

# Evaluation du risque sanitaire des scanners corporels à rayons X « backscatter »

Rapport DRPH n° 2010 - 03

DIRECTION DE LA RADIOPROTECTION DE L'HOMME

# SOMMAIRE

<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
<b>2 PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE « BACKSCATTER » UTILISEE POUR CONTROLER LA PRESENCE D’OBJETS DISSIMULES DANS LES VETEMENTS D’UN INDIVIDU .....</b>	<b>2</b>
<b>3 CARACTERISATION DU FAISCEAU DE RAYONS X .....</b>	<b>4</b>
3.1 GEOMETRIE DU FAISCEAU .....	4
3.2 SPECTRE EN ENERGIE DU FAISCEAU .....	4
3.3 VALEURS DE L’EXPOSITION DANS LE FAISCEAU .....	6
<b>4 EVALUATION DOSIMETRIQUE POUR UN CONTROLE .....</b>	<b>8</b>
<b>5 EVALUATION DOSIMETRIQUE DANS DIFFERENTS SCENARIOS D’EXPOSITION .....</b>	<b>10</b>
5.1 LE PUBLIC .....	11
5.2 LES AGENTS DE CONTROLE.....	11
5.3 SITUATIONS DEGRADEES .....	12
<b>6 LES PRINCIPES GENERAUX DE LA PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS ET LEUR MODALITES D’APPLICATION .....</b>	<b>12</b>
6.1 LE PRINCIPE DE JUSTIFICATION .....	13
6.2 LE PRINCIPE D’OPTIMISATION.....	13
6.3 LE PRINCIPE DE LIMITATION.....	14
<b>7 RECOMMANDATION DE L’IRSN SUR LA PRATIQUE DE CONTROLE PAR SCANNER CORPOREL A RAYONS X « BACKSCATTER » .....</b>	<b>15</b>
<b>8 RECOMMANDATION DE L’IRSN SUR L’INFORMATION A DISPENSER AUX VOYAGEURS SUSCEPTIBLES D’ETRE SOUMIS A DES CONTROLES PAR UN SCANNER CORPOREL A RAYONS X « BACKSCATTER ».....</b>	<b>22</b>
<b>9 CONCLUSION .....</b>	<b>18</b>
<b>ANNEXE : SAISINE DU CABINET DU MINISTRE DE L’ECOLOGIE, DE L’ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER .....</b>	<b>19</b>

## 1 INTRODUCTION

Suite à la tentative d'attentat commise sur le vol entre Amsterdam et Détroit le 25 décembre 2009, le conseil de sécurité intérieure s'est prononcé pour le déploiement rapide d'équipements utilisant des techniques d'imagerie plus performantes que les détecteurs de métaux en place dans les aéroports français.

Deux technologies d'appareillages sont susceptibles d'être déployées sur les aéroports : soit des scanners utilisant des rayonnements non ionisants (dits « ondes millimétriques »), soit des scanners utilisant des rayonnements ionisants (rayons X, mesure par rétrodiffusion, dit « backscatter »).

En réponse à la saisine du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, figurant en annexe, ce rapport évalue l'impact dosimétrique et le risque sanitaire des scanners à rayons X « backscatter » et formule des recommandations aux autorités pour leur permettre de statuer sur le type de technologie à déployer. Enfin, ce rapport donne des pistes pour concevoir les éléments d'information à communiquer aux voyageurs susceptibles d'être contrôlés par un tel scanner dans un aéroport à l'étranger.

## 2 PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE « BACKSCATTER » UTILISEE POUR CONTROLER LA PRESENCE D'OBJETS DISSIMULES DANS LES VETEMENTS D'UN INDIVIDU

La technologie du scanner corporel à rétrodiffusion (« Backscatter ») vise à détecter des objets dissimulés dans les vêtements, comme des couteaux en céramique, des drogues ou des explosifs liquides, indétectables par les détecteurs de métaux usuels, tels que les portiques mis en œuvre dans les aéroports. Le scanner à rétrodiffusion est capable de produire des images de qualité photographique du sujet.

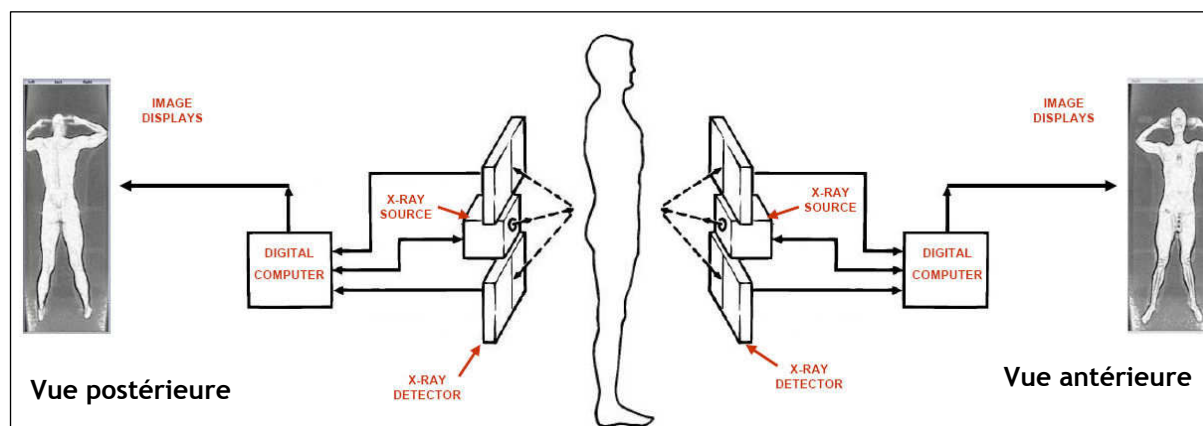


Figure 1 : Schéma de principe du *Secure 1000 Single Pose X-Ray System (Rapiscan® systems)*

L'appareil utilise un faisceau étroit de rayons X qui balaie le sujet de gauche à droite et de bas en haut. Les rayons X émis par le générateur sous une tension de 50 kV sont :

