

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Enhancing nuclear safety

Préconisations vis-à-vis de la validation des logiciels utilisés dans la démonstration de sûreté nucléaire

Séminaire du 08/11/16 « vérification, validation et quantification des incertitudes en simulation numérique »



Sommaire :

1. présentation de l'IRSN
2. contexte
3. préconisations / validation des logiciels

IRSN : Carte d'identité

- **Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC)** sous la tutelle conjointe des ministres chargés de la défense, de l'environnement, de l'énergie, de la recherche et de la santé.
- L'IRSN est l'expert public **des risques nucléaires et radiologiques**
- 1 748 salariés, dont plus de 1000 spécialistes : chercheurs, doctorants, post-docs, ingénieurs
- 291 M€ de budget, 40,5 % consacrés à la recherche
- 11 implantations en France, dont 3 majeures : Fontenay-aux-Roses, Cadarache, Le Vésinet

IRSN : Domaines d'activité

- **La sûreté nucléaire:** réacteurs, cycle du combustible, déchets, applications médicales
- **La sûreté des transports** de matières radioactives et fissiles
- **La protection des travailleurs, de la population et de l'environnement** contre les risques liés aux rayonnements ionisants
- **La protection et le contrôle** des matières nucléaires
- **La protection des installations nucléaires** et transports de matières radioactives et fissiles contre les actes de malveillance

