



**HAL**  
open science

# Maintenance du système d'instrumentation du cœur du réacteur par scaphandriers : évaluation, optimisation et gestion des expositions aux rayonnements ionisants

Nathan Verhaegue

► **To cite this version:**

Nathan Verhaegue. Maintenance du système d'instrumentation du cœur du réacteur par scaphandriers : évaluation, optimisation et gestion des expositions aux rayonnements ionisants. Santé. 2018. dumas-02316043

**HAL Id: dumas-02316043**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02316043>**

Submitted on 15 Oct 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## MEMOIRE DE MASTER PRNT

Alternance en entreprise - 2<sup>ème</sup> année de Master IS-PRNT- Année 2017/2018

### MANTENANCE DU SYSTEME D'INSTRUMENTATION DU CŒUR DU REACTEUR PAR SCAPHANDRIERS : EVALUATION, OPTIMISATION ET GESTION DES EXPOSITIONS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS



**Onet Technologies CN – Siège social**  
 36 boulevard des océans – BP 137  
 13273 MARSEILLE CEDEX 09



<b>Alternant :</b>	<b>VERHAEGUE NATHAN</b>
<b>Tuteur Entreprise :</b>	PESSIOT GUILLAUME
<b>Tuteur Universitaire :</b>	BESLU PIERRE

		<b>Nom :</b>	<b>Date :</b>	<b>Visa</b>
<b>Rédacteur :</b>	Alternant	VERHAEGUE Nathan		
<b>Approbateur :</b>	Tuteur Entreprise	PESSIOT Guillaume		

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

# REMERCIEMENTS

---

Je tiens tout d'abord à remercier Onet Technologies de m'avoir accueilli au sein du siège social de Marseille, m'offrant ainsi la possibilité d'acquérir une expérience professionnelle très enrichissante.

Je remercie également mon tuteur de stage, M PESSIOT Guillaume, responsable de la cellule santé, sécurité et radioprotection, pour sa confiance et les précieux conseils qu'il m'a donnés.

Je tiens à remercier ensuite la cellule radioprotection et sécurité, pour m'avoir mis à l'aise dès les premiers jours et pour m'avoir offert les meilleures conditions de travail, notamment au niveau du contact humain.

Un grand merci à l'ensemble des collaborateurs d'Onet Technologies avec qui j'ai pu partager des expériences professionnelles, notamment lors de mes différents déplacements sur le parc nucléaire d'EDF.

Je remercie plus généralement le personnel d'EDF ainsi que ses sous-traitants pour m'avoir consacré du temps et aider dans mes démarches.

Enfin je n'oublie pas de remercier mon tuteur universitaire de stage, M BESLU Pierre, pour m'avoir aiguillé et conseillé tout au long de ces deux années d'apprentissage.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>2</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>ABREVIATIONS</b> .....	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>6</b>
<b>PRESENTATION DE L'ENTREPRISE</b> .....	<b>7</b>
I. <i>Groupe Onet</i> .....	7
II. <i>Division Technologies</i> .....	7
III. <i>Onet Technologies CN</i> .....	8
IV. <i>Cellule Santé, Sécurité et Radioprotection (2SR)</i> .....	9
<b>CONTEXTE DE L'ETUDE</b> .....	<b>10</b>
I. <i>Cadre réglementaire</i> .....	10
II. <i>Exigences clients</i> .....	11
III. <i>Renforcement du programme de maintenance</i> .....	12
<b>PHASE DE CONCEPTION</b> .....	<b>13</b>
I. <i>Revue de la demande</i> .....	13
1.  Caractérisation de l'intervention .....	13
2.  Recueil des données d'entrée.....	15
II. <i>Etude initiale</i> .....	16
1.  Evaluation Dosimétrique Prévisionnelle initiale (EDPi).....	16
2.  Enjeu radiologique .....	18
III. <i>Etude d'optimisation</i> .....	18
1.  Identification des composants majoritaires des doses collectives et individuelles.....	19
2.  Détermination, hiérarchisation et sélection des actions de réduction des doses .....	20
A.  Actions de réduction/maîtrise du DED .....	20
B.  Actions de réduction/maîtrise du VTE.....	22
3.  Evaluation Dosimétrique Prévisionnelle optimisée (EDPo) .....	23
IV. <i>Rédaction de régime de travail radiologique (RTR)</i> .....	24
<b>PHASE DE REALISATION</b> .....	<b>25</b>
I. <i>Adaptation aux spécificités locales</i> .....	25
II. <i>Gestion des expositions aux rayonnements ionisants</i> .....	25
1.  Dosimétrie passive et active .....	26
2.  Tableau de Contrôle Radiologique.....	26
3.  PREVAIR .....	27
III. <i>Surveillance de l'évolution des conditions radiologiques</i> .....	29

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

IV. Gestion des écarts .....	30
<b>RETOUR D'EXPERIENCE .....</b>	<b>31</b>
<b>AUTRES MISSIONS .....</b>	<b>35</b>
I. Recueil de données d'entrée radioprotection.....	35
II. Déplacements professionnels.....	36
III. Elaboration et rédaction de Fiches Locales d'Utilisation de produits chimiques.....	37
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>39</b>
<b>BILAN PERSONNEL .....</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>41</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>50</b>
<b>MOTS CLES.....</b>	<b>50</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>42</b>

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### ABREVIATIONS

---

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AQ	Assurance Qualité
CCTG	Cahier des Clauses Techniques et Spécifications Générales
CETIC	Centre d'Expérimentation des Techniques d'Intervention sur les Chaudières nucléaires
CGA	Conditions Générales d'Achat
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Électricité
COH	Chef des Opérations Hyperbares
DED	Débit d'Equivalent de Dose
DPN	Direction de la Production Nucléaire
ECS	Evaluation Complémentaires de Sûreté
EDF	Electricité De France
EIS	Eléments Internes Supérieurs
ESR	Événement Significatif pour la Radioprotection
FRDD	Facteur de Réduction du Débit de Dose
GV	Générateur de Vapeur
LDA	Liste des Documents Applicables
INB	Installation Nucléaire de Base
IZ	n° Intervention en Zone contrôlée
MDN	Machine De Nettoyage
MSDG	Machine de Serrage, Desserrage des Goujons du couvercle de cuve
MSI	Mise en Service Industrielle
MW	MégaWatt
OT	Onet Technologies
PCR	Personne Compétente en Radioprotection
PREVAIR	Prévention et Analyse des Interventions sous Rayonnements (ionisants)
PSTG	Plaque Supérieure Tube Guide
RAO	Réponse à un Appel d'Offre
RIC	Réacteur Instrumentation Incore
RP	RadioProtection
SGRP	Spécifications Générales RadioProtection
SISERI	Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants
TDG	Tubes de Guidage RIC
UTO	Unité Technique Opérationnelle
VTE	Volume de Travail Exposé

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

# INTRODUCTION

---

La conduite en sûreté des réacteurs nucléaires nécessite de mesurer l'énergie fournie par les fissions des noyaux d'uranium 235, donc la puissance nucléaire. Cette mesure fait intervenir une série de thermocouples, c'est-à-dire de sondes de mesure incore (dans le cœur du réacteur) du flux de neutrons et de la température.

Les réacteurs à eau pressurisée exploités par EDF sont équipés d'une série de thermocouples répartis dans des réseaux tentaculaires de tubing (conduits ou gaines).

Or, au cours d'inspections télévisuelles menées lors des arrêts de réacteurs de 1300 MW du CNPE de PALUEL, la dégradation de plusieurs conduits thermocouples a été observée. A la suite de ces dégradations, l'ASN a demandée à EDF « d'examiner l'opportunité de mettre à jour le programme de maintenance préventive et de réviser la périodicité de contrôles prévus ».

Fournisseur français d'équipements destinés aux centrales nucléaires, l'entreprise AREVA (aujourd'hui FRAMATOME) a remporté l'appel d'offre national lancé par EDF pour la réparation ou le remplacement des conduits thermocouples et thermocouples de l'ensemble du parc. Cependant, le coût dosimétrique associé à ces opérations réalisées jusqu'alors en air, nécessitait la mobilisation de près de 70 personnes par tranche concernée.

Motivé par un objectif de limitation des doses reçues, l'entreprise AREVA a fait appel aux scaphandriers d'Onet technologies pour réaliser une grande partie des travaux en immersion.

Intégré à une opération de maintenance complexe et à fort enjeu radiologique, Onet Technologies n'a cessé d'adapter son savoir-faire afin de répondre aux exigences clients tout en s'assurant du respect de la réglementation en vigueur.

C'est dans cette optique et dans un souci d'optimisation d'analyse qu'Onet Technologies a mandaté la cellule santé, sécurité et radioprotection pour intégrer la démarche ALARA et les principes de radioprotection lors de la conception et de la réalisation du chantier de remplacement des conduits thermocouples et thermocouples sur le palier 1300MW.

Ma principale thématique fixée pour ces deux années d'apprentissage était la conduite des études de radioprotection en phase de conception de l'opération et la gestion des expositions aux rayonnements ionisants, en phase réalisation de l'intervention.

Le besoin d'un alternant, rattaché à la cellule santé, sécurité et radioprotection était justifié du fait de l'ampleur de la charge de travail conséquente à mener pour atteindre les objectifs fixés. La méthodologie mise en œuvre pour atteindre les objectifs fixés ci-dessus sera ainsi détaillée et illustrée tout au long de ce mémoire.

## **PRESENTATION DE L'ENTREPRISE**

---

### I. Groupe Onet

Groupe familial marseillais, **Onet** (acronyme d'Office nouveau du **nettoyage**) a su développer, depuis plus de 150 ans, un leadership reconnu sur ses métiers. La compétence et l'expertise de ses équipes, soutenues par la solidité de son actionnariat, ont été des atouts majeurs pour devenir un acteur incontournable des métiers d'ingénierie et de services.

De la « Maison Format », petite entreprise marseillaise fondée en 1860, au Groupe Onet, multinationale implanté dans 6 pays, le groupe a su conservé ses valeurs d'écoute, de respect et d'audace, tout en considérant l'humain comme la clé de la réussite. Fort de plus de 80 savoir-faire, le groupe en 2016 qui compte 66 000 collaborateurs implantés dans 6 pays, a réalisé un Chiffre d'Affaire de 1,7 Milliards d'euros.

Aujourd'hui le groupe Onet est structuré autour de six marques commerciales :

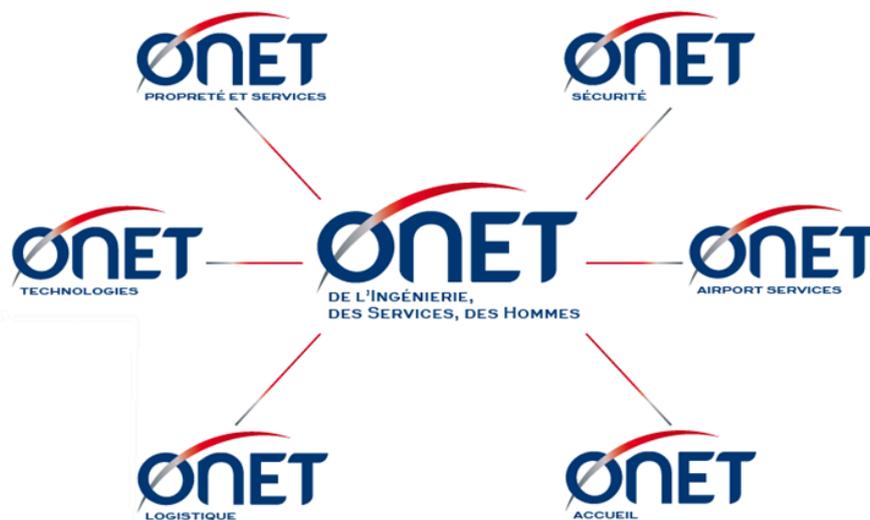


Figure 1 – Marques commerciales du groupe Onet

Le C.A. du groupe Onet est largement dû à sa branche Propreté et Services qui a elle seule réunit plus de 50% du CA en 2015. Loin derrière, la branche Technologies réalise 15% du CA du groupe en 2015. Enfin le pôle sécurité totalise 35% du CA du groupe.

### II. Division Technologies

Apparu en 2007, la marque Onet Technologies fédère en son sein plusieurs entreprises spécialisées dans les prestations à haute technicité et à fort enjeu ([voir annexe 1](#)).

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

A l'origine créé pour opérer la décontamination nucléaire, la division Technologies accompagne aujourd'hui au plus près ses clients tout au long du cycle de vie des installations nucléaires afin de relayer son savoir-faire tout en décuplant ses capacités d'intervention.

En 2009, la création d'une joint-venture avec le japonais Mitsubishi Heavy Industries (MHI) pour la fourniture de Générateur de vapeurs permet à Onet Technologies de bénéficier du label «constructeur nucléaire», sans lequel il aurait été impossible de répondre à de gros appels d'offres.

Depuis, l'entreprise a été retenue en ingénierie dans des grands projets comme Iter, le réacteur thermonucléaire expérimental international destiné à vérifier la faisabilité scientifique et technique de la fusion nucléaire comme nouvelle source d'énergie ou encore pour les études de conception du projet de prototype de réacteur de IVème Génération Astrid.

La division Onet Technologies qui compte 2800 collaborateurs, implantés dans 8 pays, a réalisé un chiffre d'Affaire de 254 Millions d'euros en 2016. Ce chiffre d'affaire est pour l'essentiel réalisé sur le parc électronucléaire EDF. La marque Onet Technologies hisse le groupe Onet en 2015 au rang des « Six grands groupes nationaux » qui se partagent près de 50% du chiffre d'affaire de la maintenance sous-traitée chez EDF :

- Alstom
- Areva (aujourd'hui Framatome/Orano)
- Suez
- Vinci
- Spie
- Groupe Onet



Depuis la fin de l'année 2017, la division Technologies a subi une réorganisation avec l'élaboration d'un « plan de performance opérationnelle et de croissance ». Ainsi les différentes entreprises ont été intégrées à la division technologies sous la dénomination sociale commune « Onet Technologies » suivi de deux lettres distinctives :

- TECHMAN INDUSTRIE devient Onet Technologies TI
  - ↳ Logistique, manutention, ingénierie, maintenance et formation
- Onet Technologies Nuclear Decommissioning devient Onet Technologies ND
  - ↳ Décontamination, démantèlement et gestion des déchets nucléaires
- COMEX NUCLEAIRE devient Onet Technologies CN
  - ↳ Ingénierie et maintenance nucléaire

### III. Onet Technologies CN

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Comex Nucléaire a été créée au début des années 1990 par la société marseillaise d'Henri-Germain DELAUZE, Comex SA, alors leader mondial des travaux sous-marins, multipliant les innovations technologiques et défrichant les métiers de la plongée profonde.

Au début des années 90, Comex SA va adapter son savoir-faire à "d'autres milieux hostiles". Comex Nucléaire est ainsi créée après un appel d'offres pour intervenir en immersion sur le circuit primaire d'une centrale nucléaire.