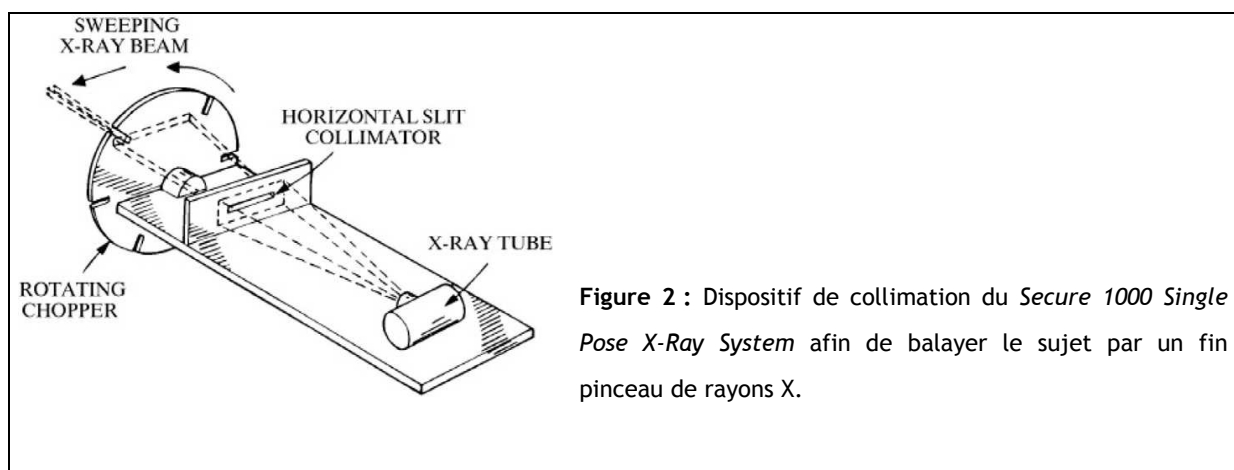
- pour partie "rétrodiffusés" - c'est à dire réfléchis - par le sujet vers le scanner, ceci dans des quantités variables en fonction du matériau rencontré. Ainsi, le plastique et la peau rétrodiffusent les rayons X à des degrés divers, tandis que des objets métalliques ont tendance à les absorber. Les rayons X rétrodiffusés sont analysés par des panneaux détecteurs situés de part et d'autre du tube à rayons X (figure 1),
- et pour partie absorbés par l'organisme.

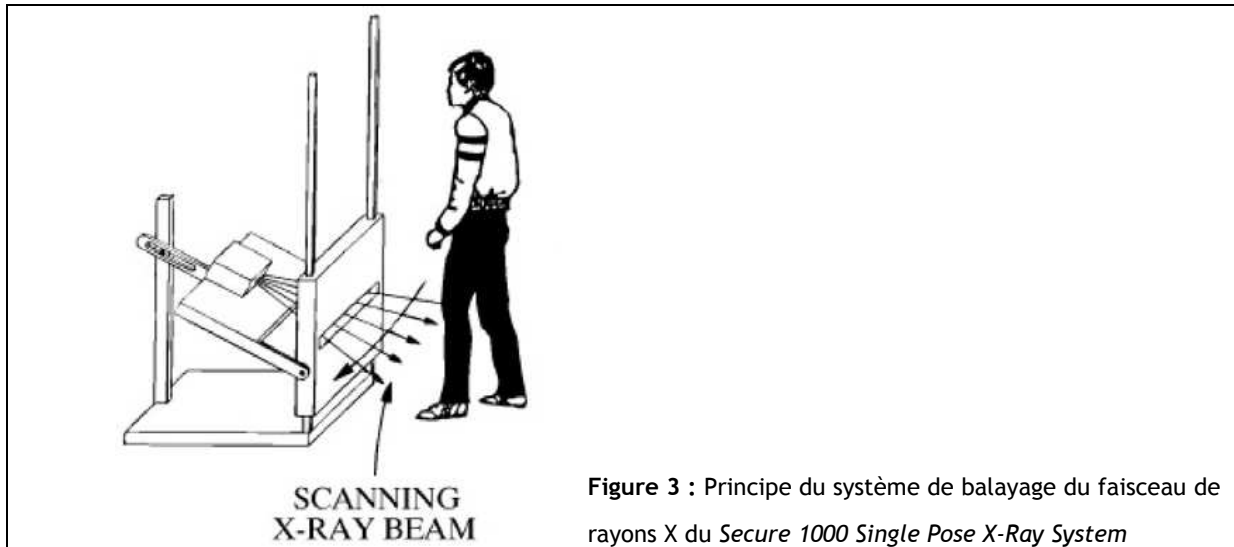
**L'évaluation de l'impact sanitaire potentiel du dispositif, objet de cette étude, nécessite une analyse quantifiée de la fraction du rayonnement incident qui est absorbée par le sujet.**

Le système présenté en figure 1 est constitué de deux modules identiques qui permettent d'acquérir simultanément une vue antérieure et une vue postérieure du sujet.

La source de rayons X du *Secure 1000 Single Pose X-Ray System* est finement collimatée. La figure 2 montre le dispositif de collimation constitué d'une fente horizontale et d'un disque muni de fentes. Le mouvement simultané de la fente de bas en haut (figure 3) et du disque en rotation (figure 2) permet de balayer le sujet en quelques secondes avec un fin pinceau de rayons X.

L'ensemble du dispositif est inséré dans une enceinte de protection blindée.





### **3 CARACTERISATION DU FAISCEAU DE RAYONS X**

#### **3.1 GEOMETRIE DU FAISCEAU**

La section du pinceau de rayons X généré par la fente et le disque mesure environ 1,5 mm x 1,5 mm (0,06 "x 0,06") à une distance de l'ordre de 12,7 cm (5 ") du foyer du tube.

Si on considère que le sujet à contrôler se situe à 30 cm des parois extérieures du système (soit 72,8 cm du foyer), la section du faisceau à ce niveau est approximativement égale à 8,5 mm x 8,5 mm.

