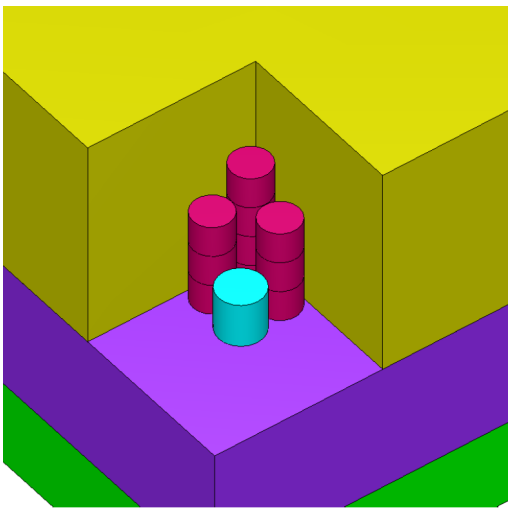
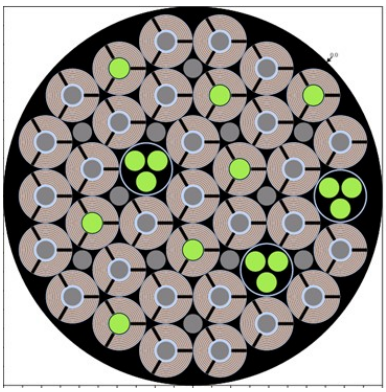
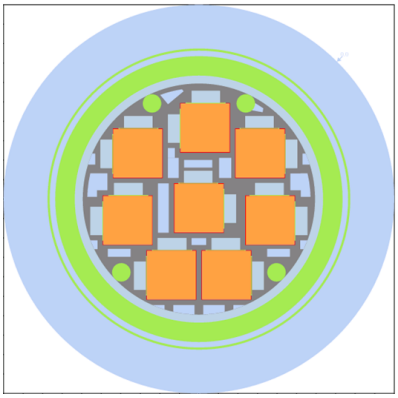
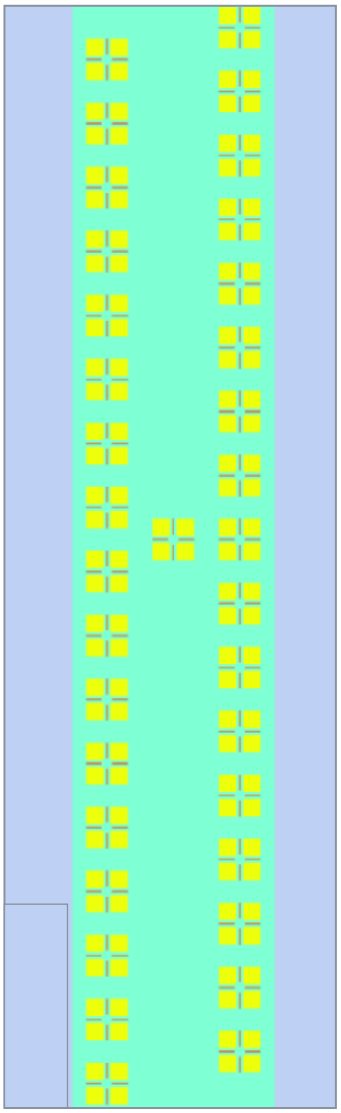
FICHE N°6

CALCULS DE SÛRETÉ-CRITICITÉ









Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Généralités

⇨ Les calculs de sûreté-criticité ont pour objectif de déterminer les **valeurs numériques des limites imposées par les modes de contrôle de la criticité retenus** (voir fiches n°2 et 3). Ces valeurs sont ensuite intégrées dans les analyses de sûreté-criticité.

Deux grands types de calculs de sûreté-criticité sont réalisés en support des analyses :

Des **calculs de normes**, qui permettent de déterminer des paramètres critiques et admissibles d'un milieu fissile pour géométries simples et pour différents réflecteurs.

Les notes de calcul de normes permettent, selon les cas :

- L'acquisition d'ordres de grandeurs ;
- La réalisation de comparaisons entre milieux fissiles ;
- Le dimensionnement préliminaire d'équipements ;
- Un soutien à une démonstration de sûreté-criticité d'un équipement / d'une configuration sans calcul pour des géométries simples.

Des **calculs en géométrie** qui permettent généralement d'obtenir une valeur de k_{eff} pour un milieu fissile et une géométrie donnés.

Les notes de calculs en géométrie permettent de prendre en compte :

- Des géométries plus complexes ;
- Les interactions neutroniques entre plusieurs systèmes contenant des milieux fissiles éventuellement différents ;
- Le cas de modes de contrôle associés.