En 1999, Comex Nucléaire, société innovante en matière d'ingénierie et d'interventions industrielles complexes est achetée par le Groupe ONET, qui l'intègre en 2007 dans sa division Technologies. En 2017, la dénomination sociale Comex Nucléaire disparaît pour devenir Onet Technologies CN (voir II. Division Technologies).

L'entreprise est spécialisée dans l'inspection, la maintenance industrielle complexe et les interventions en milieux nucléaires. En 25 ans, Onet Technologies CN s'est imposée comme un acteur majeur et incontournable des prestations à haute technicité en milieu nucléaire.

L'entreprise emploie près de 420 personnes dites DATR, c'est à dire « Directement Affecté à Travailler sous Rayonnement ». Le personnel d'Onet Technologies CN comptabilise 22 528 entrées et sorties de zone contrôlée en 2015, soit une soixantaine par jour ! La dosimétrie collective cumulée d'Onet Technologies CN sur l'année 2017 s'élève à 1124 H.mSv.

## IV. Cellule Santé, Sécurité et Radioprotection (2SR)

De par la nature de ses activités et l'importance des enjeux, la cellule 2SR est à tous les niveaux un maillon indispensable de la chaîne opérationnelle et fonctionnelle d'Onet Technologies CN. Directement subordonné au Directeur-adjoint, elle est garante de la protection contre les rayonnements ionisants, de la santé et de la sécurité de ses collaborateurs.

La cellule est en charge du suivi et de la gestion des indicateurs de performance sur les chantiers comme dans les bureaux. Elle présente des indicateurs, dégage des axes d'amélioration et propose des solutions adaptées.

La cellule Radioprotection et Sécurité offre ainsi une polyvalence technique au service de multiples missions :

- Gestion de la dosimétrie des intervenants opérant en zone réglementée ;
- Appui technique sur site pour tous éléments relatifs à la sécurité, environnement, radioprotection ;
- Evaluation des risques professionnels ;
- Analyse des accidents, incidents, presque-accidents, situations à risque ;
- Visites sécurité/Audit ...

## CONTEXTE DE L'ETUDE

### I. Cadre réglementaire

Les arrêtés et décisions relatifs à la protection des travailleurs français exposés à des rayonnements ionisants s'appuient sur :

- Le Code du travail (titre V du livre IV de la IV<sup>ème</sup> partie) ;
- Le Code de la santé publique (titre III du Livre III de la I<sup>ère</sup> partie).

Le cadre juridique national propre à la radioprotection trouve sa source dans des normes, standards ou recommandations établis à l'échelle internationale par différents organismes internationaux et transposés en droit étatiques (voir figure 2 ci-dessous).

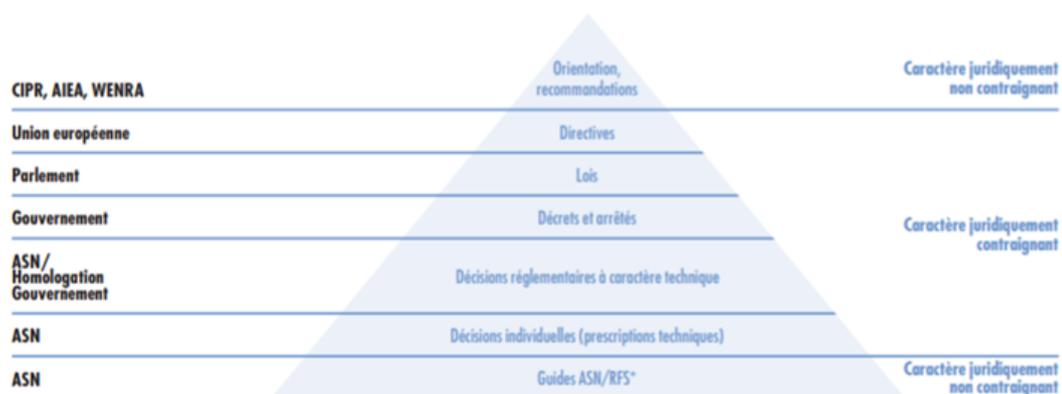


Figure 2 - Elaboration de la doctrine radioprotection

Le système de management de la radioprotection repose sur trois grands principes inscrits dans le Code de la santé publique :

- Principes ALARA
- La **justification** des activités conduisant à un risque d'exposition à des rayonnements ionisants ;
  - L'**optimisation** des expositions à ces rayonnements ;
  - La **limitation** des doses individuelles à un niveau aussi bas que possible.

Les procédures techniques et organisationnelles mises en œuvre pour respecter l'ensemble de ces principes font l'objet de contrôles de la part des autorités publiques et notamment l'autorité de sûreté nucléaire (ASN).

Parallèlement, l'Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB intègre dans le droit français des règles correspondant à la mise en œuvre des meilleures pratiques internationales. Ces règles traitent principalement de l'organisation et des responsabilités qui incombent aux exploitants d'INB.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Conformément à cet arrêté, EDF doit exercer sur les entreprises extérieures une surveillance lui permettant de s'assurer du respect des exigences relatives à la protection des intérêts, de l'environnement et des personnes. Cet arrêté influe alors directement le système de management de la radioprotection pour une entreprise extérieure dans le cadre d'une intervention de maintenance ou de modification d'une INB.

### II. Exigences clients

Dans un objectif de réduction des doses collectives et individuelles, EDF impose à ses prestataires un haut niveau de maîtrise des risques radiologiques lors des opérations de maintenance ou de modification du parc.

Afin d'atteindre cet objectif, EDF a rédigé le « Cahier des clauses techniques et spécifications générales de radioprotection – indice B » (CCTG/SGRP) qui complète les exigences générales exprimées dans les articles 45 et 61 des Conditions Générales d'Achat (CGA) définissant les moyens et obligations du Titulaire en matière de radioprotection.

Le Cahier des clauses techniques et spécifications générales de radioprotection a pour objectifs :

- Définir la prise en compte de la radioprotection
- Assurer la cohérence avec le référentiel radioprotection de la DPN
- Compléter les exigences contractuelles vis-à-vis de la radioprotection (CGA, CCTG)
- Préciser les livrables : contenu et cadencement

Afin d'appuyer les prestataires dans la prise en compte et la mise en œuvre des exigences énoncées au CCTG/SGRP, EDF met à leurs dispositions quatre guides pratiques :

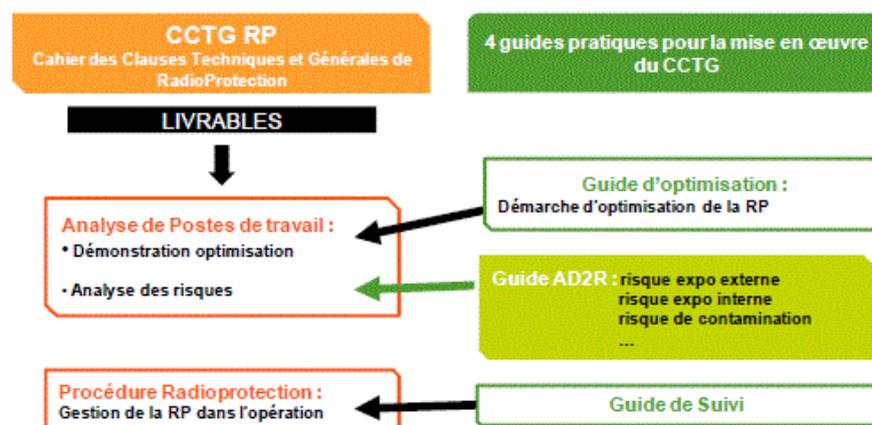


Figure 3 - Place des différents guides pratiques pour la mise en œuvre du CCTG RP

L'appropriation de ces exigences est essentielle pour élaborer des livrables ; c'est pourquoi à mon arrivée dans la cellule, une attention particulière m'a été accordée afin que je puisse étudier, assimiler et mettre en œuvre le CCTG RP et les différents guides d'application.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### III. Renforcement du programme de maintenance

Suite à l'accident survenu au Japon le 11 Mars 2011, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), responsable du contrôle des installations nucléaires en France, a demandé le 5 Mai 2011 aux exploitants d'engager des évaluations complémentaires de sûreté (ECS). Cette démarche d'évaluation répond également à la demande de l'ancien Premier ministre François FILLON de réaliser un audit de sûreté des installations nucléaires sur le territoire national.

Au terme de cette analyse, l'ASN a émis un rapport fixant des prescriptions complémentaires visant à renforcer les marges de sûreté des centrales nucléaires d'EDF.

En parallèle, l'exploitant EDF a initié le projet « grand carénage » qui vise à prolonger la durée de fonctionnement des centrales nucléaires françaises au-delà des 40 ans, via un double processus de rénovation et de modernisation du parc national. Le coût du projet est estimé à 55 milliards d'euros pour la période 2014-2025.

EDF sous-traite aujourd'hui près de 80% des travaux de maintenance et de modification de son parc, ce qui ouvre pour ses prestataires, et notamment Onet Technologies, un marché colossal de plusieurs dizaines de milliards d'euros.

On aperçoit dès 2015, une hausse durable du chiffre d'affaires d'Onet Technologies (voir figure 4 ci-dessous), principalement dû à l'augmentation du volume d'interventions pour EDF.



Figure 4 - Evolution du chiffre d'affaire d'Onet Technologies

Directement subordonné aux services opérationnels, la Cellule 2SR a donc vu son volume d'activité tripler depuis 2015, nécessitant un plan massif d'embauche, une réorganisation et le recours à l'alternance pour satisfaire à l'ensemble de ses missions.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

# PHASE DE CONCEPTION

---

Cette première partie s'attache à décrire l'ensemble des activités menées lors de ma première année d'apprentissage au sein d'Onet Technologies dans le cadre de la conduite des études radioprotection en phase de conception de l'intervention.

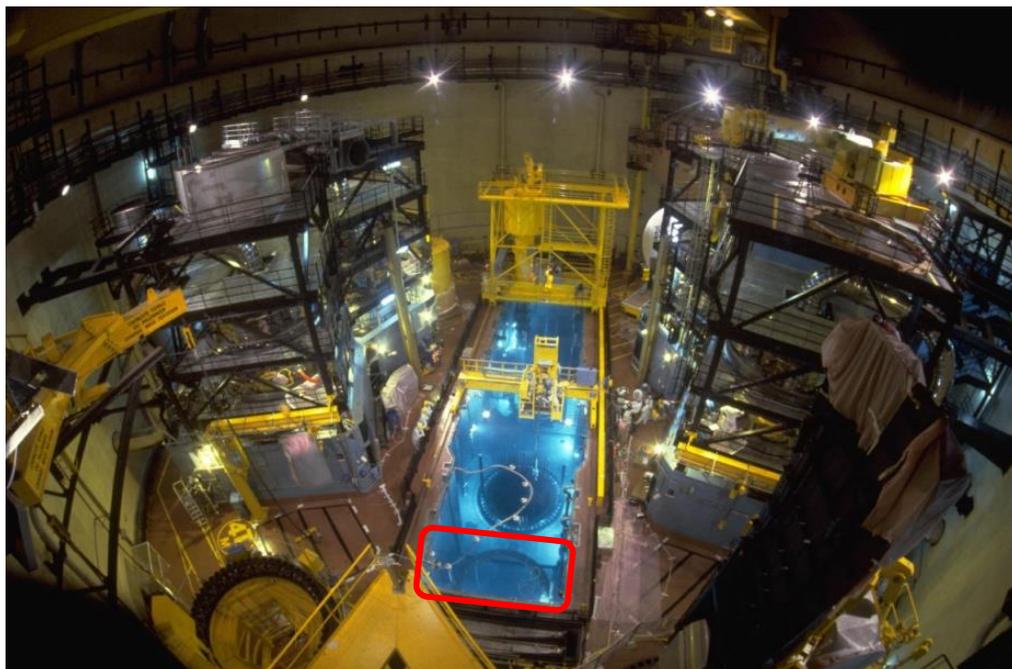
## I. Revue de la demande

Les exigences en matière de radioprotection sont examinées dès les phases d'enclenchement des affaires afin que celles-ci puissent se réaliser dans le cadre de la démarche ALARA et du respect des exigences réglementaires. Cette prise en compte permet au responsable du projet d'identifier suffisamment tôt les acteurs nécessaires afin d'initier la réalisation des études vers les unités compétentes.

### 1. Caractérisation de l'intervention

Ma première mission a eu pour objet de présenter les éléments indispensables pour une représentation précise de l'intervention, et cela afin de mieux appréhender les risques aux postes de travail.

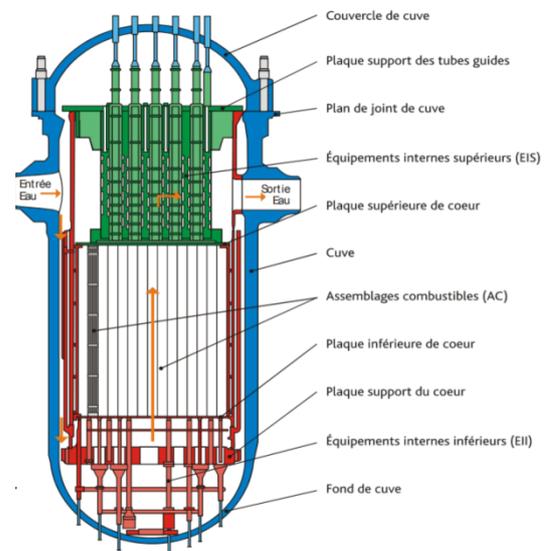
Onet Technologies interviendra en zone contrôlée, dans la piscine du bâtiment réacteur 2 du CNPE de PALUEL, plus précisément dans le compartiment réservé à l'accueil, en arrêt de tranche, des éléments internes supérieurs (EIS) (voir encadré rouge ci-dessous).



## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Le cœur du réacteur, où se produit la réaction en chaîne ([voir annexe 2](#)) produisant de la chaleur, est composé des éléments suivants (se reporter à l'illustration ci-contre) :

- La cuve et son couvercle (en bleu) ;
- Les assemblages combustibles (au centre en gris) ;
- Les éléments internes inférieurs EII (en rouge) ;
- Les éléments internes supérieurs EIS (en verts).



Ces derniers reposent, en fonctionnement normal du réacteur, sur les éléments internes inférieurs.

L'intervention de remplacement des conduits thermocouples et thermocouples par scaphandriers peut être découpée en 7 phases :

- Installation et mobilisation du matériel,
- Intervention en zone centrale,
- Intervention en zone attenante aux colonnes,
- Pigeage des piquages SS810,
- Intervention de pose des nouvelles potences,
- Finalisation des travaux et démobilitation du matériel,
- Coordination chantier.

Le détail de chaque phase sera ainsi repris dans le tableau d'évaluation dosimétrique prévisionnelle afin d'y détailler, pour chaque phase d'intervention, des tâches élémentaires.