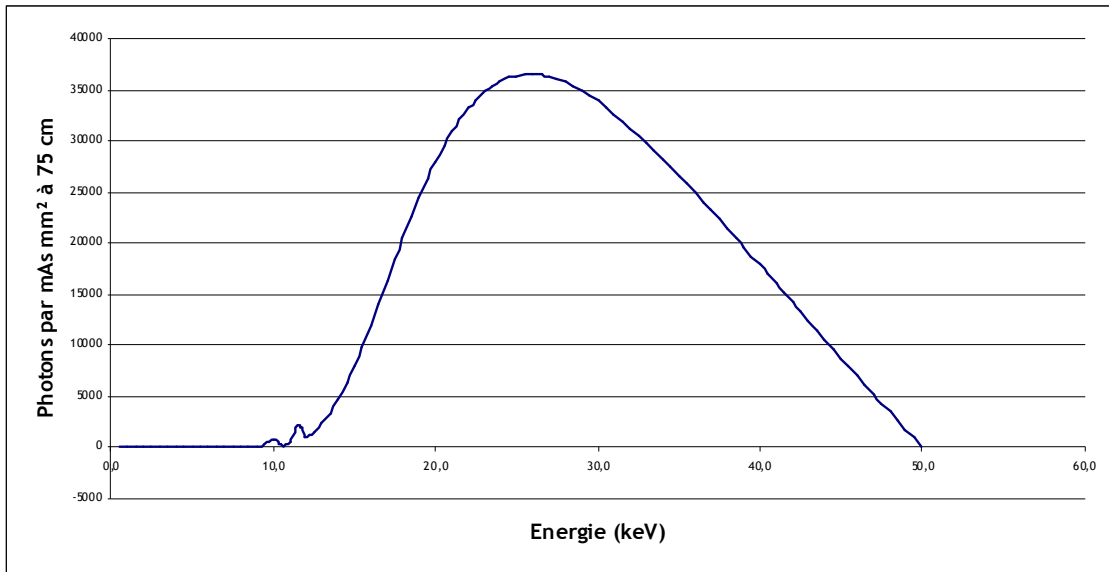
#### **3.2 SPECTRE EN ENERGIE DU FAISCEAU**

Les données provenant du constructeur du système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System*, fondées sur le rapport de D.V. Farley (consultant en physique médicale) du 05/06/2008, stipulent que le faisceau présente les caractéristiques suivantes :

- Haute Tension (HT) = 47,3 kV (50 kV sera la valeur retenue pour ce rapport)
- 1<sup>ère</sup> couche de demi-atténuation (CDA) = 1,0 mm Al
- Intensité du courant = 5 mA
- Temps de balayage = 3 s environ pour une image complète

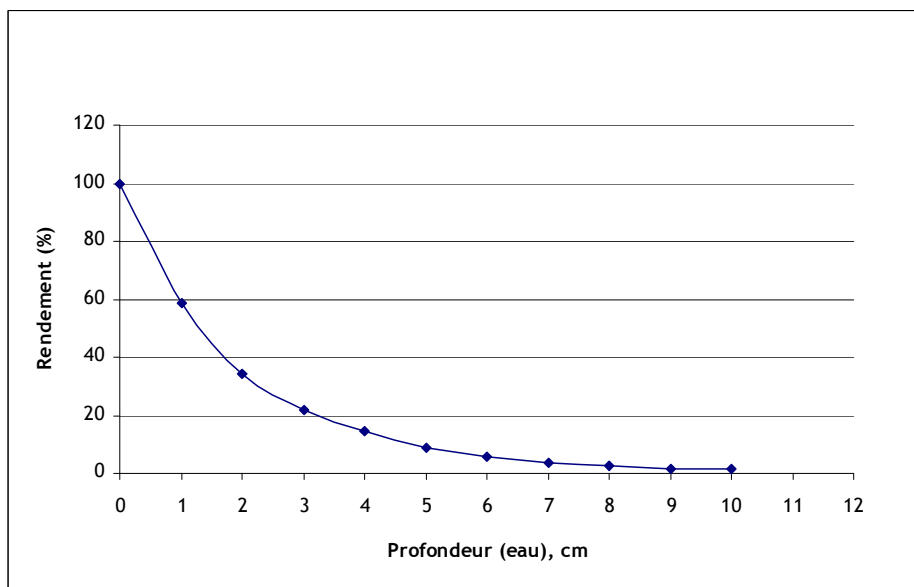
Le logiciel « SPECTRUM Processor<sup>1</sup> » a permis à l'IRSN de déterminer le spectre en énergie du faisceau à partir de ces paramètres. Il s'agit d'un spectre continu de quelques keV à 50 keV centré sur 26 keV. L'énergie moyenne du spectre est de 29,2 keV (Figure 4)

<sup>1</sup> SPECTRUM PROCESSOR ©, A.J. Reilly et D. Sutton, IPEM 1997



**Figure 4 :** Spectre en énergie du faisceau de rayons X délivré par un générateur sous une tension de 50 kV, tel que celui utilisé dans le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System* selon le logiciel « SPECTRUM Processor© ».

Le rendement en profondeur du faisceau dans l'eau (qui a les mêmes propriétés que les tissus pour les rayonnements ionisants) a été calculé par technique Monte Carlo. Le faisceau étant peu énergétique, il s'atténue rapidement dans les tissus : à 5 et 10 cm de profondeur il reste respectivement environ 9% et 1% de la dose en surface (cf. Figure 5).



**Figure 5 :** Rendement en profondeur dans l'eau d'un faisceau de rayon X délivré par un générateur sous une tension de 50 kV, tel que celui utilisé dans le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System*, calculé par technique Monte-Carlo (MCNP5 1.40)

### 3.3 VALEURS DE L'EXPOSITION DANS LE FAISCEAU

Les données du constructeur font état de deux types de mesures effectuées sur le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System*:

- des mesures effectuées avec un détecteur de type Victoreen 4000M+, à 72,8 cm du foyer (soit à 30 cm des parois du système), indiquent un débit d'exposition égal à 29 milliröntgen/mAs<sup>2</sup> (mR/mAs) ;
- l'exposition dans l'air pour une intensité de 5 mA et un temps de balayage de 150 µs (correspondant au temps d'exposition d'une zone de 8,5mm x 8,5mm du sujet) est égale à :  $29 \times 5 \times 150 \cdot 10^{-6} = 22 \mu\text{R}$  en tout point de la zone contrôlée ;
- des mesures effectuées avec un détecteur de type Radcal 9015 équipé d'une chambre 10x9-1800, à 72,8 cm du foyer (soit à 30 cm des parois du système), indiquent une exposition au niveau du sujet contrôlé égale à 5,75 µR en tout point de la zone contrôlée.

