

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Cigéo en quelques grands traits

PRP-DGE/SEDRA

Delphine PELLEGRINI

Dialogue HAVL

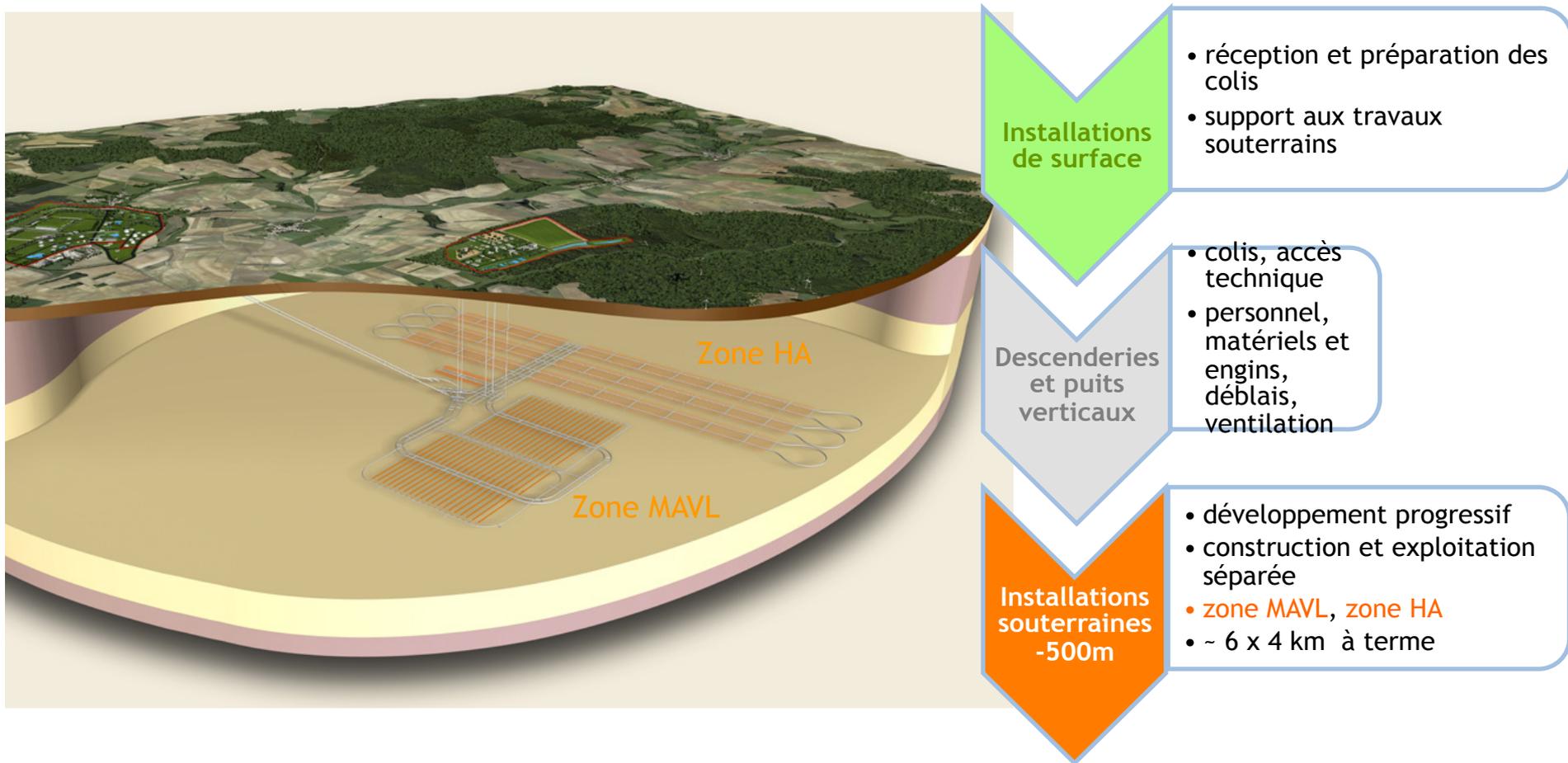
Séminaire ANCCLI/CLIS Bure/IRSN

9&10 avril 2015, Paris

Extraits de