Les opérations seront réalisées en 3\*8h dans le respect de la législation du travail. Le chantier mobilisera 21 personnes opérationnelles sur site pour réaliser l'intervention. Deux techniciens qualifiés en radioprotection seront mobilisés pour assurer le suivi des conditions radiologiques, le respect des consignes sécurité ainsi que les contrôles nécessaires au bon déroulement de l'opération. L'intervention se déroulera dans les zones de travail suivantes :

Zones	Niveaux (m)	Description des postes	Local
Z1	Tous niveaux	Zone de déchargement et d'amené du matériel	/
Z2	27.00	Poste de commande COH / sas plongeurs	RC1207
Z3	27.00	Passerelle sur EIS	RC1207
Z4	Piscine BR	Zone de travail sous eau sur les EIS (à 600 mm de la PSTG)	RA0903

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Afin d'associer à chaque zone de travail une valeur de DED, il est nécessaire de recueillir des données d'entrée supplémentaires, voire de mener une enquête dosimétrique.

### 2. Recueil des données d'entrée

Dès le démarrage de la prestation, le responsable du projet d'Onet Technologies assiste aux réunions de préparation. Ces réunions ont pour but d'expliquer, de préciser et d'organiser les relations entre le client (AREVA/EDF) et le titulaire (Onet Technologies). Ces réunions permettent également au titulaire de recueillir le cahier des charges du projet. Ce dernier explicite le contenu et le cadencement des livrables attendus. Il fait également l'inventaire, dans la liste des documents applicables (LDA), de toute la documentation technique, contractuelle et réglementaire relative à l'intervention.

Dans un objectif de fourniture de données radiologiques, notre intérêt s'est porté, après analyse de la LDA, sur l'étude des documents suivants :

- « Remplacement des thermocouples et des conduits de thermocouples – palier 1300 MW- analyse d'optimisation du contexte radiologique de l'intervention » - Note technique fournie par EDF – UTO ;
- « Mise en œuvre sur CNPE de l'opération de remplacement de conduits et ou de colonnes de thermocouples sur tous les paliers – système RIC » fournie par EDF ;

L'étude de ces documents nous a permis de déterminer les valeurs d'équivalent de dose (DED) pour les zones d'intervention Z1, Z2 et Z3.

Néanmoins, aucune données fournies dans ces documents n'a permis d'identifier un équivalent de dose pour la zone d'intervention Z4, à savoir la zone de travail sous eau sur les EIS (à 600 mm de la PSTG).

Face à ce constat, notre démarche s'est appuyée sur une approche par le calcul basé sur les données d'entrée tirées des résultats de notes de calculs fourni par EDF UTO (voir ci-dessous).

		DED (en mSv.h <sup>-1</sup> )				
		Niveau d'eau	0mm	250mm	300mm	Piscine pleine
Point de calcul DED	Configuration					
1200 mm au-dessus de la PSTG centré sur la PSTG	Tous tubes guides déposés		49,5	11,8	10,2	0,16
1200 mm au-dessus de la PSTG entre 2 colonnes TC	Tous tubes guides déposés		46	12,2	10,9	0,55

Les valeurs surlignées en bleu sont celles qui se rapprochent au plus de nos conditions d'intervention, c'est pourquoi elles constituent la base de notre approche par le calcul.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

La première étape de cette approche est de calculer le DED à 1200 mm de la PSTG :

$$\text{DED à 1200 mm de la PSTG : moyenne (0.16 ; 0.55) = 0.355 mSv.h}^{-1}$$

Considéré comme une protection biologique, l'eau à un pouvoir d'atténuation sur les rayonnements ionisants. On considère en effet que 350 mm d'eau peuvent, sur un spectre Cobalt 60 (radionucléide représentatif du spectre EDF), atténuer d'un facteur 10 le DED d'une source. On peut alors considérer, par corrélation avec la loi d'atténuation, le calcul suivant :

$$\text{DED à 600 mm de la PSTG : } 0.355 * ((600/350) * 10) = 6.08 \text{ mSv.h}^{-1}$$

A cette altimétrie, les scaphandriers utilisent une table de travail en acier inoxydable d'épaisseur moyenne 12 mm. L'épaisseur moitié (épaisseur pour laquelle le DED est divisé par 2) de l'acier est de 14mm pour un spectre Cobalt 60. Le calcul final du DED à 600 mm de la PSTG est donc :

$$\text{DED Z4 : } 6.08 * ((12/14) * 2) = 3.55 \text{ mSv.h}^{-1}$$

Ce résultat a été fiabilisé par l'analyse des doses reçues lors de prestations de plongée se déroulant sur les éléments internes supérieurs et dans des conditions similaires. La synthèse des DED associés aux différentes zones d'intervention est donnée ci-dessous :

Zones	Description des postes	DED (en mSv/h)	Origine du DED
Z1	Zone de déchargement et d'amené du matériel	0,002	Notes techniques
Z2	Poste de commande COH / sas plongeurs	0,005	
Z3	Passerelle sur EIS	0,015	
Z4	Zone de travail sous eau sur les EIS	3,550	Calculs/REX

## II. Etude initiale

### 1. Evaluation Dosimétrique Prévisionnelle initiale (EDPi)

Toute activité en zone contrôlée fait l'objet d'une évaluation dosimétrique prévisionnelle en termes de dose collective et de dose individuelle moyenne par spécialité ou par poste de travail.

L'EDP initiale est construit à partir des hypothèses énumérées au § III.1.1., à savoir :

- Le découpage de l'intervention en phases et tâches élémentaires ;
- Les VTE estimés par le projet pour réaliser le chantier ;
- Les zones de travail identifiées pour réaliser l'intervention ;
- Les DED relevés sur les cartographies (fournies par le site avant le début des travaux) ou calculés à partir de matrice de calcul (code de calcul PANTHERE, MCNP...) ;
- Le coefficient d'exposition k résultant de la configuration particulière de l'environnement de travail et des bonnes pratiques prévues.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

A chaque tâche élémentaire est attribué un volume de travail exposé (VTE). Le VTE représente le temps passé pour effectuer la tâche (volume du temps d'exposition) : nombres d'intervenants multiplié par la durée de la tâche. Ainsi pour chaque tâche, il peut être calculé la dose intégrée.

$$\text{Dose tâche} = \text{VTE} \times \text{DED}$$

Chacune de ces doses peut être pondérée par un coefficient d'exposition k résultant d'un ensemble de bonnes pratiques ou de conditions particulières. Par conséquent, la dose totale pour une opération est la somme suivante :

$$\text{Dose} = \sum (\text{dose tâche} \times k) = \sum (\text{VTE} \times \text{DED} \times k)$$

Ce calcul de dose permet de définir l'évaluation dosimétrique prévisionnelle (EDP) ; c'est-à-dire la dose correspondante au prévisionnel dosimétrique calculé pour un chantier particulier à partir :

$$\text{EDP} = \sum (\text{VTE} \times \text{DED} (N-1) \times k)$$

Les évaluations dosimétriques prévisionnelles sont ainsi établies pour l'état initial (EDPi) et l'état optimisé (EDPo).

L'évaluation dosimétrique prévisionnelle initiale pour l'intervention de remplacement des conduits thermocouples et thermocouples par scaphandriers s'élève à 167,27 H.mSv. Le détail du calcul est donné ci-après.

EVALUATION DOSIMETRIQUE PREVISIONNELLE INITIALE											
N° CHRONO	Intitulé de la tâche		Zone de travail	Frdd	Nb d'intervenants	Heures	VTE (H.h)	DED (mSv/h)	k	DCT (H.mSv)	DI Moy (mSv)
1	Installation et mobilisation du matériel	Déchargement du matériel en ZC	Z1	1	8	4,00	32	0,002	0,7	0,045	0,006
		JO - Début des travaux dans le BR	Z2	1	8	1,00	8	0,005	0,7	0,028	0,004
		Mobilisation du matériel au plancher piscine	Z2	1	8	6,00	48	0,005	0,7	0,168	0,021
		Cartographie radiologique depuis passerelle	Z3	1	1	0,50	1	0,015	0,7	0,005	0,005
		Cartographie sous eau + assainissement	Z6	1	1	2,00	2	0,230	0,7	0,322	0,322
		Essais et revalidation des matériels	Z2	1	4	4,00	16	0,005	0,7	0,056	0,014
		Mise en place plateforme plongeurs et blocage des 4 protections biologiques	Z4	1	1	1,00	1	3,550	0,7	2,485	2,485
<b>Sous-Total Préparation / Installation</b>										<b>3,109</b>	
2	Intervention en zone centrale	Desserrage d'une vis par pied de potence sans toucher aux pieds attenants aux colonnes	Z4	1	1	3,00	3	3,550	0,7	7,455	7,455
		Repérage des conduits des 4 colonnes et du conduit "NE PAS TOUCHER"	Z4	1	1	1,00	1	3,550	0,7	2,485	2,485
		Coupe des conduits thermocouples non attenants aux colonnes	Z4	1	1	2,50	3	3,550	0,7	6,213	6,213
		Démontage des pieds de potence non attenants aux colonnes	Z4	1	1	3,00	3	3,550	0,7	7,455	7,455
		Mise en panier des conduits thermocouples, des potences et évacuation des paniers	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970
		Assainissement de la zone centrale "hors colonne" et contrôle radiologique de la zone	Z4	1	1	1,00	1	3,550	0,7	2,485	2,485
		Coupe des rondelles freins des raccords SS 810 et mise en place des bouchons de protection	Z4	1	1	6,00	6	3,550	0,7	14,910	14,910
Démontage des raccords SS 810 en partie centrale	Z4	1	1	3,00	3	3,550	0,7	7,455	7,455		
Extraction des thermocouples, mise en paniers et évacuation des paniers	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970		
<b>Sous-Total Intervention en zone centrale</b>										<b>58,398</b>	
3	Intervention en zone attenante aux colonnes	Coupe des languettes freins et déconnexion des raccords SS 500	Z4	1	1	16,00	16	3,550	0,7	39,760	39,760
		Coupe des conduits thermocouples attenants aux colonnes	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970
		Démontage des potences attenants aux colonnes	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970
		Mise en panier des conduits, des potences et évacuation des paniers	Z4	1	1	1,00	1	3,550	0,7	2,485	2,485
		Coupe des rondelles freins des raccords SS 810 et mise en place des bouchons de protection	Z4	1	1	1,25	1	3,550	0,7	3,106	3,106
		Démontage des raccords SS 810	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970
		Extraction des thermocouples et mise en paniers	Z4	1	1	6,00	6	3,550	0,7	14,910	14,910
Assainissement des "zones colonnes" et contrôles radiologiques de ces zones	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970		
<b>Sous-Total Intervention en zone attenante aux colonnes</b>										<b>80,141</b>	
4	Pigeage SS 810	Pigeage des pigeages SS 810 et mise en place de clips de maintien d'écrous	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970
<b>Sous-Total Pigeage SS 810</b>										<b>4,970</b>	
5	Pose des nouvelles potences	Pose des nouvelles potences	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970
		Serrage au couple + sertissage des coupelles	Z4	1	1	2,00	2	3,550	0,7	4,970	4,970
		Descente des nouvelles potences par paniers	Z4	1	1	1,00	1	3,550	0,7	2,485	2,485
<b>Sous-Total pose des nouvelles potences</b>										<b>12,425</b>	
6	Finalisation des travaux Démobilisation	Plongée de nettoyage et de vérification	Z4	1	1	2,50	3	3,550	0,7	6,213	6,213
		Repli du matériel	Z2	1	5	4,00	20	0,005	0,7	0,070	0,014
		Contrôle radiologique pour chargement	Z1	1	5	8,00	40	0,002	0,7	0,056	0,011
<b>Sous-Total Finalisation des travaux / Démobilisation</b>										<b>6,339</b>	
7	Coordination chantier	Surveillance des plongées depuis passerelle	Z3	1	1	10,00	10	0,015	0,7	0,105	0,105
		Poste de commande (COH)	Z2	1	5	72,00	360	0,005	0,7	1,260	0,252
		Assistance habillage / deshabillage plongeur	Z2	1	2	18,00	36	0,005	0,7	0,126	0,063
		Coordination et technicien RP	Z2	1	2	55,00	110	0,005	0,7	0,385	0,193
<b>Sous-Total Coordination chantier</b>										<b>1,876</b>	
<b>TOTAL REMPLACEMENT DES CONDUITS DES EIS</b>										<b>749</b>	<b>167,26</b>

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### 2. Enjeu radiologique

L'enjeu radiologique d'une intervention est déterminé sur la base de trois critères, à savoir la dosimétrie collective (H.mSv), le DED max (mSv.h<sup>-1</sup>) et le niveau de contamination. Le critère le plus pénalisant est alors retenu pour classer l'enjeu radiologique de l'intervention.

La prise en compte des exigences du CCTG/SGRP, notamment le degré d'analyse d'optimisation de l'intervention est modulé suivant le niveau d'enjeu radiologique de l'intervention. Une intervention classée à enjeu radiologique très faible ou faible nécessite une analyse d'optimisation du poste de travail succincte basée sur :

- La chasse aux doses inutiles,
- L'application des bonnes pratiques en matière de radioprotection.

A contrario, une intervention classée à enjeu radiologique fort devra présenter une analyse détaillée et approfondie basée sur :

- La fiabilisation des données d'entrée,
- Une analyse d'optimisation détaillée (domaines de validité des actions d'optimisation, une analyse coût/gain des voies d'optimisation envisagées et la
- La rédaction d'un REX de niveau 2.

L'intervention de remplacement des conduits thermocouples et thermocouples est classée à fort enjeu radiologique (niveau 3) sur la base de la dosimétrie collective (EDPi > 20 H.mSv).

Enjeu	Très faible (niveau 0)	Faible (niveau 1)	Significatif (niveau 2)	Fort (niveau 3)
Dose collective (H.mSv)	< 1	< 10	< 20	> 20
DED <sub>max</sub> au poste de travail (mSv.h <sup>-1</sup> )	< 0.1	< 2	< 40	> 40
Niveau de contamination	NC0	NC1	NC2	NC3

Ce classement induit alors la mise en œuvre d'une étude d'optimisation détaillée et approfondie.

### III. Etude d'optimisation

L'étude d'optimisation de la radioprotection au poste de travail consiste à :

- Identifier les composants majoritaires des doses collectives et individuelles ;
- Déterminer, hiérarchiser, et sélectionner les actions de réduction des doses ;
- Recalculer les évaluations dosimétriques prévisionnelles dites optimisées.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Les résultats de cette étude sont lourds de conséquence dans la poursuite de l'intervention. En effet, Onet Technologies ne dispose pas d'un armement en ressources spécialisées (scaphandriers opérant en milieu nucléaire) illimité.

### 1. Identification des composants majoritaires des doses collectives et individuelles

Afin de hiérarchiser les actions d'optimisation de la radioprotection au poste de travail, il nous a été nécessaire d'identifier les composants majoritaires des doses collectives et individuelles.