En utilisant les unités du système international ces deux valeurs d'exposition sont équivalentes à des doses absorbées dans l'air respectivement égales à 0,19 µGy et 0,05 µGy en tout point de la zone contrôlée.

Ces valeurs données par le constructeur ont été comparées aux résultats obtenus à l'aide de deux logiciels de simulation de spectre à savoir « SPECTRUM Processor© » et « XCOMP5<sup>3</sup> ».

Les débits de dose par mAs pour un faisceau de rayons X de 50 kV et de filtration égale à 1 mm d'aluminium, tel que celui utilisé dans le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System*, sont représentés dans le tableau I ainsi que les doses absorbées en µGy dans l'air correspondantes en tout point de la zone contrôlée.

<sup>2</sup> Le röntgen (R) est une unité hors S.I. d'exposition aux rayonnements ionisants encore en usage aux USA et en Russie.

<sup>3</sup> Nowotny, R. and Hofer, A. XCOMP5, Program for calculating diagnostic X-ray spectra. Roefo. Fortschr.Geb. Roentgenstr. Nuklearmed. 142, 685-689 (1985)

	Faisceau de rayons X : 50 kV / anode tungstène / pente 12° / ondulation 0 % / filtre 1 mm Al	
	<b>SPECTRUM Processor©</b>	<b>XCOMP5</b>
Energie moyenne	29,2 keV	29,2 keV
1 <sup>ère</sup> CDA	1,07 mm Al	1,11 mm Al
Dose absorbée dans l'air à 75 cm	166,4 µGy/mAs	148 µGy/mAs
Dose absorbée dans l'air à 72,8 cm (distance foyer-sujet contrôlé)	177 µGy/mAs	157 µGy/mAs
Dose absorbée dans l'air en tout point de la zone contrôlée à 72,8 cm <sup>a)</sup>	<b>0,13 µGy</b>	<b>0,12 µGy</b>

<sup>a)</sup> en considérant une intensité de 5 mA et un temps de balayage de 150 µs

**Tableau I** : Caractéristiques du faisceau de rayons X de 50 kV tel que celui utilisé dans le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System* et dose absorbée dans l'air en tout point de la zone contrôlée, par contrôle, calculée à l'aide des logiciels « SPECTRUM Processor© » et « XCOMP5 ».

Le tableau II synthétise les valeurs de dose absorbée dans l'air pour un faisceau de rayons X de 50 kV tel que celui du système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System*, qui ont été obtenues par simulation numérique ou à partir des données du constructeur.

	Faisceau de rayons X : 50 kV / filtre 1 mm Al			
	Données constructeur (Victoreen)	Données constructeur (Radcal)	Simulation SPECTRUM Processor	Simulation XCOMP5
Dose absorbée dans l'air en tout point de la zone contrôlée (µGy)	<b>0,19</b>	<b>0,05</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>

**Tableau II** : Synthèse des valeurs de dose absorbée dans l'air pour un faisceau de rayons X de 50 kV tel que celui utilisé dans le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System*.

Compte tenu de la dispersion de ces valeurs de dose absorbée dans l'air et des incertitudes inhérentes à ces mesures et simulations, c'est la valeur la plus élevée qui est retenue dans la suite de ce rapport, soit 0,2 µGy. Le constructeur a, quant à lui, retenu la valeur d'exposition (en röntgen) la moins élevée correspondant à une dose absorbée dans l'air de 0,05 µGy.



## **4 EVALUATION DOSIMETRIQUE POUR UN CONTROLE**

Les grandeurs dosimétriques représentatives du risque radiologique sont la « dose efficace<sup>4</sup> », relative à l'exposition du corps entier d'une part, et la « dose absorbée moyenne » reçue par des organes spécifiques d'autre part. Ces grandeurs ont été calculées par l'IRSN à partir de la dose absorbée dans l'air et de coefficients de conversion donnés dans la publication n° 57 de l'ICRU<sup>5</sup>.

Le constructeur RAPISCAN a calculé la dose efficace par contrôle en utilisant les coefficients de conversion donnés dans la norme ANSI/HPS n° 43.17.

Le tableau III donne les valeurs de dose efficace et de dose absorbée reçue par les organes les plus superficiels et différents autres organes, pour une dose absorbée dans l'air de 0,2 µGy, ceci pour un contrôle complet associant une vue antérieure et une vue postérieure, calculées en utilisant les coefficients de conversion de l'ICRU. La dose efficace a également été calculée en utilisant les coefficients de la norme ANSI/HPS n° 43.17.

---

<sup>4</sup> La dose efficace est la somme pondérée des doses de rayonnement absorbées dans les différents tissus et organes du corps, la pondération tenant compte d'une part de la dangerosité relative du rayonnement considéré, d'autre part de la radiosensibilité propre de chaque tissu et organe. L'unité de dose efficace est le sievert (Sv)

<sup>5</sup> ICRU : International Commission on Radiation Units and Measurements

Faisceau de rayons X : 50 kV / filtre 1 mm Al					
Dose absorbée dans l'air : 0,2 µGy/contrôle					
Organe	Dose absorbée moyenne à l'organe (vue antérieure) <sup>a)</sup> (µGy)	Dose absorbée moyenne à l'organe (vue postérieure) <sup>a)</sup> (µGy)	Dose absorbée moyenne à l'organe par contrôle (µGy)	Dose efficace par contrôle (µSv)	
				Selon pub. n° 57 de l'ICRU	Selon norme ANSI/HPS n° 43.17-2009
Peau	0,13	0,13	<b>0,26</b>		
Thyroïde	0,18	0,002	<b>0,18</b>		
Seins	0,19	0,01	<b>0,20</b>		
Cristallin	0,24	0	<b>0,24</b>		
Testicules	0,22	0,008	<b>0,23</b>		
Os (moelle osseuse)	0,01	0,03	0,04		
Ovaires	0,03	0,02	0,05		
Utérus	0,04	0,01	0,05		
Colon	0,05	0,01	0,06		
<b>Corps entier</b>				<b>0,11<sup>b)</sup></b>	<b>0,07<sup>c)</sup></b>

<sup>a)</sup> selon publication n° 57 de l'ICRU

<sup>b)</sup> 0,085 µSv pour la vue antérieure et 0,025 µSv pour la vue postérieure

<sup>c)</sup> 0,05 µSv pour la vue antérieure et 0,02 µSv pour la vue postérieure

**Tableau III** : Dose efficace et dose absorbée moyenne reçue par quelques organes et dose efficace par contrôle avec le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System*. Un contrôle associe une vue antérieure et une vue postérieure.

