

Intégration du démantèlement lors de la conception des installations nucléaires

Académie des sciences
Paris le 9 octobre 2014

Patrick O'SULLIVAN (AIEA)
Cyril MOITRIER (CEA)
Philippe PONCET (AREVA)



SOMMAIRE

Enjeux

Contexte international et réglementaire

Orientations de conception

Exemples

Exemples

Orientations de conception

Contexte international et réglementaire



Prise en compte du démantèlement à la conception

Les enjeux principaux :

Réduire la dosimétrie des opérations et la dose reçue par les futurs intervenants

Réduire le volume des déchets radioactifs et dangereux produits et optimiser leur qualité :

- Recyclage maximal
- Production minimale de déchets difficiles à éliminer (ex. : déchets HA)
- Production minimale de déchets secondaires ou induits
- Limitation des incertitudes de caractérisation in situ et des déchets

Réduire la durée des opérations de démantèlement en les simplifiant

Réduire les coûts

On peut déjà noter que ces enjeux se confondent en partie avec ceux de la maintenance en exploitation

SOMMAIRE

Enjeux

Contexte international et réglementaire

Orientations de conception

Exemples

Exemples

Orientations de conception

Contexte international et réglementaire



Études internationales récentes



- ◆ **AIEA : TECDOC-1657, ‘Design Lessons Drawn from Decommissioning of Nuclear Facilities’ (2010)**
- ◆ **OCDE-AEN : NEA n° 6946 , ‘Intégration du retour d’expérience du démantèlement à la conception et l’exploitation des futures centrales nucléaires’ (2010)**
- ◆ **OCDE-AEN & AIEA : Brochure, ‘Decommissioning Considerations for New Nuclear Plants’ (2010)**

Considérations prédominantes

- ◆ **Coordination nécessaire pour le transfert d'informations entre spécialités - conception, exploitation, gestion des déchets et démantèlement**

- ◆ **Le plan de démantèlement préliminaire et l'estimation des coûts associés devraient faire partie de la procédure d'autorisation :**
 - ▶ **Élaborer les scénarios préliminaires de démantèlement**
 - ▶ **Définir une stratégie claire de réduction des matières/déchets radioactives**
 - ▶ **Identifier les caractéristiques qui peuvent faciliter le démantèlement (Ex. pour la maintenance/mise en conformité)**
 - ▶ **Identifier les interdépendances potentielles avec des installations à l'arrêt adjacentes**

Conception de l'installation visant à faciliter le démantèlement.

- ◆ **La complexité et le coût du démantèlement dépendent du volume et de la variété des matières irradiées => l'objectif est de réduire le nombre de composants, la longueur des tuyauteries et l'empreinte des structures nucléaires**
- ◆ **Les caractéristiques qui facilitent le remplacement des composants simplifient le démantèlement et peuvent réduire le coût total**
- ◆ **Optimisation de la conception des structures pour le démantèlement :**
 - ▶ **Voies d'accès pour l'enlèvement des composants de grande taille**
 - ▶ **Espace et installations adéquats pour la caractérisation, la décontamination des systèmes et le démontage**
 - ▶ **Approche modulaire facilitant la construction et la déconstruction (ex. blindage)**
 - ▶ **Éviter d'encastrement des composants dans les murs et les sols**

Conception des systèmes visant à réduire le plus possible la contamination

- ◆ Réduire le plus possible les infiltrations, retenir les déversements et les rejets et atténuer le transport de contaminants :
 - ▶ Séparer les systèmes et les zones radioactifs et non radioactifs
 - ▶ Limiter le nombre des cuves, puisards, tuyaux et drains enterrés potentiellement radioactifs
 - ▶ Agencer les tuyauteries et les circuits de chauffage, ventilation et climatisation pour réduire le plus possible le dépôt de résidus et de particules de poussière
 - ▶ Recouvrir les puisards dans les sols en béton de tôles d'acier résistant à la corrosion
 - ▶ Utiliser des produits spéciaux de finissage ou polissage des surfaces pour éviter la contamination du béton

Faciliter la gestion future des matières

- ◆ Réduire le plus possible la production de matières radioactives et/ou contaminées
 - ▶ Délimitation claire des zones et des barrières
 - ▶ Séparation des matières / éviter ou réduire le plus possible les matières qui donneront des déchets dangereux ou mixtes
 - ▶ Limiter les éléments en traces dans l'acier et le béton (pour réduire les produits d'activation)
 - ▶ Caractérisation de référence des matières pendant la construction et conservation d'échantillons représentatifs

