



**HAL**  
open science

## Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes "millimétriques" Eqo

Jean-Benoit Agnani, Jean-Francois Doré, Francine Behar-Cohen, Yves Ducimetiere Pierre Le Drean, Thierry Letertre, Fabien Ndagijimana, Yves Sicard, Martine Hours, Jean-Marc Bertho, Jean-Pierre Cesarini, et al.

### ► To cite this version:

Jean-Benoit Agnani, Jean-Francois Doré, Francine Behar-Cohen, Yves Ducimetiere Pierre Le Drean, Thierry Letertre, et al.. Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes "millimétriques" Eqo. Collective Appraisal Report No-2012-SA-0063, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). 2012. hal-04813610

**HAL Id: hal-04813610**

**<https://hal.science/hal-04813610v1>**

Submitted on 4 Dec 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

anses

agence nationale de sécurité sanitaire  
alimentation, environnement, travail



# Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes « millimétriques » Ego

Avis de l'Anses  
Rapport d'expertise collective

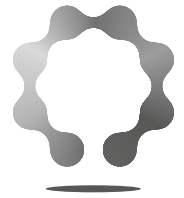
Juillet 2012

Édition scientifique



**anses**

agence nationale de sécurité sanitaire  
alimentation, environnement, travail



# Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes « millimétriques » Eqo

Avis de l'Anses

Rapport d'expertise collective

Juillet 2012

Édition scientifique

## **AVIS** **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

**relatif à l'évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du *scanner* corporel à ondes « millimétriques » *Ego***

---

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.*

*L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.*

*Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.*

*Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).*

*Ses avis sont rendus publics.*

---

L'Anses a été saisie le 6 mars 2012 par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) pour évaluer les risques sanitaires liés à l'utilisation du *scanner* corporel à ondes « millimétriques » *Ego*.

### **1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE**

À l'issue de la tentative d'attentat, le 25 décembre 2009, sur un vol d'aéronef entre Amsterdam et Détroit, la DGAC a souhaité s'équiper de scanners corporels afin d'améliorer la sûreté des transports aériens. Elle avait alors saisi une première fois l'Agence (le 19 janvier 2010) pour évaluer en urgence les risques sanitaires potentiels du portique à ondes millimétriques *Provision 100* de la société *L3Com*. Cette saisine a donné lieu à un rapport [Afsset, 2010] et une note datée du 15 février 2010<sup>1</sup>, ainsi qu'à un rapport de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les *scanners* à rayons X<sup>2</sup>.

Depuis ces publications, une réglementation européenne relative à l'utilisation de ces équipements dans les aéroports a été adoptée, les 10 et 11 novembre 2011, et les performances de ces équipements, en particulier en mode automatique (*i.e.* sans production d'image nécessitant l'analyse par un opérateur), ont été améliorées. Ces évolutions, notamment, ont incité la DGAC à déployer dans un futur proche les scanners de sûreté aux postes « inspection – filtrage » des aéroports.

---

<sup>1</sup> Le rapport et l'avis de l'Anses concernant le scanner *ProVision 100* sont téléchargeables sur le site Internet de l'Anses : <http://www.afsset.fr/index.php?siteid=53&newsid=540&MDLCODE=news>.

<sup>2</sup> Le dossier "Scanners corporels à rayons X « *Backscatter* » : l'IRSN évalue les risques sanitaires" est téléchargeable sur le site de L'IRSN (<http://www.irsn.fr>).

Deux expérimentations sont prévues à des périodes différentes en 2012 sur deux aéroports distincts, mettant en œuvre non seulement une version optimisée du portique *ProVision 100* (précédemment expertisé par l'Afsset), mais également le modèle *Eqo* de la société *Smiths Heimann*. Ce dernier équipement a fait l'objet d'un rapport d'expertise de l'Agence de sécurité sanitaire britannique (*Health Protection Agency - HPA*) « *Non-ionizing radiation exposures from Eqo body scanner* » [HPA, 2011] et de mesures effectuées par le laboratoire irlandais *Compliance Engineering Ireland (CEI)* (documents transmis par la DGAC).

