

21. DEMANTELEMENT DE LA CELLULE CHAUDE N°41 AU SCK•CEN EN S' Aidant DE L'OUTIL DE PLANIFICATION ALARA VISIPLAN

Philippe Antoine, Sven Harnie, Théo Nuyts, Fernand Vermeersch

**Service Interne de Prévention et Protection au Travail
SCK•CEN Boeretang 200, B-2400 Mol Belgique**

1. Introduction

Le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire belge SCK•CEN est un organisme fédéral pour la recherche scientifique dans le domaine des applications sûres et pacifiques de l'énergie nucléaire à usage industriel et médical. Parmi les installations de ce centre de recherche les Laboratoires de Hautes et Moyennes Activités permettent de manipuler, dans diverses séries de cellules chaudes, des sources hautement radioactives dans le cadre de programmes de suivi des aciers de cuve de réacteur ou concernant les combustibles.

2. Description cellule

La cellule n°41 était déjà depuis plusieurs années hors service, lorsque la décision fut prise en 1999 de démonter son contenu afin de l'équiper dans le cadre d'un nouveau programme, concernant la réinstrumentation de combustible irradié. D'un point de vue historique cette cellule avait été utilisée successivement depuis les années 60 pour le retraitement de combustible céramique, la manipulation de combustible Pu et finalement pour le retraitement de combustible irradié hautement enrichi en uranium en appliquant des techniques d'extraction chimique. Les dernières manipulations dans cette cellule remontaient à octobre 1990.

Tout au long de son utilisation cette cellule connut diverses interventions afin de réaliser des modifications aux installations et faire des entretiens. En 1999 cela faisait donc plusieurs années que la cellule avait été laissée en l'état. Cette cellule comportait alors les différents éléments suivants : profils en acier supportant une table de travail et une paroi verticale, différents réservoirs, des murs de protection de Pb, un bras télémanipulateur hors service à l'intérieur de la cellule, un pont roulant au plafond et divers déchets restant des dernières interventions.

3. Etude ALARA – Utilisation VISIPLAN

3.1. Campagne de mesure

Avant de pouvoir commencer en pratique le démantèlement de la cellule, une étude ALARA approfondie a été réalisée. La première étape a consisté à effectuer une campagne de prospection radiologique à l'intérieur de la cellule. Des dosimètres TLD (thermoluminescents) furent utilisés afin d'obtenir des valeurs concernant les débits de dose. Des frottis ont également été pris aux différents points représentatifs de la cellule. Ceux-ci ont par après été mesurés afin d'obtenir une estimation de la contamination transférable. Plusieurs frottis ont également été mesurés en gammaspectrométrie afin d'obtenir une estimation de la composition isotopique des contaminants.

De cette première campagne de mesure les conclusions suivantes ont pu être tirées :

- la paroi verticale de la surface de travail présentait un débit de dose de 15 mSv/h
- le débit de dose de la surface de travail variait de 1 à 3 mSv/h avec des hot-spots de 4 et 20 mSv/h
- Le sol de la boîte α de la cellule donnait une exposition de 3 à 6 mSv/h
- Les réservoirs de forme cylindrique présentaient un débit de dose de 1 mSv/h
- Les isotopes les plus représentés suite aux mesures en gammaspectrométrie étaient le ^{137}Cs (62 %), ^{241}Am (16 %), le ^{106}Ru (15 %) et ainsi que le ^{60}Co , ^{239}Pu , ^{144}Ce ,...

3.2. Simulation avec VISIPLAN

Sur base des résultats des mesures mentionnés ci-dessus une étude ALARA approfondie a été réalisée grâce au logiciel VISIPLAN, développé au SCK•CEN. Ce logiciel fonctionne sur PC. VISIPLAN permet de planifier un travail dans un environnement virtuel 3D, basé sur des informations concernant la géométrie, la nature des matériaux ainsi que le champ de rayonnement.

La méthodologie VISIPLAN est caractérisée par différentes étapes : le rassemblement des informations et la construction du modèle 3D représentant l'endroit où l'on va travailler, la phase d'analyse générale, la phase d'analyse détaillée suivie de la planification du travail et de la phase de suivi.