**La dose au fœtus en début de grossesse est estimée à 0,05 µSv.**

A partir des données enveloppe qui ont été retenues, à savoir 0,2 µGy, l'IRSN estime la dose efficace pour un contrôle (vue antérieure et vue postérieure) à environ 0,1 µSv. Les données du constructeur indiquent 0,03 µSv pour un contrôle. Cette valeur plus faible de la dose efficace s'explique par le choix fait par le constructeur de retenir la valeur d'exposition en röntgen la moins élevée correspondant à une dose absorbée dans l'air de 0,05 µGy.

Les rayons X utilisés dans le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System* sont présentés par le constructeur RAPISCAN comme ayant une énergie faible (« *low energy X rays* ») et un pouvoir de pénétration très faible puisqu'il cite sur son site Internet : « *the X-rays penetrate only about 0.1 inch of the skin* » soit 2,5 mm. Ceci est un abus de langage car la figure 5 montre qu'à 5 cm de profondeur la dose est encore environ égale à 9% de celle de la peau. Par comparaison avec un faisceau en radiologie conventionnelle (Haute Tension comprise entre 70 et 90 kV) où la dose à 5 cm de profondeur dans l'organisme est de l'ordre de 15 à 20% la différence de pénétration n'est plus faible que d'un facteur 2 environ. Pour que cette technique n'irradie l'organisme que sur quelques millimètres de profondeur il aurait fallu que le spectre des rayons X soit de plus faible énergie : selon l'ICRU « un rayonnement photon faiblement pénétrant est un rayonnement d'énergie inférieure à environ 15 keV ». Ceci est à comparer avec le spectre de *Secure 1000* qui s'étend jusqu'à 50 keV. En conséquence l'impact dosimétrique de cette technique concerne non seulement la peau mais également les organes proches de celle-ci.

Les doses efficaces, respectivement les doses reçues au niveau des organes, par contrôle par le système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System* sont extrêmement faibles (inférieures au  $\mu\text{Sv}$ , resp. au  $\mu\text{Gy}$ ). La dose efficace est plus de 1000 fois inférieure à celle liée à l'irradiation naturelle moyenne en France (2500  $\mu\text{Sv}/\text{an}$ ). A titre indicatif cette dose efficace peut être comparée à une dose reçue pour une radiographie du thorax (environ 50  $\mu\text{Sv}$ ) ou un vol Paris-Pékin (environ 75  $\mu\text{Sv}$ ). L'exposition d'un passager liée au contrôle est équivalente à 1 à 2 minutes de vol à haute altitude, ou encore à environ 20 minutes d'exposition naturelle en France. Ceci corrobore les estimations dosimétriques faites par le constructeur pour ce qui concerne la dose efficace. Les doses absorbées au niveau des organes n'ont par contre pas fait l'objet d'une attention suffisante par le constructeur qui laisse entendre que seule la peau est exposée. Le tableau III montre que d'autres organes (thyroïde, seins, cristallin et testicules) reçoivent une dose comparable à celle de la peau (environ 0,2  $\mu\text{Gy}$ ).

## **5 EVALUATION DOSIMETRIQUE DANS DIFFERENTS SCENARIOS D'EXPOSITION**

Les catégories de personnes susceptibles d'être concernées sont le public, les agents de contrôle et le personnel navigant. En l'absence d'information concernant les modalités de contrôle du personnel navigant, l'IRSN n'a pas réalisé d'évaluation dosimétrique pour cette dernière catégorie.

## 5.1 LE PUBLIC

Le public est très hétérogène pour ce qui concerne la fréquence des vols effectués au cours d'une année. En l'absence de données standardisées l'IRSN ne peut définir qu'un scénario enveloppe d'un passager effectuant un vol aller-retour journalier, par exemple Paris-Bordeaux. La dose efficace annuelle délivrée par les contrôles serait de 80  $\mu\text{Sv}$ , à comparer avec la dose de rayonnements cosmiques (qui sont aussi des rayonnements ionisants) reçue par le voyageur au cours de ces vols estimée à environ 1 mSv.

## 5.2 LES AGENTS DE CONTROLE

Un exemple d'installation du système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System* est donné figure 5, avec l'indication de la position habituelle des agents de contrôle (points 3 et 5), et du scanner de contrôle (point 4).

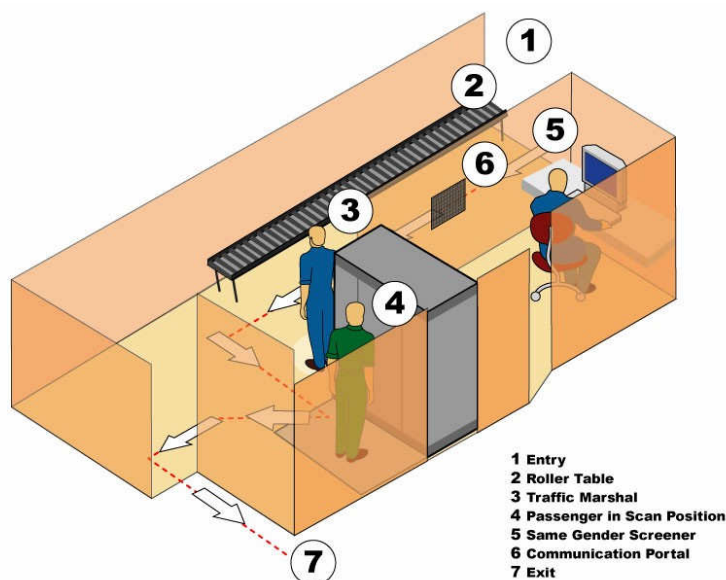


Figure 5 : Exemple d'installation du système *Secure 1000 Single Pose X-Ray System*

Les données du constructeur indiquent que la position où l'exposition des agents est maximale est la position située au point 3 de la figure 5. La dose efficace reçue lors de chaque contrôle par l'opérateur situé en ce point est environ 10 % de celle reçue par la personne contrôlée. Une protection additionnelle en acier, proposée par le constructeur, permet de réduire la dose efficace reçue par l'opérateur d'un facteur trois.