⇨ Ces calculs sont réalisés à l'aide de **codes de calcul**, logiciels permettant le calcul de grandeurs neutroniques pour un milieu donné, associés à des procédures de calcul et des données nucléaires (**schémas de calcul**).

⇨ L'ensemble des codes et des schémas de calcul associés, ainsi que des interfaces de pré et post-traitement des données est rassemblé dans des **formulaires de calcul** (exemple : formulaire CRISTAL : voir ci-après).

⇨ Les schémas de calcul doivent être qualifiés : la **qualification** a pour objet de comparer les résultats obtenus par calcul aux résultats issus d'expériences.

Calculs de normes

⇨ Les **calculs de normes** ont pour finalité d'obtenir les paramètres critiques (k_{eff} = 1) et/ou admissibles (k_{eff} < 1) d'un milieu fissile de référence, pour une plage variable de modération et :

- Pour des **GÉOMÉTRIES** simples :
  - Sphères ⇨ **VOLUME DE SPHÈRE** (cm^3)
  - Cylindres ⇨ **DIAMÈTRE DE CYLINDRE** (cm)
  - Plaques ⇨ **ÉPAISSEUR DE PLAQUE** (cm)
- Pour différents réflecteurs *(*)*, classiquement (voir fiche n°15) :
  - 2,5 cm d'eau,
  - 20 cm d'eau,
  - 60 cm de béton à 8,93% en eau,
  - 1 m de béton à 3% en eau,
  - 25 cm de plomb suivis de 20 cm d'eau.

(*) Ces réflecteurs sont ceux habituellement étudiés, mais d'autres réflecteurs peuvent être pris en compte en cas de besoin spécifique.

⇨ À partir des dimensions critiques et admissibles, peuvent être calculées les valeurs critiques et admissibles :

- En géométrie sphérique ⇨ **MASSE** (g)
- En géométrie plane ⇨ **DENSITÉ SURFACIQUE** (g/cm^2)
- En géométrie cylindrique ⇨ **DENSITÉ LINÉIQUE** (g/cm), **NOMBRE DE CRAYONS**

⇨ La note de calcul de normes définit également les **CONCENTRATIONS** (ou les **RAPPORTS H/X**) limites critiques et admissibles du milieu fissile en milieu infini.

⇨ La note de calcul de normes présente également les **caractéristiques neutroniques (k_∞ et B^2_m)** du milieu fissile.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Plan-type d'une note de calcul de normes réalisée par CP2C

⇨ OBJET

⇨ MOYENS DE CALCUL

- Code(s) utilisé(s) :
  - ♦ En général, les calculs sont réalisés avec la voie multi-groupe **APOLLO Sn** du formulaire CRISTAL,
  - ♦ Des points de vérification peuvent être effectués en voie ponctuelle (code Monte Carlo **TRIPOLI**) ;
- Données nucléaires :
  - ♦ Bibliothèque de données nucléaires multi-groupes,
  - ♦ Données nucléaires issues d'évaluations internationales.

⇨ HYPOTHÈSES DE CALCUL

- Milieu fissile de référence (voir fiche n°4) ;
- Conditions de réflexion :
  - ♦ 2,5 cm d'eau,
  - ♦ 20 cm d'eau,
  - ♦ 60 cm de béton à 8,93% en eau,
  - ♦ 1 m de béton à 3% en eau,
  - ♦ 25 cm de plomb suivis de 20 cm d'eau ;
- Critères de convergence du k_{eff} (=> valeurs admissibles/critiques), le plus fréquemment :
  - ♦ 0,90,
  - ♦ 0,93 (ou 0,92),
  - ♦ 0,95,
  - ♦ 0,97,
  - ♦ 1 ;
- Coefficients de sécurité (voir fiche n°2) (=> valeurs sûres)

⇨ COMPARAISON DES RÉSULTATS DES CALCULS

- Un ou plusieurs points de comparaison entre différents codes de calcul peuvent être réalisés.

⇨ RÉSULTATS DES CALCULS

- Valeurs des paramètres minimaux critiques, maximaux admissibles et sûrs, pour les différents réflecteurs considérés dans les calculs.

