

Fontenay-aux-Roses, le 6 novembre 2015

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2015-00348
Objet : Andra - Cigéo
Plan de développement des composants du projet Cigéo
Réf. Lettre ASN/CODEP-DRC-2015-009127 du 9 mars 2015

Par lettre citée en référence, vous demandez l'avis de l'IRSN sur le document présentant le plan de développement (PDD) des composants du projet Cigéo, transmis par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) en octobre 2014. Vous demandez notamment que soient examinées la complétude de ce document par rapport aux éléments du système de stockage et aux principales thématiques mises en lumière lors des précédentes instructions, la pertinence du jalonnement présenté et la vraisemblance du calendrier annoncé. Vous demandez aussi que l'IRSN se prononce sur les éléments de démonstration attachés à la phase industrielle pilote ainsi que sur la pertinence des expérimentations prévues au laboratoire souterrain au regard de la durée prévisionnelle d'exploitation de celui-ci.

Le document présenté par l'Andra ainsi que les éléments apportés au cours de l'instruction appellent les remarques suivantes de la part de l'IRSN.

1. DÉMARCHE GÉNÉRALE DE JALONNEMENT

Le document précité décrit « *les travaux prévus par l'Andra pour concevoir et démontrer les performances des ouvrages de stockage (conteneurs, alvéoles, quartiers), de liaison et de fermeture* ». Il est structuré par catégories d'ouvrages de la manière suivante :

- les ouvrages de stockage de déchets de moyenne activité à vie longue (MAVL) : conteneurs, tunnels de stockage, quartier de stockage (unique à ce stade), procédés de mise en place et de retrait des colis et moyens de surveillance ;
- les ouvrages de stockage de déchets de haute activité (HA) : l'Andra y présente les mêmes *items* que ci-dessus, le stockage pouvant être fractionné en différents quartiers ;

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

- les ouvrages de liaison : descenderies, puits, galeries de liaison, zone de soutien logistique et moyens de transfert des colis entre la surface et l'installation souterraine ;
- les ouvrages de fermeture : scellements de liaison surface-fond, de galerie de liaison, d'alvéoles MAVL, bouchons d'alvéoles HA et remblais.

Pour chaque catégorie d'ouvrages, l'Andra présente les options techniques de référence, les pistes d'optimisation envisagées, l'état d'avancement de la démonstration de la capacité de chaque composant à remplir ses fonctions ainsi que le phasage et la nature des études (simulations numériques, essais sur maquettes, essais *in situ*...) prévus pour compléter cette démonstration.

L'Andra a « *choisi d'utiliser l'échelle internationale TRL [Technology Readiness Level] comme outil indicatif d'appréciation de la progression technique du projet Cigéo et de ses diverses composantes* ». Sur cette échelle (cf. Annexe 1) qui va de 1 (phénomène observé et principes de base décrits) à 9 (système éprouvé en environnement opérationnel réel), l'Andra considère qu'« *à ce stade, Cigéo dans son ensemble a atteint le TRL 5 (faisabilité démontrée) pour les solutions techniques de référence* » et vise globalement la progression suivante :

- 2017 : TRL 6 ; demande d'autorisation de création (DAC) ;
- 2020 : Autorisation de création suivie du démarrage de la construction du stockage ;
- 2021-2022 : creusement au tunnelier des descenderies (1 an) et de galeries (6 mois) ;
- 2021-2023 : creusement et équipement des puits (3 ans) ;
- à partir de 2022 : creusement de galeries et des premiers ouvrages de stockage ;
- 2025 : TRL 7 ; démarrage de l'installation par une « *phase industrielle pilote* », essais en « *inactif* » (sans radioactivité, avec des colis factices) ;
- 2029 : TRL 8 ; autorisation de mise en service (MES) de Cigéo avant essais en « *actif* » ;
- 2035 : TRL 9 ; autorisation de passage en exploitation courante après bilan de la phase pilote.