La synthèse dosimétrique présentée ci-dessous regroupe la dosimétrie collective prévue par zone de travail.

Dosimétrie collective par zone de travail			
Zone de travail	Localisation	Dose Collective Totale (en H.mSv)	Pourcentage de l'activité globale (en %)
Z1	SAS entrée/sortie matériel	00.101	0.06
Z2	Dalle piscine +27 m	02.093	1.25
Z3	Passerelle MDN sur EIS	00.110	0.07
Z4	EIS sur stand sous eau	164.95	98.60
TOTAL		167.25 H.mSv	100%

La zone d'intervention Z4 (EIS sur stand sous eau) cumule près de 98.6% de la dosimétrie collective de l'intervention et doit, en priorité, faire l'œuvre d'une démarche d'optimisation stricte des doses reçues.

La synthèse présentée ci-dessous regroupe le temps d'exposition (TE) prévu par zone de travail :

TE par zone de travail			
Zone de travail	Localisation	TE (en h)	Pourcentage de l'activité globale (en %)
Z1	SAS entrée/sortie matériel	72	10
Z2	Dalle piscine +27 m	598	79
Z3	Passerelle MDN sur EIS	11	2
Z4	EIS sur stand sous eau	68	9
TOTAL		759 H.h	100%

La zone d'intervention Z2 cumule à elle seule près de 79% du temps d'exposition dans le cadre de l'intervention. Ce pourcentage prend notamment en compte la présence d'une équipe encadrant l'opération en 3\*8h en zone contrôlée. Néanmoins, cette zone ne capitalise que 1.25% de la dose intégrée pour l'ensemble de la prestation.

La zone Z2 fera donc l'objet d'une démarche simple d'optimisation du temps d'exposition.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### 2. Détermination, hiérarchisation et sélection des actions de réduction des doses

Après avoir identifié les composants majoritaires des doses collectives et individuelles (voir III.1.), notre intérêt s'est porté sur la caractérisation des paramètres sur lesquels il est possible d'agir pour diminuer ces doses.

Pour cela, il convient d'identifier dans un premier temps les termes sources prépondérants et de déterminer dans un second temps les actions permettant de limiter l'impact de ces sources.

Afin d'identifier les termes sources principaux (organes irradiants) devant faire l'œuvre d'une optimisation de la radioprotection, nous nous sommes appuyés sur les études et sur la connaissance accumulées par notre partenaire AREVA.

Les résultats de ces études (voir illustration ci-dessous) nous ont permis d'identifier deux termes sources prépondérants sous eau :

- Les quatre colonnes thermocouples identifiées en rouge ;
- La « peau » de la plaque supérieure tube guide (PSTG) identifiée en vert.
- Les colonnes tubes guides (non représentées sur la figure 5).

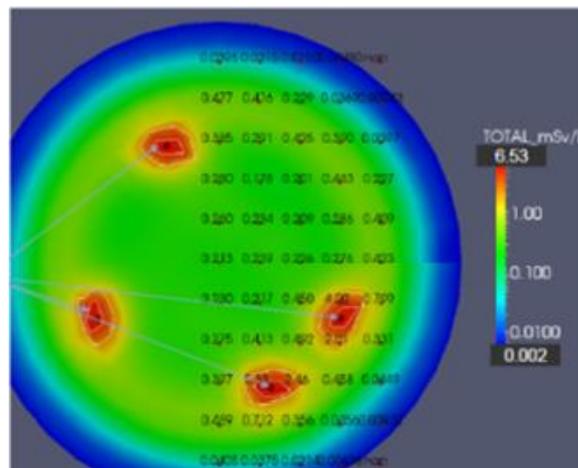


Figure 5 - Résultats études radioprotection AREVA

Afin de réduire l'impact de ces termes sources, il convient d'agir sur les paramètres suivants :

- Réduire/maîtriser le **débit d'équivalent de dose (DED)** au poste de travail ;
- Réduire/maîtriser le **volume de travail exposé (VTE)** ;

#### A. Actions de réduction/maîtrise du DED

Dans un objectif de réduction/maîtrise du débit d'équivalent de dose au poste de travail, nous avons entrepris la mise en œuvre des différentes actions d'optimisation :

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

- Poser des protections biologiques sur les termes sources prépondérants identifiés ;
- Augmenter la distance séparant le plongeur des termes sources ;
- S'assurer du retrait des termes sources « colonnes tubes guides » (réalisé par AREVA lors des phases d'activités en air).

L'interposition d'écrans de type « protections biologiques » au plus près de la source d'exposition permet d'atténuer le pouvoir de pénétration des rayonnements gamma, responsables de l'exposition externe des plongeurs au poste de travail.

Différents types de protections biologiques sont utilisées de manière générique sur le parc EDF :

Désignation	Dimensions (en mm)	Epaisseur (en éq. mm Pb)	Masse (en Kg)	$F_{RDD}$ ( $^{60}\text{Co}$ )
Matelas Standard	800 x 400	6	22	0.58
Matelas Epaisseur moitié	400 x 400	12	22	0.38

Cependant, au vu de l'environnement spécifique de l'intervention – compartiment EIS immergé –, ces protections biologiques ne peuvent remplir leurs fonctions.

Cependant, ces dernières seront déployées autour du poste de commande et du cheminement pour aller au sas d'habillage et déshabillage plongeur afin de les protéger des rayonnements émis par la MSDG (voir abréviations), stocké à proximité du poste de commande sur la dalle piscine.

Afin d'atténuer efficacement les termes sources identifiés (voir §2.), nous nous sommes appuyés sur les protections biologiques spécifiques développées par AREVA, à savoir :

- 20 mm d'acier sur la paroi et la bride de la PSTG,
- 20 mm d'acier sur les 4 colonnes thermocouples.

La mise en œuvre de protections biologiques spécifiques sur les colonnes thermocouples et la PSTG permet un gain sur le DED estimé à 30 % (voir ci-après).

	DED à 1200 mm (en mSv/h)
SANS PROBIOS	0,355
AVEC PROBIOS	0,273

Les conditions radiologiques à proximité de la PSTG étant très pénalisantes, une plateforme de travail permettant de garantir une distance minimale entre le plongeur et la PSTG sera déployée tout au long de l'intervention.

Les caractéristiques de cette plateforme ont été ajustées afin de d'assurer un positionnement de travail optimal du scaphandrier tout en limitant l'exposition du scaphandrier aux rayonnements ionisants.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Les premières maquettes de la plateforme ont été ajustées afin d'obtenir le design suivant :

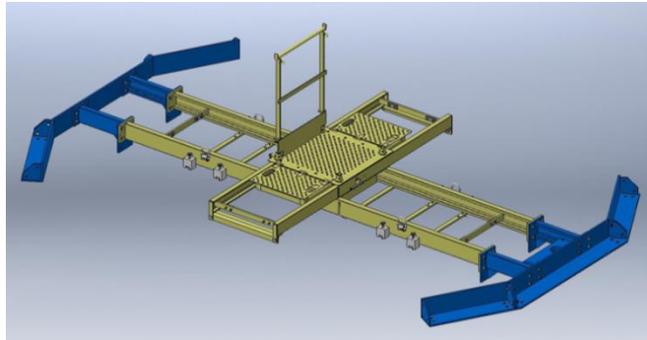


Figure 6 - Plateforme plongeur

La mise en œuvre de cette plateforme induit alors la création de nouvelles zones de travail (voir tableau ci-dessous). La variation du DED associé à cette optimisation du poste de travail a été calculée sur la base d'épaisseur moitié (150 mm) et d'épaisseur dixième de l'eau (350 mm).

		DEDi (en mSv/h)	DEDo (en mSv/h)
Z4	PSTG + 600mm	3.550	2.730
Z5	PSTG + 900mm	1.420	1.092
Z6	PSTG + 1200mm	0.355	0.273

### B. Actions de réduction/maîtrise du VTE

Afin de réduire/maîtriser le volume de travail exposé, nous avons entrepris diverses actions :

- Développement et mise en œuvre d'une gamme d'outillage téléopéré ;
- Elaboration d'un programme de formation complet aux techniques d'intervention.

Des outillages téléopérés, c'est-à-dire opérés à distance, seront mis en œuvre afin d'optimiser la distance de travail séparant le plongeur et les termes sources identifiés. Ces outils ont été dimensionnés afin d'autoriser le plongeur à opérer depuis la plateforme et de le protéger, par le principe de mise à distance, d'une exposition externe excessive.

Les principaux outils utilisés pour l'intervention peuvent être classés en deux catégories, à savoir les outils mécaniques à rallonges et les outils automatisés et pilotés depuis la surface au poste de commande.

De plus, l'ensemble du personnel a suivi un programme complet de formation permettant d'appréhender l'environnement d'intervention et la mise en œuvre des outils spécifiques.

Ce cursus a été complété par des séances régulières d'entraînements « en air » dans l'atelier d'Onet technologies et sous eau sur une maquette partielle dans le bassin de la société Comex SA (grand bassin avec une fosse à 10 mètres de profondeur).

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Enfin, l'opération étant une MSI, pour Mise en Service Industrielle, les scaphandriers ont bénéficiés de périodes d'aguerrissements (4 semaines) sur des maquettes à taille réelle au sein du Centre d'expérimentation des techniques d'intervention sur chaudières nucléaires (CETIC).

Le CETIC a permis aux scaphandriers de se qualifier à l'intervention en réalisant, à conditions équivalentes de celles rencontrées sur site, une intervention partielle de remplacement de conduits thermocouples et thermocouples sous eau.

Cette étape m'a également permis de valider des paramètres essentiels pris pour hypothèses dans les études de conception, à savoir :

- Les volumes de travail exposés (VTE) utilisés pour la construction des différentes EDP
- L'ergonomie de travail sur la plateforme plongeur. En effet, notre crainte était que les scaphandriers doivent, lors de phases sensibles, se pencher tête en bas pour atteindre des éléments situés sur la PSTG. Cette position est redoutée de tous les scaphandriers puisqu'elle impose une apnée. Le CETIC nous a permis de voir qu'il est possible d'intervenir depuis la plateforme plongeur sans devoir se pencher tête en bas.

Le gain associé à l'ensemble des mesures citées ci-dessus a permis de réduire de 39% les temps d'intervention.

### 3. Evaluation Dosimétrique Prévisionnelle optimisée (EDPo)

Les actions d'optimisation décrites précédemment :

- Mise en place de protections biologiques sur la PSTG et sur les colonnes thermocouples (Gain de 30 %),
- Optimisation du poste de travail (positionnement du plongeur),
- Utilisation de la télédosimétrie,
- Utilisation d'outillage spécifique, formation et qualification du personnel (Gain de 39% sur les VTE des travaux sous eau),

permettent l'établissement de l'EDP optimisée s'élevant à 19.89 H.mSv, soit une réduction de près de 90% par rapport à l'EDP initiale.

Ce résultat nous a permis d'affirmer au responsable projet la faisabilité de l'intervention vis-à-vis des ressources dosimétriques engagées.

L'EDPo représente la base de notre démarche de calcul pour l'établissement des EDP des interventions. Par conséquent, et ce dès la réception des cartographies N-1 du site, le même principe de calcul sera adopté et adapté aux conditions particulières locales.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### IV. Rédaction de régime de travail radiologique (RTR)

Pour toute activité en zone contrôlée, le régime de travail radiologique (RTR) regroupe et présente les résultats de l'analyse de risques radioprotection directement applicables ou contrôlables par le chargé de travaux. Il fait partie du dossier d'intervention.

Il explicite les données radiologiques du chantier et les exigences qui s'y appliquent, notamment :

- L'identification des acteurs (préparateurs, chargé de travaux),
- Les évaluations prévisionnelles dosimétriques (dose individuelle moyenne et collective) et les débits d'équivalents de doses prévus,
- Les actions de radioprotection collectives et individuelles,
- La conduite à tenir en cas d'atteinte d'un seuil préétabli (DeD, dose journalière)

Enfin, après validation, le RTR permet l'impression de l'IZ correspondant à l'activité qui permet l'entrée en zone contrôlée (voir exemple d'IZ ci-dessous).



Fiche individuelle à présenter en entrée de zone		<b>Le numéro d'IZ</b> <b>Le numéro de version (1 pour la version initiale, 2 pour la version ré-optimisée...)</b> <b>Seul le RTR avec le dernier numéro de version est utilisable pour accéder en zone. La version antérieure du RTR devient caduque.</b>
Validité du RTR : 25/08/2010 au -		
Activité :	pressuriseur	
Interv. :	pressuriseur	
Projet :	cuve	
Tranche :	2 Local :	
Objet d'interv. ( ) :		
<b>N°IZ :</b>	<b>37310 1</b> (Code de travail : 530)	
-- Valeurs prévues --		
DED poste de travail :	0.007 mSv/h	
Dont neutrons :	0.000 mSv/h	
Dose ind. moy. activité :	0.005 mSv	
Dose ind. moy. par jour :	0.005 mSv/j	

Figure 7 - Fiche individuelle à présenter en entrée de zone

Lors de la sortie de zone contrôlée, « MICADO » lit la dose mesurée par le dosimètre et met à jour le cumul de dose de l'intervenant dans DOSIAP et l'historique dosimétrique de l'intervention dans l'interface « PREVAIR ».

En réunion d'enclenchement, des demandes d'accès à l'interface PREVAIR sont formulées auprès du CNPE afin de permettre le suivi dosimétrique quotidien de nos activités. En effet, de manière journalière, une extraction des mouvements en zone contrôlée est effectuée puis intégrée dans notre tableau de suivi dosimétrique.

La gestion des RTR, notamment la mise à jour de la dosimétrie collective, sera assurée lors de la phase de réalisation par le technicien radioprotection présent sur site.

MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

## PHASE DE REALISATION

Cette partie détaille l'ensemble des actions menées lors de la phase de réalisation de l'intervention. L'intervention s'est déroulée durant le mois de mai 2017.

### I. Adaptation aux spécificités locales

Dès le début de la réalisation, une première adaptation aux conditions locales :

- Configuration spécifiques des locaux concernés par l'intervention ;
- Conditions radiologiques à l'arrivée sur site,
- Risques spécifiques iode ou alpha,

sur la base des données N-1 a été réalisée sur site.

Cette adaptation s'est alors traduite par l'actualisation de nos évaluations dosimétriques prévisionnelles (EDPo A1) sur la base de la cartographie A1 (DED, activités surfaciques et volumiques). La cible dosimétrique collective de l'opération a donc été actualisée le 14/05/2017 sur site après la réalisation de la cartographie A-1 passant de 19.89 à 14.42 H.mSv, soit une baisse de 28%.