sources

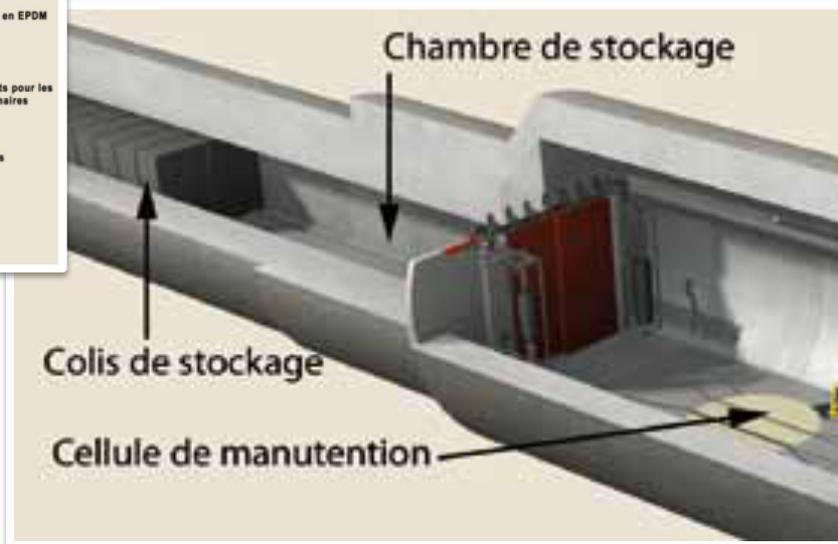
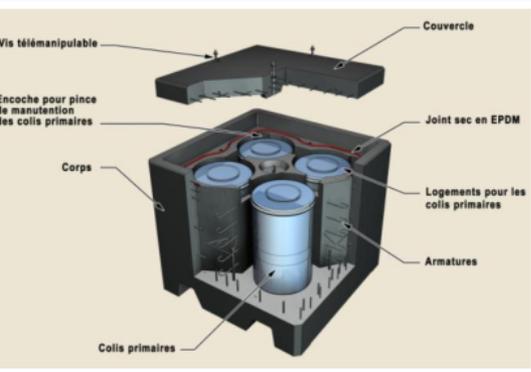


Le projet de stockage géologique « Cigéo »



■ Pour ~ 10 000 m³ de déchets HA (~ 60 000 colis) et ~ 70 000 m³ de déchets MAVL (~ 180 000 colis)

