

Société de Calcul Mathématique SA
Outils d'aide à la décision
depuis 1995



Appui Méthodologique à l'Evaluation des
Ecart de Bilan de Matières Nucléaires

Rapport adressé à

l'IRSN/DEND/SATE

par la

Société de Calcul Mathématique SA
(résumé)

Octobre 2013

Rédaction : Bernard Beuzamy et Sophie Davin

Résumé Opérationnel

L'IRSN/DEND/SATE est en charge de la vérification du bilan des matières radioactives, comptabilité qui est tenue au niveau national. Les industriels et exploitants déclarent leurs bilans annuellement et l'IRSN vérifie cette déclaration.

L'IRSN souhaite une réflexion méthodologique de fond, sur l'exploitation et l'analyse des écarts de bilan calculés sur chaque installation et a demandé à la SCM de porter un regard critique sur la méthodologie actuellement mise en œuvre et de faire éventuellement des suggestions d'amélioration.

Pour chaque installation, pour chaque année, les quantités de matières radioactives en entrée et en sortie sont connues. L'écart de bilan pour une installation correspond à la différence entre ces deux valeurs. Des incertitudes existent sur celles-ci, et doivent être prises en compte.

Les calculs réalisés pour l'analyse de l'écart de bilan sont basés sur différentes hypothèses qui peuvent être remises en cause. La question posée par l'IRSN est : la présentation actuelle des écarts de bilan est-elle satisfaisante ?

Nos conclusions sont les suivantes :

1. Le vocabulaire de la théorie des probabilités

L'approche retenue par l'IRSN est de nature probabiliste. Les quantités de matières nucléaires, en entrée, en sortie, d'un site donné, pour une année donnée, sont considérées comme des variables aléatoires.

La théorie des probabilités repose sur la répétition d'une expérience. C'est bien le cas ici, et cette approche nous paraît pertinente, puisqu'il s'agit effectivement de résultats de mesure, en nombre suffisant, et qu'il existe réellement une loi sous-jacente aux phénomènes considérés. Par contre, il faut en permanence bien avoir présent à l'esprit que les lois de ces différentes variables aléatoires ne sont pas connues : on ne dispose que de mesures.

2. La méthodologie actuellement employée

Elle distingue de manière assez artificielle entre erreurs systématiques et erreurs aléatoires. Cette distinction, faite à dire d'expert, est académique : dans la pratique, pour une erreur donnée, pour une situation unique, personne ne sait (sauf à faire des répétitions contrôlées de l'expérience), dans quelle classe une erreur se range.

Pour les erreurs systématiques, on additionne les incertitudes, pour les erreurs aléatoires, on prend une somme quadratique, en faisant l'hypothèse d'une indépendance des aléas. Cette hypothèse aussi est purement académique et aucune justification n'est four-

nie. Là encore, il s'agit d'un traitement "à dire d'expert", sans validation théorique ni expérimentale.

3. La notion d'intervalle d'acceptabilité

L'Arrêté du 9 juin 2011 fixant les conditions de mise en œuvre du suivi physique et de la comptabilité des matières nucléaires dont la détention relève d'une autorisation, JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 7 juillet 2011, précise :

Art. 28. – *Lorsque les activités exercées sur les matières nucléaires sont susceptibles de conduire à un écart de bilan, la méthode de détermination de cet écart, de son incertitude et de l'intervalle d'acceptabilité de cet écart pour un niveau de confiance de 95 % est formalisée dans l'autorisation.*

Cet article ne mentionne aucune formule spécifique. Nous allons voir quelle peut être l'expression de formules acceptables.

Si tout allait bien, si tout pouvait être correctement mesuré, l'erreur de bilan devrait être nulle. Le rôle de l'IRSN est d'évaluer cet écart de bilan, au moins grossièrement.

Par conséquent, il est nécessaire que l'incertitude sur l'écart soit suffisamment faible pour permettre de détecter si l'écart est nul ou non. Si e désigne l'écart de bilan mesuré (qui peut être négatif) et si ε désigne l'incertitude (toujours positive), la valeur vraie de EB appartient à l'intervalle $[e - \varepsilon, e + \varepsilon]$.

Si ε est trop grand, pour un e donné, cet intervalle contiendra toujours 0 et on ne pourra rien conclure. Le rôle de l'IRSN ne se conçoit donc que si ε est limité par rapport à e .

Si on avait l'inégalité :

$$\varepsilon \leq 0.2|e|$$

cela conduirait à l'encadrement :

$$[e - 0.2|e|, e + 0.2|e|]$$

et si $e > 0$:

$$[0.8e, 1.2e]$$

En d'autres termes, dans ce cas, on connaîtrait l'écart de bilan vrai à 20% près. Une telle précision nous semble excessive, compte-tenu des erreurs de mesure sur l'ensemble de la chaîne.