Un extrait d'une note (partie RÉSULTATS) est présenté ci-après à titre illustratif :
***SERMA/CP2C/NT/17-6186/A** : milieu U métal homogène (5 % ^{235}U, 95 % ^{238}U) modéré par de l'eau*

Critères d'admissibilité

TAB. 2: U métal homogène, d'enrichissement 5%, modéré de façon homogène par de l'eau – Réflexion par 20 cm d'eau

Paramètre \ k_{eff}	0,90	0,93	0,95	0,97	1,0	Sûr	
Diamètre [cm]	18,9	20,1	21,0	21,9	23,4	19,9	
Epaisseur [cm]	7,81	8,61	9,19	9,79	10,7	8,06	
Volume [l]	12,3	14,5	16,3	18,2	21,7	16,3	
Masse [kg U]	18,9	22,5	25,4	28,6	34,5	24,1	14,8 (D.C)

(D.C. : Double Chargement)

Paramètres

Valeurs admissibles pour différents k_{eff}

Valeurs critiques

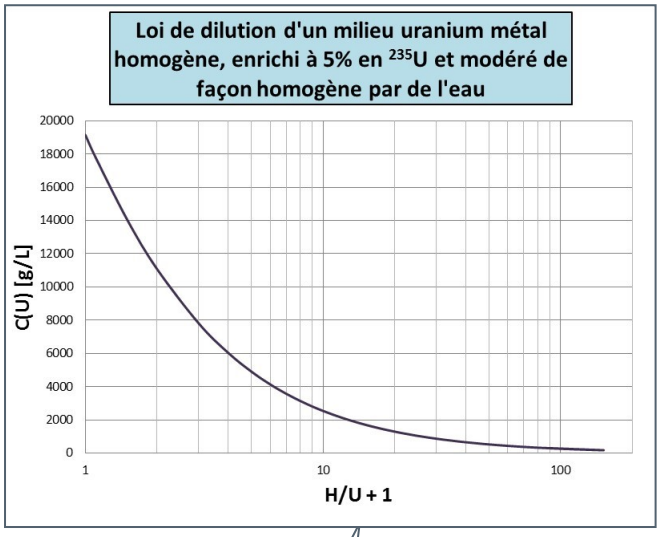
Valeurs sûres

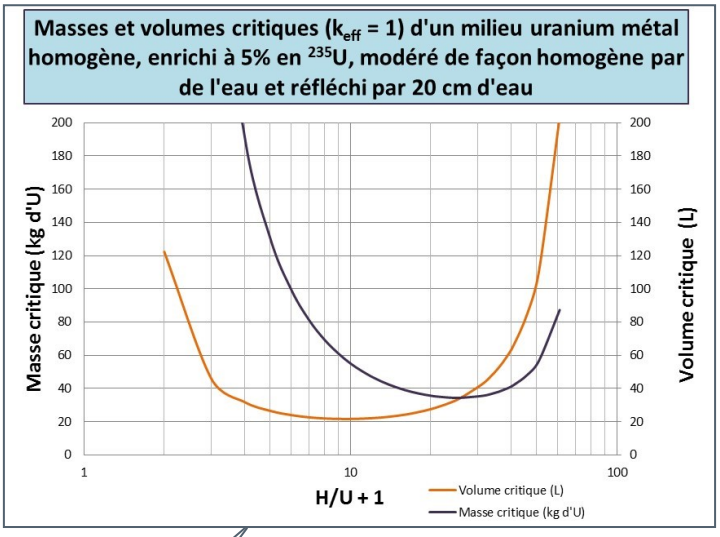
Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

⇨ ANNEXES

- Tableaux qui présentent l'ensemble des résultats APOLLO2 pour le milieu fissile de référence, pour chacun des critères de k_{eff} (valeurs admissibles et critiques) et pour chacun des réflecteurs.

Une utilisation des résultats d'une note (partie ANNEXES) est proposée ci-après à titre illustratif :
SERMA/CP2C/NT/17-6186/A *: milieu U métal homogène (5 % ^{235}U, 95 % ^{238}U) modéré par de l'eau*