Alvéole de déchets MAVL

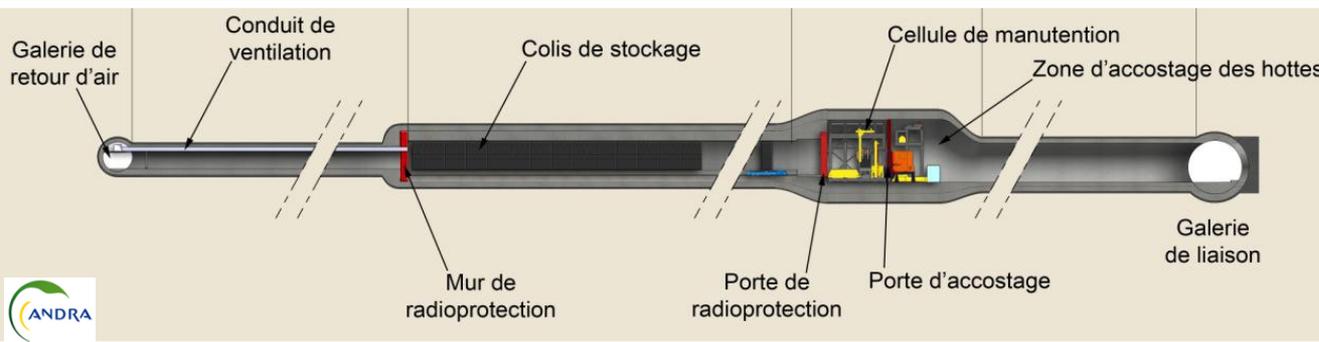


Conteneur

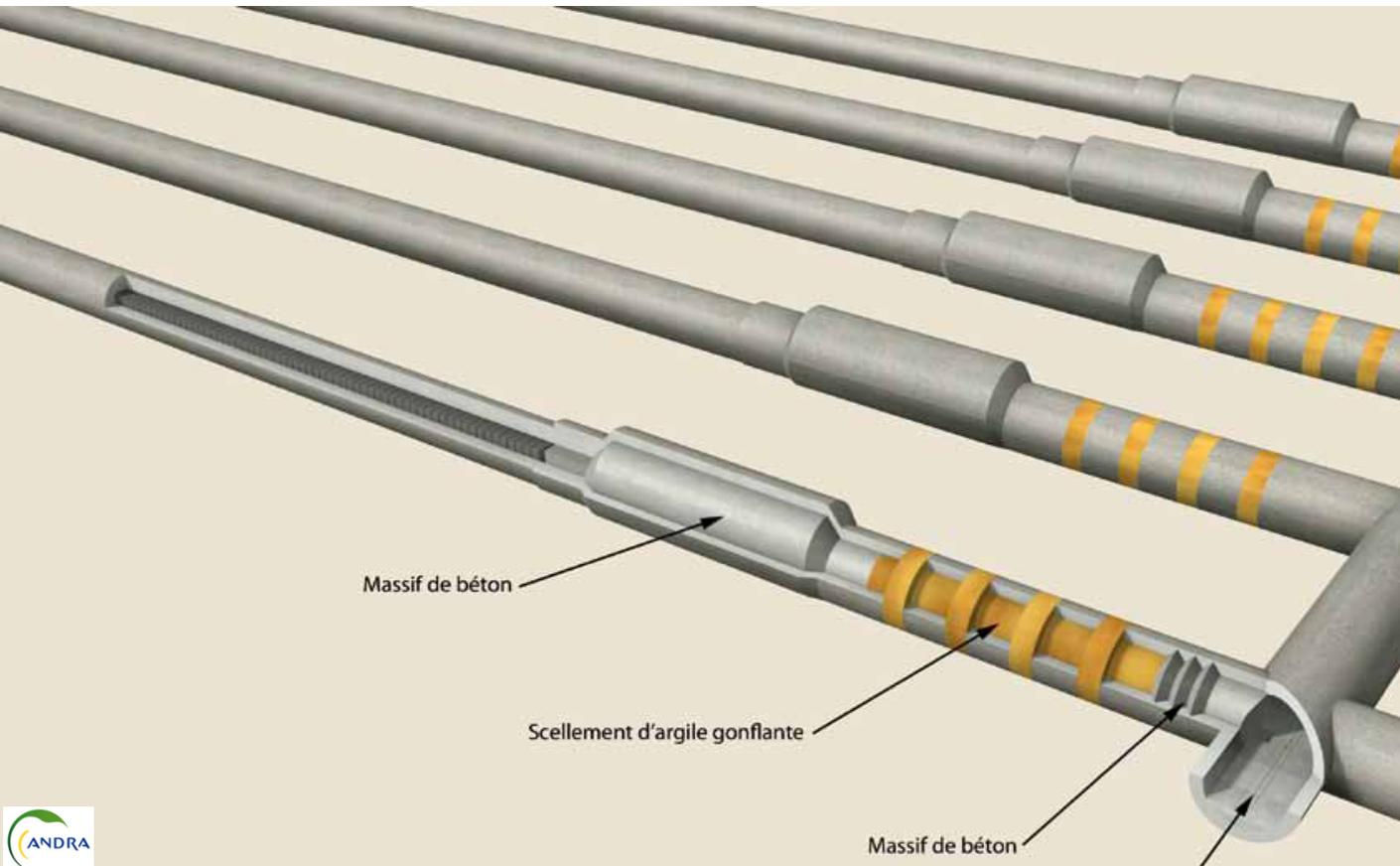
- parallélépipédique en **béton**
- 1 à 4 colis primaires de même type
- dimensions de 1,2 à 3m
- 6 à 25 tonnes

Alvéole (x 80)

- $L \approx 400m$, $\phi \approx 10 m$
- revêtement en **béton**
- colis sur 1 à 3 niveaux, 1 à 3 colonnes
- chambre **irradiante**
- sas en tête d'alvéole
- ventilation** (gaz de radiolyse) → alvéoles passantes