Site : PALUEL Tranche : 3							
ONET TECHNOLOGIES							
TABLEAU DE SYNTHESE	EDPo N-1 (H.mSv)	EDPo-A1 (H.mSv)	Réalisé (H.mSv)	Ecart (H.mSv)	Ecart (%)	Observations	
Installation et mobilisation du matériel	0,875	1,125	0,558	-0,57	-50 %		
Intervention en zone centrale	10,224	4,274	0,336	-3,94	-92 %		
Intervention en zone attenante aux colonnes	5,160	2,380	0,000	-2,38	-100 %		
Pigeage SS 810	0,191	0,105	0,000	-0,11	-100 %		
Pose des nouvelles potences	0,956	0,525	0,000	-0,53	-100 %		
Finalisation des travaux Démobilisation	0,604	0,529	0,000	-0,53	-100 %		
Coordination chantier	1,876	5,488	0,000	-5,49	-100 %		
Aléas							
<b>TOTAL</b>	<b>19,89</b>	<b>14,42</b>	<b>0,89</b>	<b>-13,53</b>	<b>-94 %</b>		
Responsable Radioprotection :		VERHAEGUE Nathan					
Date :		13/05/2017					

Figure 8 - Tableau de synthèse de la dosimétrie collective

### II. Gestion des expositions aux rayonnements ionisants

Conformément à l'arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, le suivi dosimétrique de référence est assuré par (cf article 10) :

- Le dosimètre à lecture différé pour une exposition externe ;
- Les mesures d'anthroporadiamétrie ou analyses radiotoxicologiques pour une exposition interne.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

En parallèle, tout travailleur appelé à exécuter une opération en zone contrôlée fait l'objet, du fait de l'exposition externe, d'un suivi par dosimétrie opérationnelle (art R4451-67).

### 1. Dosimétrie passive et active

En matière d'exposition externe, le suivi dosimétrique est assuré par des mesures individuelles, appelées dosimétrie passive : Art.R.4451-65.-I. « La surveillance dosimétrique individuelle liée à l'exposition externe ou l'exposition au radon est réalisée au moyen de dosimètres à lecture différée adaptés ».

L'arrêté ministériel du 30 décembre 2004 précise, au point 3.1. de son annexe : « La surveillance individuelle de l'exposition par dosimétrie opérationnelle est mise en œuvre par le chef d'établissement, en particulier dès lors que le travailleur opère dans une zone contrôlée ».

En conséquence, pour toute activité se déroulant en zone contrôlée, le port d'un dosimètre individuel à lecture différé et d'un dosimètre à lecture immédiate sont imposés.

La technologie OSL (Optically Stimulated Luminescent) fondée sur la stimulation lumineuse permet de mesurer, a posteriori, un équivalent de rayonnements reçus (Bêta, photons et X) pour le corps entier. En parallèle, la technologie Neutrak, est conçue pour la mesure, a posteriori, d'un équivalent de rayonnements Neutrons reçus. Ce dernier peut être porté à côté du dosimètre gamma ou être intégré au même boîtier ([voir annexe 3](#)).

En complément, les plongeurs d'Onet Technologies sont en permanence équipés de dosimètres supplémentaires portés aux doigts appelés bagues dosimétriques ([voir annexe 3](#)).

Les dosimètres sont retournés mensuellement à un organisme agréé en charge du traitement et de l'analyse de ces derniers. Des rapports de contrôle sont alors émis et transmis à l'interface SISERI (Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants).

SISERI est un système de centralisation des mesures individuelles de l'exposition des travailleurs. Ce système restitue alors ces données, en accès direct par internet, aux personnes compétentes en radioprotection (PCR) et aux médecins du travail.

### 2. Tableau de Contrôle Radiologique

Le suivi dosimétrique des travaux réalisés en plongée sera assuré, en temps réel, par l'utilisation de la télé-dosimétrie d'Onet Technologies appelée TCR (Tableau de Contrôle Radiologique).

Le plongeur est équipé en permanence de 6 sondes (2 aux poignets, 2 aux pieds, 1 au torse et 1 au dos) permettant de restituer, en temps réel, les mesures d'exposition externe (DED et dose intégrée) à la surface sur un écran d'ordinateur au poste de commande.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Le déploiement massif de cet équipement sur l'ensemble des interventions subaquatiques a permis l'atteinte d'un haut niveau de suivi des expositions aux rayonnements ionisants sous eau. Une liaison phonique avec le COH permet de communiquer avec le plongeur et d'orienter sa gestuelle et sa position de travail afin d'optimiser la dosimétrie intégrée.



Figure 9 - Capture d'écran du TCR

### 3. PREVAIR

PREVAIR permet le suivi des mouvements de dose intégrés sur une IZ en cours. Ce suivi se fait dans le monde Suivi – Liste des projets et sélection d'une arborescence en cours.

Sur cet onglet, un graphe permet de suivre la tendance de prise de dose collective. Ce graphe est composé d'une courbe rouge représentant la dosimétrie collective prévue à l'EDP et une courbe bleue représentant la dosimétrie collective réalisée.



Figure 10 - Onglet de suivi d'un RTR

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Le suivi dosimétrique journalier est transmis au client quotidiennement et permet d'anticiper tout dépassement des prévisionnels dosimétriques et des seuils d'arrêt des RTR. Tout dépassement d'un seuil d'arrêt d'un RTR entrainerait sa suspension. Les agents d'Onet Technologies ne pourraient alors plus entrer en zone contrôlée et le chantier serait alors suspendu.

Le suivi de la dosimétrie individuelle est réalisé quotidiennement sur le CNPE via une extraction des mouvements en zone contrôlée puis intégrée dans le tableau de suivi dosimétrique.

Ces extractions ont également alimenté le suivi des doses individuelles. En effet, à l'issu de chaque poste de travail, une fiche de poste est transmise au chef des opérations hyperbares (COH). Cette fiche synthétise, de manière nominative, la dosimétrie absorbée (DA) sur la prestation, la limite dosimétrique (LD) accordée par la PCR (en amont de la prestation) et la dose maximale admissible (DMA) pour le reste de la prestation.

PALUEL 3		Feuille de poste du : 00/05/2018	
 <b>Recap perso</b>			
Reste <0		Reste < 0,5	Reste > 0,5
Reste >1,00			
NOM	Dose Absorbée	Limite Dosimétrique	Dose Maximale Admissible
XXXXXXXXXX XXXX	2,501	2,500	-0,001
XXXXXXXXXX XXXX	2,350	2,500	0,150
XXXXXXXXXX XXXX	2,000	2,500	0,500
VERHAEGUE NATHAN	0,050	2,500	2,450
XXXXXXXXXX XXXX	1,500	2,500	1,000
<b>TOTAL (en mSv)</b>		8,401	12,5
		4,099	

Figure 11 – Extrait fiche de poste

La DMA est alors utilisée par le COH afin de lisser les doses individuelles des différents agents présents sur le poste. En effet, le COH privilégiera, pour une plongée longue une personne dont la DMA est supérieure à 1,00 mSv. A contrario, les personnes dont la DMA est inférieure à 0,50 mSv se verront attribuer des tâches d'assistance telle que l'habillage/déshabillage du plongeur.

A la fin de la prestation, la dosimétrie minimale, moyenne et maximale par scaphandrier est ainsi présentée à l'exploitant. Tout écart significatif entre ces trois valeurs révélerait une mauvaise gestion de la dosimétrie individuelle par nos équipes.

Cet outil est ainsi essentiel au pilotage des opérations, c'est pourquoi sa construction impose une approche stricte ne laissant pas la place à l'erreur.

Etant pleinement intégré à l'équipe radioprotection, la réalisation des extractions de mouvements en zone contrôlée via PREVAIR, la mise à jour du tableau de synthèse de la dosimétrie collective (voir figure 8) et la réalisation des fiches de poste faisaient partie de mes missions journalières.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### III. Surveillance de l'évolution des conditions radiologiques

Pour toute la durée de la prestation, le technicien radioprotection est en charge d'opérer des contrôles radiologiques afin de s'assurer du respect de l'intervention vis-à-vis des dispositions précisées en phase de conception.

Pouvant évoluer tout au long de l'opération, les conditions radiologiques doivent faire l'œuvre d'un suivi strict via la réalisation de cartographies. Le rythme de réalisation des cartographies, définie dans l'analyse de poste, est le suivant :

	Cartographies de référence	Hypothèses d'établissement	Chronologie
EDPo N-1	Basée sur les cartographies fournies par le CNPE, elle permet la réalisation de la première enveloppe dosimétrique pour envoi CNPE en amont de l'intervention (arborescence PREVAIR).		Cartographies fournies en amont de l'activité, en phase de préparation de chantier
EDPo A-1	Cartographie n° 1	EIS en eau Tous tubes guides déposés Protections biologiques verrouillées	Cartographie réalisée à l'arrivée sur site pour vérification de la conformité des conditions radiologiques

Ce suivi permettra l'actualisation permanente de la cible dosimétrique suivant l'évolution des conditions radiologiques.

A l'arrivée sur site, j'ai pu réaliser la cartographie A-1 de la zone d'intervention et actualiser la cible dosimétrique. Cette cartographie a été réalisée en pendulaire depuis la passerelle MDN disposée au-dessus des EIS à l'aide d'un boîtier IF 104 associé à une sonde SHI-EM003.

La sonde SHI-EM 003 a pour avantage une large gamme de mesure ( $10\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  à  $50\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ) et une longueur de câble (25 m) permettant d'atteindre la zone d'intervention sous eau située à environ 15 mètres de la dalle piscine.



Figure 12 - Boîtier IF 104 associé à une sonde SHI-EM 003 Gamma

L'ensemble des valeurs mesurées ont par la suite été reportées sur la trame de cartographie présentée dans l'analyse de poste ([voir annexe 4](#)).

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Parallèlement, j'ai pu réaliser des contrôles de contamination surfacique tout au long de l'intervention des zones de travail (sas, poste de commande) mais aussi sur les équipements et matériels (caisse chantier, tenue de plongée) à l'aide de frottis et d'un contaminamètre portable.

En fin d'intervention, des contrôles radiologiques ont été effectués afin d'assurer la non dissémination de la contamination lors de la sortie du matériel d'intervention de zone contrôlée en vue du transport vers la base de maintenance ([voir annexe 5](#)).

### IV. Gestion des écarts

L'arrêté du 7 février 2012 définit à l'article 1<sup>er</sup>.3 la notion d'écart :

- écart : non-respect d'une exigence définie, ou non-respect d'une exigence fixée par le système de management intégré de l'exploitant susceptible d'affecter les dispositions mentionnées au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement.

En effet, la maîtrise de la radioprotection d'une opération en zone contrôlée demande que les écarts par rapport aux exigences, soient identifiés, analysés et corrigés. La reprise ou la poursuite d'une opération en zone contrôlée nécessite de corriger les écarts constatés ou de démontrer leur acceptabilité vis-à-vis du respect des principes de radioprotection (optimisation et limitation).

Un écart sera ouvert suivant les critères de déclaration des événements significatifs impliquant la radioprotection pour les INB ([voir annexe 6](#)) définies par l'ASN.

De plus, conformément au référentiel DPN, le dépassement d'un seuil d'arrêt constituera également un écart quand :

- Un écart d'au moins + 20% et + 2 H.mSv en dose collective entre la dose réalisée et la dernière cible,
- La valeur de 400 Bq/cm<sup>2</sup> est dépassée en contamination non fixée au niveau de l'interface sortie de chantier/zone de circulation pour les chantiers classés à risque de contamination.

Dans le cadre de l'intervention de remplacement des conduits thermocouples et thermocouples par scaphandriers, aucun écart n'a été déclaré.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

# RETOUR D'EXPERIENCE

---

Le retour d'expérience (REX) s'est historiquement développé à partir de l'accident de la centrale de Three Miles Island (TMI) aux Etats-Unis en 1979. Un cumul de défaillances techniques et humaines est à l'origine de cet accident. Malgré la fusion partielle du cœur du réacteur et l'important relâchement de radioactivité dans l'enceinte de confinement, les conséquences radiologiques dans l'environnement ont été minimales (cf rapport IRSN : « Accident de Three Mile Island (USA)-1979 »).

Quelques mois auparavant, un incident ayant pour origine des facteurs similaires à TMI s'était produit dans une autre centrale mais avait pu être maîtrisé par les opérateurs. L'analyse et la communication autour de cet incident aurait sans doute permis aux opérateurs de la centrale de TMI d'anticiper et d'éviter l'accident.

C'est de ce constat que la nécessité d'exploiter les incidents mineurs, précurseurs d'incidents plus graves, est devenue ainsi évidente dans le domaine du nucléaire.

Elaborer à l'issue de chaque intervention, le REX constitue avant tout un outil qui répond à des besoins opérationnels d'amélioration des pratiques managériales et techniques. Cet outil s'appuie sur un effort de mémorisation de l'expérience accumulée afin de répondre à des enjeux de production multiples :

- Détecter les signaux précurseurs des accidents ;
- Corriger des situations dangereuses ou écarts ;
- Fiabiliser les indicateurs sur l'état de la sécurité ;
- Pérenniser les bonnes pratiques ;
- Partager l'expérience acquise.

Basé sur l'exploitation des événements liés à l'intervention, la construction du REX impose le respect d'une démarche organisée et systémique. La méthodologie d'élaboration du REX doit être définie en phase de conception afin d'assurer le déploiement des bonnes pratiques de recueil des données relatives à l'intervention en phase de réalisation.

Le REX de l'intervention de remplacement des conduits thermocouples et thermocouples intègre également un bilan complet de la radioprotection. Le bilan radioprotection de l'intervention est constitué par la mise en forme des éléments collectés en phase de préparation et de réalisation.

Ma dernière mission, dans le cadre de cette intervention, a été de recueillir, analyser et mettre en forme l'ensemble des données relatives à la radioprotection.

On retrouve parmi ces éléments :

- Les données collectées en phase de conception :

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

- Contexte radiologique N-1 (DED) ;
- L'évaluation dosimétrique prévisionnelle N-1 ;
- Moyens d'optimisation de la radioprotection au poste de travail ;
- Les données collectées en phase de réalisation :
    - Cartographies radiologiques, permettant d'actualiser dans un premier temps la cible dosimétrique et d'évaluer, dans un second temps, l'impact associé au déploiement des actions d'optimisation ;
    - Identification et traitement des écarts ou situations dangereuses rencontrées pendant l'intervention et qui ont influencés la radioprotection ;
    - Analyse des réactualisations.

La réalisation de ce bilan radioprotection nous a permis de mettre en évidence l'évolution des DED en comparaison avec les données N-1 :

	DED N-1	DED A-1	DELTA
Z2	0,005	0,015	+200%
Z3	0,015	0,025	+67%
Z4	2,730	1,100	-60%
Z5	1,092	0,400	-64%
Z6	0,273	0,150	-45%

Ces données révèlent une évolution défavorable des conditions radiologiques en air, et notamment au niveau de la zone d'intervention Z2 (+200%) et de la zone Z3 (+67%). Cependant, les conditions radiologiques sous eau correspondants aux zones d'intervention Z4/Z5 et Z6 étaient plus favorable en comparaison avec les données N-1.

