



Maine Yankee

L'histoire d'un démantèlement



Sommaire

1. Le démantèlement

- Aux USA
 - Maine Yankee
 - Autres démantèlements
- En France ?

2. Les coûts du démantèlement

3. Gestion des déchets

4. Conclusions

- Comparaison USA-France
- Les clés du succès





Le démantèlement de Maine Yankee

La centrale de Maine Yankee

Maine Yankee = REP 900 MWe, exploité entre **1972** et **1997**

→ construit en 4 ans pour un coût de 231 M£₁₉₇₀

Propriétaire : Maine Yankee Atomic Power Company

Dates clés :

- 1979, accident de Three Mile Island

 - opposants au Nucléaire demandent la fermeture de plusieurs centrales dont **Maine Yankee**

- 3 referendums en 1980, 1982 et 1987 refusent cette fermeture

- 1994, des fissures sont découvertes sur les tubes des générateurs de vapeur

 - arrêtée pour réparation en 1995 et redémarre en 1996



Le démantèlement

- 1997, *L'acte de restructuration de l'électricité du Maine* conduit les propriétaires à arrêter l'exploitation ne l'estimant plus exploitable avec profit

→ Démantèlement

Durée : 8 ans (1997 - 2005)

coût : env. 500M\$



Maine Yankee est :

- aujourd'hui un démantèlement de **DECON (Niveau 3 i.e. Libération totale du site)**
- la **2ème centrale de grandeur industrielle** à avoir été démantelée aux Etats-Unis après Trojan.



Dynamitage du bâtiment réacteur

Video du dynamitage du bâtiment réacteur de Maine Yankee

<http://www.youtube.com/watch?v=7xssOBwy9po>





Données sur les démantèlements de Trojan et Maine Yankee

Réacteur	Trojan	Maine Yankee
Arrêt du réacteur	Novembre 1992	Août 1997
Début du démantèlement	Janvier 1993	Août 1997
Fin de l'opétation	Janvier 2005	Octobre 2005
Durée totale	12 ans	8 ans
Dose totale de radioactivité	3,35 Sv	5,15 Sv
Volume de déchets radioactifs	12375 m3	100 000 m3
Estimation du coût total	422 M\$	420 M\$



Autres démantèlements aux USA

- 7 réacteurs déjà démantelés
 - dont 2 PWR (REP) de forte puissance 900 MWe et 1150 MWe
 - Big Rock Point BWR (REB) 67 MWe
 - Yankee Rowe PWR (REP) 175 MWe
 - Fort St. Vrain HTR 330 MWe
 - Haddam Neck PWR 619 MWe
 - **Maine Yankee PWR 900 MWe**
 - Ranco Secho PWR 913 MWe
 - **Trojan PWR 1150 MWe**
- 29 démantelés ou en cours
 - ne compte pas les expérimentaux, ni anciens production militaire



Autres démantèlements aux USA

Choix pour le démantèlement :

DECON (12 achevés, 3 en cours) : immédiat niveau 3 (seuils)

SAFSTOR (10) : différé

ENTOMB (3) : équipements bétonnés fin env. 100 ans

Cas particulier **TMI2** (accident)

Provisions légales

Calculé en fonction du type de réacteur et de la puissance
env. 300 à 400 MUSD/réacteur selon la NRC

Coûts réels

Peu de données accessibles

Maine Yankee et Trojan 500 MUSD, San Onofre 572 MUSD (706 prévus)

!! USA respectent voire surestiment leur budget de démantèlement !!

Situation française



Réacteur	Type	Exploitation	Etat actuel
CHINON A1	UNGG 70 MW	63-73	Niv 1 en 84 Musée
CHINON A2	UNGG 210 MW	65-85	Niv 2 en 92
CHINON A3	UNGG 360 MW	66-90	MAD ¹
ST-LAURENT A1	UNGG 487 MW	69-90	MAD en cours depuis 94
ST-LAURENT A2	UNGG 516 MW	71-92	MAD en cours depuis 94
BUGEY	UNGG 540 MW	72-94	CDE en cours ²
CHOOZ A	REP 305 MW	67-89	MAD
BRENNILIS	HWGCR ⁴	67-85	MAD ¹
34 REP 900 MW	REP 900 MW	77-2017 ³ à 88-2028 ³	En exploitation
20 REP 1300 MW	REP 900 MW	85-2025 ³ à 94-2034 ³	En exploitation

- En attente du décret d'autorisation de démantèlement au niveau 2, actuellement devant la CIINB.
- En attente du décret de MAD devant la CIINB.
- Durée d'exploitation prévue de quarante ans.
- Heavy Water Gas Cooled Reactor.