La démonstration de la capacité de retrait de colis en alvéole fermé/scellé, qui nécessite notamment la déconstruction du bouchon/scellement et la remise de l'alvéole en configuration d'exploitation sûre, sera quant à elle à un niveau TRL inférieur d'une unité environ à chacune de ces étapes. L'application de l'échelle TRL est illustrée en Annexe 2 du présent avis pour le conteneur de stockage HA, seul composant pour lequel un tableau de synthèse est disponible à ce stade. L'Andra souligne en outre que « *le phasage du projet et ses jalons décisionnels et d'autorisation ne sont pas directement conditionnés aux niveaux TRL* » et a précisé, au cours de l'instruction, que le passage d'un niveau TRL à un autre relève de « *revues techniques internes* », qui consistent en une analyse critique des résultats acquis fondée notamment sur « *les performances attendues des différents composants (exigences notamment)* ».

L'IRSN estime que la démarche présentée par l'Andra, qui quantifie la maturité technique des différents composants du projet Cigéo et planifie l'évolution de cette maturité, est intéressante dans son principe pour élaborer un indicateur interne à l'Andra de la progression industrielle du projet. Néanmoins, l'approche « *composant par composant* » adoptée pour élaborer le PDD ne permet pas d'apprécier le degré d'avancement de la démonstration de sûreté du projet dans son ensemble ni le caractère suffisant de celle-ci pour passer d'une étape clé de développement à une autre. Or un processus de décisions progressives qui, selon l'IRSN, doit impliquer diverses parties prenantes

institutionnelles et publiques à chaque grande étape du projet, doit s'appuyer sur les éléments de démonstration des composants pris séparément mais aussi sur une telle vision d'ensemble qui renseigne sur le niveau de sûreté acquis et atteignable par la mise en œuvre de tous les composants.

Ainsi, les difficultés qui pourraient être rencontrées, à une étape donnée du projet, pour démontrer l'atteinte des performances spécifiées de certains composants doivent faire l'objet d'une évaluation eu égard à leur impact potentiel sur l'ensemble du projet. A titre d'exemple, si pour une raison quelconque le conteneur de stockage HA mentionné ci-avant venait à ne pas atteindre un certain niveau TRL (résultats des essais non compatibles avec les exigences associées à ce composant), la solution qui consisterait à modifier l'épaisseur ou le matériau de ce composant pour qu'il franchisse avec succès le niveau requis pourrait, par ailleurs, avoir des conséquences significatives ou non sur le terme source gaz, la soudabilité des constituants ou encore la possibilité de manutentionner un colis plus lourd ou plus fragile, qu'il conviendra le cas échéant de prendre en compte dans l'évaluation de la sûreté de l'installation de stockage. L'IRSN considère ainsi que la démarche « **composant par composant** » adoptée par l'Andra dans le PDD doit être accompagnée, à chaque étape clé du projet, par l'évaluation de la sûreté du stockage dans son ensemble, afin de statuer sur le caractère acceptable ou non des incertitudes relatives à la démonstration technique des performances de chaque composant et en conséquence, sur la suite du projet (prolongation de l'étape en cours, passage à l'étape suivante avec ou sans modification du projet...).

A cet égard, l'IRSN rappelle que certains domaines ont d'ores et déjà été identifiés lors de précédentes instructions comme particulièrement importants pour la sûreté de l'installation et susceptibles de conduire à des modifications marquées de concepts si la solution de référence retenue jusque-là se montrait insuffisante au regard des objectifs recherchés, lors d'essais de démonstration technique. Ces domaines sont notamment :

- la tenue et l'impact des grands ouvrages (adéquation des méthodes de creusement, bon dimensionnement des soutènements, caractéristiques de l'endommagement de la roche autour de ces ouvrages) ;
- la maîtrise des risques d'incendie et d'explosion (qualification des procédés, y compris de la ventilation) ;
- le vieillissement des colis de stockage et des alvéoles (vitesses d'altération, adéquation des dispositions de prévention) ;
- la surveillance de ces alvéoles (techniques à mettre en œuvre et stratégie) ;
- les modalités d'intervention lors d'un accident en alvéole (manutention de colis en situations incidentelle/accidentelle) ;
- la fermeture des différents ouvrages (performance des dispositifs envisagés).