Dans la première phase, le modèle de la cellule 41 a été construit sur base des plans de la cellule et de la nature des différents éléments présents. Lorsque les sources et leur activité sont connues, un calcul du champ de rayonnement peut être effectué directement. Dans notre cas une étape supplémentaire a dû être suivie. Sur base de la nature des isotopes déterminée par gammaspectrométrie et des mesures

de débit de dose à l'intérieur de la cellule, un algorithme de VISIPLAN a permis de déterminer l'activité moyenne des différents éléments.

Dans la phase d'analyse générale le champ calculé est étudié et des suggestions concernant la manière de réduire les doses sont testées (p.ex. utilisation de blindage) en recalculant pour chaque option les valeurs du champ de rayonnement. Dans le cadre du démantèlement de la cellule 41 différentes options de blindage des hot-spots ont été étudiées.

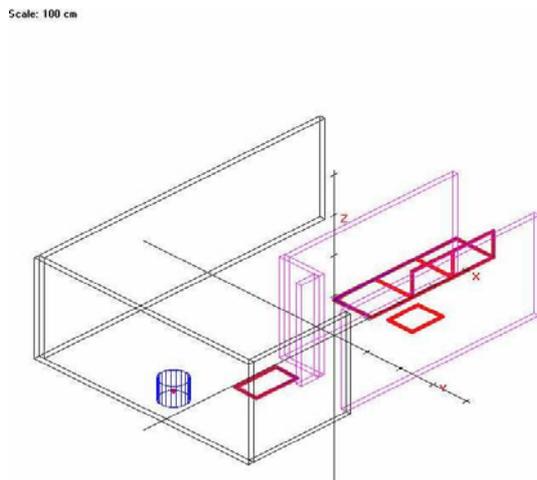


Fig. 1 : Modélisation VISIPLAN cellule 41

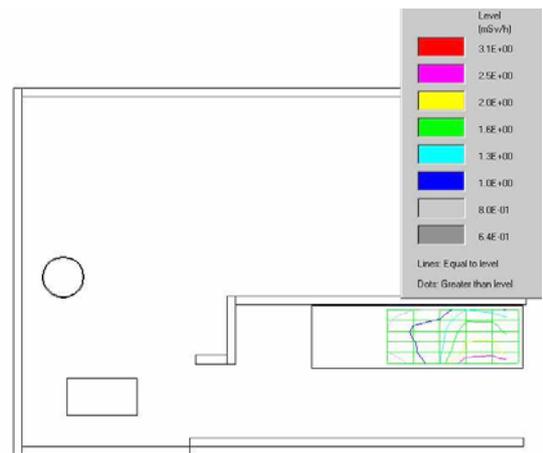


Fig. 2 : Estimation débits de dose via une grille

Dans la phase d'analyse détaillée un calcul de dose est effectué suivant une trajectoire qui est constituée d'une série de tâche, chacune caractérisée par une position, une description de tâche et une durée de travail. Pour la cellule 41 des exemples de tâche sont l'installation de matériel dans la cellule, la découpe de chaque partie de la paroi verticale, la découpe des différentes parties de la surface de travail, la découpe des réservoirs,... Pour chaque tâche le logiciel tient compte des activités qui ont disparues suite à l'évacuation des pièces découpées.