- 1 réacteur à eau pressurisée (REP)
Chooz A (300MW) : 1967-1991
- 1 réacteur à eau lourde (REL)
Brennilis (70 MW) : 1967- 1985 (EDF/CEA)
- 6 réacteurs de la filière Uranium naturel / graphite-gaz (UNGG)
Chinon A1 (70MW) : 1963-1973
Chinon A2 (200MW) : 1965-1985
Chinon A3 (480MW) : 1966-1990
Saint-Laurent A1 (480MW) : 1969-1990
Saint-Laurent A2 (510MW) : 1971-1992
Bugey 1 (540MW) : 1972-1994
- 1 réacteur à neutrons rapides (RNR)
Creys-Malville (1240MW) : 1986-1997

Démantèlement de Chooz A



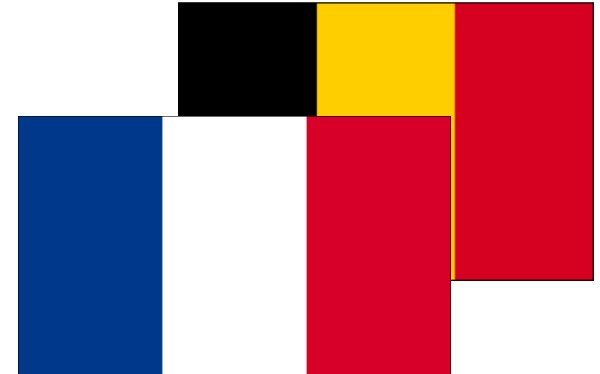
Démantèlement de Chooz A

- **Chooz A REP 305 MWe**

Construction 1962-1966

Exploitation 1967-1991

Production totale 38 TWh



- 20 ans d'hésitation sur le choix du **type de démantèlement** :

Différé : 60 ans bénéfice de la décroissance radioactive

→ ex Anglais

Immédiat : env. 10 ans, finalement choisi avec accord l'ASN

Connaissance technique conservée

Expérience utile pour le futur (maintenance, fonctionnement, conception)

REX international (US, All, Espagne, Japon, Suède..)

Recommandation ASN et préférence AIEA

Calendrier du démantèlement de Chooz A





Réglementation Française

Niveau 1 : Fermeture sous surveillance

Niveau 2 : Libération partielle et **conditionnelle**

Niveau 3 : Libération totale et **inconditionnelle**

Loi TSN 2006 et décret procédure INB 2007

décret d'autorisation de création et démantèlement

décision ASN ARPE : rejet d'effluents

Loi déchet 2006 : conditions de gestion

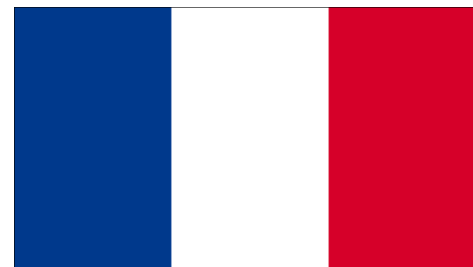
Une seule autorisation pour la Mise à l'arrêt définitif et le démantèlement (enquête publique)

RDVs avec l'ASN

Changements possibles : modifications notables/non notables/mineures

l'ASN doit être informée du choix de l'arrêt **3 ans avant**

Comparaison USA-France



USA	France
Seuils libératoires	Pas de seuil
Techniques destructives (explosifs)	Limitées aux Bat. non nucléaires
Pas de fractionnement préalable des gros composants avant évacuation	Découpe et colis
Plus de marge de manoeuvre laissée par la NRC	ASN contrôle davantage



Les coûts du démantèlement

Distribution moyenne des coûts aux USA

- Personnel : 43,5% (entre 29% à Main Yankee et 52%)
- Retraits : 23,6% (entre 19% et 26%)
- Déchets : 19%
- Autres : 13,9%

Un démantèlement rapide —> diminution des coûts.

Élément crucial : Coût de main d'oeuvre plus faible en France qu'aux USA.