La priorité qui devrait être accordée en conséquence à ces domaines apparaît peu dans le PDD présenté par l'Andra. En effet, le PDD identifie bien des composants qualifiés de « *sensibles* » (système de transfert incliné des colis en descenderie, moyens de mise en place et de retrait des colis de déchets en alvéoles MAVL, ventilation) pour lesquels une validation par des tests reproduisant les conditions opérationnelles (TRL 7) pourrait être réalisée avant installation des équipements industriels dans Cigéo. Cependant, le choix de composants dits « *sensibles* » semble davantage guidé par une

logique de développement industriel de l'installation que par des considérations liées à la démonstration de sûreté de celle-ci et d'impact possible sur les concepts de stockage. De fait, la priorisation présentée dans le PDD n'est pas en adéquation, selon l'IRSN, en termes de domaines et de niveau de démonstration technique visé à une étape donnée, avec les enjeux de la démonstration de sûreté. Ce point est repris au § 2.1 du présent avis, relatif à la phase précédant la DAC.

S'agissant des jalons décisionnels de la démonstration de sûreté, le PDD identifie trois rendez-vous institutionnels, associés à des jalons réglementaires, qui sont l'autorisation de création, celle de mise en service et celle de passage en exploitation courante de l'installation. L'IRSN rappelle qu'au-delà de ces rendez-vous incontournables, il avait indiqué à l'issue du débat public tenu en 2013 que les résultats suivants, attendus de la phase pilote, devaient faire l'objet de rendez-vous d'évaluation :

- la confirmation des méthodes de construction (en particulier l'absence de désordres rédhibitoires liés à un creusement au tunnelier) ;
- les résultats des démonstrateurs de grands ouvrages instrumentés ;
- les résultats des essais de qualification des procédés « à froid » (avec des colis factices) et du programme de surveillance ;
- la confirmation de ces procédés « à chaud » (avec des colis réels) et les résultats des essais des dispositifs de fermeture.

L'IRSN constate que les deux derniers points (résultats d'essais de qualification « à froid » et « à chaud ») peuvent effectivement être associés aux jalons décisionnels identifiés par l'Andra que sont la mise en service (MES) et le passage en exploitation courante de l'installation. Néanmoins, l'IRSN souligne que les deux premiers points (confirmation des méthodes de construction et résultats des démonstrateurs de grands ouvrages instrumentés) ne sont, à ce stade, associés à aucun rendez-vous d'évaluation. L'IRSN estime par conséquent qu'en plus des étapes réglementaires mentionnées par l'Andra, des étapes intermédiaires, comprenant *a minima* les deux points précités, devraient être identifiées. Ces étapes pourraient faire l'objet de points d'arrêt réglementaire visant à examiner le bien-fondé des solutions techniques retenues et, le cas échéant, leurs conséquences sur les étapes suivantes du projet.

2. COMPLÉTUDE DES DÉMONSTRATIONS PRÉVUES ET VRAISEMBLANCE DU CALENDRIER

2.1. PHASE AVANT LA DAC (PRÉVUE À CE STADE EN 2017)

L'Andra prévoit de déposer la DAC au terme de la phase d'avant-projet définitif (APD) prévue de 2015 à 2017. Le niveau de démonstration technique visé à cette échéance correspond, pour la plupart des composants, à une vérification de leurs fonctions critiques sur des modèles représentatifs (environnement, forme, taille, fonction). Si ce niveau de démonstration pourrait effectivement convenir à l'horizon de la DAC pour des composants ayant peu d'impact sur la sûreté ou les concepts de stockage, l'IRSN estime comme indiqué précédemment (§ 1 du présent avis) que dans des domaines à forts enjeux de sûreté et pouvant conduire à d'importants retours sur conception, la démonstration de performance attendue pour la DAC doit être plus avancée. En effet, dans ces domaines à forts enjeux, une démonstration faisant intervenir les composants « dans leur ensemble », reflétant les différents aspects de la conception (construction, surveillance...), de l'exploitation et fondée

notamment sur des essais *in situ* réalisés en environnement similaire à celui attendu dans Cigéo est indispensable pour permettre de conclure sur le bien-fondé des options techniques qui seront retenues. A cet égard, l'IRSN rappelle sa position exprimée depuis 2005 et en particulier à l'issue de l'examen du dossier 2009, selon laquelle (i) des démonstrateurs à l'échelle 1 sont nécessaires à la démonstration technique avant la construction d'alvéoles MAVL destinés à recevoir des colis (les alvéoles de la phase pilote ne pouvant remplir cette fonction puisque destinés à recevoir des colis) et (ii) pour les alvéoles HA, compte tenu de l'échéance plus lointaine de leur construction, la démonstration *in situ* complète pourrait encore être en cours mais des éléments probants devront être présentés à l'échéance de la DAC.