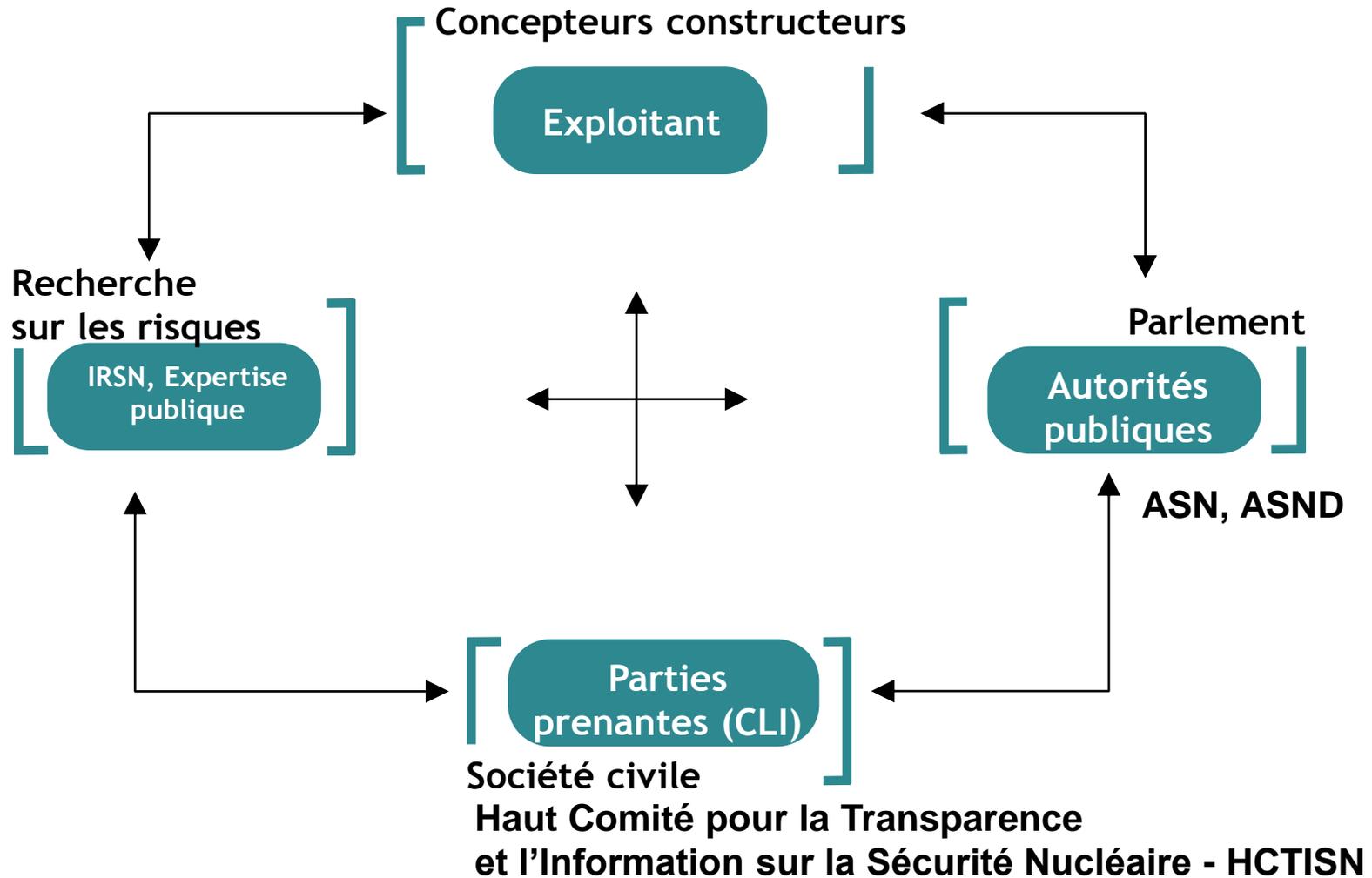


IRSN : Trois grandes missions

- Recherches et services d'intérêt public, incluant l'information du public.
- Appui et concours techniques aux autorités publiques pour les activités à vocation civile ou intéressant la défense.
- Prestations contractuelles d'expertises, d'études, de mesures, pour le compte d'organismes publics et privés, français et étrangers.