- ◆ Utiliser des modèles 3D de l'installation pour la gestion continue de la configuration pendant l'exploitation

Contexte réglementaire Français

L'exploitant et ses obligations réglementaires de sûreté

Radioprotection :

▶ **Justification, optimisation et limitation des expositions**

Loi « TSN » (2006-686 du 13 juin 2006) :

▶ **Délivrance de l'autorisation de création sous condition de capacités techniques et financières pour couvrir démantèlement** (article 29)

◆ **Guides de l'ASN pour :**

- La mise à l'arrêt définitif, démantèlement et déclasséement d'INB
- La méthodologies d'assainissement complet

Décret « procédures » (2007-1557 du 2 novembre 2007)

▶ **Plan de démantèlement → méthodologie, étapes, surveillance** (article 8, 10° alinéa)

Charges financières :

▶ **article 20 Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 : constitution de provisions financières et actifs**

Etude déchets avec objectifs :

- ◆ **de prévenir et réduire à la source la production et la nocivité des déchets générés**
(chimique, biologique et radiologique)
- ◆ **d'optimiser la gestion des déchets**
- ◆ **De définir un plan de zonage délimitant les zones à production possible de déchets « nucléaires » et celles de déchets « conventionnels »**



SOMMAIRE

Enjeux

Contexte international et réglementaire

Orientations de conception

Exemples

Exemples

Orientations de conception

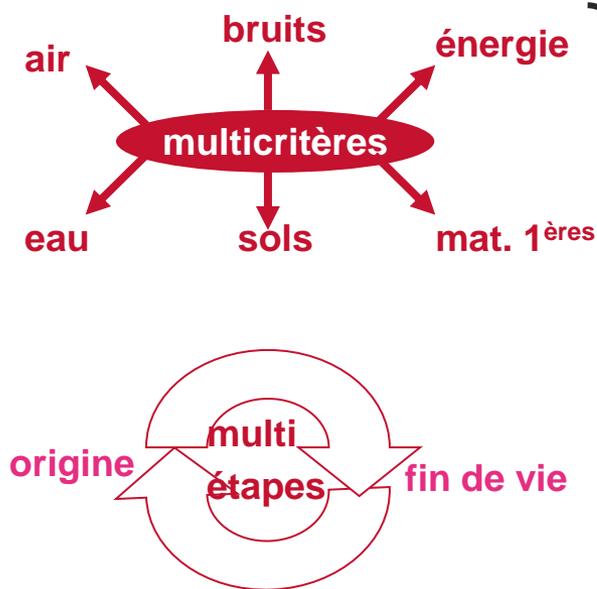
Contexte international et réglementaire



Eco-conception

Le démantèlement... un critère de conception comme les autres...

Evaluation des impacts



Démarche exhaustive

tous les critères à toutes les étapes du cycle de vie

OU

Démarche sélective

prise en compte d'un ou plusieurs problèmes environnementaux

Choix des options de conception

vérification que les améliorations envisagées pour réduire certains impacts n'en aggravent pas d'autres

Zonages déchets et radioprotection

Objectifs

Réduire les doses et le volume des déchets nucléaires

Points de vigilance

- ▶ **Volume important de déchets dirigés vers les filières nucléaires sans justification physique (uniquement au regard de leur provenance de ZDN),**
- ▶ **Bilan dosimétrique souvent défavorable pour les interventions réalisées en ZDN**
- ▶ **Classement ZDC et/ou hors zone règlementée impose une propreté radiologique renforcée et facilite la mise en œuvre de la démarche ALARA**
- ▶ **Surévaluation compliquée :**
 - la recherche de la propreté radiologique,
 - la réduction de l’empreinte environnementale de la filière nucléaire.

⇒ **Les organisations prévoyant les Zonages « opérationnels », gérés de manière temporaire durant les opérations à risques, sont à privilégier**

Pistes d'optimisations

► Matériaux :

- ◆ Limiter la fissuration et corrosion
- ◆ Pour les structures soumises à l'activation, limiter l'utilisation de matériaux à forte teneur en Co (stellite) et Ag
- ◆ Limiter l'utilisation de joints à base d'antimoine
- ◆ Interposer des écrans
- ◆ Limiter l'emploi de matériaux dangereux non inertes et/ou sans filières d'évacuation (substances corrosives et toxiques, matériaux inflammables,...)
- ◆ Limiter l'emploi de matériaux poreux dans les zones contaminables
- ◆ Limiter les matériaux creux (briques ou agglo) pour les structures potentiellement déclassables



► Circuits :