Or l'IRSN constate comme indiqué précédemment (§ 1 du présent avis), que ces niveaux de démonstration correspondraient plutôt à ceux visés par l'Andra pour 2025, soit plusieurs années après la date objectif pour l'obtention de l'autorisation de création de l'installation, en vue du démarrage de la phase pilote. Ainsi, l'Andra prévoit de construire au laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne une galerie représentative d'une portion courante d'alvéole MAVL tel que prévu en référence dans Cigéo (même section excavée de 65 m², même revêtement) et des alvéoles HA représentatifs de l'ensemble des aspects de la conception (partie courante, tête d'alvéole, plaque de fond), afin de vérifier la capacité à réaliser ces différents alvéoles ainsi que leurs performances en reproduisant au mieux les conditions opérationnelles. L'Andra précise, sans toutefois transmettre de plan d'essais à ce stade, que ces essais consisteront à observer l'évolution des alvéoles et de leur environnement proche (zone de roche endommagée autour de l'ouvrage (EDZ), chargement mécanique du revêtement, conditions d'environnement thermique, hydrique et chimique, matériaux (béton, acier)) ainsi qu'à tester l'aptitude à la manutention de colis (mise en place en conditions initiales, retrait en tenant compte de l'évolution des conditions physico-chimiques...) et à la fermeture. Ces essais pourraient être complétés en parallèle par d'autres, réalisés sur des bancs *ad hoc*, pour se rapprocher de conditions d'environnement non reproduites dans les alvéoles (effet de débit de dose sur les bétons, phénomène de vieillissement tel que la corrosion...). L'IRSN souligne que ce niveau de démonstration correspond précisément à celui attendu pour la DAC.

En outre, l'Andra prévoit de transmettre en 2015, en amont de la DAC, (i) à l'État, une proposition de plan directeur pour l'exploitation du stockage (PDE) et (ii) à l'ASN, un dossier d'options de sûreté (DOS), une version préliminaire des exigences techniques pour l'acceptation des colis de déchets et un dossier d'options techniques de récupérabilité (DORec). Le calendrier actuel laisse donc peu de délai pour que l'Andra puisse prendre en compte pour la DAC les demandes formulées le cas échéant à l'issue de l'examen de ces dossiers.

En conséquence et compte tenu notamment de la durée intrinsèque des différentes étapes de réalisation des essais de vérification mentionnés ci-avant (conception, mise en place, observation puis interprétation), l'IRSN considère qu'en l'état des prévisions de l'Andra, il existe un risque important pour que les éléments apportés dans le dossier accompagnant la DAC soient insuffisants pour porter un avis conclusif sur la création de l'installation.

Enfin, l'IRSN observe que, sur le plan formel, il pourrait être opportun d'inclure de manière explicite dans le PDD les éléments suivants :

- les études relatives aux colis primaires susceptibles d'être acceptés dans Cigéo, bien que ne relevant pas de la responsabilité de l'Andra, comme celles relatives au colis substitutif au bitumage des boues de l'atelier STE2 de l'usine de La Hague, dénommé colis C5, prescrites jusqu'en 2018 par la décision n°2011-DC-0206 de l'ASN du 4 janvier 2011 ;
- les études nécessaires à la mise à jour, comme demandé par l'ASN dans le PNGMDR 2013-2015, de l'évaluation de faisabilité du stockage direct des combustibles usés, que l'Andra avait présentée en 2005, en prenant en compte les évolutions des connaissances intervenues depuis cette date (conception de conteneurs et alvéoles, architecture et emprise du stockage...).

