

CODES DE CALCULS DE RADIOPROTECTION : LESQUELS ET POURQUOI ?

Jérémy BEZ ; Sophie VECCHIOLA

IRSN

31, avenue de la division Leclerc – BP 17 – 92262 Fontenay-aux-Roses cedex
jeremy.bez@irsn.fr; sophie.vecchiola@irsn.fr

La radioprotection est un ensemble de mesures visant à assurer la protection des travailleurs et des populations vis-à-vis de l'exposition à des rayonnements ionisants. De façon générale, on peut considérer que les sources d'exposition aux rayonnements ionisants peuvent être fixes) ou sous forme de rejet dans un local ou dans l'environnement L'évaluation du risque porte sur l'estimation de l'exposition interne et/ou de l'exposition externe.

L'évaluation de l'exposition peut être réalisée à l'aide de codes de calculs. Le choix d'un code de calcul se base sur la complexité du problème à résoudre, sur la précision du résultat attendu et sur le temps imparti pour la résolution du problème. Ces éléments sont à mettre au regard des différentes familles de codes et de leurs limites de validité.

Cette tutoriale se propose pour ces familles de codes de balayer ces aspects d'un point de vue opérationnel.

Les codes évoqués de façon non exhaustive lors de la tutoriale, sont des codes d'utilisation usuelle (hors domaines liés à la criticité, ...).

Problématiques de radioprotection liées à des rejets

Ce paragraphe traite des sources émises sous forme de rejets atmosphériques ou liquides.

Rejet dans un local

Les évaluations visent essentiellement l'exposition des travailleurs en situations accidentelles et exceptionnellement en situation normales de fonctionnement. De manière générale, pour ce type de rejet en champ proche, quatre configurations de calcul peuvent être considérées suivant que le rejet soit continu ou ponctuel et que le local soit ventilé ou non.

Les modèles utilisés pour réaliser l'évaluation de l'exposition pour ces configurations sont simples et en général bien maîtrisés. Ce type de rejet ne sera pas développé dans la tutoriale.

Rejet dans l'environnement

L'évaluation de l'impact radiologique est complexe et nécessite la mise en œuvre de codes de calculs simulant le transport des radionucléides, leur transfert dans les compartiments de l'environnement et l'impact dosimétrique aux populations. Ces évaluations se font pour le fonctionnement normal des installations ou en situations accidentelles et post accidentelles. Les calculs ont pour but plus ou moins direct de calculer des activités dans les différents compartiments de l'environnement à considérer pour en déduire *in fine* une dose efficace ou un débit de dose efficace.

Les codes disponibles pour réaliser ces évaluations peuvent être classés en trois familles : les codes utilisant des modèles dits à l'équilibre, les codes supposant un pic unique de contamination et les codes ou plateformes flexibles.

La première famille repose sur la résolution des équations statiques. Elles sont principalement utilisées pour réaliser du screening dans le cas de rejets chroniques gazeux ou liquides.

La seconde famille repose sur la résolution des équations de manière analytique. Elle est principalement utilisée pour des situations accidentelles simples.

La troisième famille est constituée de logiciels qui permettent de résoudre une variété de situations (plusieurs pics de contamination par exemple). Elle repose sur la résolution d'équations différentielles par des solveurs dédiés.

Les limites de validité des codes utilisés dépendent en premier lieu du type de modèle de diffusion atmosphérique utilisé.

La tutoriale présentera plus en détails les familles de codes, les points d'attention dans leur mise en œuvre et les grandes questions à se poser avant leur utilisation (quel temps de calcul, quelle précision attendue, ...)

Problématiques de radioprotection liées à des sources non dispersées

Dans le cadre de réalisations de calculs de radioprotection relatifs à l'exposition à des sources fixes, on distingue généralement deux catégories de codes : les codes d'estimation de source (filiation/décroissance, activation/évolution et estimation des fluences particulières) et les codes d'atténuation et de transport. Seuls les codes d'atténuation et de transport seront abordés dans la tutoriale.

Ces codes ont pour but, plus ou moins direct, de calculer une fluence (ou un débit) derrière une protection et/ou à une certaine distance pour en déduire *in fine* une dose (ou un débit).

Pour ce faire, trois familles de méthodes de calcul sont disponibles : les méthodes d'atténuation en ligne droite, les méthodes semi-numériques et les méthodes Monte-Carlo.

La première famille, celle des méthodes d'atténuation en ligne droite repose sur le modèle physique suivant : le flux de particules émis à la source subit une atténuation exponentielle en fonction de l'épaisseur du milieu traversé.

La méthode semi-empirique, consiste schématiquement à discrétiser la fluence particulière en fonction de l'espace, de l'énergie et de la direction. Le calcul des dérivées est alors approché par différence finie.

Pour finir, la méthode Monte-Carlo, consiste à simuler plusieurs particules (quelques millions, voir milliards) de leurs naissances à leurs morts en tenant compte des multiples interactions qu'elles vont subir le long de leurs parcours et des particules secondaires créées.

Dans un premier temps, la tutoriale reviendra sur ces différentes familles de codes et les différentes méthodes associées qui les caractérisent. Pour chacune des trois familles, des exemples de codes seront spécifiés. Une présentation de chacun sera effectuée ainsi que, le cas échéant, une comparaison entre codes d'une même famille.

Enfin, les points de vigilance relatifs à la mise en place de chaque méthode seront rappelées (risque de sortie du domaine de validité de la méthode, énergies limites...) et les questions à se poser avant de réaliser un calcul de radioprotection (quel temps de calcul, quelle précision attendue, quelles hypothèses...) seront rappelés.

Pour finir, un ou plusieurs comparatifs chiffrés des familles de calcul seront établis sur la base d'une problématique de dimensionnement en comparant les différents résultats obtenus, les erreurs associées aux résultats, ainsi que les temps de calcul et es temps de modélisation.

Conclusion générale

Finalement, les questionnements et problématiques liés à la réalisation de calculs de radioprotection, que ce soit pour traiter de l'évaluation d'expositions à des sources fixes ou à des sources émises sous forme de rejets, sont similaires. Il est en effet nécessaire de :

- bien cibler le besoin et l'enjeu associé afin de choisir le code adéquat (précision demandée, temps de calculs...);
- bien maîtriser les limites des codes et les concepts physiques manipulés pour conserver un regard critique sur les résultats ;
- procéder ou faire procéder à une vérification et/ou à une comparaison à des résultats existants sur des cas analogues.

En résumé :

À chaque problème, sa solution. À chaque solution, son code. Et à chaque code, ses problèmes ...