**Ainsi, la dose efficace maximale reçue par l'opérateur peut être estimée à 0,01  $\mu\text{Sv}$  par contrôle, et à 0,003  $\mu\text{Sv}$  par contrôle avec la protection additionnelle en acier.**

En considérant qu'un agent de contrôle situé au point 3 (figure 5) observe une cadence d'un passager par minute, conduisant à environ 500 contrôles quotidiens, la dose reçue par cet agent est estimée comme suit :

- Sans la protection en acier : 5  $\mu\text{Sv}$  par jour et 1 mSv par an ;
- Avec la protection en acier : 1,5  $\mu\text{Sv}$  par jour et 0,3 mSv par an.

### 5.3 SITUATIONS DEGRADEES

Les évaluations ci-dessus ont été établies dans l'hypothèse d'un fonctionnement nominal de l'appareil et d'un déroulement normal du contrôle.

La pratique courante montre qu'il est légitime de s'attendre à des dérèglements voire dysfonctionnements de telles machines, aux cadences très élevées, et dont la détection risque d'être tardive, en l'absence d'une vérification très régulière des caractéristiques d'exposition.

Par ailleurs, il est tout à fait envisageable que des difficultés d'interprétation de l'image conduisent les agents du contrôle à renouveler le passage d'un voyageur (posture inadéquate, mouvement en cours d'acquisition, ...) et ce d'autant plus qu'il s'agit d'un type de contrôle nouveau.

Il pourrait s'ensuivre des expositions plus importantes que le régime nominal, concernant potentiellement un grand nombre de personnes.

## **6 LES PRINCIPES GENERAUX DE LA PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS ET LEURS MODALITES D'APPLICATION**

La mise en œuvre des rayonnements ionisants dans les activités humaines est régie par trois grands principes qui ont édictés par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), une organisation internationale non gouvernementale. Ces principes généraux visent à protéger efficacement l'individu contre les risques associés à une exposition aux rayonnements ionisants, quel que soit leur domaine d'utilisation (industriel, médical, recherche, production d'énergie nucléaire). Ces principes généraux ont été déclinés au niveau européen, sous forme de directives, elles-mêmes transposées dans les réglementations nationales.

Les activités comportant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants sont régies par le Code de la Santé Publique, et notamment son article L 1333.

L'article L1333-1 stipule trois principes, dont la satisfaction est une condition nécessaire à l'exercice d'une telle activité : il s'agit de la justification, de l'optimisation et de la limitation (les citations entre guillemets qui suivent sont les extraits du Code).

## 6.1 LE PRINCIPE DE JUSTIFICATION

*« Une activité nucléaire ou une intervention ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels elle est susceptible de soumettre les personnes »*

Le respect de ce principe s'avère en pratique être une balance complexe de type « avantages / détriments » mêlant des arguments très variés dans leur nature.

Il faut retenir que **le respect de ce principe n'est pas uniquement fonction du niveau de dose auquel peut conduire la pratique**. Ainsi, des doses très importantes (et bien supérieures aux niveaux de référence) peuvent être administrées à un patient dans l'objectif de guérir une maladie grave. A contrario, le recours à certaines pratiques peut être refusé (ex. des paratonnerres contenant du Ra-226 ou de l'Am-241 désormais interdits) quand bien même les niveaux d'exposition susceptibles d'être engendrés sont particulièrement faibles, dans la mesure où des appareils n'ayant pas recours aux rayonnements ionisants et rendant les mêmes services sont devenus disponibles sur le marché (ex. des détecteurs incendie).

Le principe de justification s'apprécie à partir **des balances en avantages et en inconvénients**, soit entre deux techniques mettant en jeu des rayonnements ionisants, soit entre techniques avec et sans rayonnements ionisants. Les écarts sont à considérer sur un large domaine (impact sanitaire, efficacité du dispositif, facilité de mise en œuvre, éléments de coûts, etc ...).

Compte tenu de la nature des éléments pris en compte (sanitaires, techniques, sociaux, économiques), et en l'absence de processus supranational d'harmonisation en la matière, il importe de signaler que pour une même pratique, **des pays distincts peuvent adopter des postures différentes au regard de la justification**. A titre d'exemple, la France a interdit tout ajout de radioactivité dans les biens de consommation (sauf régime dérogatoire) alors que d'autres pays d'Europe en ont autorisé certains.

**Le principe de justification, quand il est établi, est entériné par une autorisation administrative.**

## 6.2 LE PRINCIPE D'OPTIMISATION

Parfois dénommé ALARA, son acronyme anglais (« as low as reasonably achievable »), le principe d'optimisation est à mettre en œuvre une fois la justification établie.

Il est ainsi rédigé dans le Code de la Santé Publique :

*« L'exposition des personnes aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ou interventions doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché »*

Comme pour la justification, le principe d'optimisation nécessite une évaluation et une mise en balance de différentes options, tenant compte d'aspects sanitaires (dosimétriques), techniques et économiques.

Sur le plan technique et organisationnel, les principales mesures d'optimisation sont de trois ordres :

- Minimisation de l'intensité de la source d'exposition ;
- Diminution de la fréquence et/ou de la durée des expositions ;
- Augmentation des protections individuelles ou collectives.