Contexte

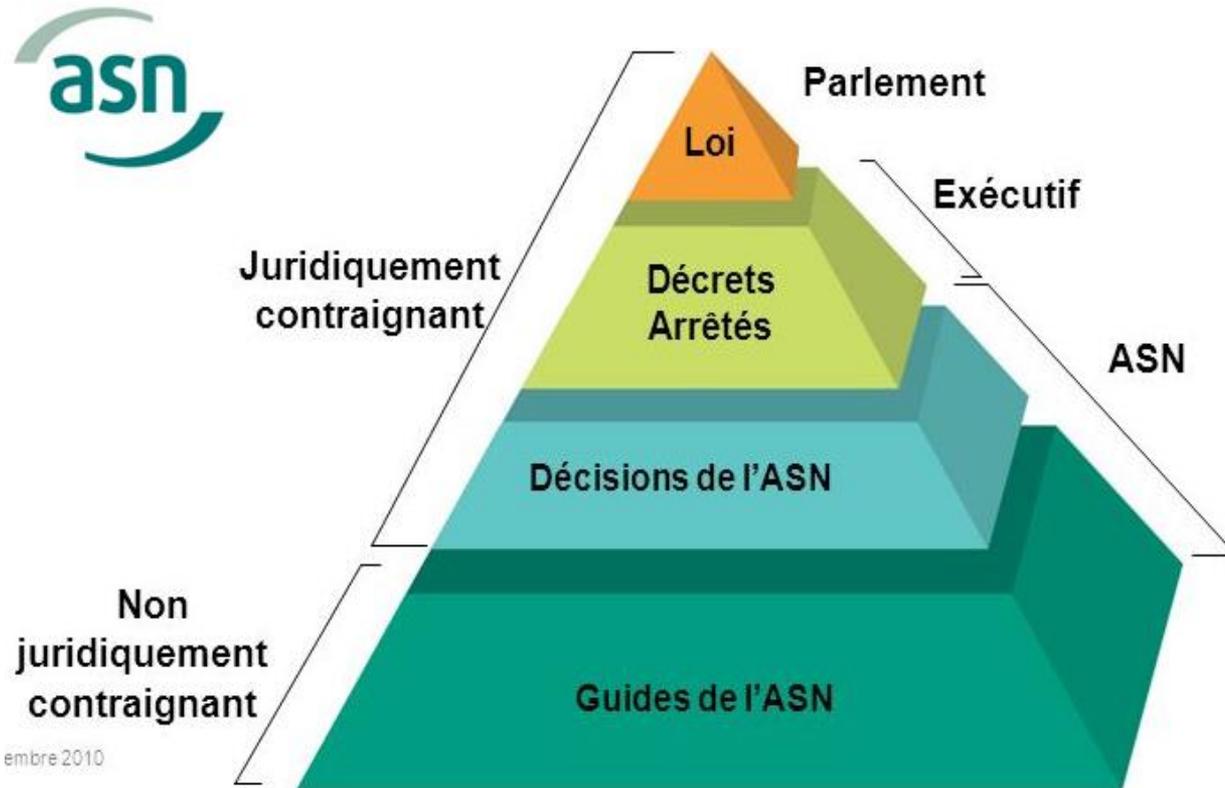


Contexte

- Démonstration de sûreté des INB : études des accidents
- Réalisation de simulations à l'aide d'Outils de calcul scientifique (OCS)
- Réglementation : nécessité d'utiliser des **OCS qualifiés** (Décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle au titre de la sûreté nucléaire du transport de substances radioactives)
- Instruction technique IRSN de la qualification des OCS : souvent nombreux points durs
- Décision ASN de faire **un guide** décrivant les préconisations / qualification afin de faciliter l'élaboration et les instructions techniques des dossiers de qualification

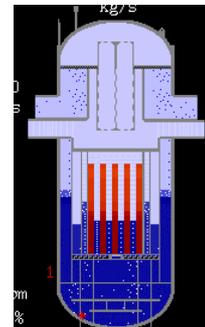
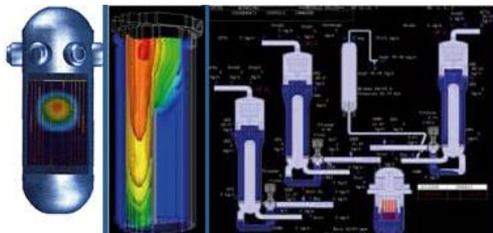


Contexte



Contexte

- Lancement d'un GT mi-2014 regroupant l'ASN, l'IRSN et les exploitants EDF, AREVA et le CEA
- Elaboration d'un projet de guide applicable aux OCS utilisés pour la démonstration de sûreté relative à la première barrière (gaine du combustible)
- Domaines physiques concernés : thermohydraulique, neutronique, thermomécanique et physicochimie du combustible



Préconisations / qualification des OCS

1- Définitions (1/2)

1. **Outil de calcul scientifique (OCS)** : Les OCS sont des logiciels qui effectuent la simulation numérique de phénomènes physiques. Ils sont composés d'un ou plusieurs solveurs et éventuellement de pré- et post-processeurs
2. **Champ d'utilisation visé** : Ensemble de situations ou de scénarios des études de sûreté que l'on vise à réaliser au moyen de l'OCS
3. **Vérification** : La vérification consiste à s'assurer que l'OCS fonctionne comme voulu (réalisation informatique et numérique correcte, solution numérique correcte)
4. **Validation** : La validation consiste à s'assurer qu'un OCS simulant des phénomènes physiques a la capacité de les représenter correctement dans le domaine de validation

Préconisations / qualification des OCS

1- Définitions (2/2)

5. **Transposition** : Transposition de la capacité prédictive de l'OCS de la base de validation au champ d'utilisation visé
6. **Incertitude** : Quantification du doute sur le résultat d'une mesure ou d'un calcul
7. **Qualification** : Reconnaissance par l'exploitant qu'un OCS est apte à fournir des résultats utilisables dans le cadre de la démonstration de sûreté nucléaire
8. **Méthode** : Démarche définissant certaines hypothèses (conditions initiales, aux limites etc.), la prise en compte des incertitudes, les pénalités, les schémas de calcul et l'enchaînement des calculs nécessaires à l'étude à réaliser, en cohérence avec les règles de la démonstration de sûreté nucléaire

Préconisations / qualification des OCS

2- Introduction (1/2)