Selon les termes de la saisine de la DGAC du 6 mars 2012, qui fait écho à sa première sollicitation concernant le *scanner ProVision 100*, il s'agit de confirmer - ou non -, sur la base des documents transmis, notamment du rapport d'expertise réalisé par l'Agence de sécurité sanitaire britannique, que l'exposition aux champs électromagnétiques lors de l'utilisation de tels appareils, à des fins de contrôle, n'est pas de nature à présenter de risque sanitaire tant pour les passagers que pour les personnels de sûreté.

Par ailleurs, la saisine de la DGAC précise que le service technique de l'aviation civile (STAC), « souhaite devenir centre de test agréé des équipements scanners de sûreté dans le cadre du processus commun d'évaluation de la CEAC (Conférence européenne de l'aviation civile). De tels tests nécessitent un nombre important de passages dans le portique au cours d'une période restreinte. Ce type d'utilisation soulève donc des interrogations au regard de la santé des testeurs ». Le STAC a donc souhaité recueillir l'avis de l'Anses sur ce point.

## **2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE**

Cinq experts rapporteurs ont été sollicités par l'Anses pour contribuer à l'expertise demandée. Quatre d'entre eux sont membres du groupe de travail (GT) « Radiofréquences et santé », dont un est également membre du Comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements ».

La présente expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux grands aménagements et aux nouvelles technologies ».

Pour mener à bien la présente expertise, les experts ont bénéficié d'un socle documentaire commun, du rapport de la HPA, du rapport de mesures du laboratoire irlandais CEI et des données techniques issues de la littérature relative aux *scanners* corporels transmises par la DGAC. Le rapport<sup>3</sup> d'expertise collective réalisé par l'Anses avec l'appui des experts rapporteurs et du CES mentionne les limites de validité des données présentées dans les rapports de mesures fournis.

Le CES a adopté le rapport d'expertise collective ainsi que ses conclusions et le présent avis lors de sa séance du 10 juillet 2012.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) » avec pour objectif le respect des points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

---

<sup>3</sup> Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du *scanner* corporel à ondes « millimétriques » [Anses, juillet 2012].

### 3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

Le rapport d'expertise collective présente l'analyse détaillée des données fournies pour l'évaluation des risques liés à l'utilisation du scanner corporel de type *Ego*.

#### Présentation du portique *Ego*

Le portique de sûreté *Ego* permet d'obtenir des images « corps entier » des personnes dans un but "sécuritaire", sans exposition aux rayonnements ionisants. Ses avantages revendiqués sont la fiabilité et le caractère moins intrusif que des recherches par palpation.

La technologie d'imagerie mise en œuvre par ce portique repose sur l'utilisation d'ondes dites « millimétriques » émises en continu en bande étroite à des fréquences autour de 24,16 GHz.

#### Évaluation de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques lors d'un *scan*

L'évaluation ci-après a été réalisée à partir des documents fournis par la DGAC. Cependant, aucune procédure d'utilisation de l'appareil (durée réelle d'exposition, zone effective d'exposition, etc.) n'a été fournie, ce qui ne permet pas une évaluation précise de l'exposition.

Deux jeux de données ont pu être examinés par l'Anses : des mesures réalisées par le laboratoire CEI, et d'autres par l'agence sanitaire britannique HPA. Le matériel utilisé par le laboratoire CEI est très limité en sensibilité et l'absence d'informations détaillées sur la procédure de mesure utilisée laisse planer un doute sur la fiabilité des résultats obtenus. Cela diminue la crédibilité des mesures fournies et des résultats de conformité délivrés par ce laboratoire. Les essais réalisés par la HPA permettent d'estimer les niveaux de densités surfaciques de puissance (DSP) auxquels sont exposés le public (voyageurs, personnes travaillant dans les aéroports, etc.) et l'opérateur qui, selon le fabricant de l'appareil, doit se tenir à proximité de la personne scannée (côté écran, en retrait, à environ 2 m de l'émetteur) afin de veiller au bon déroulement de l'opération. Les conclusions sur les niveaux d'exposition se fondent donc principalement sur les données fournies par la HPA.