L'analyse de la dosimétrie réalisée pour la prestation révèle également un écart significatif par rapport à l'EDPo A1 (environ -41%).

TABLEAU DE SYNTHESE	EDPo N-1 (H.mSv)	EDPo-A1 (H.mSv)	Réalisé (H.mSv)	Ecart (H.mSv)	Ecart (%)
Installation et mobilisation du matériel	0,875	1,125			%
Intervention en zone centrale	10,224	4,274			%
Intervention en zone attenante aux colonnes	5,160	2,380			%
Pigeage SS 810	0,191	0,105			%
Pose des nouvelles potences	0,956	0,525			%
Finalisation des travaux/Démobilisation	0,604	0,529			%
Coordination chantier	1,876	5,488			%
Aléas					
<b>TOTAL</b>	<b>19,89</b>	<b>14,42</b>	<b>8,45</b>	<b>-5,98</b>	<b>-41 %</b>

Figure 13 - Tableau de synthèse des cibles dosimétriques prévisionnelle et réalisée

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Bien que cet écart soit positif pour la prestation (la dosimétrie intégrée est très inférieure à la valeur de l'EDP-A1), il aurait été préférable d'éviter, par l'actualisation de l'EDP A1 en fonction du réalisé à mi chantier, un écart aussi important.

Par ailleurs, deux déclenchements au portique C2 ont été relevés durant la prestation. Ces écarts ont tous deux concernés la détection d'une contamination corporelle par le portique C2. Le CNPE possède plusieurs portiques de détection de la contamination suivant le processus de sortie de zone contrôlée et de déshabillage (voir figure 14 ci-dessous).



Figure 14 - Appareils de détection de la contamination

Ces écarts ont fait l'objet, dans le bilan radioprotection, d'une analyse approfondie permettant de mettre en avant les causes, conséquences potentielles et mesures correctrices engagées :

Cas n°	Causes	Conséquences	Mesures correctrices
1	Rupture d'un gant durant une plongée	Contamination de la main droite du plongeur (200Bq) et passage à l'infirmerie	Pose de bouchons de protection sur les éléments identifiés à risque de coupures
2	Manipulation de flexibles humides	Contamination des mains du technicien de maintenance (50 Bq)	Sensibilisation des agents en charge de la démobilisation du matériel sur la nécessité de sécher le matériel immergé avant manipulation

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Une fois finalisé, le bilan radioprotection a été intégré dans un chapitre spécifique du Rapport de fin d'intervention (RFI) et transmis au donneur d'ordre et à l'exploitant.

Enfin, l'enjeu du REX étant avant tout d'être partagé vers ceux à qui cette connaissance est utile, le bilan radioprotection a été diffusé aux collaborateurs internes à l'entreprise mais également aux partenaires externes d'Onet Technologies (voir figure 15 ci-dessous).

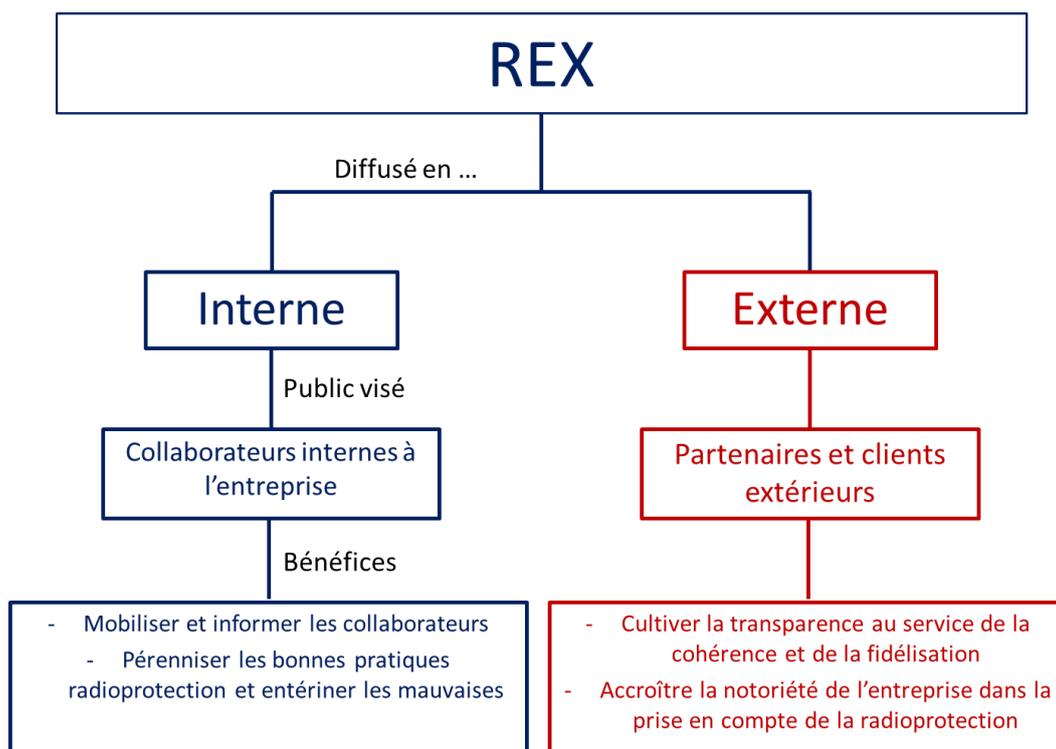


Figure 15 - Schéma de communication du REX

## AUTRES MISSIONS

---

Cette dernière partie s'attache à décrire ma participation active à la vie de la cellule 2SR. J'ai réalisé de nombreuses missions dont trois prépondérantes sur le recueil de données d'entrée radioprotection dans le cadre de réponse à appel d'offre, des déplacements professionnels dans le cadre de diverses missions et l'élaboration et la rédaction de fiches locales d'utilisation de produits chimiques.

### I. Recueil de données d'entrée radioprotection

Dans le cadre de réponses à appels d'offre, la construction des études de conception nécessite la fourniture de données radiologiques. De manière générique, ces données sont fournies dans le cahier des charges transmis lors de la réunion d'enclenchement des affaires.

La fourniture de données radiologique, en particulier les débits d'équivalent de dose dans les locaux, est fondamental pour le calcul du prévisionnelle dosimétrique collectif.

Cependant, ces données peuvent parfois être incomplètes ou insuffisantes et nécessite la fourniture de compléments. Afin fournir ces compléments, EDF a développé et met à disposition de ses prestataires des outils d'aide :

- **VVProPrépa : une visite virtuelle pour préparer une opération de maintenance**



VVProPrépa, « décrit comme le Google Street View de la centrale », est un logiciel conçu par la R&D d'EDF. Grâce à la réalisation de milliers de prises de vues numérisées, cet outil permet aux utilisateurs de se déplacer virtuellement dans le bâtiment réacteur, d'inspecter les étiquettes de matériels, de mesurer des distances et calculer des itinéraires.

VVProPrépa est perçue comme une réelle avancée technologique car il permet l'acquisition d'une connaissance fine du terrain tout en étant à distance et en limitant l'exposition des agents aux rayonnements ionisants.

J'ai pu, lors de mon alternance, m'appuyer sur l'interface VVPro Prépa afin d'obtenir des compléments d'information (éléments environnants dans la zone d'intervention, trajets, ...) pour la construction de note radioprotection pour une intervention confidentielle.

- **CARTORAD**



CARTORAD est une application informatique du système d'information EDF permettant le stockage et le partage de cartographies radiologiques.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Cet outil permet de visualiser l'évolution des conditions radiologiques d'un local grâce à la mise à disposition des dernières mesures radiologiques (cartographies) réalisées par EDF lors des différents arrêts. CARTORAD a également été essentiel pendant mes deux années d'alternance. Cet outil m'a permis d'obtenir des données radiologiques de déduire des contextes radiologiques de référence pour des locaux ciblés sur la totalité du parc EDF.

## II. Déplacements professionnels

Ces deux années d'alternance ont été ponctués par des déplacements professionnels dans toute la France et ceux, pour des missions différentes :

» **Antenne de Vénissieux (Rhône) – 1 semaine** (Novembre 2016) dans le cadre de l'élaboration du dossier d'autorisation de détention et d'utilisation d'appareils de gammagraphie industrielle. L'enjeu de ce déplacement était de vérifier, au travers d'essais et de mesures radiologiques, la conformité des installations (bunker de tirs radiographiques) vis-à-vis des règles de conception et d'exploitation des installations où sont utilisées des sources de rayonnements ionisants.

» **LINER PAL2 – 2 semaines** (Mars 2017) au sein de la centrale de PALUEL (Seine-Maritime) dans le cadre de l'intervention de remise en conformité des installations suite à la chute d'un générateur de vapeurs lors de sa manutention. Ce second déplacement fut mon premier déplacement en qualité de technicien radioprotection. J'ai pu découvrir, tout au long de ces deux semaines d'apprentissage, les rudiments de la fonction de technicien radioprotection pour une intervention en zone contrôlée. Ce déplacement m'a permis de découvrir les tâches associés à la fonction de suivi des expositions aux rayonnements ionisants. Ce premier déplacement m'a également permis d'effectuer ma première cartographie dans des conditions hors normes, à savoir en fond de piscine près de la cuve du réacteur.

» **RCTC PAL 3 – 2 semaines** (Mai 2017) au sein du CNPE de PALUEL dans le cadre de l'opération RCTC. Impatient de découvrir les résultats, sur site, des études menées quelques mois auparavant, j'ai pu manager tout au long de l'intervention les aspects radioprotection et sécurité.

» **TDG RIC BLA 4 – 8 semaines** (Juillet-Août 2017) au sein du CNPE de BLAYAIS (Gironde) dans le cadre du chantier de remise en conformité des tubes de guidages du système d'instrumentation du cœur du réacteur. Immérgé pendant 8 semaines sur le CNPE de BLAYAIS, ce déplacement m'a amené à assumer l'ensemble des fonctions associées à la conduite d'un chantier et parfaire mes connaissances et aiguiser ma capacité d'adaptation face aux nombreux problèmes rencontrés lors de cette opération (évolutions très négatives des conditions radiologiques, arrêt du chantier, durée de chantier étendue...)

» **TDG CHIB4 – 2 semaines** (Avril 2018) au sein du CNPE de CHINON (Indre-et-Loire) dans le cadre d'une intervention TDG RIC. Déployé afin de renforcer et alléger l'agent en charge de la radioprotection sur place.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### III. Elaboration et rédaction de Fiches Locales d'Utilisation de produits chimiques

Conformément à l'Art R.4412-39 du Code du travail relatif aux règles générales de prévention des risques dus aux agents chimiques « l'employeur établit une notice, dénommée notice de poste, pour chaque poste de travail ou situation de travail exposant les travailleurs à des agents chimiques dangereux. Cette notice est destinée à informer les travailleurs des risques auxquels leur travail peut les exposer et de dispositions prises pour les éviter ».

Au vu des activités sur des installations principalement nucléaires, les salariés d'Onet Technologies sont exposés à des risques plus ou moins importants nécessitant une évaluation et une maîtrise de ces derniers. C'est dans cette optique et dans un souci d'optimisation d'analyse qu'Onet Technologies a mandaté la Cellule 2SR afin de développer et concevoir un plan d'action pour la maîtrise du risque chimique.

La notice rappelle les règles d'hygiène applicables de même que, le cas échéant, les consignes relatives à l'emploi d'équipements de protection collectif ou individuel. Ces règles prennent en compte la nature des agents chimiques et leur dangerosité, d'où découlent les risques pour la santé ou la sécurité des travailleurs, ainsi que les situations de travail. Pour savoir quelles règles appliquer dès lors qu'il existe un risque d'exposition à un produit chimique, il est nécessaire d'identifier l'agent chimique, cette distinction repose sur les règles européennes de classification et d'étiquetage.

Le règlement CLP définit les règles européennes de classification, d'étiquetage et d'emballage des produits chimiques. Dans le cadre d'une harmonisation mondiale, il permet de mettre en application en Europe un système élaboré au niveau international nommé SGH. Depuis le 1<sup>er</sup> Juin 2015, le règlement CLP a progressivement remplacé et abrogé la Directive 67/548/CEE. Les différences entre les 2 systèmes réglementaires sont diverses. Elles concernent notamment la terminologie, la définition des dangers, les critères de classification et les éléments de communication figurant sur les étiquettes (pictogrammes).



La première étape de cette étude consiste à procéder à un inventaire exhaustif de tous les produits chimiques utilisés sur le périmètre d'Onet Technologies, à savoir le siège social et son atelier, les antennes d'Istres, de Saint-Paul-Trois-Châteaux et de Vénissieux et leurs ateliers, les industries privées (pôles pétrochimiques, industries lourdes, CNPE...)

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Cet inventaire sera l'outil de pilotage essentiel de cette étude. Le résultat de l'inventaire a été consigné dans un tableur Excel comprenant des critères de classifications (nom du produit, fournisseur, date de création de la notice de poste, ...) Ce tableur à l'avantage de mettre en exergue l'absence ou l'obsolescence de documents nécessaires à l'étude de rédaction des notices d'utilisation de produits chimiques (règles de surbrillance).

Les textes réglementaires définissent un cadre général, sans donner plus de précision quant à l'élaboration ou à la nomenclature a donné à ce document. Dans notre cas la nomenclature retenue est « Fiche Locale d'Utilisation » (FLU) dans un souci de clarté avec les collaborateurs habitués à la nomenclature EDF.

La notice d'utilisation doit aussi être claire, lisible et accessible à tous avec un aspect esthétique convivial. Les informations présentées seront synthétisées sur une seule page Recto. Les pictogrammes utilisés sont exclusivement tirés de l'arrêté du 4 novembre 1993 et du règlement n°1272/2008 CLP. Le choix des couleurs a été appuyé sur une étude sur la « psychologie de la couleur dans le marketing », assurant la concordance du thème et sa couleur associée. Le rouge notamment illustre l'urgence de passer à l'action, il est donc naturellement utilisé dans la partie lutte contre l'incendie. Le bleu crée la sensation de sécurité et de confiance, on le trouvera en conséquence dans la section Protection individuelle ou dans les pictogrammes d'obligation.

Une fois la trame créée ([voir annexe 7](#) et [8](#)), l'étape finale de ma mission a été la rédaction des quelques 150 FLU. Le cycle de production de la FLU est séquencé en 4 étapes :

- 1ère étape : Réunir l'ensemble des documents nécessaire à la rédaction : Trame FLU Vierge 2016, Fiche de Données de Sécurité (dernière version en vigueur), Aide remplissage et recueil des pictogrammes et mentions de dangers associés.
- 2ème étape : Rédiger la FLU en respectant l'aide remplissage.
- 3ème étape : Soumettre la FLU à un circuit de validation (l'ordre n'est pas fixé) : visa du secrétaire du CHSCT, signature du directeur ou directeur adjoint et envoi pour information à la médecine du travail.
- 4ème étape : Scanner et archiver la FLU dans le classeur regroupant toutes les FLU du périmètre d'Onet Technologies.