- ◆ Eviter autant que possible les zones tourbillonnaires, les points bas non drainés, les zones de faibles vitesses, les cavités mortes et les rétentions
- ◆ Faciliter les vidanges complètes (événements, pentes de vidanges, piquages...)
- ◆ Circuits de ventilation conçus par zones séparées pour limiter la propagation de la contamination

Pistes d'optimisations

► Locaux :

- ◆ Zonage évitant la présence de circuits conventionnels et nucléaires dans le même local
- ◆ Prévoir des espaces autour des composants très actifs eux-mêmes isolés (accessibilité et optimisation des interventions)
- ◆ Protections des parois des locaux en cas de risque de fuite (revêtement décontaminables ou pelables quand le risque est avéré)
- ◆ Prévoir des dispositions pour l'évacuation des équipements lourds (moyens de manutention, trémies, ...)

► Installations :

- ◆ Bâtiments physiquement séparés permettant une démolition séquentielle
- ◆ Exhaustivité de l'analyse des activités (Historique)
- ◆ Architecture (accessibilité, optimisation des intervention,..)
- ◆ Maintenabilité, pérennités et adaptabilité des systèmes nécessaires aux activités de démantèlement
- ◆ Démontabilité des équipements de grandes tailles
- ◆ Intégration du conditionnement en colis de déchets (découpage, tenues à la charge des dalles, géométrie,...)



© CEA

Pistes d'optimisations

► **Exploitation du système d'informations :**

- ◆ **Conservation de la documentation de la conception et de la construction**
 - Plans et schémas (mécaniques, électriques, isométriques des circuits, plans d'installation, des structures noyées, de ferrillages, maquettes CAO 3D)... **TQC**
- ◆ **Les dossiers constructeurs permettant d'utiliser ou de modifier les équipements à réutiliser en démantèlement**
- ◆ **Conservation des médias photos et vidéo, légendés, datés et commentés**
- ◆ **Inventaire physique et radiologique des équipements et des locaux (cubage béton, tonnage d'acier, longueur de câbles, ...)**
- ◆ **Traçabilité de l'historique d'exploitation (cahiers de quart, SPR, conduite, cartographie, frottis, prélèvements divers...)**



► **Suivi de l'évolution de l'installation :**

- ◆ **Pré-instrumentation des zones inaccessibles ITV, DeD, spectrométrie γ , γ caméra...**
- ◆ **Mise en place d'éprouvettes témoins en inactif et actif pour permettre, si besoin, des caractérisations complémentaires**



SOMMAIRE

Enjeux

Contexte international et réglementaire

Orientations de conception

Exemples

Exemples

Orientations de conception

Contexte international et réglementaire



Usine Georges BESSES II

Quelques exemples

▶ Dispositions des stations émission et recette UF6

- ◆ Choix architectural (positionnement conteneurs UF6) limitant les parties susceptibles d'être contaminées en cas d'incident d'exploitation
- ◆ Réduction significative des surfaces classées ZDN

▶ Localisation des locaux électriques

- ◆ Implantation hors zone (RP et déchets) pour la majorité des locaux électriques
- ◆ Implantation en zone surveillée (hors zone UF6) pour faciliter l'accès à certains locaux

▶ Optimisation du zonage déchets

- ◆ Optimisation de la politique de propreté radiologique et développement des activités réalisées sous zonage opérationnel
- ◆ Développement d'outils informatiques permettant d'assurer :
 - La sûreté de l'organisation des opérations réalisées sous zonage opérationnel
 - La qualité de la traçabilité des évolutions du zonage et son historisation

Principales dispositions visent à réduire les termes sources radiologiques :

- ◆ Revêtements durs à base de stellite utilisés uniquement dans des zones "hors flux neutronique"
- ◆ Utilisation du zinc dans l'eau primaire pour limiter les dépôts de produits de corrosion
- ◆ Utilisation d'aciers à bas cobalt pour l'ensemble des internes de cuve particulièrement exposés au flux neutronique
- ◆ Suppression des paliers de pompe en argent (responsable de pollution Ag110m)
- ◆ Conception du pressuriseur de manière à limiter les zones mortes (notamment en permettant une vidange complète du circuit) et donc les dépôts de produits de corrosion (grattons)

ASTRID *

Quelques exemples

Dispositions visant à réduire le terme source :