Les densités surfaciques de puissances mesurées lors d'un *scan* sont extrêmement faibles, inférieures au milliwatt par mètre carré (la valeur maximale observée par la HPA est de 0,76 mW/m<sup>2</sup> au niveau du passager et de 0,05 mW/m<sup>2</sup> au niveau de l'opérateur). Néanmoins, pour juger de la pertinence des résultats de mesures, la métrologie des signaux émis nécessiterait d'être affinée.

L'exposition des personnes aux champs électromagnétiques lors d'un *scan* en fonctionnement normal serait d'une dizaine de secondes, correspondant au temps de passage dans l'appareil. Quant à l'opérateur, en raison de sa présence quasiment en permanence à proximité de l'appareil, son exposition serait continue.

Les données recueillies auprès de la DGAC suggèrent que les niveaux d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques produits par les portiques de sûreté de type *Ego* sont très inférieurs aux valeurs limites d'exposition définies par la réglementation en vigueur (décret n° 2002-775 du 3 mai 2002), avec des valeurs de densité de puissance mesurées plus de 10 000 fois plus faibles que la valeur limite réglementaire, soit 10 W/m<sup>2</sup>, moyennée sur une durée de 2 minutes et 30 secondes, pour les fréquences considérées.

## Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du portique de sûreté *Ego*

La peau est la principale zone d'interaction du corps avec les ondes dites « millimétriques ». En raison notamment de leur courte longueur d'onde, celles-ci ne pénètrent qu'à une profondeur de quelques dixièmes de millimètres dans l'organisme, avant les tissus adipeux sous-cutanés. Leur interaction avec la matière vivante est essentiellement liée à l'absorption d'énergie par l'eau libre des tissus superficiels cutanés, qui peut potentiellement mener à des effets biologiques, pour des densités de puissance surfaciques élevées (supérieures à 100 W/m<sup>2</sup>).

Dans des conditions de fonctionnement normales, un *scanner* corporel à ondes « millimétriques » de type *Ego* fonctionne avec des densités surfaciques de puissance très inférieures à celles utilisées dans certaines thérapies, de l'ordre de 50 à 150 W/m<sup>2</sup>, qui peuvent induire une légère augmentation de la température, de l'ordre du 1/10<sup>e</sup> de degré, des tissus cutanés. Aucun effet thermique au niveau des tissus exposés n'est donc attendu à la suite d'un *scan*.

Plusieurs études *in vitro* suggèrent l'existence d'effets biologiques potentiels des ondes « millimétriques ». Cependant, ces effets ont été observés à des niveaux de densité surfacique de puissance bien plus élevés que ceux émis par l'*Ego*. À ce jour, aucun mécanisme d'interaction onde-cellule n'a été identifié pour les fréquences considérées (autour de 24,16 GHz) et pour les densités de puissances mises en œuvre par le portique *Ego*. Par ailleurs, aucune information n'est disponible en ce qui concerne les effets possibles d'une exposition oculaire.

En l'état actuel des connaissances, il n'y a pas d'effet sanitaire connu lié à une exposition à des champs électromagnétiques dans cette gamme de fréquences et aux densités surfaciques de puissance mises en œuvre par le portique *Ego*. Toutefois, les effets biologiques autres que thermiques de cette gamme de fréquences sont encore peu documentés. Les données disponibles ne permettent pas ainsi d'exclure de façon certaine un risque à long terme ou une susceptibilité individuelle particulière pour des niveaux d'exposition faibles.

En outre, en raison de l'amélioration progressive de la compatibilité électromagnétique des dispositifs médicaux implantés (*pacemakers* par exemple), il n'a pas été identifié de risque d'incompatibilité de ces dispositifs avec l'utilisation du portique *Ego*.