Enfin, dans un souci d'optimisation de la gestion documentaire, un pôle informatique a été créé au sein de l'espace intranet de l'entreprise. Ce pôle réunit l'ensemble des documents nécessaires à la maîtrise du risque chimique comme les fiches locales d'utilisation et les fiches de données de sécurité. Ce pôle rassemble également les documents d'aide à la rédaction des fiches locales d'utilisation ainsi que l'inventaire réalisé. Le pôle réunit aujourd'hui un volume de près de 500 documents. Cette mission n'est cependant jamais réellement terminée. En effet la mise à jour régulière des FDS des produits utilisés nécessite la mise à jour des fiches locales d'utilisation.

## **CONCLUSION**

---

L'ensemble des objectifs fixés, à savoir :

- La conduite des études radioprotection en phase de conception,
- La gestion des expositions aux rayonnements ionisants en phase réalisation,
- La rédaction du retour d'expérience à l'issue de l'intervention,

ont été atteints tout en respectant les cadences et les délais fixés.

Les études menées en phase de conception ont permis la construction des livrables contractuels exigés, à savoir la note d'analyse de poste radioprotection et la procédure radioprotection. Ces livrables ont fait l'objet d'une validation « Bon pour exécution » (BPE) de la part de l'exploitant, permettant le déclenchement des périodes d'aguerrissement et de qualification des scaphandriers au CETIC et la réalisation de l'intervention.

La gestion des expositions aux rayonnements ionisants, en phase réalisation de l'intervention, a permis le maintien des opérations à un haut niveau de maîtrise des risques radiologiques. D'autre part, aucun écart majeur n'a été rencontré lors de l'intervention.

L'élaboration du bilan radioprotection à l'issue de l'intervention a permis de mémoriser et synthétiser l'ensemble des données relatives à la radioprotection. L'analyse des signaux précurseurs d'accident a permis de corriger des situations dangereuses. Enfin, la comparaison des écarts entre dosimétrie réalisée et prévisionnelle a mis en évidence la nécessité d'actualiser la cible dosimétrique collective à mi chantier.

Au titre de la surveillance exercée par l'exploitant, EDF évalue la qualité de la prestation fournie via la « Fiche d'évaluation de la prestation » (FEP). Dans le cadre de l'intervention par scaphandriers, Onet Technologies a reçu la note maximale. En parallèle, le chapitre de la FEP relatif à la maîtrise des risques radiologiques a révélé une appréciation générale très satisfaisante avec la meilleure appréciation (note A).

La réussite de l'intervention a même poussé EDF à pérenniser l'utilisation des scaphandriers d'Onet Technologies dans le remplacement massif des conduits thermocouples et thermocouples sur d'autres tranches.

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### BILAN PERSONNEL

---

Sur le plan professionnel, les objectifs qui m'ont été confiés ont permis de tester mon aptitude à travailler en autonomie et être proactif.

Mon bilan suite à ces deux années est très satisfaisant au vu de la réalisation de mes missions mais également sur les connaissances acquises.

Le très bon compromis de l'apprentissage qui allie formation théorique universitaire et immersion professionnelle m'a permis d'acquérir une solide expérience professionnelle et de consolider mes connaissances dans les domaines Q.H.S.E.

Novice dans le domaine de la maintenance nucléaire, ces deux années d'alternance au sein de l'entreprise Onet Technologies CN m'ont permis de découvrir l'organisation et les métiers caractéristiques à cette filière.

En parallèle, j'ai pu mettre à profit une grande partie des connaissances théoriques acquises au sein du master IS-PRNT au service des missions confiées.

Enfin, je remercie le master IS-PRNT pour m'avoir permis d'obtenir la certification Personne Compétente en Radioprotection (PCR) niveau III option réacteurs nucléaires (RN), sans laquelle il ne m'aurait pas été permis de mener mes missions.

Des perspectives ont vu le jour à l'issue de l'intervention de remplacement des conduits thermocouples et thermocouples par scaphandriers. En effet, mon intérêt se porte maintenant sur le lancement des études de conception « tous paliers », avec comme base de réflexion le retour d'expérience accumulé sur PALUEL.

Enfin, grâce aux nombreux déplacements effectués et à la bienveillance des collaborateurs appartenant à la cellule 2SR, je ne cesse continuellement d'apprendre et de développer ma culture en radioprotection et sécurité.

J'ai eu une grande satisfaction à travailler à plusieurs reprises avec les plongeurs d'Onet Technologies.

## BIBLIOGRAPHIE

---

### Documents EDF :

- CSCT mise en œuvre de l'opération de remplacement des TC et conduits de TC paliers 1300 MWE ;
- Cahier des clauses techniques pour les interventions de maintenance et spécifications générales de radioprotection pour les modifications (CCTG SGRP) ;
- Guides pratiques pour la mise en œuvre du CCTG RP :
  - GUIDE PRATIQUE D'ANALYSE DE RISQUE RADIOLOGIQUE "GUIDE AD2R",
  - Guide méthodologique pour la mise en œuvre de la démarche d'optimisation de la radioprotection au poste de travail, cas de l'exposition externe corps entier,
  - Guide de suivi de la radioprotection.

### Documents Onet Technologies :

- Planning intervention RCTC 1300 MW ;
- Note d'analyse de risque ;
- Procédure radioprotection ;
- Procédure générale d'intervention ;
- Manuel de Management de la Radioprotection ;

### Documents réglementaires :

- Code du travail titre V du livre IV de la IVème partie ;
- Code de la santé publique, titre III du livre III de la Ière partie ;
- Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux INB ;
- Décret 2002/460 du 4 avril 2002, relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants ;
- Le décret 2003/296 du 31 mars 2003, relatif aux limites d'exposition des travailleurs ;
- Arrêté du 15 mai 2006, relatif au zonage radioprotection.

## ANNEXES

---

### SOMMAIRE

#### ANNEXES

- [Annexe 1 : Zoom sur les interventions « réacteurs » d'Onet Technologies](#)
- [Annexe 2 : Schéma de fonctionnement d'un réacteur à eau pressurisée](#)
- [Annexe 3 : Dosimètres passifs \(technologie OSL\), Neutrak et bagues dosimétriques](#)
- [Annexe 4 : Trame de cartographie utilisée durant le chantier RCTC](#)
- [Annexe 5 : Rapport de contrôle systématique avant expédition de conteneurs](#)
- [Annexe 6 : Critères de déclaration d'un événement significatif pour la radioprotection](#)
- [Annexe 7 : Trame de Fiche locale d'utilisation \(FLU\) \(RECTO\)](#)
- [Annexe 8 : Trame de Fiche locale d'utilisation \(FLU\) \(VERSO\)](#)

#### Figures

- [Figure 1](#) : Architecture du groupe Onet
- [Figure 2](#) : Elaboration de la doctrine radioprotection
- [Figure 3](#) : Place des différents guides pratiques pour la mise en œuvre du CCTG RP
- [Figure 4](#) : Evolution du chiffre d'affaire d'Onet Technologies
- [Figure 5](#) : Résultats note de calcul radioprotection
- [Figure 6](#) : Plateforme plongeur
- [Figure 7](#) : Fiche individuelle à présenter en entrée de zone
- [Figure 8](#) : Tableau de synthèse de la dosimétrie collective
- [Figure 9](#) : Capture d'écran du Tableau de contrôle radiologique (TCR)
- [Figure 10](#) : Onglet Suivi d'un régime de travail radiologique (RTR)
- [Figure 11](#) : Extrait fiche de poste
- [Figure 12](#) : Boîtier IF 104 associée à une sonde SHI-EM 003
- [Figure 13](#) : Tableau de synthèse des cibles dosimétriques prévisionnelle et réalisée
- [Figure 14](#) : Appareils de détection de la contamination
- [Figure 15](#) : Schéma de communication du retour d'expérience

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

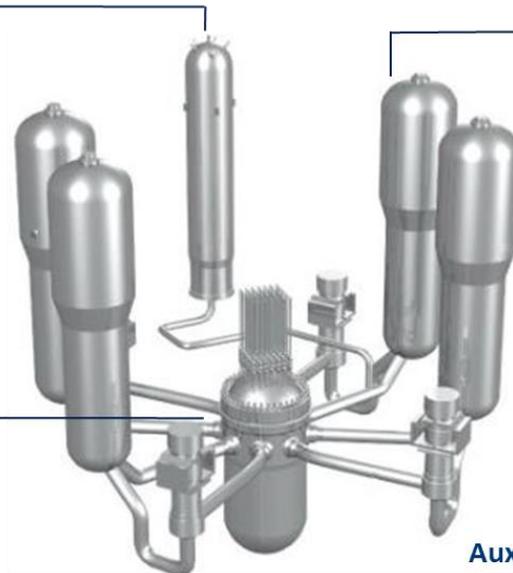
### Annexe 1 : Zoom sur les interventions « réacteurs » d'Onet Technologies

#### Pressuriseur

- Remplacement cannes chauffantes
- Décontamination liaison bimétallique
- Contrôle radiographique dit « optimisé » du fond de pressuriseur
- Inspection par ultrasons et radiographie des soudures

#### Cuve et boucles primaires

- Maintenance de l'instrumentation du cœur
- Inspection télévisuelle des pénétrations de fond de cuve
- Inspection télévisuelle des mécanismes de commande de grappe
- Inspection télévisuelle du joint canopy
- Inspection télévisuelle du combustible
- Assistance télévisuelle à l'ouverture/fermeture et au chargement/déchargement



#### Générateur Vapeur

- Lançage et inspection télévisuelle de la plaque de répartition
- Inspection télévisuelle des blocs support de jupe
- Récupération des corps migrants
- Inspection par ultrasons et radiographie des soudures

#### Turbine

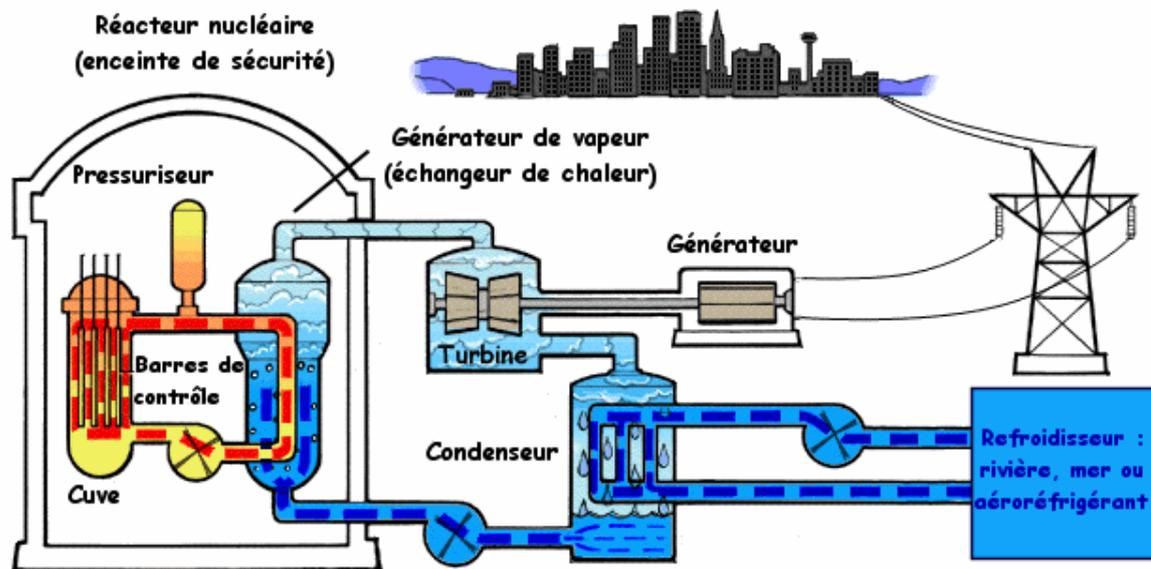
- Inspection automatisée par ultrasons des arbres et rotors BP

#### Auxiliaires

- Remplacement des filtres Puisards RIS/EAS
- Modification tampon matériel
- Remplacement des boîtes à eau des échangeurs RRA
- Contrôles non destructifs

MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Annexe 2 : Schéma de fonctionnement d'un réacteur à eau pressurisée



Annexe 3 : Dosimètres passifs rayonnements Bêta, gamma et X avec dosimètre neutrons Neutrak-T intégré au boîtier (à gauche), dosimètre neutrons Neutrak-T seul (centre) et bagues dosimétriques rayonnements Bêta, gamma et X



MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Annexe 4 : Trame de cartographie utilisée durant le chantier RCTC

	<b>REEMPLACEMENT DES CONDUITS TC ET TC</b>		SITE	PALUEL
			TRANCHE	3
			Type d'arrêt	VD
CARTOGRAPHIE N° <input style="width: 50px;" type="text"/>		Page <input style="width: 50px;" type="text"/> / <input style="width: 50px;" type="text"/>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>SAS PLONGEUR</b></p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">PC COH</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Z2 = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h</div> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Z3 = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h</div> </div>				
<b>Z4</b> (altimétrie PSTG + 60cm)	<b>Z5</b> (altimétrie PSTG + 90cm)	<b>Z6</b> (altimétrie PSTG + 120cm)		
A = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	A = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	A = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h		
B = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	B = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	B = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h		
C = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	C = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	C = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h		
D = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	D = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	D = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h		
E = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	E = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	E = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h		
Moyenne = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	Moyenne = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h	Moyenne = <input style="width: 50px;" type="text"/> mSv/h		
Protections biologiques en place : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non				
UNITES DE MESURE:		CONTAMINATION en Bq/cm <sup>2</sup>		DED en mSv/h
Appareil utilisé	Date	Heure	Opérateur	Vérificateur
Sonde :			Nom :	Nom :
N° :			Dose en mSv :	Nom :
Vérif :			Visa :	Visa :
			Visa :	Visa :

**MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES**

Annexe 5 : Rapport de contrôle systématique avant expédition de conteneurs



36 Bd de l'Océan - B.P. 137 - 13273 MARSEILLE Cedex 09  
Tél : +33 4 91 29 13 00 - Fax : +33 4 91 25 30 39

**RAPPORT DE CONTRÔLE**  
**Systématique Avant Expédition ou Entreposage des Conteneurs**

---

REFERENCE DOCUMENT : Page : 1/2

**1. IDENTIFICATION DU CONTENEUR :**

Modèle Conteneur :	20' <input type="checkbox"/>	10' <input type="checkbox"/>	LP55 <input type="checkbox"/>	MP34 <input type="checkbox"/>	Autre : <input type="text"/>
N Conteneur :	<input type="text"/>		N° de série :	<input type="text"/>	
Lieu du Contrôle :	BCOT <input type="checkbox"/>	Autre : <input type="text"/>			