Caractéristiques neutroniques

C(U) [g/l]	H/U	k_{inf}	B_m^2 [cm^{-2}]	Volume [l]	Masse [kg U]	Diamètre [cm]	Epaisseur [cm]
19149,5	0	0,952	-9,171E-04	-	-	-	-
17852,4	0,1	0,956	-1,160E-03	-	-	-	-
14046,8	0,5	1,076	2,499E-03	594,250	8347,324	74,836	41,196
11091,4	1	1,169	6,250E-03	122,298	1356,454	42,925	21,595
7806,4	2	1,281	1,092E-02	46,107	359,933	30,382	14,304
6022,7	3	1,346	1,348E-02	31,932	192,316	26,686	12,266
4902,5	4	1,386	1,500E-02	26,602	130,418	25,035	11,402
4133,6	5	1,414	1,595E-02	24,046	99,399	24,183	10,996
3573,3	6	1,432	1,655E-02	22,702	81,120	23,726	10,806
3146,7	7	1,444	1,691E-02	22,029	69,317	23,506	10,742
2811,1	8	1,452	1,712E-02	21,749	61,139	23,431	10,760
2540,2	9	1,457	1,722E-02	21,703	55,129	23,445	10,824
2316,9	10	1,460	1,723E-02	21,875	50,681	23,540	10,930
2129,7	11	1,460	1,718E-02	22,163	47,200	23,680	11,062
1970,5	12	1,460	1,708E-02	22,567	44,467	23,862	11,213
1833,4	13	1,458	1,695E-02	23,062	42,282	24,075	11,380
1714,2	14	1,455	1,677E-02	23,662	40,561	24,323	11,569
1609,5	15	1,451	1,659E-02	24,303	39,116	24,582	11,762
1516,9	16	1,447	1,638E-02	25,031	37,969	24,868	11,971
1434,3	17	1,442	1,615E-02	25,852	37,080	25,173	12,184
1360,3	18	1,437	1,592E-02	26,692	36,309	25,483	12,404
1293,5	19	1,431	1,567E-02	27,619	35,727	25,817	12,637
1233,0	20	1,425	1,542E-02	28,598	35,263	26,159	12,871
1103,9	22,5	1,409	1,476E-02	31,331	34,587	27,079	13,503
999,3	25	1,392	1,408E-02	34,507	34,483	28,068	14,167
840,1	30	1,357	1,272E-02	42,311	35,544	30,258	15,623
778,1	32,5	1,340	1,204E-02	47,066	36,620	31,462	16,416
724,6	35	1,322	1,137E-02	52,546	38,074	32,747	17,259
678,0	37,5	1,304	1,071E-02	58,867	39,912	34,124	18,162
637,0	40	1,287	1,006E-02	66,188	42,163	35,593	19,134
568,3	45	1,252	8,814E-03	84,620	48,094	38,877	21,273
513,0	50	1,219	7,621E-03	110,608	56,746	42,725	23,779
429,4	60	1,157	5,406E-03	203,232	87,277	52,967	30,442
369,3	70	1,100	3,409E-03	453,475	167,459	70,642	41,411
323,9	80	1,047	1,601E-03	1589,805	514,940	108,758	66,370

TAB. 16: U métal homogène, d'enrichissement 5%, modéré de façon homogène par de l'eau – Réflexion par 20 cm d'eau, k_{eff} = 1,0

Milieu fissile de référence

Réflecteur

Critère de convergence

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Calculs en géométrie

⇨ Les **calculs en géométrie** ont pour finalité de présenter le k_{eff} (ou k_{eff} + 3σ) d'un modèle géométrique contenant un ou plusieurs milieux fissiles de référence.

Plan-type d'une note de calcul en géométrie

⇨ **OBJET**

- Description de l'installation / du projet / du contexte, selon les cas
- Objectifs de la note

⇨ **MOYENS DE CALCUL**

- Code(s) utilisé(s) + version du formulaire CRISTAL (le cas échéant)
  - En général, les calculs sont réalisés avec la voie multi-groupe **APOLLO-MORET** du formulaire CRISTAL,
  - Des points de vérification peuvent être effectués en voie ponctuelle (code Monte Carlo 3D **TRIPOLI**) ;
- Données nucléaires :
  - Bibliothèque de données nucléaires multi-groupes,
  - Données nucléaires issues d'évaluations internationales.

⇨ **HYPOTHÈSES DE CALCUL**

- Milieux fissiles de référence (voir fiche n°4) ;
- Milieux non fissiles et leur composition (ex : eau, béton 3%/6%/9%, milieux métalliques…) ;
- Modèles géométriques
  - Le modèle géométrique doit être enveloppe de la réalité de l'installation,
  - Les approximations réalisées doivent normalement apporter une marge dans le résultat du calcul ;
- Conditions de réflexion (voir fiche n°15) et interactions avec d'autre unités (voir fiche n°16) ;
- Critère(s) de convergence et qualification du code utilisé pour le calcul :
  - Ils peuvent aussi être présentés dans l'analyse de sûreté-criticité,
  - Les valeurs de k_{eff}, lorsqu'elles sont calculées à l'aide d'un code de type Monte Carlo (MORET, TRIPOLI…) sont assorties d'une **incertitude statistique notée σ** *(exemple : 100 pcm).* C'est la valeur de **k_{eff} + 3σ** qui doit être inférieure au critère de convergence visé *(exemple : k_{eff} + 3σ ≤ 0,95).*

⇨ **RÉSULTATS DES CALCULS**

- Les principaux résultats d'une note de calcul en géométrie sont les valeurs de k_{eff} + 3σ, qui peuvent être présentées pour les configurations normales et/ou anormales, en fonction de l'objet de la note ;
- Les calculs sont réalisés en respectant les « règles de l'art de calcul » pour l'obtention de l'optimum de réactivité, notamment la prise en compte de la modération interstitielle (brouillards d'eau de densité variable et lames d'eau d'épaisseur variable) et la teneur en eau du béton (de 3% à 8,93%) ;
- Des calculs de sensibilité (étude de la variation du k_{eff} en fonction de l'évolution des paramètres de criticité) peuvent être réalisés ; ces calculs peuvent constituer une aide (par exemple, connaissance de la robustesse d'une démonstration en cas de non-respect d'un paramètre).