2.2. PHASE ENTRE DÉPÔT DE LA DAC ET DÉBUT DE LA PHASE PILOTE

S'agissant des travaux prévus au cours de cette période, l'Andra vise des délais d'un an pour creuser les descendries au tunnelier et de trois ans pour creuser et équiper les puits. La mise à disposition de galeries et des premiers alvéoles pour démarrer la phase pilote est quant à elle prévue moins de cinq ans après la promulgation du décret d'autorisation de création. L'IRSN estime que ces délais sont effectivement possibles du point de vue des pratiques actuelles du génie civil mais qu'ils ne tiennent pas suffisamment compte de spécificités importantes de ce projet, telles que :

- les précautions qu'il convient de prendre pour tout ouvrage (liaisons jour-fond, zone de soutien logistique...) essentiel à la maîtrise des risques en phase d'exploitation (risques de venues d'eau au droit des aquifères notamment) et de post-fermeture (limitation de l'endommagement au droit des futures zones à sceller) ;
- de possibles aléas de chantier pour des ouvrages creusés selon des techniques peu communes (descendries creusées au tunnelier à travers différents faciès géologiques, abattage mécanique des puits dans la formation hôte...) ;
- la demande de l'ASN, formulée à l'issue de la phase d'esquisse (2013), de s'assurer de l'absence d'effets réhibitoires liés à l'utilisation de tunneliers « pleine face » sur les ouvrages souterrains et les équipements. L'IRSN estime en effet que les essais menés au laboratoire souterrain à l'aide d'un tunnelier à attaque ponctuelle (*i.e.* une machine à attaque ponctuelle travaillant sous un bouclier avec pose de voussoirs à l'avancement) ne répondent pas à cette demande puisque le tunnelier utilisé n'est ni « pleine face », ni de puissance comparable à celui envisagé pour la construction de Cigéo ;
- la mise en œuvre de la reconnaissance à l'avancement que l'Andra s'est engagée à réaliser pendant le creusement ;
- la construction nécessairement progressive des différents tunnels de stockage MAVL afin de pouvoir tirer profit du retour d'expérience des premiers ouvrages sur les suivants.

L'IRSN estime par conséquent que la durée prévue entre l'autorisation de création et le début de la phase pilote ne prend pas suffisamment en compte les spécificités de Cigéo et ne présente aucune marge. En tout état de cause, l'IRSN considère que l'acquisition des éléments

indispensables à la démonstration de sûreté de la future installation doit être intégrée dans le calendrier du projet.

2.3. PHASE PILOTE (2025-2035 à CE STADE SELON L'ANDRA)

2.3.1. DURÉE D'EXPLOITATION DU LABORATOIRE SOUTERRAIN

L'exploitation du laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne est à ce jour autorisée jusqu'au 31 décembre 2030. L'IRSN note que la plupart des essais actuellement en cours ou envisagés par l'Andra au laboratoire souterrain devraient effectivement avoir apporté leurs principaux résultats à cette échéance. Au-delà, l'Andra prévoit que des ouvrages de Cigéo devraient être disponibles pour réaliser les essais prévus pendant la phase pilote. **L'IRSN estime donc que le PDD prend bien en compte la durée prévisionnelle d'exploitation du laboratoire souterrain, dans l'hypothèse d'une autorisation de création de Cigéo délivrée en 2020.** Toutefois, l'IRSN souligne que si cette autorisation venait à être décalée, l'installation pilote pourrait ne pas être disponible au terme de la durée autorisée de l'exploitation du laboratoire souterrain.

Par ailleurs, l'Andra a précisé au cours de l'instruction que « *la question du renouvellement de l'autorisation d'exploitation [du laboratoire] sera posée le moment venu* ». Outre l'hypothèse formulée ci-avant d'un décalage de l'autorisation de création de Cigéo, l'IRSN estime que la poursuite de certaines expérimentations de longue durée (EDZ, vieillissement, resaturation des ouvrages, corrosion...) ou la possibilité de mener des essais dans un environnement moins contraint que Cigéo pourraient sur le principe justifier une prolongation de l'autorisation d'exploitation du laboratoire souterrain. En outre, l'IRSN estime comme l'Andra que la fermeture du laboratoire souterrain pourrait donner l'occasion unique de réaliser *in situ* une démonstration de la capacité à fermer un stockage, dont la définition, la réalisation et surtout le suivi pourraient s'étendre au-delà de 2030.

2.3.2. INSTALLATION PILOTE DE CIGÉO

L'Andra indique qu'en complément des essais réalisés au laboratoire souterrain, la phase pilote a pour objectifs de tester des pistes d'optimisation de certains concepts et de conforter, en conditions réelles :

- les mesures et dispositions techniques prises pour maîtriser les risques d'exploitation ;
- la performance des équipements industriels ;
- la capacité à retirer des colis de déchets stockés, dans le cadre d'essais de retrait ;
- les moyens et capteurs permettant la surveillance du stockage ;
- les techniques de scellement des alvéoles et des galeries, dans le cadre d'essais et de démonstrateurs de scellement.