**2. CONTRÔLE SYSTEMATIQUE Avant Chargement pour Expédition :**

✓ **Bon état suite à vérifications visuelles :**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marquage N° Conteneur <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- CSC Valide (Date : <input type="text"/>) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Marquage "TYPE A" ou "TYPE IP2" <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Portes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Joints de portes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Charpente <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Enveloppe (pas de perforations, ...) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Aspect extérieur (peinture,...) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> </ul>	<b>O N SO</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfourchement <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Points de levage (coins ISO, ...) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Toit amovible <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Joint du toit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Anneaux de levage du toit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Aspect intérieur (saillies, peinture,...) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Points d'arrimage intérieur <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Sangles d'arrimage <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> </ul>	<b>O N SO</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
--	---	---	---

✓ **Bon fonctionnement :**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verrouillage du toit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> </ul>	<b>O N SO</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verrouillage des portes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> </ul>	<b>O N SO</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
---	---	--	---

Observations :

Nom du Contrôleur :  Date :  Visa :

**3. CONTRÔLE SYSTEMATIQUE Après Chargement pour Expédition :**

Chargement suivant plan de colisage référence :

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Photos réalisées pour chaque rangée arrimée <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> <li>- Arrimage du matériel correct <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> </ul>	<b>O N</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <b>O N</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Charge répartie au centre de gravité <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></li> </ul>	<b>O N</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
---	--	--	---

Observations :

Nom du Contrôleur :  Date :  Visa :

**4. CONCLUSIONS :**

<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Le conteneur désigné ci-dessus est considéré :</li> <li>✓ Le chargement du conteneur ci-dessus est considéré :</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conforme <input type="checkbox"/></li> <li>Non Conforme <input type="checkbox"/> -&gt; FNC N° <input type="text"/></li> <li>Conforme <input type="checkbox"/></li> <li>Non Conforme <input type="checkbox"/> -&gt; FNC N° <input type="text"/></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nom du Vérificateur : <input type="text"/></li> <li>Date : <input type="text"/></li> <li>Visa : <input type="text"/></li> </ul>
--	--	--

Diffusion : Responsable Logistique Onet Technologies CN/BCOT - RI  
 Propriété d'Onet Technologies CN. Reproduction ou exploitation interdite sans notre autorisation préalable écrite. AQ295 Ind. 1

## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### Annexe 6 : Critères de déclaration d'un événement significatif pour la radioprotection



### Les dix critères de déclaration des événements significatifs en radioprotection (ESR)

ESR 1	Dépassement d'une limite de dose individuelle annuelle réglementaire ou situation imprévue qui aurait pu entraîner, dans des conditions représentatives et vraisemblables, le dépassement d'une limite de dose individuelle annuelle réglementaire, quel que soit le type d'exposition (ce critère inclut les cas de contamination corporelle)
ESR 2	Situation imprévue ayant entraîné le dépassement du quart d'une limite de dose individuelle annuelle réglementaire, quel que soit le type d'exposition (ce critère inclut les cas de contamination corporelle)
ESR 3	Tout écart significatif concernant la propreté radiologique, notamment les sources de contamination hors zone contrôlée supérieures à 1 MBq ou une contamination vestimentaire supérieure à 10 kBq détectée au portique C3 ou lors d'anthroporadiométrie.
ESR 4	Toute activité ( opération, travail, modification, contrôle...) notable, comportant un risque radiologique, réalisée sans une analyse de radioprotection (justification, optimisation, limitation) ou sans prise en compte exhaustive de cette analyse.
ESR 5	Action ou tentative d'action de malveillance susceptible d'affecter la protection des travailleurs ou des personnes du public contre les rayonnements ionisants.
ESR 6	Situation anormale affectant une source scellée ou non scellée d'activité supérieure aux seuils d'exemption.
ESR 7	Défaut de signalisation ou non-respect des conditions techniques d'accès ou de séjour dans une zone spécialement réglementée ou interdite (zone orange ou rouge et zone d'opération d'un tir gammagraphique). 7a Défauts de balisage et de signalétique 7b Autres écarts
ESR 8	Défaillance non compensée des systèmes de surveillance radiologique assurant la protection collective des personnels présents.
ESR 9	Dépassement de plus d'un mois de la périodicité de contrôle d'un appareil de surveillance radiologique, s'il s'agit d'un appareil de surveillance collective permanente (périodicité réglementaire de un mois), de plus de trois mois s'il s'agit d'un autre type d'appareil (lorsque la périodicité de vérification prévue dans les RGE est comprise entre 12 et 18 mois).
ESR 10	Tout autre écart significatif pour l'ASN ou l'exploitant

MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Annexe 7 : Trame de Fiche locale d'utilisation (RECTO)

COMEX NUCLEAIRE		FICHE LOCALE D'UTILISATION		ONET TECHNOLOGIES	
NOM COMMERCIAL	URKI-LOW 1455 Beige	Date révision FDS	19/05/2015		
Fabricants ou Fournisseurs	BERNARDO ECENARRO S.A.	Numéro d'appel d'urgence	01.40.05.48.48 (centre anti poison Paris) +34 943742800 (8:00-13:00 -- 14:30-17:30)		
Famille	Mastic	Utilisation spécifique :			
Dénomination	URKI-LOW 1455 Beige				
Symboles de dangers (règlement CLP)					
Mention d'avertissement	<input type="checkbox"/> ATTENTION <input checked="" type="checkbox"/> DANGER				
Mention de danger	<b>H319</b> : Provoque une sévère irritation des yeux <b>H226</b> : liquide et vapeurs inflammables <b>H361</b> : Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus <b>H315</b> : Provoque une irritation cutanée <b>H317</b> : Peut provoquer une allergie cutanée <b>H372</b> : Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou prolongées.				
Conseil de prudence	<b>P210</b> : Tenir à l'écart de la chaleur, surfaces chaudes, étincelles, flammes nues et toute autre source d'inflammation. Ne pas fumer <b>P260</b> : Ne pas respirer les poussières/vapeurs/fumées/gaz/brouillards/aérosols <b>P280</b> : Porter des gants de protection/vêtements de protection/équipement de protection des yeux/du visage <b>P303+P361+P353</b> : En cas de contact avec la peau (ou les cheveux) : Enlever immédiatement tous les vêtements contaminés. Rincer la peau à l'eau/se doucher <b>P304+P340</b> : En cas d'inhalation : transporter la personne à l'extérieur et la maintenir dans une position où elle peut confortablement respirer <b>P305+P351+P338</b> : En cas de contact avec les yeux : rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer <b>P501</b>				
MANIPULATION DU PRODUIT					
Prévention des incendies	Non inflammable dans des conditions normales de stockage/manipulation/d'utilisation. Transvaser lentement pour éviter de causer des décharges électrostatiques affectant les produits inflammables.				
Mesures générales d'hygiène	Ne pas manger, boire et fumer dans les zones de travail, se laver les mains après chaque utilisation, enlever les vêtements et l'équipement de protection contaminés avant d'entrer dans une zone de restauration.				
Protections collectives	Extraction localisée afin de ne pas dépasser les limites d'expositions. Utiliser des protections individuelles certifiées « CE ». Respecter les indications formulées dans la brochure d'information du fournisseur des EPI. Limiter le transvasement manuel à de petites quantités. Installer des douches d'urgence et rince-œil à proximité des postes de travail. Disposer de matériel absorbant à proximité du produit.				
Protections individuelles	Protection des mains	Gants de protection chimique, non jetable			
	Protection des yeux	Ecran facial en cas de risque d'éclaboussures (nettoyer quotidiennement et désinfecter régulièrement).			
	Protection du corps	Vêtement de protection en cas de risques chimiques : antistatiques et ignifugé. Chaussures de sécurité contre tout risque chimique à propriétés antistatiques et résistant à la chaleur.			
	Protection respiratoire	Masque auto filtrant contre les gaz et vapeurs (NF EN405) + A1.			
URGENCE / PREMIERS SECOURS - 18					
Ingestion	Ne pas faire vomir. EN cas de vomissement, maintenir la tête penchée en avant pour éviter toute aspiration. Maintenir la personne affectée au repos. Rincer la bouche et la gorge, vu qu'il est possible qu'elles aient été touchées lors de l'ingestion.				
Inhalation	Retirer la personne affectée de la zone d'exposition et lui fournir de l'air frais. Demander des soins médicaux si les symptômes s'aggravent ou persistent.				
Contact avec la peau	Enlever les vêtements et les chaussures contaminés, rincer la peau ou faire prendre une douche à la personne affectée, si besoin avec de l'eau froide en abondance et un savon neutre. En cas d'affection importante, consulter un médecin.				
Contact avec les yeux	Rincer les yeux à l'eau pendant 15min. Si la personne accidentée utilise des lentilles de contact, lui enlever à condition qu'elles ne soient pas collées aux yeux. Dans tous les cas et après nettoyage, consulter un médecin le plus rapidement possible muni de la FDS.				
En cas de déversement accidentel	Isoler les fuites si cela est sans danger. Porter un équipement de protection. Evacuer la zone et maintenir éloignées les personnes sans protection. Eviter tout déversement du produit en milieu aquatique. Sinon, le notifier à l'autorité compétente. Conserver dans des récipients hermétiques. Absorber à l'aide d'un absorbant non combustible inerte et le mettre en lieu sûr.				
En cas d'incendie	Utiliser : poudres polyvalentes ABC. Ne pas utiliser de jets d'eau. Produits de décomposition toxiques. Porter un équipement de protection intégrale et un équipement respiratoire. Disposer d'un minimum d'installations d'urgence ou d'éléments d'intervention. Intervenir conformément au Plan d'Urgences Intérieur (PUI) et aux FDS. Supprimer toute source d'ignition. Refroidir les récipients et réservoirs susceptible de s'enflammer et d'exploser. Eviter les déversements des eaux d'extinction en milieu aquatique.				
STOCKAGE / ELIMINATION					
Stockage	Stocker en respectant les températures minimales 5°C et maximale 30°C. Durée maximale 12mois. Eviter toutes sources de chaleur, radiation, électricité statique et tout contact avec des aliments.				
Elimination des déchets	Consulter le responsable des déchets compétents en matière d'évaluation et d'élimination. Si l'emballage entre en contact avec le produit, traiter l'emballage comme le produit. Ne pas déverser dans les égouts et cours d'eau.				
SANTÉ AU TRAVAIL					
Médecin du travail	Téléphone	Transmis pour information le		Transmis pour information par	
Dr Emma PORTAL	04.91.53.25.85	15/03/16			
Dr Dorothée CLAUDE	04.42.06.21.66				
Dr Colette RONAN	04.75.04.30.55				
Présenté au CHSCT le	16.03.2016	Visa CHSCT			
AUTORISATION DE L'EMPLOYEUR					
Directeur / Directeur-adjoint	Eléments ayant motivé cette décision :			Date :	Visa :
Nom : COUSANCA	Analyse des FDS, Conditions d'intervention sur chantier, Fiches de d'exposition.				

MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

Annexe 8: Trame de Fiche locale d'utilisation (FLU) (VERSO)



FICHE LOCALE D'UTILISATION



URKI-LOW 1455 Beige

RISQUES

Toxique, irritant, sensibilisant



Inflammable



Reprotoxique



PROTECTIONS INDIVIDUELLES

Gants de protection chimique



Ecran facial en cas de risque d'éclaboussures



Vêtements antistatiques et ignifugé + chaussures de sécurité antistatiques et résistant à la chaleur



Masque auto filtrant contre les vapeurs et gaz (NF EN405) + A1



PREMIERS SECOURS



**Ingestion** : Ne pas faire vomir. EN cas de vomissement, maintenir la tête penchée en avant pour éviter toute aspiration. Maintenir la personne affectée au repos. Rincer la bouche et la gorge, vu qu'il est possible qu'elles aient été touchées lors de l'ingestion.

**Inhalation** : Retirer la personne affectée de la zone d'exposition et lui fournir de l'air frais. Demander des soins médicaux si les symptômes s'aggravent ou persistent.

**Contact avec la peau** : Enlever les vêtements et les chaussures contaminés, rincer la peau ou faire prendre une douche à la personne affectée, si besoin avec de l'eau froide en abondance et avec un savon neutre. En cas d'affection importante, consulter un médecin.

**Contact avec les yeux** : Rincer les yeux à l'eau pendant 15min. Si la personne accidentée utilise des lentilles de contact, lui enlever à condition qu'elles ne soient pas collées aux yeux. Dans tous les cas et après nettoyage, consulter un médecin le plus rapidement possible muni de la FDS.

Numéro du centre anti poison (Paris) : 01.40.05.48.48

LUTTE INCENDIE

Moyens d'extinction :  
- CO2  
- Poudres ABC



Ne pas utiliser de jet d'eau !



Refroidir les récipients exposés à la chaleur



Produits de décomposition toxiques (CO, CO2)



Équipement de protection intégrale du corps + respiratoire



Ne pas déverser les eaux d'extinction dans les égouts ou cours d'eau !

SANTE AU TRAVAIL

Présenté au CHSCT le

16.03.2016

Visa CHSCT



## MASTER IS - PREVENTION DES RISQUES & NUISANCES TECHNOLOGIQUES

### SUMMARY

---

Onet Technologies is at the forefront of all the technologies that come into play during the life cycles of nuclear and industrial plants. Drawing on forty years' experience in the field, Onet Technologies specializes in reactor engineering and maintenance, decommissioning and dismantling and nuclear waste treatment.

At the sight of duct's deformations, AREVA and Onet Technologies divers teamed up in order to replace thermocouples conduits and thermocouples of RIC system.

So as to keep ionizing radiation exposure to a minimum, the radiation protection unit has developed and implemented an optimization approach based on compliance with applicable regulations and contractual requirements.

The latter is made up of three different phases:

- » The ionizing radiation risk assessment
- » The radiation protection optimization
- » Management of ionizing radiation doses

All points listed above will be analyzed in detail in this study.

### MOTS CLES

---

Maintenance nucléaire – Radioprotection – Evaluation dosimétrique prévisionnelle – Optimisation de la radioprotection – Gestion des expositions – Suivi conditions radiologiques Retour d'expérience

### RESUME

---

Etudiant en Master IS-PRNT option Risques nucléaires, j'ai eu l'opportunité de réaliser un apprentissage d'une durée de deux années au sein de la société Onet Technologies, spécialisée dans la maintenance d'installation nucléaire.

Face au constat de dégradation des instruments de pilotage du cœur du réacteur de la centrale de PALUEL, AREVA et Onet Technologies se sont alliés pour concevoir une opération de maintenance de ces instruments.

Face aux enjeux dosimétriques forts, la cellule 2SR m'a mandaté pour conduire les études radioprotection en phase de conception, gérer les expositions aux rayonnements ionisants en phase de réalisation de l'intervention et de rédiger le retour d'expérience à l'issue de l'intervention.

Toutes ces missions seront ainsi détaillées tout au long de ce mémoire.