

EXPOSITION AU RAYONNEMENT COSMIQUE A BORD DES AVIONS : LES PREMIERS RESULTATS AVEC LE SYSTEME SIEVERT

J.F. Bottollier-Depois, I. Clairand, F. Trompier

**Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
Département de Protection de la santé de l'Homme et de Dosimétrie
Service de Dosimétrie BP n°17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex**

Introduction

De par leur activité professionnelle, les équipages et les voyageurs fréquents sont exposés au rayonnement cosmique et peuvent recevoir une dose annuelle de plusieurs millisieverts. C'est pourquoi la directive européenne adoptée en 1996 demande aux compagnies aériennes d'estimer la dose et d'informer les personnels navigants sur le risque. La dose efficace doit être estimée en utilisant divers moyens expérimentaux ou par calcul. En France, le système d'information et d'évaluation par vol de l'exposition au rayonnement cosmique dans les transports aériens (SIEVERT) est proposé aux compagnies pour les assister dans l'application de la directive européenne. Ce système a été développé par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) et ses partenaires : l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), l'Observatoire de Paris et l'Institut français pour la recherche polaire – Paul-Émile Victor (PEV). Ce service professionnel est disponible sur un serveur Internet pour les compagnies avec une section pour le public. Ce système fournit les doses en considérant les routes empruntées par les avions. Différents résultats obtenus sont présentés.

Le système SIEVERT

Le système SIEVERT a été conçu pour être un moyen opérationnel dédié à la dosimétrie réglementaire des personnels navigants. Ce système calcule la dose reçue à bord d'un avion pour chacun des vols réalisés par une compagnie. En période d'activité solaire normale, les données dosimétriques d'entrée sont obtenues à partir de modèles existants comme CARI (O'Brien, 1996) ou EPCARD (Schraube, 2001). Un modèle dosimétrique a été développé spécifiquement pour les éruptions importantes qui ont un effet à l'altitude de vol des avions (Lantos, 2002).

Le principe

L'espace aérien est découpé en mailles faisant chacune 1000 pieds en altitude (jusqu'à 80 000 pieds), 10° en longitude et 2° en latitude. L'ensemble forme une cartographie de 265 000 mailles ; à chacune d'elles est affectée une valeur de débit de dose efficace. Le temps passé par l'avion dans chaque maille et la dose correspondante sont calculés ; leur cumul donne la dose reçue lors du vol.

L'utilisation

La compagnie prépare un fichier des vols effectués ou envisagés et le dépose à l'adresse Internet de SIEVERT. La dose est calculée, en fonction des caractéristiques du vol, à partir de données dosimétriques d'entrée validées par l'IRSN. Plus l'information sur la route empruntée est détaillée, plus la valeur de la dose est précise. Si l'information est minimale (ville de départ et d'arrivée, date et horaire), la valeur de la dose est évaluée à partir d'un profil de vol standard. A ce stade, les données ne sont pas nominatives. Il appartient ensuite aux employeurs de cumuler les doses reçues au cours des trajets effectués par chaque membre du personnel navigant. Ces informations sont communiquées au médecin du travail ainsi qu'à la personne concernée puis transmise au registre national.

Le public a également la possibilité d'évaluer la dose reçue lors d'un ou plusieurs vols en se connectant sur le site de SIEVERT ([www/sievert-system.com](http://www.sievert-system.com)). Cette évaluation est faite à partir des informations disponibles sur le billet.

La mise à jour des données dosimétriques

Tous les mois, la cartographie des débits de dose est mise à jour par l'IRSN en tenant compte de l'activité solaire. Des mesures périodiques du rayonnement, à l'aide de dosimètres installés au sol et dans des avions, permettent ensuite de confirmer et éventuellement de corriger les valeurs obtenues. En cas d'éruption solaire notable, une cartographie spécifique est créée puis validée. Les astrophysiciens de l'Observatoire de Paris sont alors appelés en renfort pour estimer l'impact de l'éruption. Le délai pour réaliser cette étude complexe est assez long. Il faut donc attendre quelques semaines avant de pouvoir calculer les doses reçues lors des vols effectués pendant l'éruption.

Les premiers résultats

Le site SIEVERT est opérationnel depuis août 2001 pour les compagnies aériennes et a été ouvert au public en mars 2002. Le calcul de dose a été fait pour plus d'un million de vols à ce jour. Par ailleurs, des validations expérimentales ont été réalisées dans le cas d'éruptions solaires et pour des vols spécifiques.

Premières statistiques

Une étude statistique de ces premiers résultats nous a permis de valider un certain nombre de paramètres, en particulier ceux servant à définir un profil de vol standard utilisé pour le public lorsque le profil réel n'est pas connu. Ces premiers résultats montrent, entre autre, que la dispersion sur la dose pour une destination donnée peut être importante (jusqu'à un facteur 1,7) car un vol peut être plus ou moins long en fonction des paramètres environnementaux comme les conditions météorologiques. Les valeurs obtenues avec le profil standard sont généralement dans la partie supérieure de la fourchette de dose pour une route

Validation du modèle en cas d'éruption

Des mesures de la dose tout au long d'un vol pendant lequel s'est produite une éruption solaire perceptible au niveau du sol ont été réalisées pour la première fois le 15 avril 2001 sur un vol Prague – New York (figure 2). Ces mesures ont été obtenues (Spurny, 2001) dans le cadre d'un contrat communautaire (DOSMAX) regroupant 7 instituts européens. De tels événements, appelés *Ground Level Events (GLE)*, se produisent quelques fois par an tout au plus. Le modèle dosimétrique mis en place dans SIEVERT en cas d'éruption a ainsi pu être validé. Ce modèle est basé sur l'atténuation dans l'atmosphère de particules avec une énergie comparable à celles des éruptions

donnée, ceci dans le souci d'une approche conservatrice (figure 1).