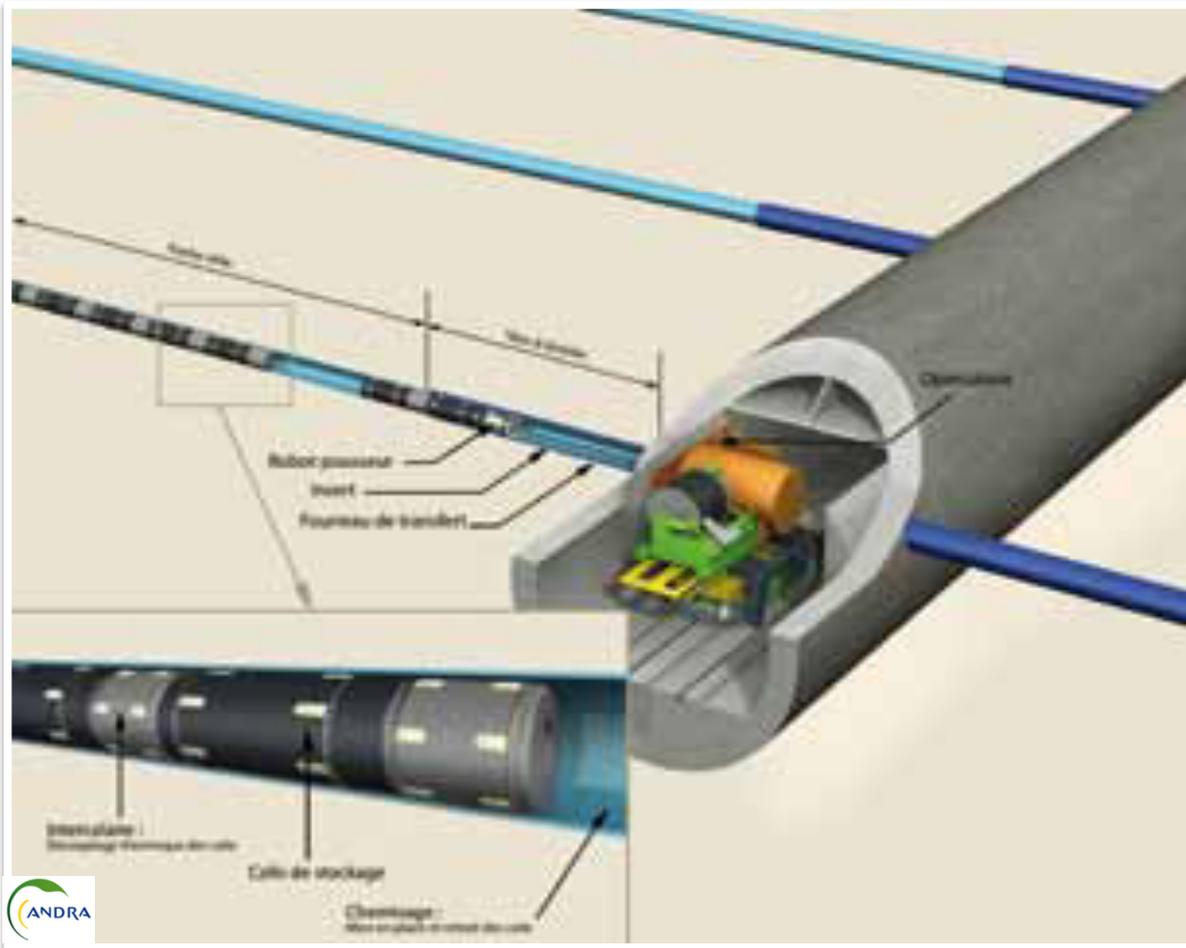


Alvéole de déchets MAVL



- **Scellement** de la galerie d'accès
- bouchon en **argile gonflante** avec épaulements au contact de la roche
- confiné par des massifs d'appuis en béton
- même type d'ouvrage de scellement dans les galeries de liaison