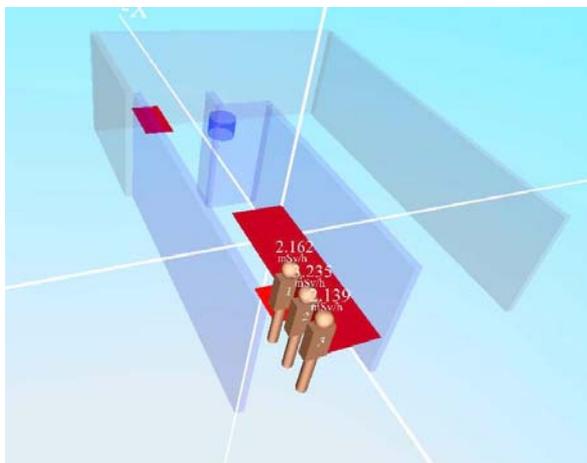


Fig. 3 : Conversion VRML d'une des trajectoires

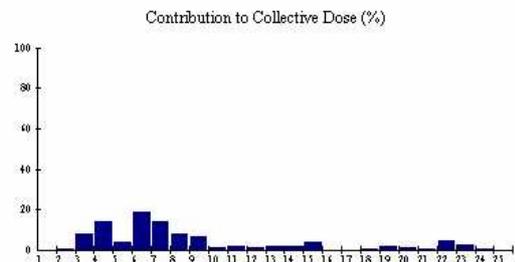


Fig. 4 : Répartition dose collective entre les différentes trajectoires

Sur base des différentes trajectoires qui ont été calculées un scénario peut alors être établi permettant d'avoir une vue d'ensemble des différentes opérations à effectuer et des niveaux de dose qui seront reçus par les différents travailleurs. Sur base des différentes informations disponibles au moment de la réalisation des calculs, une dose collective globale de 21 man.mSv a été prévue (en tenant compte des incertitudes définies dans le système, entre 15 et 28 man.mSv).

3.3. Procédures

Avant de commencer l'intervention, différentes procédures furent écrites. Elles concernaient entre autres le placement d'une zone d'intervention devant la cellule, les voies d'évacuation des déchets, les moyens de découpe, les équipements de protection pour le personnel,... La zone d'intervention devant la cellule était composée de différentes parties : une zone de travail et un sas "déchets" construits avec des panneaux en bois recouvert de feuilles de plastique et un sas "Personnel".

Vu les risques élevés de contamination (également α), le personnel était équipé de combinaisons ventilées en surpression, disposant d'un masque indépendant avec un filtre de type P3. Afin de contrôler le risque de contamination interne des différents intervenants, un nose-blow de chacune des personnes était pris à la fin de chaque intervention. Une des personnes ayant réalisée l'intervention subissait également une mesure au "Whole Body Counter". Il était également prévu qu'en cas d'incident (p.ex. déchirure de la combinaison ventilée), la personne concernée quitte immédiatement la cellule et se fasse contrôler aussi bien par nose-blow, que par mesure directe au "Whole Body Counter".

Chaque intervenant portait un dosimètre de type TLD, un dosimètre poignet également de type TLD, un dosimètre électronique Siemens EPD et un dosimètre électronique à lecture à distance de type Xetec, permettant à l'agent Contrôle des Radiations, à l'extérieur de la cellule, de suivre en direct l'évolution des doses des intervenants.

Avant de commencer les opérations, la mise à disposition pour les opérateurs de cartes dosimétriques en 3D a également permis d'améliorer la communication envers ceux-ci et de mettre en valeur la problématique ALARA.

4. Réalisation démantèlement

4.1. Difficultés

Différentes difficultés ont été rencontrées principalement au début des opérations de découpe. Avant de pouvoir ouvrir la cellule, plusieurs incertitudes subsistaient sur la nature des matériaux présents à l'intérieur. En effet, la cellule ayant été hors service pendant plusieurs années, les informations disponibles étaient réduites. Cela a eu un effet sur le choix des techniques de démantèlement. A l'origine, une scie circulaire avec deux lames contrarotatives avait été sélectionnée. Le but était de découper de grandes surfaces, dans un premier temps à l'intérieur de la cellule et ensuite de les amener vers la zone de travail à l'extérieur de la cellule pour les réduire en plus petits morceaux. Cependant au moment des premières coupes il est apparu que les structures à démanteler étaient plus résistantes que prévues. La technique de découpe dut dès lors être revue. Une disqueuse fut alors choisie. Cette technique, qui permet de découper de plus gros profils, a cependant le désavantage de produire des étincelles, ce qui entraînait un risque d'incendie plus élevé dans la zone de travail. La réduction en plus petits morceaux a dès lors dû être réalisée à l'intérieur de la cellule dans une ambiance de dose plus importante.