L'IRSN s'était prononcé en faveur d'objectifs comparables à l'issue du débat public tenu en 2013 ; seule la thématique « *tenue et impact des grands ouvrages* » n'est pas explicitement mentionnée par l'Andra mais elle est néanmoins abordée (galerie représentative d'une portion courante d'alvéole MAVL au laboratoire souterrain, alvéole d'observation MAVL inactif dans Cigéo...). **Aussi, l'IRSN considère que les objectifs de la phase pilote retenus par l'Andra sont globalement satisfaisants à ce stade.**

Cependant, si le PDD prend effectivement en compte ces différents objectifs, l'IRSN constate que pour aucun d'entre eux, l'ensemble des essais de qualification attendus n'est, à ce stade, défini. En effet, l'Andra indique que de nombreux essais ne pourront être décidés qu'à l'issue de la phase d'APD actuellement en cours. L'IRSN estime par conséquent que l'Andra peut difficilement, à ce jour, être en mesure d'apprécier le volume d'activités nécessaire pour chacun des éléments précités. Néanmoins, l'Andra retient dans le PDD une durée globale de la phase pilote de l'ordre de dix ans (quatre ans en inactif et six ans en actif). Pour sa part, l'IRSN a indiqué à l'issue du débat public tenu en 2013 qu'une durée de tests plus longue serait probablement nécessaire. En effet, l'ambition de conforter la démonstration de sûreté de Cigéo pendant la phase pilote nécessite d'extrapoler les résultats des essais de qualification sur la durée d'ordre séculaire de la phase d'exploitation. Ces essais doivent donc, selon l'IRSN, s'étendre sur une durée suffisante pour que les conditions d'environnement (mécanique, hydrique, chimique), initialement perturbées par la mise en place du stockage, soient suffisamment stabilisées pour être représentatives de celles qui prévaudront pendant la phase d'exploitation courante. Aussi, outre les incertitudes encore importantes mentionnées ci-avant relatives au volume d'activités, **l'IRSN estime à ce stade qu'une durée de dix ans pour la phase pilote n'est vraisemblablement pas suffisante et n'intègre aucun aléa de réalisation des essais.**

Enfin, l'Andra indique que la phase pilote comprend trois périodes :

1. une période d'essais « inactifs » avec des colis factices ou des sources scellées ;
2. des essais de démarrage en actif avec un nombre limité de vrais colis de déchets après autorisation de mise en service (MES) vers 2029 ;
3. une montée progressive en capacité opérationnelle avec des colis HA et MAVL représentatifs de l'inventaire destiné à Cigéo, le passage en exploitation courante étant envisagé vers 2035 après bilan de la phase pilote.

S'agissant du troisième point, l'IRSN convient que la capacité de l'installation à fonctionner à une cadence industrielle de stockage devra être vérifiée pendant la phase pilote. Néanmoins, compte tenu du programme industriel de gestion des déchets de l'Andra (PIGD, version D) qui indique une « *montée en puissance progressive de Cigéo* » concernant un total de plus de 3 700 colis sur une période d'environ cinq ans, l'IRSN estime que la montée progressive en capacité opérationnelle évoquée dans le PIGD s'apparente davantage à un passage en exploitation courante qu'à la vérification précitée. Or, l'IRSN rappelle qu'à l'issue du débat public tenu en 2013, il s'était prononcé en faveur d'une autorisation de mise en service pendant la phase pilote qui ne concernerait qu'un nombre limité de colis, strictement nécessaire aux besoins de la démonstration et intégrant des exigences maximales de récupérabilité ; l'IRSN rappelle également que le passage en exploitation courante du stockage nécessite l'évaluation du bilan de la phase pilote. Aussi, **il conviendra qu'au plus tard pour la DAC, l'Andra justifie la quantité et la nature des colis (intégrant des exigences maximales de récupérabilité) strictement nécessaires pour démontrer la capacité de l'installation à fonctionner à une cadence industrielle de stockage.**