Alvéole de déchets HA



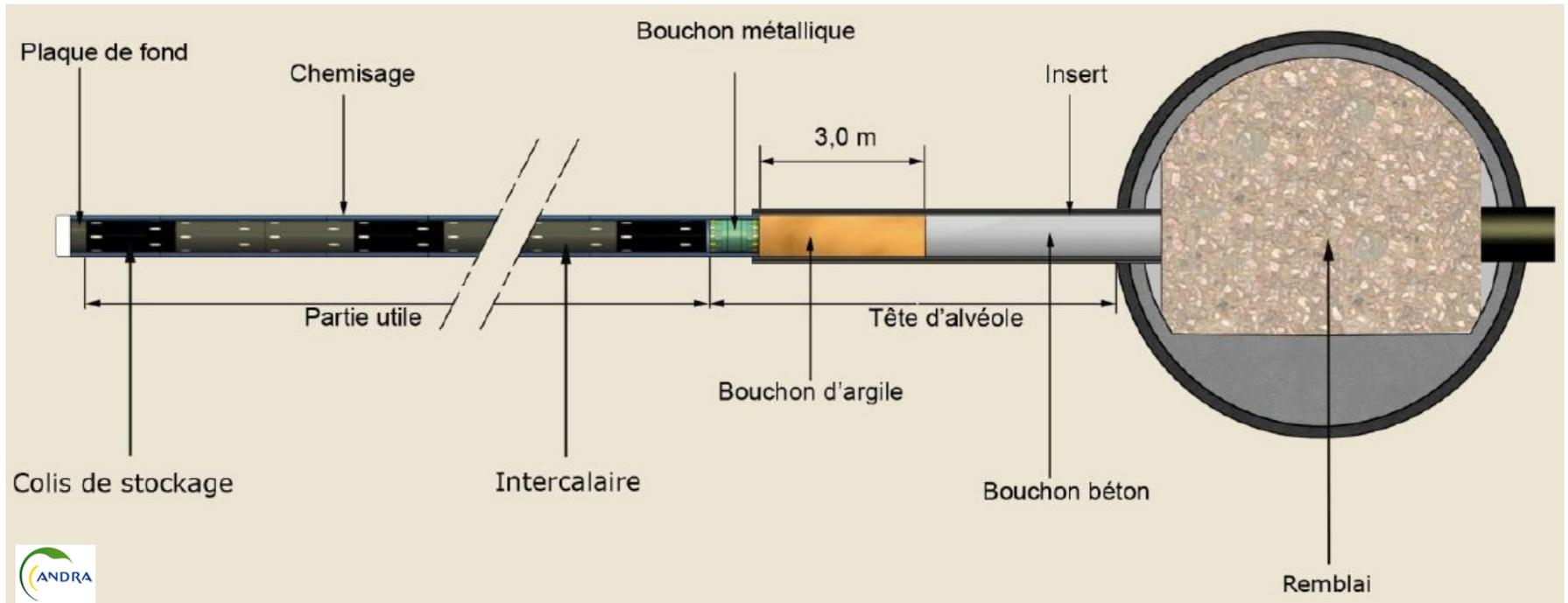
Surconteneur

- individuel en **acier** non allié (55mm)
- ~ 2 tonnes
- patins de glissement en céramique (extérieurs)
- **étanchéité totale à l'eau pendant ~ 1 000 ans**

Alvéole (x ~ 2000)

- longueur totale \approx **80 m**, ϕ excavé de **0,7 m**
- chemisage en **acier** (35mm)
- 6 à 20 colis, intercalaires
- porte en acier (protection radiologique en exploitation)
- borgne

Alvéole de déchets HA



Bouchon

- au niveau de la tête d'alvéole
- chemisage métallique laissé en place... (exploitation vs. post-fermeture)
- **argile gonflante** (3 m) et appui en béton

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Point de vue de l'IRSN sur les risques d'incendie dans Cigéo

PRP-DGE/SEDSPAN

Delphine PELLEGRINI

Dialogue HA MAVL

Séminaire ANCCLI/CLIS Bure/IRSN

9&10 avril 2015, Paris



Sommaire

- 1. Les risques liés à l'incendie
 - Le feu, pourquoi et quels risques?
 - La défense en profondeur
- 2. Un référentiel incendie
- 3. Prévenir
4. Détecter et éteindre
5. Limiter la propagation et les conséquences
- 6. Cas particulier des boues bitumées

Le feu, pourquoi et quels risques ?



Feu de câbles

Les sources dans Cigéo

- engins de transfert, réseaux électriques, activités conventionnelles avec sources « habituelles »
- zone nucléaire et zone en construction
- colis (cas particulier de réactions exothermiques)

Une installation avec des spécificités

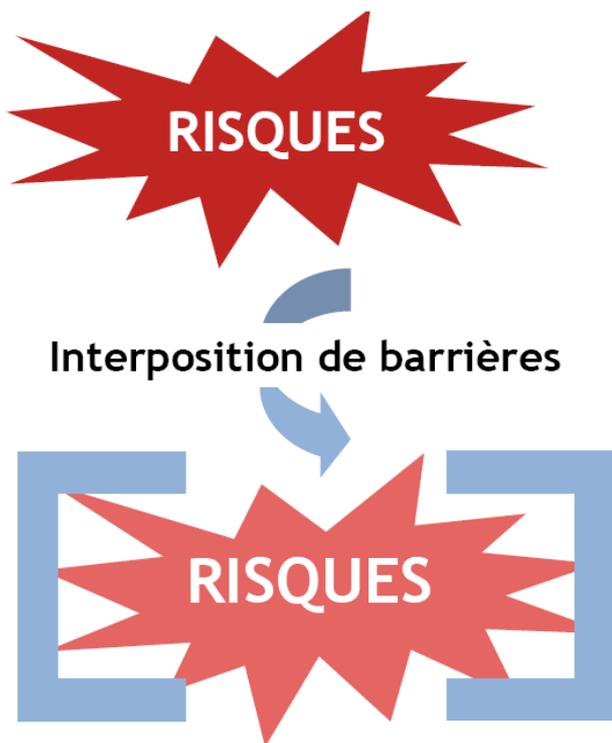
- galeries souterraines, linéaires importants (kms), espaces exigus, milieu confiné et ventilé...
- effets fours, difficulté de désenfumage, d'accès des secours extérieurs