⇨ **CONCLUSION**

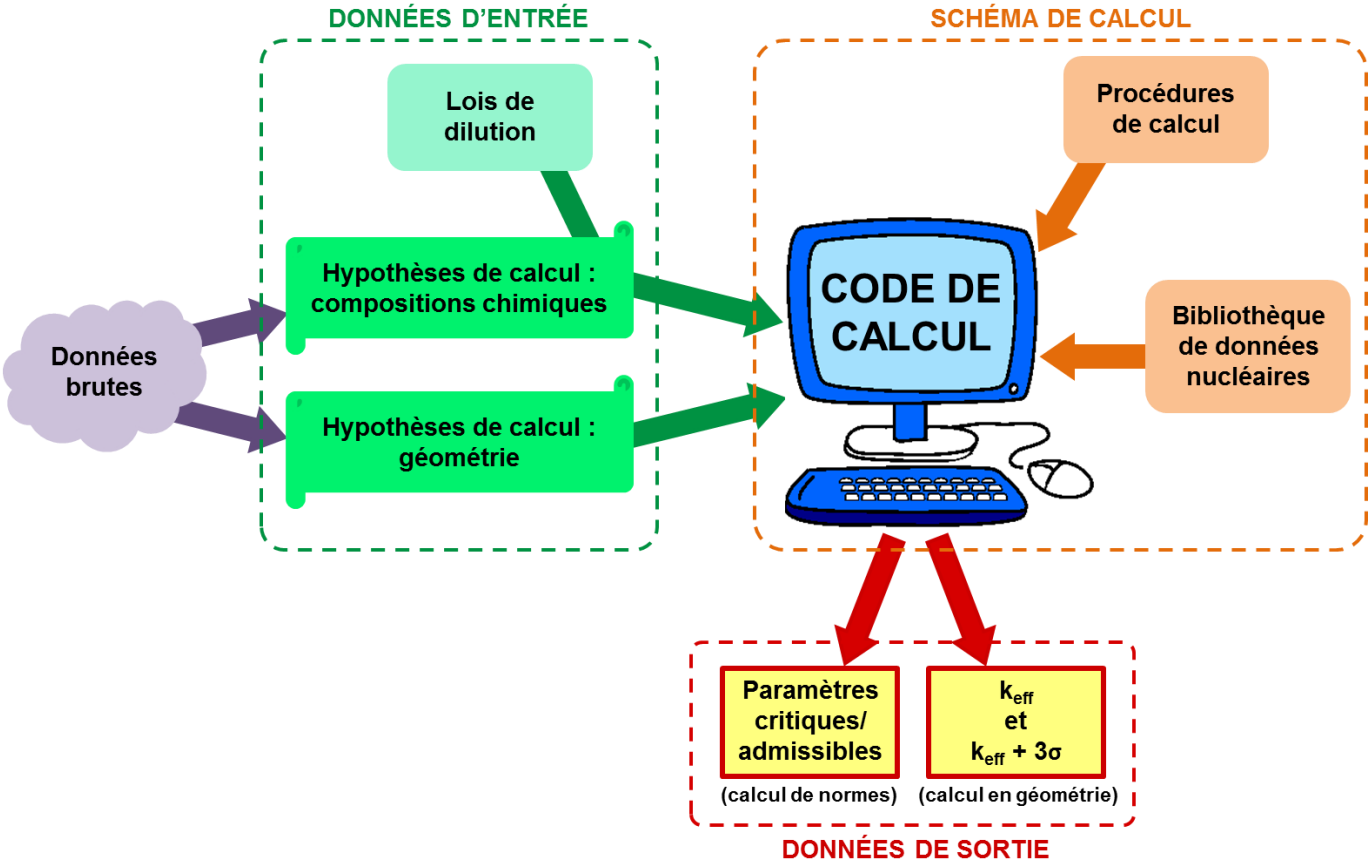
- La conclusion doit faire apparaître clairement le cadre de fonctionnement de l'unité étudiée et doit identifier les paramètres importants pour que le système reste dans le domaine admissible/sous-critique.

⇨ **ANNEXES** (facultatif)

- Tableaux qui présentent les résultats de manière plus détaillée.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Résumé sur les données d'entrée et de sortie d'un code de calcul



Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Spécifier une demande de calcul

⇨ La demande de calcul doit présenter toutes les **hypothèses** utiles à la réalisation de ce dernier.