### **6.3 LE PRINCIPE DE LIMITATION**

Ce principe est rédigé dans le Code de la Santé Publique comme suit :

*« L'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou de recherche biomédicale. »*

Ces limites ne sont pas les mêmes en fonction des catégories de population (travailleurs, public).

Elles sont exprimées en termes de valeurs limites annuelles de dose efficace (corps entier), et de dose équivalente pour un organe donné.

Les valeurs réglementaires fixées par le code de la santé publique pour les membres du public et les travailleurs sont rappelées dans les tableaux IV et V.

Organe	Dose équivalente à l'organe	Dose efficace
	(mSv)	(mSv)
Peau	50	
Cristallin	15	
Corps entier		1

Tableau IV : Limites réglementaires annuelles de dose pour les personnes du public

Organe	Dose équivalente à l'organe (mSv)			Dose efficace (mSv)		
	NE <sup>a)</sup>	B <sup>b)</sup>	A <sup>c)</sup>	NE	B	A
Peau	50	150	500			
Cristallin	15	50	150			
Corps entier				1	6	20

<sup>a)</sup>NE : Catégorie des travailleurs considérés comme non exposés (NE), donc avec les limites du public

<sup>b)</sup>A : Travailleurs de catégorie A, susceptibles de recevoir plus de 3/10<sup>èmes</sup> de l'une des limites réglementaires

<sup>c)</sup>B : Travailleurs de catégorie B, susceptibles de recevoir une dose supérieure à l'une des limites du public

Tableau V : Limites réglementaires annuelles de dose pour les travailleurs

## **7 RECOMMANDATION DE L'IRSN SUR LA PRATIQUE DE CONTROLE PAR SCANNER CORPOREL A RAYONS X << BACKSCATTER >>**

Compte tenu du niveau de dose individuelle extrêmement faible délivré par cette technique de contrôle, l'opportunité d'utilisation de cette pratique doit être évaluée non pas à l'aune de la dose reçue par contrôle ou à l'année, mais à celle du principe de justification.

L'IRSN rappelle que le principe de justification en radioprotection est d'éviter toute dose inutile, aussi faible soit-elle.

Cette technique n'est justifiable que si le risque sanitaire et psychosocial d'un attentat est considéré comme étant supérieur au risque de développer des cancers radio-induits dans la population générale et les professionnels concernés. L'IRSN n'est pas compétent pour se prononcer sur le premier de ces deux risques.



Un élément d'appréciation clé dans la justification du scanner corporel à rayons X « backscatter » est la disponibilité de la technologie de scanner à ondes millimétriques, étudiée parallèlement par l'AFSSET. Cette technologie semble permettre d'atteindre un objectif de contrôle comparable avec un impact sanitaire qui est *a priori* non significatif.

**L'IRSN recommande que les autorités ayant à statuer sur l'utilisation de cette technique prennent le principe de justification comme pierre angulaire du processus décisionnel, et qu'elles veillent à documenter l'argumentaire correspondant.**

**Il devra être pris en compte dans la décision finale, l'existence d'une technique alternative mettant en jeu des rayonnements non ionisants, dont les propriétés physiques et les effets biologiques apparaissent comme moins agressifs et qui ne présentent pas les mêmes risques sanitaires en termes de cancer que les rayonnements ionisants.**

Le principe d'optimisation est de second ordre dans ce dossier. Une optimisation ne peut être envisagée au niveau du contrôle d'un individu. Ce principe d'optimisation ne pourrait être appliqué qu'au niveau d'une population par une sélection des personnes à contrôler, choix relevant des autorités de sécurité. Il pourrait être également appliqué aux agents de sécurité en optimisant l'interface homme machine.

Dans une démarche d'optimisation plus poussée, l'IRSN estime que les caractéristiques du scanner devraient être revues par le constructeur, pour tenter de limiter le spectre du faisceau de rayons X à des énergies de l'ordre de 15 keV, tout en conservant des propriétés de détection suffisantes.

Cette technique étant potentiellement appliquée à un très grand effectif (4,8 milliards de passagers en 2008 ont transité dans les aéroports à travers le monde, dont 42% pour des vols internationaux selon les statistiques de l'ACI<sup>6</sup>), le concept de dose collective<sup>7</sup> pourrait être considéré comme un indicateur de risque. L'IRSN rappelle (publication 103 de la CIPR<sup>8</sup>, IPSN<sup>9</sup>) que pour les expositions concernant de grandes populations, sur des zones géographiques étendues ou des périodes de temps longues, la dose efficace collective n'est pas un outil de gestion et d'aide à la décision approprié.

<sup>6</sup> ACI : Airport Council International

<sup>7</sup> Dose collective : somme des doses individuelles reçues par un groupe de personnes. Son unité est l'homme.mSv ; la dose collective de 10 personnes ayant reçu chacune 1 mSv est égale à 10 homme.mSv

<sup>8</sup> Recommandation 2007 de la Commission Internationale de Protection Radiologique, Edition Française, Editions Tec&Doc

<sup>9</sup> IPSN (2002), Dose collective - Indications et contre-indications, EDP Sciences, Les Ulis, IPSN, (2002)

Enfin, l'IRSN rappelle que des situations dégradées peuvent exister par rapport au fonctionnement nominal des installations et de la procédure de contrôle (cf. § 4.3 supra) et estime que cet état de fait est à prendre en considération par les autorités dans la décision finale de justification de l'emploi de ces scanners.

## **8 RECOMMANDATION DE L'IRSN SUR L'INFORMATION A DISPENSER AUX VOYAGEURS SUSCEPTIBLES D'ETRE SOUMIS A DES CONTROLES PAR UN SCANNER CORPOREL A RAYONS X « BACKSCATTER »**

L'IRSN propose les pistes suivantes pour concevoir des éléments d'information à destination des voyageurs :

- La dose délivrée lors d'un contrôle individuel est extrêmement faible ; elle est plus de mille fois inférieure à la dose annuelle résultant de l'irradiation naturelle moyenne en France ; elle est équivalente à une à deux minutes de vol à haute altitude ;
- Cette dose très faible vient s'ajouter à une dose bien plus élevée qui sera reçue inéluctablement par le passager au cours du vol (0,1 µSv sur 1,4 µSv - soit 7% - pour un vol national sur l'ex. de Paris Bordeaux ; 0,1 µSv sur 75 µSv - soit 0,13 % pour un vol intercontinental sur l'ex. de Paris Pékin) ;
- Le risque sanitaire associé à de tels niveaux de doses est tellement faible qu'il ne peut pas raisonnablement être quantifié ;
- Pour autant, ce risque augmente proportionnellement avec le nombre de contrôles effectués.