Les risques

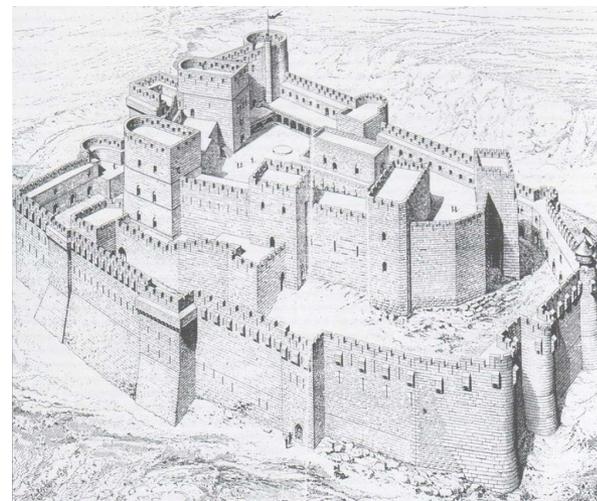
- atteinte à la vie/santé des **personnes présentes** dans l'installation
- dissémination radioactive** à l'intérieur et à l'extérieur de l'installation
- tenue mécanique du génie civil, locaux électriques, les équipements de transferts ... → **perte de fonctions** de sûreté et/ou de l'activité industrielle
 - des « **cibles** » à **protéger** (personnes, colis, filtres THE...)
 - prévention et protection** selon une démarche de **défense en profondeur**

La défense en profondeur

Prévoir des dispositions de prévention et de protection

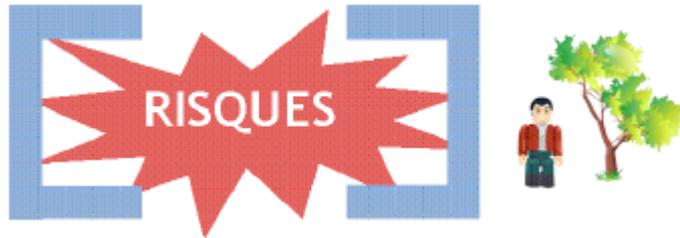


- un ensemble de niveaux de protection consécutifs et indépendants
- en cas de défaillance d'un niveau de protection, le niveau suivant prend le relais



La défense en profondeur

Supposer des situations de défaillances, d'accidents



Maîtrise des risques



Garantir l'efficacité du système multi-barrières
dans toutes les situations envisageables susceptibles de l' « agresser »

La **Défense en profondeur** vise à :

1. Tout mettre en oeuvre pour **prévenir** l'occurrence de ces situations
2. Considérer que malgré tout elles peuvent survenir (événements simples ou multiples) et montrer qu'il est possible d'en **maîtriser les conséquences**



La défense en profondeur

appliquée à la maîtrise du risque incendie

1 Fonctionnement normal

- prévenir les anomalies de fonctionnement et les défaillances des systèmes
- par la qualité de conception, de construction et d'exploitation de l'installation

prévenir les départs de feu

adaptées aux risques

- règles d'exploitation associées
- suivi en exploitation
- contrôle de conformité ciblés sur les matériels

2 Maîtriser les dérives

- prévenir les accidents
- par la maîtrise des conditions de fonctionnement anormales et la détection des défaillances

détecter et éteindre rapidement les départs de feu afin de limiter leur développement et les dommages générés

3 Maîtriser les accidents

- limiter les conséquences
- supposer des scénarios accidentels et définir des moyens de **retour à l'état sûr** et de limitation des conséquences

éviter la propagation des incendies qui n'ont pas été éteints, minimiser leur impact sur la sûreté de l'installation et leurs conséquences