4.2. Phases de démantèlement

De manière générale, on peut distinguer trois grandes phases dans le démantèlement de la cellule 41 (entre le 2000-02-07 et 2001-10-31) : 1. découpe de la table de travail, des profils, des citernes, du château de plomb, 2. décontamination de la cellule, démantèlement bras manipulateur, du pont et du mur de Pb restant, 3. différentes phases de décontamination et fixation de la contamination restante par différentes couches de peinture.

La dose collective résultant de ces différentes opérations est de 26,4 man.mSv (se répartissant sur 19 personnes). Cette dose se répartit de la manière suivante : 19,4 man.mSv pour la première phase, 5,3 man.mSv pour la seconde et 1,7 man.mSv pour la troisième.

5. Conclusion

Le contenu de la cellule 41 du bâtiment LHMA du Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire belge SCK•CEN a été démantelé avec succès sur une période d'un an et demi. Le logiciel VISIPLAN, développé au SCK•CEN a permis de réaliser une optimisation ALARA des doses et d'améliorer la communication envers les opérateurs chargés du démantèlement. Ce logiciel permet de simuler en 3D l'environnement de travail en présence de différentes sources. Une dose collective de 26,4 man.mSv a été reçue depuis le début du démantèlement jusqu'à la dernière phase consistant en la fixation de la contamination individuelle.

Démantèlement de la cellule chaude n°41 au SCK•CEN en s'aidant de l'outil de planification ALARA VISIPLAN

Philippe Antoine

SCK•CEN, Mol Belgique

- Introduction
- Description cellule
- Etude ALARA
 - Campagne de mesures
 - VISIPLAN
 - Procédures
- Résultats démantèlement

Le SCK•CEN dispose de différentes installations nucléaires

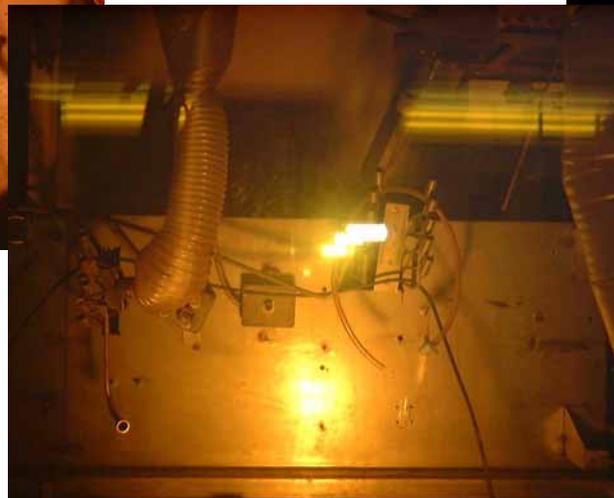
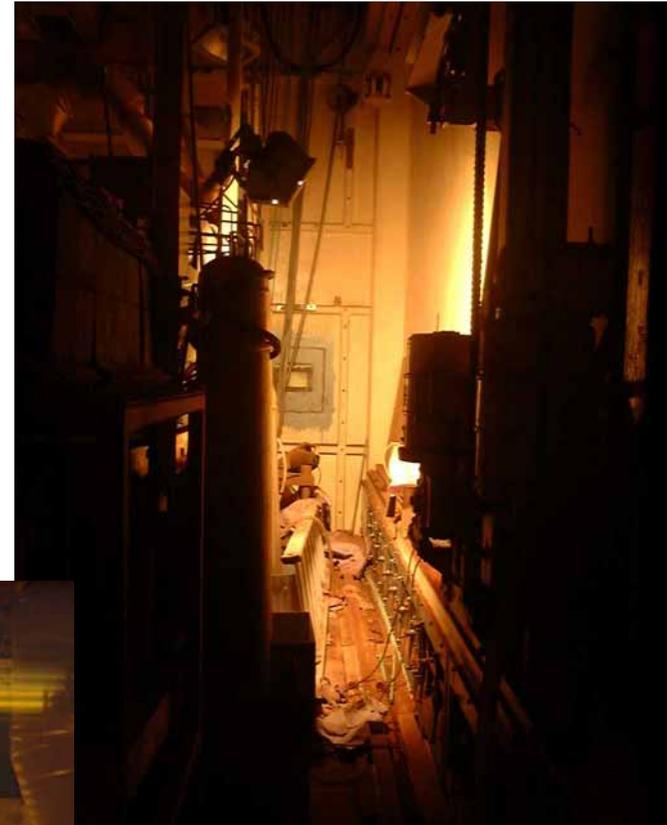
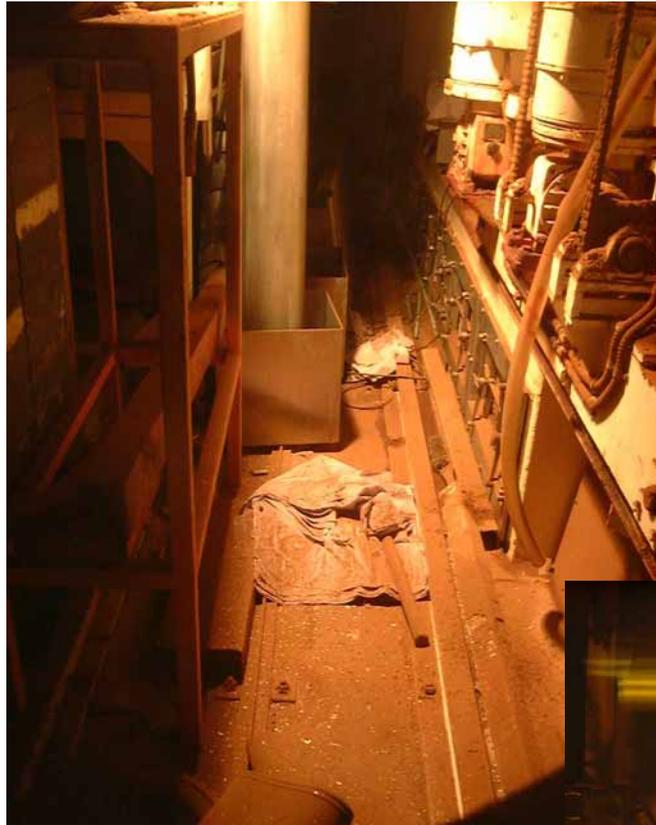


