
Det5	8.932E+03 $\mu$ Sv/h
Det6	6.099E+03 $\mu$ Sv/h
Det7	1.677E+08 $\mu$ Sv/h

Tableaux 4 : DdB calculés (cas 1 du Sous Sol portes fermées)

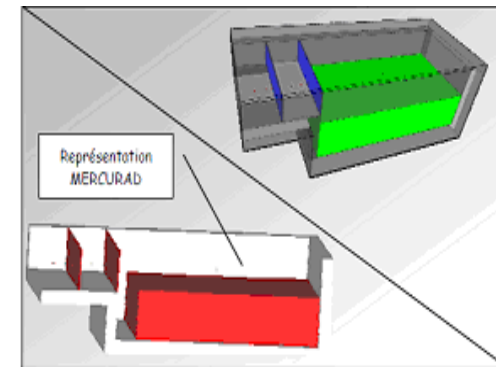


Figure 11 : Géométrie correspondante et modèle MERCURAD (sous sol cas 1 portes fermées)

# Dimensionnement d'installations de recherche : ITER

## ► Dimensionnement

- ◆ Etude des différentes configurations
- ◆ Modélisation sous Mercurad®
- ◆ Intégration des termes sources d'activation
- ◆ Dimensionnement d'une protection biologique pour atteindre les critères dosimétriques du donneur d'ordre lors des maintenances

- *Porte A ouverte*

Détecteur	Débit d'équivalent de dose
Det1	8.487E+05 µSv/h
Det2	1.175E+06 µSv/h
Det3	1.024E+06 µSv/h
Det4	4.240E+05 µSv/h
Det5	3.133E+05 µSv/h
Det6	1.934E+05 µSv/h
Det7	1.737E+08 µSv/h

Tableaux 5 : DdB calculés (cas 1 du Sous Sol porte A ouverte)

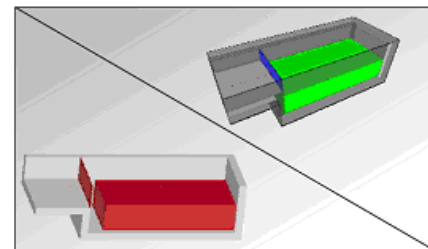


Figure 12 : Géométrie correspondante et modèle MERCURAD (sous sol cas 1 porte A ouverte)

- *Deux portes ouvertes*

Détecteur	Débit d'équivalent de dose
Det1	4.922E+07 µSv/h
Det2	3.797E+07 µSv/h
Det3	1.773E+07 µSv/h
Det4	6.765E+06 µSv/h
Det5	4.928E+06 µSv/h
Det6	3.423E+06 µSv/h
Det7	1.694E+08 µSv/h

Tableaux 7 : DdB calculés (Portes ouvertes)

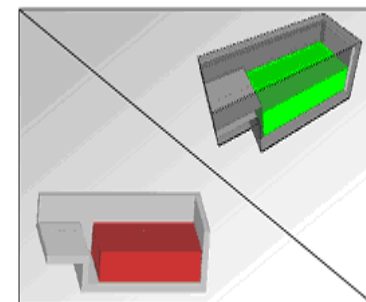


Figure 14 : Géométrie correspondante et modèle MERCURAD (sous sol cas 1 porte A et B ouvertes)

- *Deux portes fermées*

Détecteur	Débit d'équivalent de dose
Det1	1.718E+07 µSv/h
Det2	3.143E+01 µSv/h
Det3	2.583E+00 µSv/h
Det4	3.490E-02 µSv/h
Det5	2.768E-02 µSv/h
Det6	2.294E-02 µSv/h
Det7	1.741E+08 µSv/h

Tableaux 10 : DdB (cas 1 du Sous Sol portes fermées)

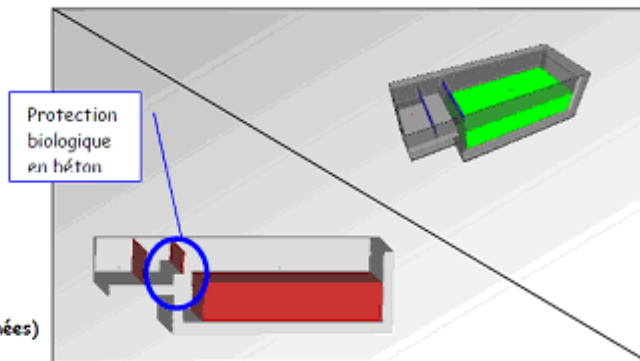
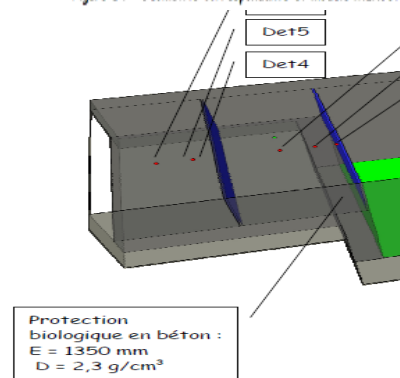