⇨ **La demande de calcul doit préciser les objectifs : dimensionnement d'un équipement, calculs de masses maximales admissibles manipulables, calcul de distance minimale d'éloignement entre deux équipements, ...**

⇨ **Il est nécessaire d'avoir une discussion entre le demandeur et la personne qui effectue le calcul.**

⇨ **DÉCRIRE L'INSTALLATION ET SON FONCTIONNEMENT – CONTEXTE DU PROJET**

- Il est fortement recommandé de fournir une description permettant à la personne en charge des calculs d'avoir une bonne perception de l'installation ou du projet ;
- Autant que possible, une description géométrique doit être accompagnée de plans en annexe et les dimensions doivent être accompagnées des tolérances.

⇨ **DÉCRIRE AVEC SOIN L'ENSEMBLE DES PARAMÈTRES CONSTITUANT LE(S) MILIEU(X) FISSILE(S) DE RÉFÉRENCE**

- L'objectif est de décrire très précisément le(s) milieu(x) fissile(s) de référence enveloppe(s) des milieux fissiles présents dans l'installation (voir fiche n°4) :
  - Matière fissile : composition, forme physico-chimique et répartition (homogène ou hétérogène) ;
  - Matière modératrice : composition et répartition (homogène ou hétérogène) ;
  - Loi de dilution (voir fiche n°5) : celle-ci peut être définie dans la demande si l'on souhaite une loi en particulier (exemple : cas de l'UO_2F_2).

⇨ **DÉCRIRE LE(S) MATÉRIAU(X) NON FISSILE(S)**

- Absorbants (acier en faible épaisseur, poisons neutroniques…) ;
- Réflecteurs (eau, béton, plomb, acier en forte épaisseur…).

⇨ **DÉCRIRE LE(S) CONDITIONS DE RÉFLEXION À APPLIQUER** (voir fiche n°15)

⇨ **INDIQUER LE TYPE DE CALCUL DEMANDÉ ET LE(S) CODE(S) DE CALCUL À UTILISER**

- Calcul de normes ou calcul du k_{eff} d'une géométrie 3D ;
- Version du formulaire CRISTAL (V1.0, V1.2, V2.0…) éventuellement ;
- Voie de calcul *(voir p.7)*.

⇨ **INDIQUER LE TYPE DE CONFIGURATION À ÉTUDIER : NORMALE ET/OU ANORMALE**

- Les configurations résultent de l'analyse préliminaire de sûreté-criticité ;
- Un seul calcul peut couvrir plusieurs situations (normales + anormales) prévues dans l'analyse ;
- Les contraintes de modélisation peuvent entraîner des différences entre la configuration anormale issue de l'analyse et la modélisation réalisée dans le calcul.

Nota : Il peut être judicieux de préciser la manière dont on souhaite voir apparaître les résultats de calcul (paramètre, unité), en lien avec la manière dont seront exprimées les limites en exploitation.