La campagne de démantèlement de la cellule 41 démarra en 2000

- Profils en aciers
- Table de travail
- Parois verticales
- Réservoirs
- Murs de protection en Pb
- Bras télémanipulateur
- Pont roulant
- Divers déchets



Vues intérieures cellule 41



Une étude ALARA a été réalisée avant le début des travaux

- Campagne de mesures
 - Dosimètres TLD
 - Frottis mesurés en α et β -total, ainsi qu'en gammaspectrométrie
 - Majorité des points de 1 à 6 mSv/h avec des points chauds de 4 à 20 mSv/h
 - Parois verticales surface travail : 15 mSv/h
 - Isotopes : principalement ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{106}Ru , ^{60}Co , ^{239}Pu , ^{144}Ce ,...

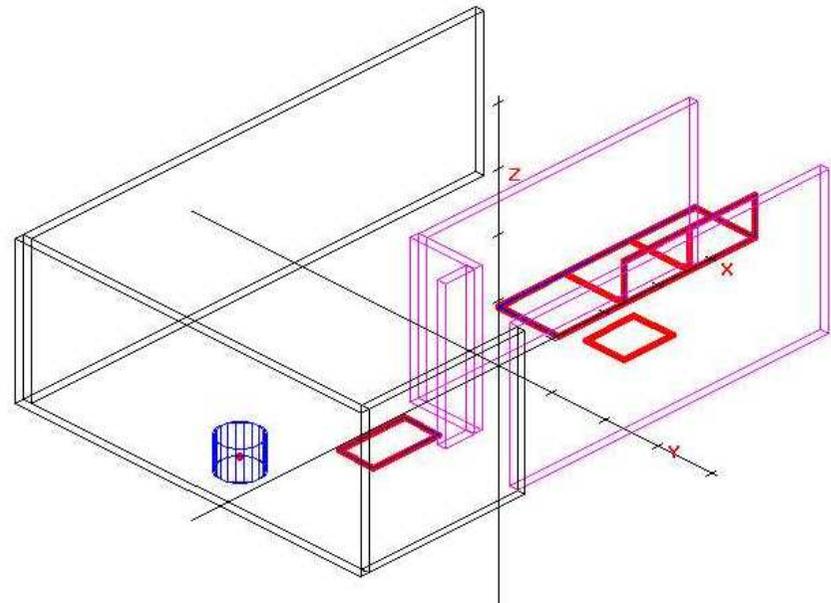
L'étude ALARA s'est appuyée sur le logiciel VISIPLAN