Figure 16 : Géométrie correspondante et modèle MERCURAD (sous sol cas 2 portes fermées)





# Dimensionnement d'installations de recherche : ITER



## ► Vie de l'installation

- ◆ Enjeux dosimétriques importants du fait des débits de dose considérés.
- ◆ Présence de zones dites spécialement réglementées ou interdites
- ◆ L'étude du dimensionnement du GC, d'un poste de contrôle commande et de la ventilation, est essentiel.
- ◆ La présence de neutron, oblige :
  - à réfléchir à des compositions différentes de matériaux du GC,
  - à anticiper la structure notamment métallique de l'installation pour limiter l'activation
  - et à prévoir les moyens nécessaires à un futur démantèlement.

# Dimensionnement d'installations d'hadronthérapie : APS ARCHADE



## ► Problématiques

- ◆ Les hadrons sont des particules de type protons, neutrons, ou des ions lourds c'est à dire des noyaux d'atomes.
- ◆ Deux types de particules émises ici : des protons et des  $^{12}\text{C}$ . Ces particules sont susceptibles d'interagir avec des plaques de carbone installées dans le faisceau, les éléments en cuivre, la machine elle-même, les structures du bâtiment et l'air.
- ◆ Les particules secondaires émises sont principalement des neutrons, des alphas, des noyaux d'oxygène de haute énergie et des gammas.
- ◆ Pour l'interaction de  $^{12}\text{C}$  d'énergie de l'ordre du GeV, avec des plaques de Carbone, la physique nucléaire en jeu s'avère différente de celle en réacteur.
- ◆ Les phénomènes pris en compte sont la spallation et l'évaporation qui est encore dans un état empirique de connaissance en recherche fondamentale. Ce dernier phénomène, entraîne la création de neutrons de plusieurs GeV et la création de gerbes hadroniques et électroniques difficiles à traiter en radioprotection classique.