⇨ **INDIQUER LE(S) CRITÈRE(S) D'ADMISSIBILITÉ**

⇨ **DEMANDER LA QUALIFICATION *(voir p.8)***

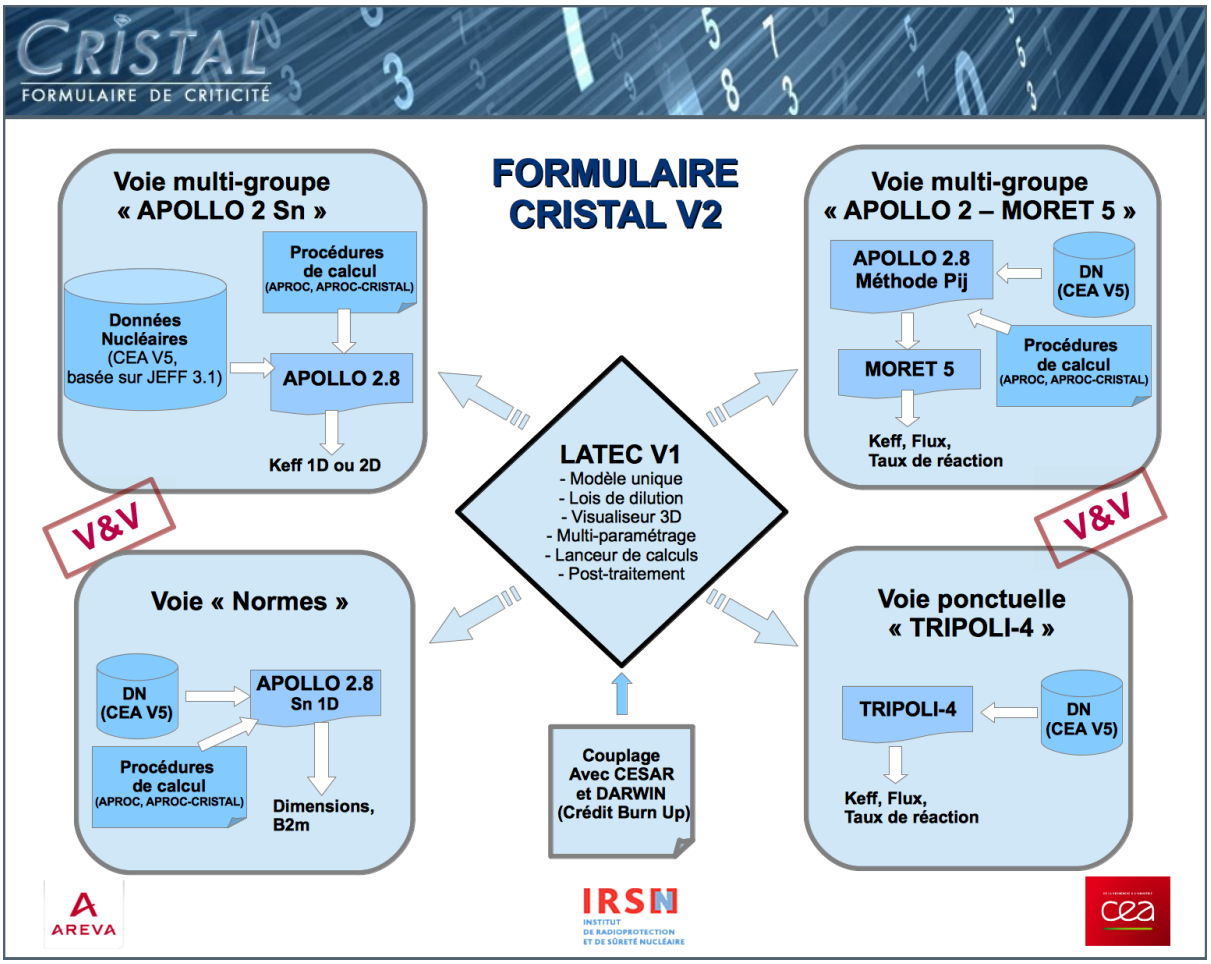
- Il est impératif de s'interroger sur l'état de la qualification de la voie de calcul utilisée ;
- Il peut être demandé à la personne responsable des calculs de fournir les éléments de qualification nécessaires ; à défaut, il revient au demandeur de fournir lui-même ces éléments ;
- La prise en compte de biais de calcul dépend des marges prises dans l'analyse et reste en dernier ressort du domaine de l'IQC et de l'ICC.

⇨ **PRÉCISER LES DÉLAIS, LES DOCUMENTS ET LES RÉUNIONS SOUHAITÉ(E)S**

Remarque : il n'est pas nécessaire de définir les modes de contrôle dans une demande de calcul.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Les codes de calcul utilisés en criticité et le formulaire CRISTAL V2.0



⇨ Le formulaire de calcul **CRISTAL V2.0**, utilisé industriellement en France à partir de mi-2015, est constitué :

- De **codes de calcul** (logiciels de neutronique) **intégrés en « voies de calcul »** :
  - Voie multigroupe « APOLLO2 Sn » (enchaînement de calculs APOLLO2 Pij et Sn) ⇒ **k_{eff} en 1D/2D**
  - Voie multigroupe « APOLLO2 - MORET 5 » (enchaînement APOLLO2 et MORET 5) ⇒ **k_{eff} en 3D**
  - Voie ponctuelle « TRIPOLI-4 » (calcul avec le logiciel TRIPOLI-4 à énergie continue) ⇒ **k_{eff} en 3D**
  - Voie « normes » (calculs déterministes APOLLO2 Sn) ⇒ **normes**
- D'un **atelier logiciel** (LATEC V1.2 (IRSN)) permettant :
  - De calculer les concentrations atomiques des milieux à partir des lois de dilution,
  - De générer un modèle « unique » pour créer les fichiers d'entrée pour l'ensemble des voies de calcul,
  - De visualiser en 3D la géométrie d'un jeu de données,
  - De lancer automatiquement des séries de calcul pour différents jeux de paramètres d'entrée ;
- D'une **bibliothèque de données nucléaires** :
  - Bibliothèque CEA V5.1.2 (CEA), fondée sur l'évaluation JEFF 3.1.1 ;
- De **procédures de calcul** (options de calculs et approximations adaptées à chaque problème rencontré) :
  - APROC et APROC_CRISTAL (CEA).