1. Nécessité de bien identifier l'OCS : Version bien identifiée et figée (définition de la version au sens générale : ex en neutronique ⇨ version code + bibliothèque de procédures + bibliothèque de sections efficaces) + plateformes utilisées, compilateurs,...
2. OCS associées à une ou des applications cibles
☞ pas de qualification « en absolu »
3. Liens forts OCS et méthodes : se reposer la question lors de l'application d'une méthode si la méthode ne remet pas en cause la qualification (ex : application de pénalités, « recalage », biais sur la modélisation dans les études de sûreté)

Préconisations / qualification des OCS

2- Introduction (2/2)

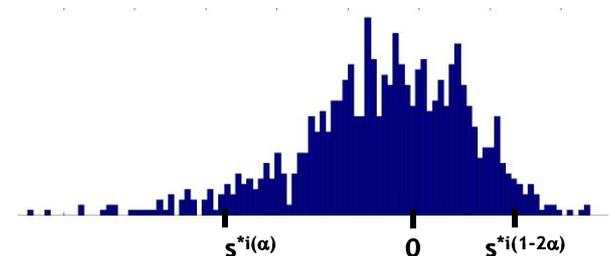
Démarche de validation physique d'un OCS : démarche progressive

1- validation module par module, modèle par modèle, effet par effet...

2- validation sur des configurations à complexité croissante

3- validation intégrale sur les paramètres cibles de(s) application(s)

☞ permet d'avoir une certaine assurance qu'il n'y a pas de compensation d'erreurs



Préconisations / qualification des OCS

3- Démarche préconisée (1/7)

5 étapes

1. Vérification
2. Réalisation d'un PIRT des scénarios du champ d'utilisation visé
3. Validation à effet séparé
4. Validation intégrale
5. Transposition

Préconisations / qualification des OCS

3- Démarche préconisée (2/7)

1. Vérification

- ☞ Processus organisé visant à déterminer si les équations sont résolues correctement du point de vue numérique et informatique.
- ☞ Dans le cas de couplage, vérification que les liens et les interfaces entre les outils de calcul soient correctement conçus et mis en œuvre.

2. Réalisation d'un PIRT des applications cibles

- ☞ Description applications et identification de grandeurs d'intérêt associées
- ☞ Identification phénomènes physiques et classement : phénomènes physiques dominants
- ☞ Identification des modèles et paramètres dominants associés

Préconisations / qualification des OCS

3- Démarche préconisée (3/7)

3. Validation à effet séparé des modèles dominants identifiés à l'étape 2

Validation "unitaire" sur des cas analytiques et/ou des exp. à effet séparé et/ou par comparaison à des calculs étalons avec la **justification pertinence et suffisance** choix essais/phénomènes physiques (description des exp, objectifs, paramètres mesurées, instrumentations utilisées et incertitudes associées, dépouillement,...) et **cohérence** des modélisations et modèles utilisés

Sorties de cette étape

- ↪ « schéma de calcul » défini (modèles avec les valeurs de paramètres choisis, modélisation, recommandations,...)
- ↪ maîtrise **incertitudes** sur chacun des modèles déterminées avec description méthode de détermination de ces incertitudes
- ↪ **domaine de validation** de chacun des modèles défini

Préconisations / qualification des OCS

3- Démarche préconisée (4/7)

4. Validation intégrale OCS / application(s)

Validation des interactions entre phénomènes physiques par comparaison à des exp. intégrales, REX, essais physiques... représentatifs / application(s) cible(s) et permettant d'accéder aux grandeurs d'intérêt : simulations en **cohérence** avec les choix réalisés à l'étape de la validation à effet séparé (schéma de calcul, modélisation, recommandation,...) et **justification pertinence et suffisance** choix essais / phénomènes physiques

Sorties de cette étape

- ↪ schéma de calcul défini (modèles avec les valeurs de paramètres choisis, modélisation, recommandations,...) retenu pour simuler l'application (en **cohérence avec l'étape validation à effet séparé**)
- ↪ maîtrise **incertitudes** globales sur les grandeurs d'intérêt avec description méthode de détermination de ces incertitudes
- ↪ **domaine de validation** défini