3. CONCLUSION

L'IRSN convient que l'échelle TRL peut être un outil interne approprié pour l'évaluation de la progression industrielle du projet Cigéo. En revanche, il ne peut être fait de bijection entre un niveau TRL et le niveau d'avancement de la démonstration de sûreté. Aussi, un PDD essentiellement fondé sur l'application de cet outil n'est pas adapté au dialogue institutionnel et public qui doit accompagner le développement par étapes de Cigéo. A cet égard, l'IRSN identifie le risque que les éléments de démonstration que l'Andra sera en capacité de réunir en 2017 pour l'élaboration de la DAC ne soient pas suffisants pour porter un avis conclusif sur la création de l'installation. L'IRSN considère que pour être recevable sur le plan technique, le dossier de DAC devra (i) pour les domaines à forts enjeux de sûreté identifiés lors des précédentes instructions, présenter des éléments de démonstration de la performance des composants et des ouvrages de stockage fondés sur des essais suffisamment représentatifs, notamment en termes de dimensions et de conditions d'exploitation (ii) présenter les essais de qualification à réaliser pendant la phase pilote qui permettraient d'atteindre le niveau de démonstration requis avec le nombre de colis strictement nécessaire et (iii) prévoir des rendez-vous d'évaluation institutionnels associés aux résultats clés qui sont attendus dans les domaines à forts enjeux de sûreté, au-delà des étapes d'autorisation prévues par le dispositif réglementaire actuel.

Enfin, il apparaît peu vraisemblable que les éléments nécessaires aux prises de décisions à chaque grande étape (DAC, début de la phase pilote, passage en exploitation courante...) soient réunis aux échéances calendaires actuellement prévues par l'Andra compte tenu d'une part des éléments présentés ci-avant et, d'autre part, pour ce qui concerne la phase pilote, de la durée nécessaire à l'obtention de résultats et de l'absence de marge pour tenir compte d'aléas de chantier.

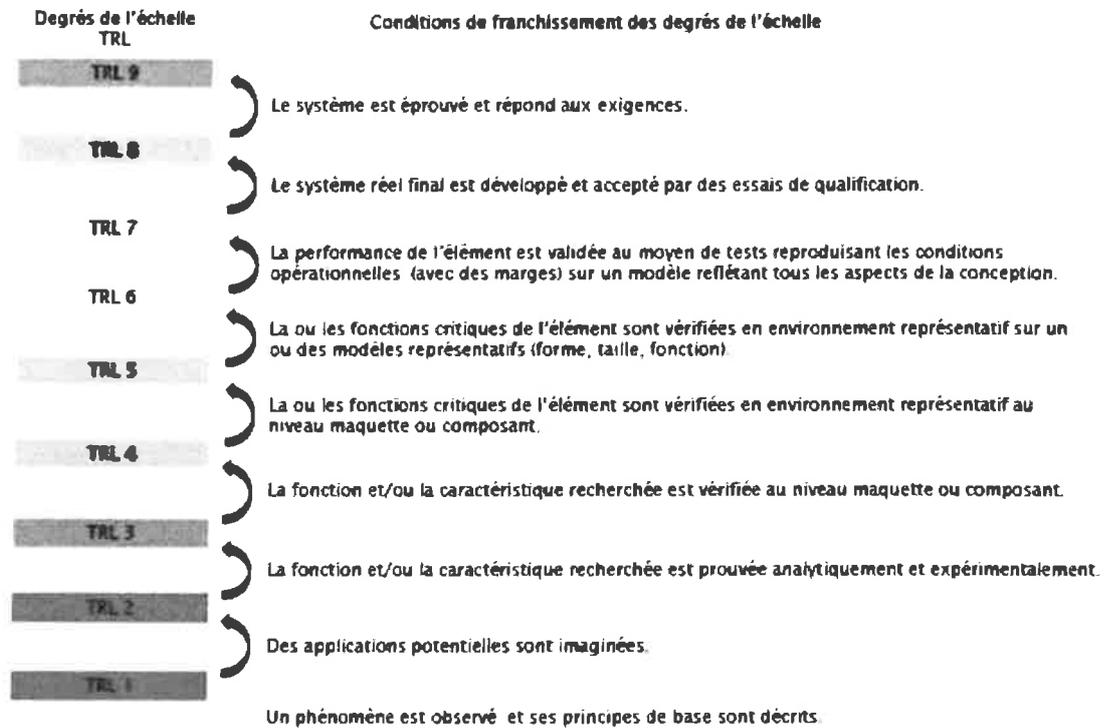
Jacques REPUSSARD
Directeur général de l'IRSN