Il nous semble qu'une formule du type :

$$\varepsilon \leq 0.5|e|$$

conduisant, pour $e > 0$, à l'encadrement :

$$[0.5e, 1.5e]$$

c'est-à-dire à une connaissance de l'écart de bilan à 50% près, est suffisante, au moins à titre préliminaire. C'est donc cette formule que nous préconiserons.

On peut faire varier la constante, mais une formule acceptable est nécessairement du type

$$\varepsilon \leq c|e|$$

et l'inégalité ne peut être renversée.

4. Incertitude ou variance ?

Dans les formules ci-dessus, nous avons utilisé l'incertitude sur l'écart de bilan, incertitude qui sera établie à dire d'expert, à partir des diverses incertitudes élémentaires, recueillies chaque année sur chaque site. Nous ne sommes pas favorables à l'utilisation du mot "variance", sauf à dire "variance empirique" ou "variance à dire d'expert". Le mot "variance" ne peut être employé que si la loi de probabilité de la variable est connue, ce qui n'est pas le cas ici.

Nous sommes favorables à l'usage du vocabulaire des probabilités dans le présent contexte, à condition de ne pas en abuser : certes, nous sommes bien en présence de variables aléatoires, mais la loi de ces variables ne nous est pas connue.

5. Les données fournies

L'IRSN ne nous a fourni qu'un exemple très élémentaire, suffisant toutefois pour voir comment la méthode est mise en place. Si les chiffres complets d'écart de bilan sur plusieurs sites nous avaient été donnés, sur plusieurs années, nous aurions pu comparer les sites entre eux et les variations d'une année sur l'autre. Une telle étude n'est assurément pas dépourvue d'intérêt intrinsèque ; elle aurait permis, en particulier, de voir les sites où les écarts sont les plus importants, ou ceux où la dérive est la plus importante.

Mais, même si nous avions pu utiliser l'ensemble des données sur l'ensemble des sites, cela ne nous aurait pas permis de répondre davantage à la question posée, qui porte sur la méthodologie des écarts de bilan, et non sur leur valeur.

Pour bien comprendre ceci, prenons un exemple simple : l'observation de deux thermomètres mis côte à côte, chaque heure, pendant vingt ans, ne permettra jamais de décider lequel est le bon, ni même si l'un des deux fonctionne correctement. On ne peut que prendre note des divergences de mesure ; en l'absence d'un instrument calibré et fiable, on ne peut trancher.

6. Améliorer la méthodologie

Il n'existe qu'une seule façon d'améliorer la méthodologie des écarts de bilan : c'est de disposer de masses certifiées (masses dont la teneur en matières radioactives est connue). L'IRSN a déjà employé cette approche en termes de masses certifiées pour l'évaluation de logiciels il y a quelques années.

Concrètement, on met une masse certifiée dans le circuit, sur un site donné (sans dire aux exploitants qu'elle est certifiée) et on note ce qu'il en advient pendant une année : déclaration à l'entrée, déclaration à la sortie. Une telle méthode est certainement coûteuse en temps et en moyens à mettre en œuvre ; peut-être pourrait-elle être implémentée à titre expérimental sur un site donné.

Il n'est peut-être pas indispensable que la masse soit réellement "certifiée" : il suffit sans doute qu'elle ait été mesurée avec une attention particulière, au moyen d'appareils convenablement calibrés.

Notre recommandation sera de limiter l'emploi d'une telle méthode aux situations où il y aurait un conflit entre l'IRSN et un exploitant.

Nous faisons quelques préconisations d'amélioration, en ce qui concerne la présentation des résultats obtenus :

- Valeur de l'écart de bilan

La valeur de l'écart de bilan devrait être donnée sous forme d'un pourcentage, comme un écart de bilan relatif (par rapport aux données d'entrée par exemple), afin de rendre la comparaison des années entre elles plus pertinente.

- Tendances d'une année sur l'autre

Une fois les écarts de bilan exprimés comme des écarts de bilan relatifs, il sera possible de les tracer sur plusieurs années, afin d'être capables de détecter d'éventuelles tendances (baisse ou hausse).

- Hypothèses sur les incertitudes

Des hypothèses sont faites lors de l'application des incertitudes. Les incertitudes systématiques et aléatoires sont supposées indépendantes.

En revanche, lors du calcul de l'incertitude sur l'écart de bilan, les incertitudes utilisées pour le calculer ne sont pas combinées de la même manière selon qu'il s'agit d'incertitude aléatoire ou d'incertitude systématique.

Cette différence dans la méthode provient du fait que, dans cette approche, les mêmes appareils sont utilisés pour mesurer les masses de l'inventaire initial et de l'inventaire final. Les incertitudes systématiques de ces deux inventaires ne sont donc pas considérés comme indépendantes, alors que les incertitudes aléatoires le sont.