- VISIPLAN : planification travail dans environnement 3D
- Se base sur informations :
 - Géométrie environnement
 - Nature des matériaux
 - Champs de rayonnement
- Différentes étapes
 - Rassemblement des informations
 - Phase d'analyse générale
 - Phase d'analyse détaillée - Planification travail

Le modèle 3D est construit dans la première phase

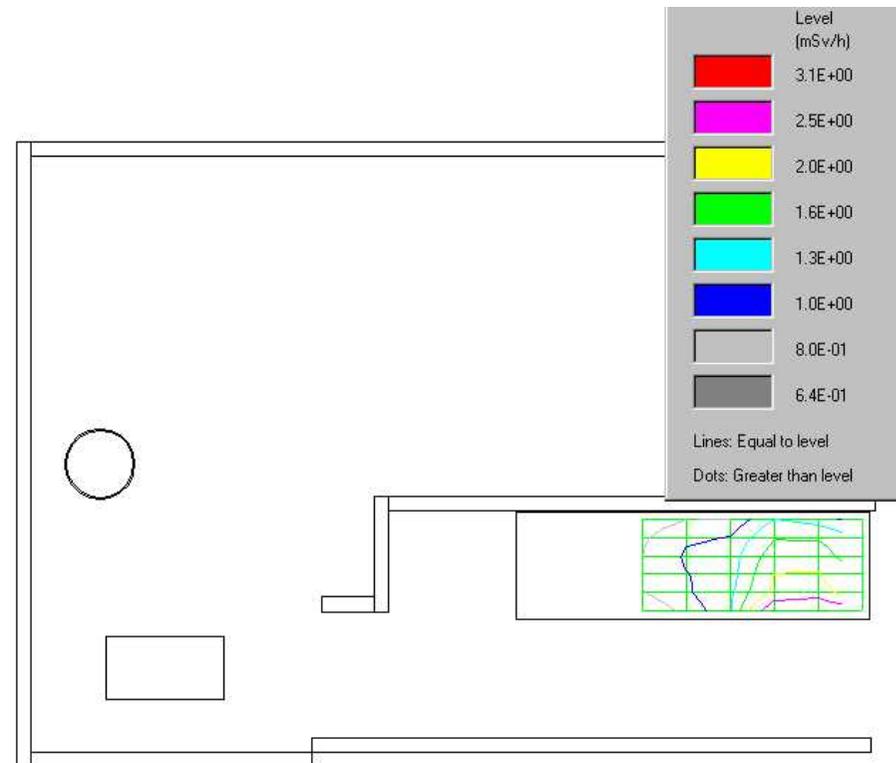
- Sur base
 - des plans de la cellule
 - de la nature des matériaux (acier, Pb)
 - des isotopes mesurés en γ -spectrométrie
 - des mesures de débits de dose
- Détermination de l'activité moyenne des contaminants