# Dimensionnement d'installations d'hadronthérapie : APS ARCHADE



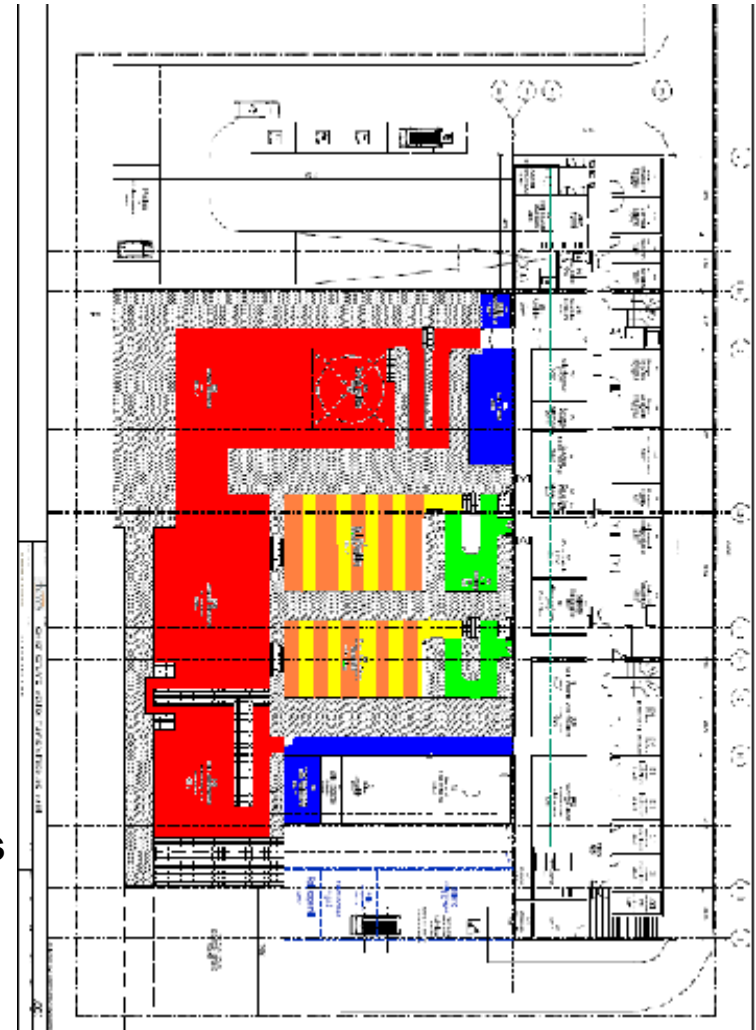
## ► Problématiques

- ◆ Le phénomène d'activation de l'air, devient non négligeable avec des impacts en sûreté. Le dimensionnement de la ventilation est indispensable afin de limiter les rejets à l'environnement selon les normes.
- ◆ Les codes usuels de radioprotection sont non utilisables dans le cadre de ces projets. Les principaux codes utilisés sont, GEANT 4 (Gate, Root) MCNPX + module étendue en énergie, FLUKA, ....
- ◆ Les difficultés principales sont le peu de REX dans le milieu industriel sur ce type d'installation et dans cette gamme d'énergie. Pour les neutrons à haute énergie, il est nécessaire d'utiliser le modèle dit de cascade de Bertini.
- ◆ Une inter-comparaison de code à minima associée à une marge d'erreur permet un dimensionnement respectant la réglementation.

# Dimensionnement d'installations d'hadronthérapie : APS ARCHADE

## ► Dimensionnement

- ◆ Les épaisseurs de béton sont ici très importantes (de l'ordre de 7 m dans l'axe du faisceau). Une construction dite en « sandwich » permet des optimisations.
- ◆ Dans le cas de neutrons aussi rapides, la présence de protons dans le matériau (comme le béton riche en eau et donc habituellement bon modérateur) n'a pas l'effet escompté. Il est nécessaire d'utiliser des matériaux de type Fer, Cuivre comprenant le moins d'éléments activables possibles.

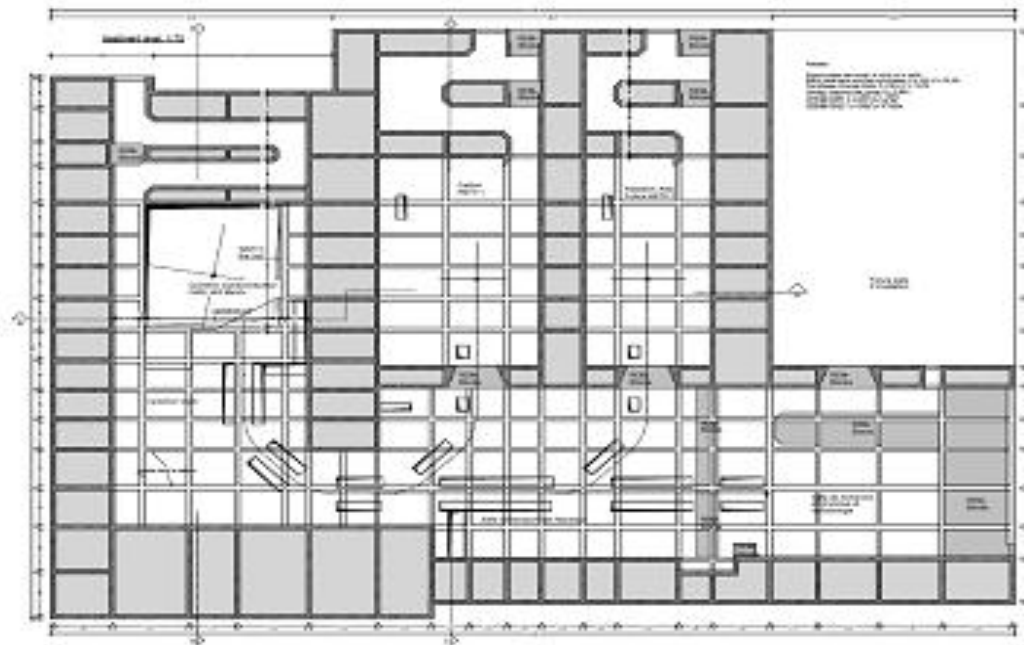


# Dimensionnement d'installations d'hadronthérapie : APS ARCHADE



## ► Dimensionnement

- ◆ Anticipation du démantèlement en utilisant des panneaux démontables permet également lors de la vie de l'installation de retirer les parties activées afin de limiter l'ambiance des locaux.



▶ **Le dimensionnement du génie civil d'installations médicales ou/et de recherche mettent en avant :**

- ◆ la diversité des problématiques techniques
- ◆ la complexité d'accorder ces problématiques avec la réglementation.



**L'évolution des techniques employées amènera les radioprotectionnistes à se tourner vers la recherche fondamentale pour prendre en compte ces nouveaux phénomènes.**

# Contact MSIS-Assistance

Franck MITIFIOT

MSIS Assistance / Gif sur Yvette

Responsable Pôle Ingénierie Développement & Expertise

tél : 01 64 86 16 54