Un référentiel incendie

Un besoin car milieu nucléaire et souterrain (instruction « Dossier 2009 »)

- Pas de retour d'expérience direct
- Réglementations et référentiels applicables pour les INB et pour les ouvrages souterrains (mines, tunnels)

Une démarche d'analyse des risques d'incendie précisée

- s'appuie sur le principe de défense en profondeur
- exigences et critères de performance à respecter lors de la conception de Cigéo

3.1.4 Exigences en lien avec les critères de performance

EXIGENCES FONCTIONNELLES	CRITÈRES DE PERFORMANCE		
	Cibles	Valeur de référence	Source
01 141 Conditions applicables aux parties souterraines de l'ouvrage	01 141.01 Niveau d'opacité des fumées	0,1	EN 12242:2012
	01 141.02 Niveau de toxicité des fumées	0,1	EN 12242:2012
	01 141.03 Niveau de température des fumées	200 °C	EN 12242:2012
	01 141.04 Niveau de tenue des équipements	1200 °C	EN 12242:2012
	01 141.05 Niveau de tenue des équipes d'intervention	1200 °C	EN 12242:2012
	01 141.06 Niveau de tenue des structures	1200 °C	EN 12242:2012

- **Satisfaisant sur le principe.** Sans préjuger de sa déclinaison, sont à préciser:
 - les exigences relatives à l'opacité et la toxicité des fumées
 - les critères de tenabilité thermique des équipements des équipes d'intervention

Prévenir



Photo Andra

Limitation de la charge calorifique

- engins de transferts sur rail avec alimentation électrique
- matériaux, équipements et câbles résistants au feu
- stockage de produits inflammables, comburants interdits
- (présence en quantité minimum permettant le fonctionnement des ateliers)

Locaux

- ateliers de maintenance (ZSL) limités autant que possible
- éloignement des locaux électriques /cibles (colis, filtres)
- séparations physiques et indépendance (réseaux et fonctions supports) entre zone nucléaire et zone en construction

Tenue des colis de stockage à l'incendie

- **Evolution des dossiers avec efforts notables de l'Andra sur la prévention**

Détecter et éteindre (1/2)

Des dispositions matérielles

- Dispositifs de détection d'incendie répartis dans l'installation
 - Systèmes d'extinction embarqués sur les véhicules, autonomes dans leur déclenchement (avec report alarme feu)
 - Dimensionnement des dispositifs: feux de référence non consolidés à ce stade
-
- Disposition de détection de départs de feu dans la **zone travaux** à préciser et absence dans les alvéoles **MAVL** à justifier le cas échéant
 - Caractère enveloppe des effets des incendies qui seront retenus pour dimensionner les dispositions et capacité/pertinence de ces dispositions

Détecter et éteindre (2/2)

Une organisation pour l'évacuation du personnel et l'intervention

- évacuation par les recoupes (inter-distance maximum 400 m) vers une galerie parallèle
- accessibilité des véhicules de secours et agents extincteur en tout point de l'installation
- franchissement de séparations physiques entre zones « exploitation » et « construction »



■ REX d'installations souterraines classiques:

- Intervention rapide, conduite de la ventilation, minimisation des fumées toxiques
- **Stratégies d'intervention à établir**, pour l'atteinte d'un sinistre dans un délai compatible avec les objectifs retenus, en tenant compte :
 - du REX des installations souterraines
 - des caractéristiques des séparations physiques (modalités d'ouverture ...)
 - de l'encombrement des accès (engins, personnel en cours d'évacuation...)
- **Dispositions pour éteindre un feu (ou limiter conséquences) dans les alvéoles MAVL qui ne permettent pas l'intervention**, en cas de défaillance du système d'extinction sur l'engin de mise en alvéole

Limiter la propagation et les conséquences

Par sectorisation

- Compartimentage (portes) pour la descenderie « colis », les galeries
- hottes MAVL conçues pour protéger le colis de stockage de l'incendie
- alvéole MAVL constituée de 2 secteurs de feu (résistance au feu, circonscription) : local filtration / cellule de manutention-partie utile
- **Exigences et dispositions à préciser**, pour ces locaux, pour la ZSL, pour éviter la propagation entre la cellule de manutention et la partie utile d'un alvéole MAVL

Par la conduite de la ventilation

Filtration nucléaire pour les alvéoles MAVL

*cf. présentation sur les
risques de dispersion
de radioactivité*

Génie-civil suffisamment stable au feu (pas d'effondrement) pour permettre l'évacuation/intervention et limiter les agressions des colis