Scale: 100 cm



La phase d'analyse générale examine les différentes options

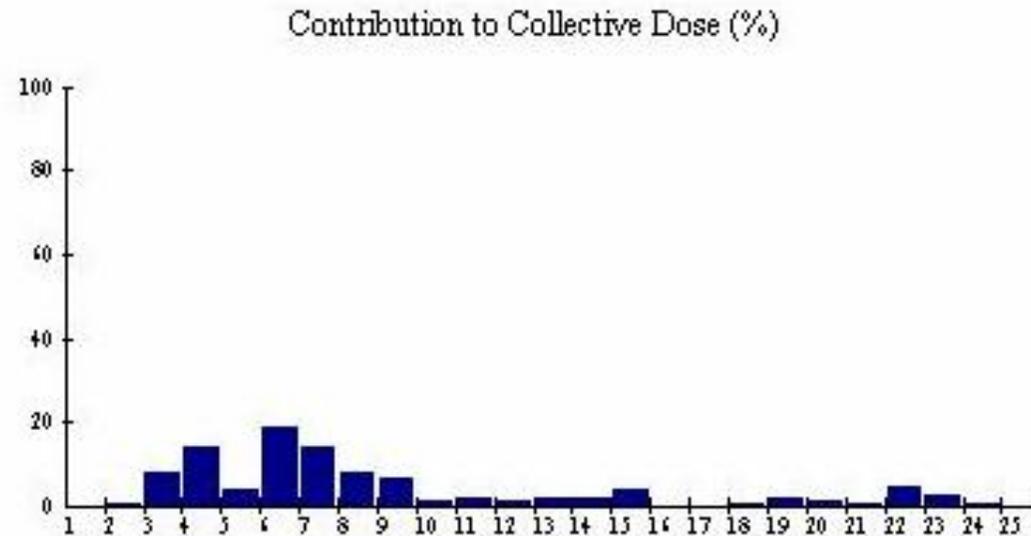
- Calculs de différents champs de rayonnement
- Suggestions pour réduire les doses
 - Blindage
 - Temps d'intervention
 - Actions sur points chauds