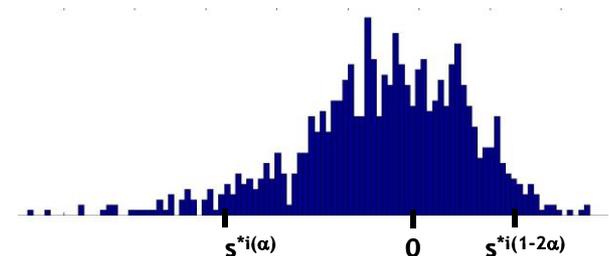
Préconisations / qualification des OCS

3- Démarche préconisée (5/7)

5. Transposition au champ d'utilisation visé

Passage des cas tests expérimentaux aux cas réels

- ↪ vérification de l'adéquation des éléments validés avec ceux du cas à simuler (effet échelle, effet conditions expérimentales/REP, ...)
- ↪ transposition des **incertitudes** déterminées au cours des phases de validation à l'échelle réacteur et cas d'application cibles

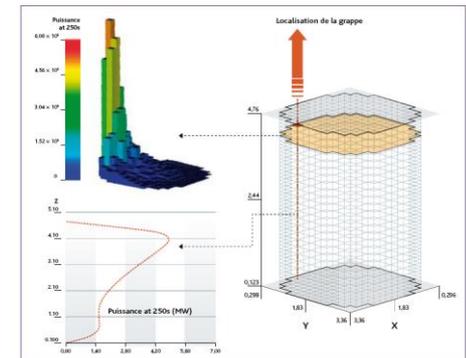


Préconisations / qualification des OCS

3- Démarche préconisée (5/7)

Points particuliers :

- ✓ les outils de pré et post traitements : nécessité de prévoir une vérification spécifique et de les inclure pour la validation
- ✓ les couplages \Rightarrow validation supplémentaires / couplages si nouveaux phénomènes physiques

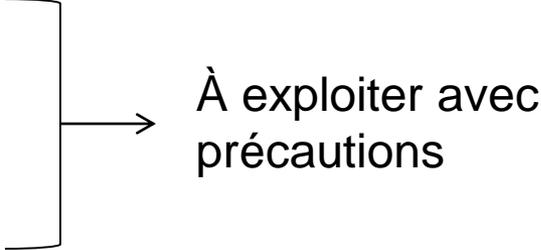


Préconisations / qualification des OCS

3- Démarche préconisée (6/7)

Démarche préconisée = démarche idéale

Si pas possible (ex : verrou expérimental) :

- Benchmark à d'autres OCS,
 - Études de sensibilité,
 - Jugement d'expert,
 - **Démarche conservative** : couverture des lacunes de validation par des pénalités
- 
- À exploiter avec précautions

Préconisations / qualification des OCS

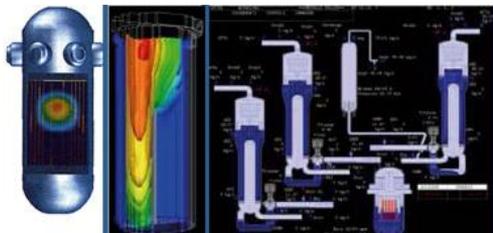
4- réactualisation de la qualification

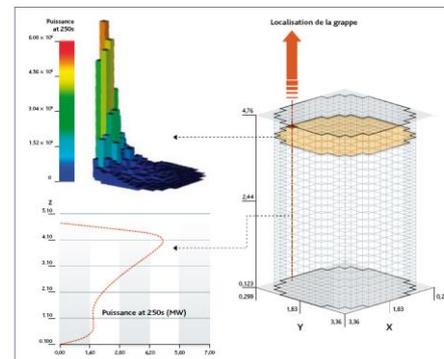
Plusieurs cas possibles :

1. nouvelle version : analyse de non régression peut suffire
2. extension du champ d'utilisation visé : vérification que le domaine de validation couvre l'extension sinon extension de la base de validation

Suite du travail

- Projet de guide terminé mi-2016
- Soumission au collège ASN avant fin 2016
- Soumission à la consultation public début 2017
- Finalisation guide mi-2017
- Extension envisagée du guide à d'autres domaines (EPS, mécanique, AG,...) mais nécessité d'une analyse de son applicabilité





Questions ?