Annexe 1 à l'avis IRSN/2015-00348 du 6 novembre 2015

Andra - Cigéo

Plan de développement des composants du projet Cigéo

Schéma illustrant les niveaux de l'échelle TRL



Adresse courrier

BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social

31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre B 440 546 018

Annexe 2 à l'avis IRSN/2015-00348 du 6 novembre 2015

Andra - Cigéo

Plan de développement des composants du projet Cigéo

Illustration par l'Andra de l'application de l'échelle TRL au conteneur de stockage HA

Echelle TRL appliquée à Cigéo	
Cas des surconteneurs (les fonctions critiques sont « le retard de l'arrivée d'eau sur les déchets » et « l'aptitude à la manutention horizontale »)	
Après atteinte du TRL 9	Cigéo est en exploitation industrielle courante. Les surconteneurs industriels sont reçus, soudés pour constituer les colis de stockage (CS) et stockés au rythme nominal. Des rapports d'exploitation sont émis périodiquement.
Après atteinte du TRL 8 et pour atteindre le TRL 9	Cigéo est en phase industrielle pilote. De premiers colis de déchets réels sont reçus. L'exploitant procède à des essais et à des vérifications des procédures d'exploitation en conditions actives. Des surconteneurs industriels sont reçus, soudés par le poste industriel pour constituer des CS actifs qui sont mis en stockage. Le respect des exigences techniques spécifiées est vérifié.
Après atteinte du TRL 7 et pour atteindre le TRL 8	Suite à sa construction, l'installation est en phase industrielle pilote. Son exploitant procède à des essais et à des vérifications des procédures d'exploitation dans des conditions inactives. De premiers surconteneurs industriels sont reçus, soudés par le poste industriel pour constituer des CS inactifs qui sont mis en stockage.
Après atteinte du TRL 6 et pour atteindre le TRL 7	L'installation Cigéo n'est pas encore construite. Plusieurs exemplaires identiques d'un modèle de surconteneur, ayant les mêmes caractéristiques que le surconteneur industriel prévu (taille, masse, épaisseur, forme, présence d'un objet simulant un conteneur de verre...), sont produits, assemblés et soudés par des procédés identiques à ceux qui seront industrialisés (même matériau, même technologie de soudure...); les futures conditions industrielles de production sont reproduites ou prises en compte au mieux (température, irradiation...). Les CS produits sont soumis à des caractérisations (analyse non destructives et destructives), à des essais (chute, résistance mécanique, incendie, corrosion, durabilité...) et à des modélisations, reproduisant et pour certaines dépassant les conditions opérationnelles rencontrées en exploitation et pendant plusieurs siècles après fermeture, en vue de valider leurs performances.
Après atteinte du TRL 5 et pour atteindre le TRL 6 <i>Phase en cours du projet</i>	Plusieurs exemplaires, éventuellement de différents modèles de surconteneur, ayant des caractéristiques représentatives de celles des surconteneurs industriels envisagés (forme, taille, fonction, matériau) sont produits, assemblés et soudés. Ces modèles sont soumis à des caractérisations (destructives et non destructives), tests et simulations permettant d'évaluer leurs fonctions critiques dans des conditions d'environnement représentatives du stockage (température, environnement argileux ou cimentaire, sollicitations mécaniques, conditions redox...).
Après atteinte du TRL 4 et pour atteindre le TRL 5	Des exemplaires de maquettes de surconteneurs (pas nécessairement en « grandeur nature » ou entièrement fonctionnels, mais autant que nécessaire représentatifs des surconteneurs industriels envisagés) ou de composants de surconteneur (éprouvettes, pièces entières ou parties de couvercles, corps, zones soudées, patins...) sont utilisés pour évaluer les fonctions critiques des surconteneurs industriels dans des conditions d'environnement représentatives du stockage. Ces maquettes ou composants sont soumis à des caractérisations (destructives et non destructives), tests et simulations.
Après atteinte du TRL 3 et pour atteindre le TRL 4	Un ou des exemplaires de maquettes de surconteneurs ou de composants de surconteneurs sont produits afin d'établir la performance de base. La vérification limitée à des conditions de laboratoire et par simulation est peu représentative.

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018