Dans la phase d'analyse détaillée, différentes trajectoires sont étudiées

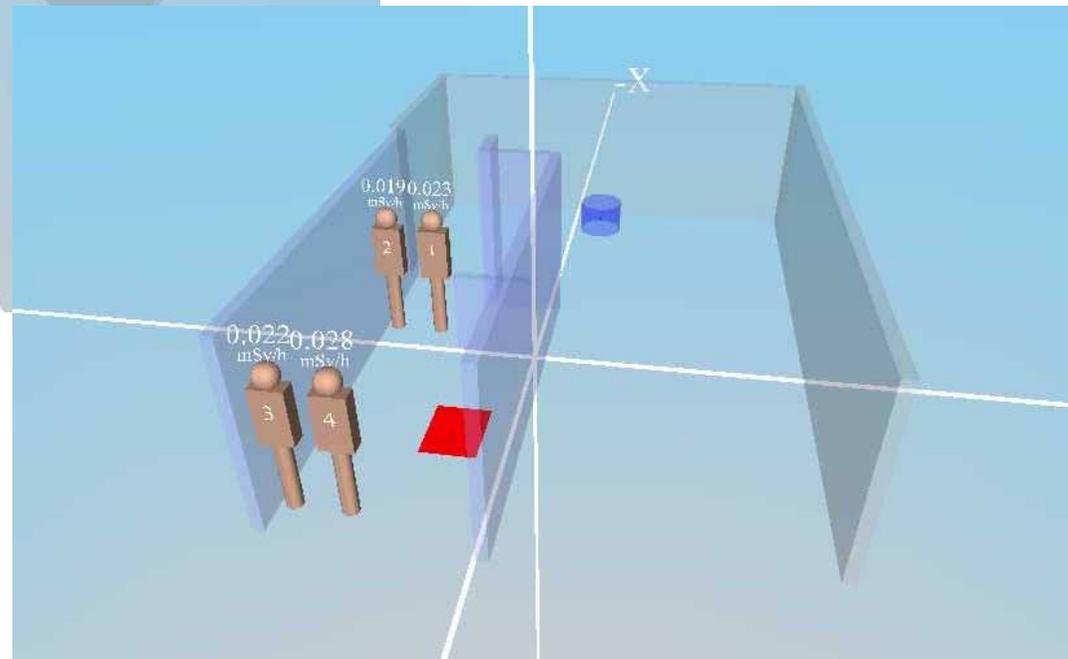
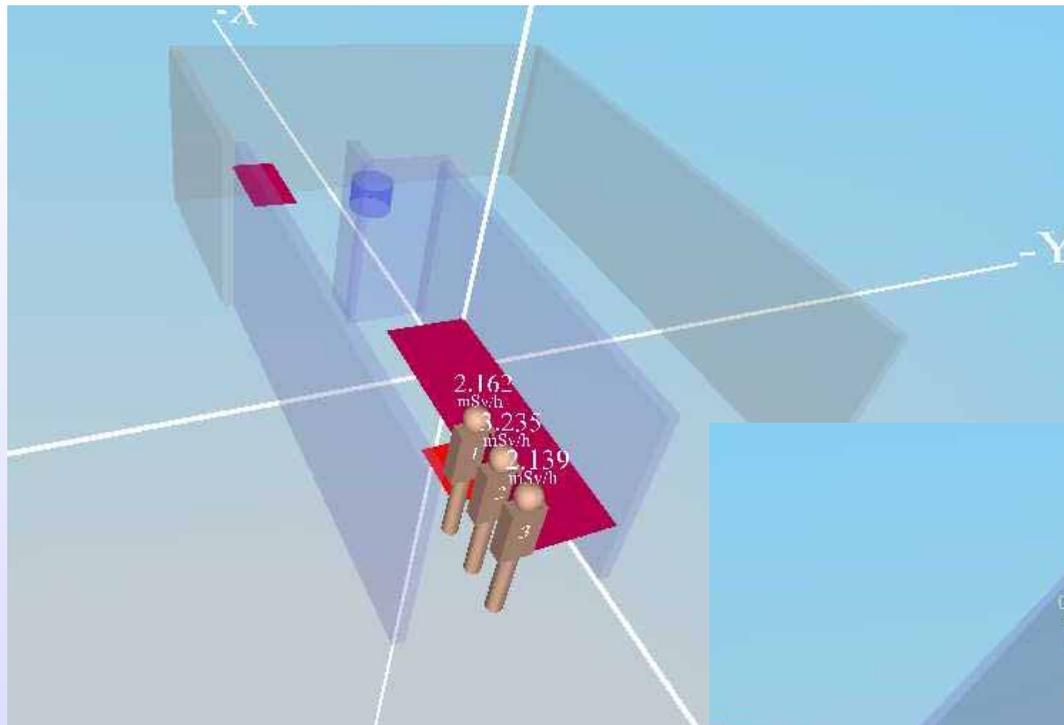
- Calculs de doses suivant celles-ci
- Trajectoires constituées de tâches
- Tâches caractérisées par *position*, *description* et *durée* du travail
- Exemples : *installation matériel*, *découpe partie surface travail*,...
- Pour chaque tâche : tient compte des activités disparues suite à évacuation des pièces

Sur base des trajectoires un scénario peut être défini



Prévision d'une dose collective de
21 homme.mSv

Les trajectoires peuvent être visualisées en VRML



Différentes procédures ont été écrites

- Zone d'intervention devant l'entrée de la cellule
 - Zone travail
 - Sas déchets
 - Sas personnel



Différentes procédures ont été écrites

- Moyens de protection
 - Combinaison ventilée surpression
 - Masque filtre P3
 - TLD
 - Dosimètres électroniques EPD
- Procédure
 - Nose-blow
 - Une mesure au Compteur Total Humain



La cellule 41 a été démantelée en différentes phases

- Découpe de la table de travail, des profils, des citernes, du château de Pb
 - 19,4 homme.mSv
- Décontamination cellule, démantèlement bras manipulateur, pont, mur Pb restant
 - 5,3 homme.mSv
- Décontamination et fixation contamination restante (peinture)
 - 1,7 homme.mSv
- Total : 26,4 homme.mSv

SCK • CEN Démantèlement - Reconditionnement

STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ÉTUDE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE



Conclusions

- Cellule 41 démantelée (sur plusieurs mois)
- Logiciel VISIPLAN :
 - Simulation en 3D de l'environnement de travail
 - Tâches - Trajectoires - Scénarios
 - Etablissement d'un scénario de travail optimisé
- Amélioration communication avec les intervenants
- Dose collective de 26,4 homme.mSv