De même, l'IRSN recommande que les préconisations suivantes soient délivrées aux voyageurs susceptibles d'être contrôlés dans des pays qui auraient fait le choix de contrôle par un scanner corporel utilisant des rayons X « backscatter » :

- Privilégier une technique de contrôle ne mettant pas en œuvre des rayonnements ionisants (scanner à ondes millimétriques, fouille ...) lorsque le choix est possible ;
- Conseiller tout particulièrement aux femmes enceintes et aux enfants en bas âge la préférence pour une technique de contrôle sans rayonnements ionisants<sup>10</sup> ;
- Se conformer aux consignes afin d'éviter d'avoir à passer une deuxième fois par le portique de contrôle (si l'image scanner était non interprétable) ;

<sup>10</sup> En effet, l'IRSN considère que les enfants en bas âge et les femmes enceintes représentent une population minoritaire dans les aéroports et peuvent donc faire l'objet d'un protocole de contrôle spécifique

- Refuser la multiplication des contrôles, au profit de fouilles corporelles.

## **9 CONCLUSION**

En conclusion, l'IRSN recommande que les pouvoirs publics prennent explicitement en compte le principe de justification dans la définition de leur position au regard de l'usage éventuel, en France ou à l'étranger, de scanners corporels à rétrodiffusion utilisant des rayons X. Ce principe constitue l'un des fondements de la doctrine internationale en matière de radioprotection et, au plan juridique, est inscrit au code de la santé publique français (Article L1333-1).

Les experts de l'IRSN estiment, au terme des investigations conduites dans le cadre de la saisine du 19 janvier 2010, que l'application de ce principe conduit à mettre en balance d'une part une exposition délibérée, systématique et obligatoire des passagers aériens à un rayonnement ionisant, avec certes une dose très faible, et d'autre part un bénéfice individuel direct difficilement quantifiable, en termes de sécurité aérienne. Dans la mesure où existerait une technologie alternative de performance suffisante du point de vue de l'objectif de sécurité aérienne, et ne présentant pas de risques sanitaires, cette balance devrait a priori pencher en faveur de la technologie alternative.

Il convient en outre de prendre en compte l'extrême sensibilité du public aux questions touchant aux rayonnements ionisants artificiels, ailleurs que dans le domaine médical où la contrepartie individuelle est en principe facile à mettre en évidence. A l'échelle européenne en particulier, une absence de consensus sur le type de technologie de contrôle à mettre en œuvre risque de générer une forte incompréhension des passagers vis-à-vis du risque encouru avec la technologie à rayons X « backscatter », d'autant qu'il sera vraisemblablement nécessaire d'informer ces derniers, dans chaque aéroport où elle serait utilisée, des précautions à prendre (femmes enceintes, jeunes enfants, contrôles répétés,...).

Enfin, une décision de déploiement opérationnel d'envergure de ce type de dispositif pourrait constituer un précédent pour d'autres applications de cette technologie, multipliant ainsi les sources d'exposition aux rayonnements ionisants artificiels.

## **Annexe :**

Saisine du cabinet du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du  
développement durable et de la mer



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE,  
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER  
EN CHARGE DES TECHNOLOGIES VERTES ET DES NEGOCIATIONS SUR LE CLIMAT

Paris, le **19 JAN. 2010**

**Le directeur du cabinet du ministre d'État**

à

Monsieur le directeur général de l'IRSN  
Monsieur le directeur général de l'AFSSET

Référence : D 10000603

**Objet :** Saisine relative aux éventuels risques sanitaires liés à  
l'utilisation des scanners corporels.

**PJ :** 2

Suite à la tentative d'attentat commise sur le vol entre Amsterdam et Detroit le 25 décembre 2009, le Conseil de sécurité intérieure s'est prononcé pour le déploiement rapide, dans le cadre du renforcement de la sûreté de l'aviation civile, d'équipements utilisant des techniques d'imagerie plus performantes que les détecteurs de métaux en place sur les aéroports français.

L'équipement envisagé dans le cadre d'une première expérimentation, et qui doit être opérationnel avant la fin du mois de janvier 2010, est un portique PROVISION de la société L3COM, utilisant des ondes millimétriques. Cet équipement a déjà fait l'objet d'un avis de la CNIL et un rapport de l'APAVE joints. Je souhaite que vous me confirmiez qu'au vu de ces analyses, l'expérimentation qui doit être lancée ne devrait pas présenter de risque sanitaire pour les passagers et les personnels de sécurité dans le cadre de l'utilisation de tels appareils à des fins de contrôle de personnes.

Si vous avez besoin d'informations complémentaires vous permettant d'évaluer les doses associées à une telle pratique, je vous engage donc à prendre attache avec le directeur du Service Technique de l'Aviation Civile, Monsieur Jean-Michel AUBAS, qui vous transmettra les éléments nécessaires à votre analyse.

Vous voudrez bien me transmettre conjointement sous une semaine à partir de la réception des données complémentaires éventuelles du STAC les résultats de votre évaluation.

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

Hôtel de Roquelaure – 246, boulevard Saint-Germain – 75007 Paris – Tél : 33 (0)1 40 81 21 22

Par ailleurs, il n'est pas impossible que d'autres Etats optent pour une technologie alternative, basée sur l'utilisation de faibles doses de rayons X (« backscatter »). Cette option, qui n'est pas souhaitée en l'état par le gouvernement français, pourrait alors concerner les citoyens français transitant par ces aéroports. Je vous saurai gré de m'indiquer quelles recommandations pourraient être apportées le cas échéant aux voyageurs en la matière.

Je vous saurai gré de bien vouloir me signaler toute difficulté concernant la réalisation de vos travaux.

  
Jean-François CARENCO



Présent  
pour  
l'avenir

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)