## Conclusions de l'expertise collective

Du point de vue de la réglementation sur l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques, les valeurs mesurées pour le *scanner* corporel à ondes « millimétriques » *Ego* (0,76 mW/m<sup>2</sup> au maximum à la place du passager et 0,05 mW/m<sup>2</sup> au niveau de l'opérateur selon la HPA) sont très inférieures aux prescriptions du décret n° 2002-775 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

En l'état actuel des connaissances sur les effets sanitaires des ondes « millimétriques », et sur la base des informations techniques recueillies pour le portique *Ego*, ce type de *scanner* ne présenterait pas de risque pour la santé des personnes.

Néanmoins, de nombreuses données sur les aspects techniques du portique *Ego*, sur les scénarii d'exposition et sur les effets biologiques de cette gamme de fréquences n'étant pas disponibles, le CES émet les recommandations ci-dessous, qui concernent tous les scanners corporels à ondes millimétriques.

#### 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail reprend les conclusions formulées par le Comité d'experts spécialisé « agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » exposées au paragraphe précédent.

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail formule les recommandations exposées ci-dessous.

##### **S'agissant du bon fonctionnement des portiques de sécurité à ondes « millimétriques »,**

l'Anses recommande :

- d'instaurer un contrôle régulier de la densité de puissance émise par les appareils de détection mis en service.

##### **S'agissant d'améliorer la caractérisation de l'exposition des personnes aux ondes « millimétriques » émises par les portiques de sécurité,**

l'Anses recommande :

- d'imposer aux constructeurs de tenir à la disposition des autorités un dossier technique regroupant les caractéristiques précises des appareils (puissance maximale fournie aux antennes émettrices, gain et facteur d'antenne, aspects temporels et fréquentiels du balayage, *etc.*) et montrant que l'exposition réelle des personnes scannées n'excède pas l'exposition théorique maximale (valeur réglementaire exprimée en termes de densité de puissance surfacique ou de champ électrique).

##### **S'agissant d'améliorer la métrologie des ondes « millimétriques » émises par les portiques de sécurité,**

l'Anses recommande :

- de définir un protocole de mesure adapté (système de mesure bien décrit, résultats exprimés également en champ électrique, bruit de fond réduit, antenne non directive, étendue du rayonnement, conditions réelles d'utilisation, *etc.*).

##### **S'agissant de réduire l'exposition des personnes aux rayonnements émis par le portique *Ego*,**

l'Anses recommande, du fait des spécificités du portique *Ego* :

- de matérialiser la zone d'émission du *scanner* (par un marquage au sol par exemple) ;
- que l'opérateur se situe en dehors de la zone d'exposition pendant le *scan* (activation manuelle du *scan* depuis le poste de l'opérateur, par exemple) ;
- d'éloigner le poste de l'opérateur de la zone d'exposition ;
- que l'exposition aux ondes « millimétriques » n'ait lieu qu'au moment du *scan*, lorsque la personne est en place (et non en continu) ;
- d'empêcher toute personne autre que la personne scannée d'être dans la zone d'émission au moment du *scan* (opérateur à son poste, file d'attente derrière une ligne située à 1 m de l'arche par exemple).



**S'agissant du déroulement des tests de l'appareil organisés par le STAC,**

l'Anses recommande :

- de soumettre les protocoles de tests à l'avis d'un Comité d'éthique ;
- de recueillir l'avis d'aptitude du médecin du travail pour chaque salarié préalablement à la réalisation des tests ;
- de soumettre les conditions de réalisation des tests à l'accord du CHSCT et de l'instance représentative.