Coût du démantèlement / réacteur

Réacteur	Coût (en \$ de 2008)
Humbolt Bay (BWR, 65 MWe)	420 M\$
Big Rock Point (BWR, 67 MWe)	500 M\$
Yankee Rowe (PWR, 167 MWe)	600 M\$
San Onofre (PWR, 410 MWe)	410 M\$
Connecticut Yankee (PWR, 619 MWe)	850 M\$
Main Yankee (PWR, 860 MWe)	620 M\$
Rancho Becco (PWR, 913 MWe)	430 M\$
Trojan (PWR, 1130 MWe)	420 M\$

**!! Pas de lien entre la taille de la centrale et
le coût total du démantèlement !!**



Les coûts du démantèlement

Extrapolation du coût de démantèlement
du parc français en Mds €, selon la méthode :

- EDF : 18,1
- Suède : 20
- Belgique : 24,4
- Japon : 38,9
- USA (3 méthodes) : 27,3/33,4/34,2
- Grande Bretagne : 46
- Allemagne (4 méthodes) : 25,8/34,6/44/62



Source : Cour des comptes





La gestion des déchets

Gestion des déchets : Politique américaine

Parc nucléaire américain : 104 réacteurs en activité

→ Plus important au monde

Pour les Etats-Unis, point essentiel de la politique nucléaire et de la gestion des déchets : Critère de non-prolifération

→ Tous les combustibles usés sont pris en charge par l'US DOE (Ministère de l'Energie)



- 9 sites de stockage des déchets de haute activité

→ Gérés par le DOE



Site de Yucca Mountain

Gestion des déchets : Financement

- Déchets de faible activité gérés par des sociétés privées
- Déchets de haute activité
 - Dans le cadre du *Nuclear Waste Policy Act Amendment* financement à la charge des producteurs et détenteurs des installations
 - Redevance prélevée sur la production industrielle
Représente environ 650 M\$ par an, versé à la DOE
 - En échange, la DOE prend la responsabilité de la gestion des déchets



Gestion des déchets : Coût

Coût des déchets = coût du conditionnement + coût du stockage

Stockage

270 €/m³ pour les TFA
2400 €/m³ pour les déchets B
4500 €/m³ pour les déchets C

Pour un site :
TFA : $20000 \times 270 = 5,4$ M€
B : $10000 \times 2400 = 24$ M€
C : $500 \times 4500 = 22,5$ M€

Conditionnement

270 €/m³ pour les TFA
12000 €/m³ pour les déchets B
12000 €/m³ pour les déchets C

Pour un site :
TFA : $20000 \times 270 = 5,4$ M€
B : $10000 \times 12000 = 6$ M€
C : $500 \times 12000 = 130$ M€

Enfinement pour un site de type REP 900 :
environ 200 M€ de budget pour la gestion des déchets





Conclusions



Avantages et inconvénients selon le type de démantèlement

	Immédiat	Différé
Les points positifs	+ Connaissance technique des centrales des exploitants de l'époque conservée. + Expérience utile pour la maintenance, conception, déconstruction de centrales + REX international + Pas d'incertitude sur la réglementation + Recommandation de l'ASN et préférence de l'AIEA + meilleure image	+ bénéfice de la décroissance radioactive naturelle + bénéfice des avancées de la recherche (stockage) + Davantage de temps pour réaliser les provisions financières nécessaires au démantèlement
Les points négatifs	- radioactivité plus élevée	- Inconnue sur la réglementation future - Risque de perte de compétences humaines - Peut être mal vu par les populations

Apports du REX américain

- Les équipements doivent faciliter la maintenance sur le terrain
- La répétabilité des mouvements de découpage est un aspect essentiel
- Il faut minimiser le découpage et maximiser la taille des morceaux pour permettre un conditionnement aisé des déchets
- Un isolement efficace des déchets de segmentation est nécessaire pendant le découpage
- Le programme de gestion des déchets doit être très détaillé



Les clés du succès du démantèlement

- Organisation industrielle performante
- Réglementation et processus d'autorisation clairs
- Gestion des déchets maîtrisée
- Compétences adaptées
- Transparence



Concrètement :

Faire des provisions à l'avance

Anticiper et prévoir le plan de démantèlement dès la construction
délais => + de coûts

Pas trop centraliser : efficacité

Enfin : Pas d'obstacle insurmontable dans le démantèlement

"Failing to plan is planning to fail"

Finalement...

Maine Yankee : un démantèlement réussi

USA plus avancés que la France
mais plus de libertés

Coûts EDF les plus faibles (mais extrapolation)

Impact des accidents sur la pensée populaire & sur le
démantèlement :

TMI pour Maine Yankee

Fukushima pour Fessenheim?

Démantèlement immédiat : meilleure image vis à vis de la
population





Merci de votre attention