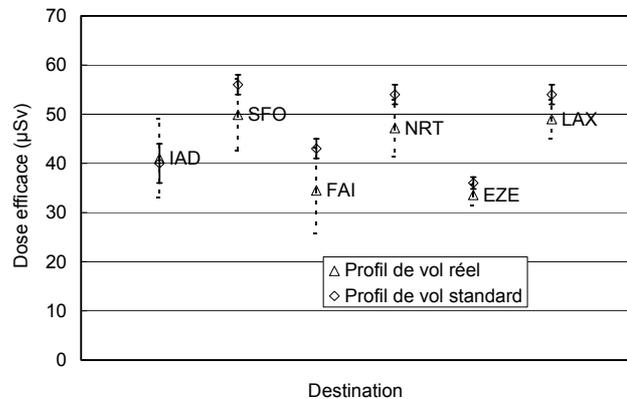


Fig 1. Comparaison des doses obtenues avec un ensemble de vols réels et standard pour différentes routes au départ de Paris sur une période d'un mois (IAD : Washington, SFO : San Francisco, FAI : Fairbanks, NRT : Tokyo, EZE : Buenos Aires, LAX : Los Angeles)

solaires et sur les données de moniteurs neutrons situés au sol qui fournissent l'intensité du GLE.

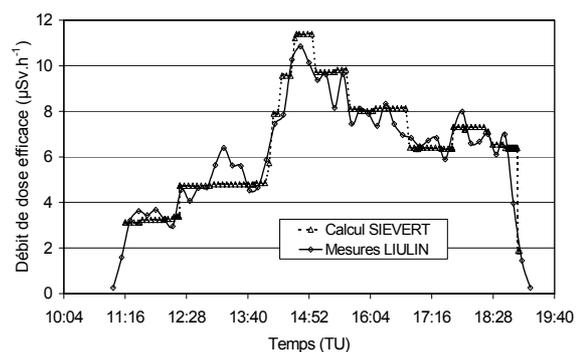


Fig 2. Profil du débit de dose mesuré à l'aide du détecteur "LIULIN" (détecteur à semi-conducteur) et calculé par SIEVERT pour un vol Prague – New York le 15 avril 2001 lors du GLE 60 qui a débuté à 14h09 TU

Comparaison avec un ensemble de dosimètres

Dans le cadre du contrat européen « Dosimetry of aircrew exposure to radiation during solar maximum (DOSMAX) » réunissant 7 partenaires européens, une expérience destinée à comparer la réponse des dosimètres de chacun des partenaires dans des conditions réelles et identiques a été organisée en avril 2002 au cours d'un vol cargo commun Paris-Tokyo via Fairbanks affrété par Air France. Une dizaine de systèmes dosimétriques actifs (compteurs proportionnels, détecteur silicium) et passifs (détecteurs thermoluminescents, à bulles, à traces) ont été embarqués. Les résultats ont montré un accord très satisfaisant entre les différents systèmes

ainsi qu'avec les différents modèles de calcul (figure 3). Pour le trajet aller-retour Paris-Fairbanks-Tokyo, la dose moyenne mesurée est de $120 \pm 11 \mu\text{Sv}$ et de $126 \mu\text{Sv}$ par calcul avec SIEVERT.

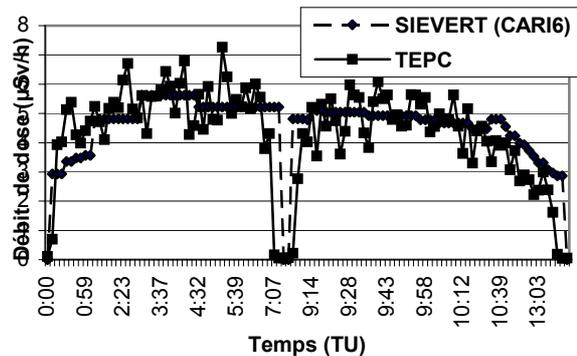


Fig 3. Comparaison du débit de dose obtenu avec un compteur proportionnel équivalent tissu (CPET) et SIEVERT pour le vol Paris-Fairbanks-Tokyo du 3 avril 2002

Bilan

Cet outil, à caractère opérationnel, répond à une demande des compagnies aériennes pour la radioprotection des personnels navigants. En outre, il offre la possibilité d'évaluer la dose reçue lors d'un vol à toute personne qui le souhaite.

Un aspect novateur de SIEVERT réside dans le fait qu'une dosimétrie réglementaire est réalisée uniquement à partir d'un calcul basé sur des modèles qui, bien entendu, ont été validés par l'expérience.

Parmi les systèmes existants de par le monde, SIEVERT est le premier système ayant le souci de répondre à l'ensemble des contraintes opérationnelles, tant celles des exploitants de l'aéronautique que celles liées à la dosimétrie réglementaire. Des compagnies étrangères ont d'ores et déjà mentionné leur intérêt pour l'utilisation d'un tel système.

Références

- Lantos P., Fuller N. (2002), History of the solar flare radiation doses on-board aeroplanes using semi-empirical model and Concorde measurements, submitted to Radiat. Prot. Dosim.
- O'Brien K., Friedberg W., Sauer H.H., Smart D.F. (1996) Environment International **22-1**, 9-44.
- Schraube H. *et al.* (2002), EPCARD User's Manual, rapport GSF – Bericht 08/02.
- Spurny, F., Datchev T. (2001), Measurement in an aircraft during an intense solar flare, Ground Level Event 60, on the 15th April 2001, Radiat. Prot. Dosim., **95**, 273-275.