- ▶ **Limitation du risque sodium durant la phase de démantèlement :**
 - ◆ permettre la vidange du sodium en limitant autant que possible les rétentions en cuve
 - ◆ limiter la formation d'amas / dépôts de sodium en maîtrisant les températures des différents circuits / équipements et en permettant la chauffe de certaines zones critiques
- ▶ **Zonage déchet permettant de limiter la production de déchets nucléaires**
- ▶ **Conception des hottes blindées de manutention des gros composants vise à dissocier la fonction "protection biologique" (masse importante d'acier / plomb) de la fonction "confinement" afin de pouvoir séparer l'enveloppe de confinement (mince tôle d'acier) de la majeure partie de la protection biologique**
- ▶ **Action de R&D en cours visant à remplacer le stellite par un autre matériau (rôle plus important à proximité immédiate du cœur que dans un REP donc contrainte plus forte que pour EPR)**
- ▶ **Utilisation d'aciers à bas cobalt pour l'ensemble des internes de cuve particulièrement exposés au flux neutronique**

*ASTRID : (Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Démonstration), projet.

COMURHEX II Quelques exemples

- ▶ **Implantation :**
 - ◆ **Des locaux « utilités » (électricité, détente azote, air,..) en dehors des zones réglementées,**
 - ◆ **Des locaux nécessaires aux opérations courantes d'exploitation (instrumentation notamment) ou à nécessité de maintenance périodique à l'écart des zones à risques radiologiques et chimiques (valorisation REX COMURHEX 1)**
- ▶ **Amélioration significative du confinement statique et dynamique**
- ▶ **Optimisation des opérations de recyclage des matières**
- ▶ **Minimisation des opérations avec rupture de confinement (gestion en flux continu et entreposage géré en ligne au niveau du procédé)**

Quelques exemples

► Pour le bloc pile :

- ◆ Choix et spécification de matériaux afin d'en limiter l'activation
- ◆ Conception en éléments démontables ou pouvant être découpés sous eau
- ◆ Possibilité d'utilisation des locaux et moyens du BR pour découper conditionner évacuer les déchets de DEM.

► Pour les piscines :

- ◆ Possibilité de décontamination des parois et traitement de l'eau pour limiter les effluents

► Pour les circuits :

- ◆ Conception modulaire, décontaminable et démontable (à distance, ...)
- ◆ Choix de matériaux décontaminable, séparation des parties actives et inactives, géométrie des composants permettant de les évacuer en colis déchets standard.
- ◆ Limitation des produits chimiques toxiques, des zones de rétention, des conduites actives noyées dans le béton, ...
- ◆ Mise en place de moyens de manutention, possibilité de décontamination des locaux des composants et des structures avec récupération des effluents

ITER

Quelques exemples

- ▶ **Choix d'un acier bas cobalt pour minimiser les effets de l'activation afin de diminuer la dosimétrie et l'activité des déchets lors des opérations de maintenance et de démantèlement.**
- ▶ **Prise en compte d'opérations de maintenance lourdes, dont les principes et les équipements pourront être utilisés en démantèlement.**
- ▶ **Calculs prévisionnels d'activation pour identifier les zones sensibles et adapter les protections biologiques.**
- ▶ **Pour chaque composant, identification des conditions de dépose, d'évacuation, d'environnement radiologique, d'activation des pièces conduisant à un travail à distance, ..., au contact.**
Vérification de la faisabilité de l'intervention (cheminement des outils et des déchets).
- ▶ **Pendant la construction puis l'exploitation, suivi des évolutions de l'installation pour vérifier la pérennité de la faisabilité du démantèlement.**
- ▶ **Prise en compte du REX pendant les opérations de maintenance.**

Conclusions



Intégration du démantèlement lors de la conception... ...effective

▶ Permet :

- ◆ La réduction des impacts à terme des contraintes techniques et dosimétriques
- ◆ L'optimisation de la production des déchets
- ◆ La sécurisation des coûts et des plannings

▶ Opportunités d'optimisation :

- ◆ Valider les options technologiques à partir de l'évaluation des expositions aux rayonnements ionisants sur l'ensemble du cycle de vie,
- ◆ Généraliser les analyses de cycle de vie (ACV) et systématiser l'éco-conception
- ◆ Favoriser le transfert d'expériences entre métiers (conception, exploitation, démantèlement)
 - Expérience acquise (connaissance installation)
 - Savoir faire
 - Capitaliser l'expérience des démantèlements déjà effectués (REX)
- ◆ Développer des outils spécifiques permettant une connaissance précise de l'état radiologique de l'installation lors du démantèlement :
 - Mesure et suivi de l'état radiologique des installations,
 - Suivi de l'exposition du personnel,
 - Traçabilité des modifications d'installations....

permettant de gérer l'ensemble des données et ainsi limiter les investigations et optimiser les scénarii d'intervention.

Merci pour votre attention

Merci pour votre attention