**S'agissant d'améliorer la connaissance des effets biologiques et sanitaires potentiels des ondes « millimétriques »,**

l'Anses recommande de promouvoir la recherche :

- sur les effets biologiques des champs électromagnétiques (notamment sur les effets à long terme des expositions chroniques, les effets conjoints d'expositions multiples et / ou chroniques et sur différents types de stress cellulaire) ;
- sur les effets biologiques des ondes « millimétriques », notamment sur la cornée et les tissus épithéliaux et les terminaisons nerveuses cutanées, qui sont les tissus directement exposés à ce type d'ondes ;
- sur les effets sanitaires potentiels des champs électromagnétiques, notamment sur les effets à long terme ;
- sur les effets sanitaires potentiels des ondes « millimétriques », notamment sur des populations exposées professionnellement.

**S'agissant de l'information du public et des utilisateurs du portique de détection,**

l'Anses propose :

- d'étendre la signalétique destinée aux porteurs de dispositifs médicaux implantés à tous les portiques de sécurité émettant des champs électromagnétiques.

En outre, l'Anses recommande également :

- de poursuivre le recueil d'informations relatives à la mise en œuvre de techniques de détection alternatives, notamment celles dites « passives » et d'étudier leurs performances et leur potentiel de mise en œuvre au regard des techniques dites « millimétriques ».

**Le directeur général**

Marc Mortureux

## **MOTS-CLÉS**

*Scanner* corporel, portique de sûreté, ondes millimétriques, champ électromagnétique, exposition, effet sanitaire, *Ego*.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset). (2010). Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes « millimétriques », ProVision 100.

Health Protection Agency (HPA) (2011), *Non-ionizing radiation exposures from Ego body scanner*, rapport CRCE/NIR/5/533 du 26 mai 2011.

Compliance Engineering Ireland LTD (CEI) (2011), *Ego (Millimeter Wave Inspection system)*, rapport de mesures 11E3504-2 d'avril 2011.

Décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L.32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques, NOR : INDI0220135D, JORF du 5 mai 2002, pages 8624 à 8627.

---

**Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du  
*scanner* corporel à ondes « millimétriques »  
*Ego***

---

**Saisine « scanner de sûreté *Ego* »  
n° 2012-SA-0063**

**Rapport d'expertise collective**

**« Comité d'Experts Spécialisés (CES) : Évaluation des risques liés aux agents  
physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements »**

**Juillet 2012**

## **Mots clés**

---

*Scanner* de sûreté, ondes millimétriques, *Ego*, exposition, effet sanitaire, portique, champ électromagnétique.

## Présentation des intervenants

### LISTE DES EXPERTS RAPPORTEURS

Jean-Benoît AGNANI - Responsable du département « Études sur l'exposition du public » (ANFR) - Métrologie des champs électromagnétiques.

Jean-François DORÉ – Directeur de recherche émérite à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) - Champs électromagnétiques non ionisants – UV.

Yves LE DRÉAN - Maître de conférences en biochimie et biologie moléculaire, à l'Université de Rennes 1 – Effets biologiques des champs électromagnétiques.

Thierry LETERTRE – Enseignant-chercheur, Supélec – Dosimétrie et métrologie des champs électromagnétiques.

Fabien NDAGIJIMANA – Université Joseph Fourier (Grenoble) – Ondes électromagnétiques et circuits dans les domaines des radiofréquences et ondes millimétriques.

### ADOPTION DU RAPPORT PAR LE COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉS

Ce rapport a été soumis pour commentaires au CES « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements ».

#### **Présidente**

Martine HOURS – Médecin épidémiologiste, Directeur de recherche à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar).

#### **Membres**

Francine BEHAR-COHEN – Ophtalmologiste praticienne, Directeur de recherche à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm).

Jean-Marc BERTHO – Chercheur / Expert en radiobiologie au laboratoire de radiotoxicologie expérimentale de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN).

Jean-Pierre CÉSARINI – Retraité (Directeur du laboratoire de recherche sur les tumeurs de la peau humaine, fondation A. de Rothschild et Inserm).

Frédéric COUTURIER – Ingénieur, Responsable du département « Études » à l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR).

Jean-François DORÉ – Directeur de recherche émérite à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm).