⇨ Pour la prise en compte du « **Crédit Burn-up** » (voir fiche n°4), le formulaire CRISTAL V2.0 bénéficie de couplages avec le logiciel d'évolution CESAR 5.32 (CEA) et le formulaire DARWIN 2.3 (CEA).

⇨ Avant 2015, il a existé des versions 0 (à partir de 1995) et 1 (depuis 2005) du formulaire CRISTAL. Celles-ci utilisaient des versions antérieures des codes/bibliothèques/outils d'interfaces.

⇨ Il existe d'autres codes/formulaires de calcul à l'international, par exemple :

- États-Unis: SCALE (Oak Ridge National Laboratory), MCNP (Los Alamos National Laboratory) ;
- Royaume-Uni : MONK.

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.

Qualification des voies de calcul

GÉNÉRALITÉS

⇨ Aspects réglementaires :

- **Décision ASN 2014-DC-0462**, dite « décision criticité » :
  « Les limites de criticité sont définies de telle sorte que les facteurs de multiplication effectifs (k_{eff}) […] soient inférieurs à 1 avec une marge suffisante. La valeur de cette marge est justifiée en fonction […] du degré de conservatisme des hypothèses de calculs considérées. » ;
- **Arrêté du 07/02/2012**, dit « arrêté INB » :
  « ***La démonstration de sûreté nucléaire s'appuie sur […] des outils de calcul et de modélisation qualifiés pour les domaines dans lesquels ils sont utilisés. L'exploitant précise et justifie ses critères de validation des méthodes, de qualification des outils de calcul et de modélisation et d'appréciation des résultats des études réalisées pour démontrer la sûreté nucléaire. »***

⇨ En matière de sûreté-criticité, la marge de sûreté doit donc tenir compte du degré de confiance accordé aux techniques de calculs, fonction de la **qualification de ces techniques par comparaison aux résultats d'expérience de criticité (benchmark) portant sur des configurations proches de celles étudiées**.

⇨ Une note de calcul comporte un paragraphe consacré à la qualification de la voie de calcul utilisée, dans le but de préciser le degré de confiance accordé au schéma de calcul. L'examen doit permettre de proposer une marge supplémentaire éventuelle (à intégrer à l'analyse de sûreté-criticité) au regard de ce degré de confiance.

⇨ L'écart entre le résultat d'un calcul et le résultat d'une expérience peut provenir :

- Des bibliothèques de données nucléaires ;
- Du code utilisé ;
- Des approximations/options du code retenues.

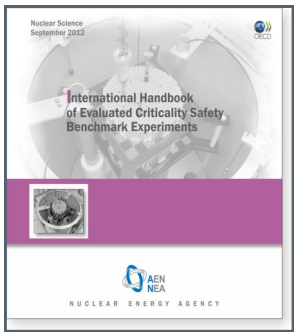
EXISTENCE D'EXPÉRIENCES DE CRITICITÉ

⇨ Pour étudier la qualification d'une voie de calcul pour une configuration donnée, il convient de choisir, dans la mesure du possible, une ou plusieurs **expériences** qui soient représentatives, autant que faire se peut :

- Du milieu fissile de référence choisi ;
- Du spectre neutronique et des autres paramètres neutroniques ;
- Des configurations géométriques ;
- Des matériaux modélisés.

⇨ Les expériences de criticité sont pour la plupart recensées dans l'« ***International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments*** » rédigé par le groupe de travail « ***International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project (ICSBEP)*** » au sein de la « ***Nuclear Energy Agency (NEA)*** », une agence de l'OCDE.

⇨ La base de qualification du formulaire CRISTAL V2.0 contient **3127 expériences**, dont environ 80 % issues du « Handbook ICSBEP ».



NEA/NSC/DOC (95)03
September 2012 Edition

ABSENCE OU INSUFFISANCE D'EXPÉRIENCES : APPLICATION D'UN BIAIS FORFAITAIRE

⇨ En cas d'absence ou d'insuffisance d'expériences pour la configuration étudiée, un **biais dit « forfaitaire »** peut être appliqué sur le critère de convergence (valeur de k_{eff}). C'est notamment le cas pour :

- Les milieux mixtes (U+Pu) faiblement modérés ;
- Les éléments particuliers (PF, actinides mineurs) ;
- …

⇨ Un biais forfaitaire de **2000 pcm** est communément admis, soit par exemple : $k_{eff} \leq 0{,}93$ (au lieu de 0,95). Attention, ce biais peut être insuffisant (exemple : cas des actinides autres qu'U et Pu).

Ce document, élaboré pour la réalisation d'études de sûreté-criticité, est la propriété du CEA. Il ne se substitue en aucun cas à une analyse de sûreté-criticité ou à l'avis d'un ingénieur criticien et ne peut pas servir de référence directe.