Limiter la propagation et les conséquences

- La sûreté à long terme de Cigéo est liée à tous les événements qui prendront place au cours des phases de construction et d'exploitation du stockage
 - Impact des incidents/accidents sur l'état visé des barrières de confinement après fermeture du stockage devra être examiné
 - Par ex., les conséquences d'un effondrement localisé de galerie devront être évaluées au regard de la sûreté en exploitation ET après fermeture (garde de roche disponible....)
 - *Prévenir, maîtriser les dérives, maîtriser les accidents +*
 - *Surveiller pendant l'exploitation les paramètres clés de la sûreté après fermeture et disposer de mesures correctives pour assurer la sûreté avant et après fermeture*

Question 1 de M. Gueritte

Que se passe-t-il si la température des déchets atteint 100 °C, 140 °C et quels sont les conséquences pour la sûreté du stockage ?

- critère de T de 90 °C au contact du milieu argileux retenu par l'Andra
- au delà, vapeur, donc système plus complexe
- eaux de structure mobilisée et modifications minéralogiques débutent au-delà de 140 °C

- Postulons que les températures de 100-140 °C puissent être atteintes
 - L'évolution T de la roche hôte devra pouvoir être mesurée à minima lors de la phase pilote
 - Au vu de recherches sur des dykes (excursions basaltiques, plusieurs centaines de degrés) vers Tournemire, avec des modifications minéralogiques très localisées, perturbations devraient être faibles
 - Surveillance de critères importants pour la sûreté long terme: l'épaisseur d'argilite endommagée / garde résiduelle

Document de travail IRSN, 08/10 avril 2015

IRSN

Cas particulier des bitumes



- Le risque: rejet significatif dû à un emballement de réactions exothermiques
- Rendre extrêmement improbable un incendie de colis de boues bitumées
 - Initiation par un incendie d'engin de manutention ou par une source plus modérée de chaleur (arrêt de ventilation, propagation d'énergie thermique depuis l'extérieur...)
- Maintien d'une température $< 100^{\circ}\text{C}$ pour garantir la non reprise de réactions exothermiques
- R&D multipartite pour consolider la justification
 - comportement intrinsèque des enrobés bitumineux en température
 - reproduction à l'échelle 1 des effets d'un incendie sur un colis de stockage pour le dimensionnement du conteneur
 - efforts à porter avant tout sur la **connaissance des colis** de déchets et les impacts de modifications des conditions d'environnement sur le reprise de réactions exothermiques

Cas particulier des bitumes

- Dispositions de prévention dans les alvéoles MAVL (limitation de la charge calorifique, tenue des colis de stockage à l'incendie) visent bien à rendre le plus improbable possible un incendie
- Possibilité de recours ultime, comme dans les entreposages STE3 La Hague et EIP de Marcoule, à des systèmes d'aspersion de mousse ou noyage n'a pas été étudiée par l'Andra
- En complément prévention: **surveillance** pour détecter au plus tôt une montée progressive de la température de colis de stockage et actions pour éviter d'atteindre le seuil de T au-delà duquel une reprise de réactions exothermiques deviendrait hors de contrôle.
- Programme de surveillance à établir sur la base d'une étude de la stabilité thermique des colis de stockage en situations normale, incidentelles et accidentelles

➤ *Sera-t-il possible de détecter et éteindre ?*

Cas particulier des bitumes

- Fukushima Dai-Ichi → « évaluations complémentaires de sûreté » avec **niveau supplémentaire d'exigence en matière de sûreté afin de renforcer la robustesse des installations en cas d'accidents graves**
 - postuler des situations extrêmes avec perte successive des lignes de défense évaluer l'efficacité des dispositions prises au titre de la défense en profondeur, en vue de rechercher les améliorations possibles de la sûreté de l'installation à chaque étape (fonction perdue) conduisant à l'évènement redouté
- Atteinte du seuil de température puis emballement de réactions exothermiques → relâchement important de matières radioactives hors de l'alvéole MAVL, voire rejet en surface
- Scénario peut être rendu très improbable mais pas impossible de par
 - la nature des déchets bitumés
 - La relaxation de dispositions de sûreté qui ne peut être exclue (cf WIPP), eg spécification des surconteneurs en béton
- **Ce type de situation doit être envisagé dès la conception afin de statuer sur l'opportunité de retenir des dispositions complémentaires (eg. filtration ultime)**

Merci de votre attention !