Pierre DUCIMETIERE – Directeur de recherche honoraire à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm).

Aïcha EL KHATIB – Chargée de mission à l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris - Hôpital Avicenne.

Nicolas FELTIN – Responsable de mission au Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE).

Emmanuel FLAHAUT – Directeur de recherche au Centre national de recherche scientifique (CNRS).

Eric GAFFET – Directeur de recherche au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Murielle LAFAYE – Ingénieur, Coordinatrice applications au Centre national d'études spatiales (CNES).

Philippe LEPOUTRE – Ingénieur acousticien, Responsable du pôle technique de l'Autorité de Contrôle des Nuisances Sonores Aéroportuaires (Acrusa).

Christophe MARTINSONS – Docteur en physique, Chef de pôle au Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB).

Catherine MOUNEYRAC – Directrice de l'Institut de biologie et d'écologie appliquée et Professeur en Écotoxicologie aquatique à l'Université catholique de l'ouest (UCO).

Alain MUZET – Retraité CNRS, médecin, spécialiste du sommeil et de la vigilance.

Yves SICARD – Maître de conférences à l'Université Josef Fourier, Conseiller Scientifique au Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies alternatives (CEA).

Alain SOYEZ – Responsable de laboratoires, Ingénieur conseil, Caisse d'assurance retraite et de santé au travail Nord Picardie.

Esko TOPPILA – Professeur, Directeur de recherche à l'Institut finlandais de santé au travail.

Catherine YARDIN – Professeur, Chef de service, médecin biologiste à l'Hôpital Dupuytren, CHU de Limoges.

Les travaux d'expertise ont été discutés le 15 mai 2012 et validés le 10 juillet 2012 par le CES « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements ».

## **PARTICIPATION ANSES**

---

### **Coordination scientifique**

Johanna FITE – Chef de projets scientifiques – Anses

### **Contribution scientifique**

Johanna FITE – Chef de projets scientifiques – Anses

Olivier MERCKEL – Chef de l'unité Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements – Anses

### **Secrétariat administratif**

Sophia SADDOKI – Anses

# Sommaire

Présentation des intervenants .....	3
Liste des figures .....	12
Liste des annexes.....	13
Glossaire .....	14
1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....	15
1.1 Contexte .....	15
1.2 Objet de la saisine .....	15
1.3 Limites du champ d'expertise .....	16
1.4 Modalités de traitement.....	16
2 Présentation du portique <i>Ego</i> .....	17
2.1 Principaux acteurs de la filière.....	17
2.2 Objectif.....	17
2.3 Fonctionnement du portique .....	17
2.4 Paramètres physiques .....	18
2.5 Image obtenue.....	19
2.6 Capacité de contrôle.....	19
2.7 Utilisations du portique.....	20
3 Évaluation des niveaux de champ électromagnétique émis par le portique <i>Ego</i> .....	21
3.1 Conditions de mesures .....	21
3.1.1 Équipements de mesure de champs électromagnétiques utilisés par la HPA..	21
3.1.2 Équipements de mesure de champs électromagnétiques utilisés par le laboratoire CEI .....	22
3.1.3 Localisation des points de mesure.....	23
3.1.4 Discussion sur les mesures réalisées .....	23
3.2 Résultats de mesures.....	24
3.2.1 Spectre fréquentiel et variations temporelles .....	24
3.2.2 Densités de puissance.....	25
4 Évaluation de l'exposition aux ondes « millimétriques » liée à l'utilisation du portique <i>Ego</i> .....	27
4.1 Voyageurs .....	27
4.2 Personnes travaillant dans les aéroports ou personnel navigant .....	27
4.3 Opérateurs .....	28
4.4 « Testeurs ».....	28
4.5 Conclusion sur l'exposition aux champs électromagnétiques émis par le portique <i>Ego</i> .....	28
4.5.1 Exposition de la population .....	28
4.5.2 Exposition des travailleurs.....	29
4.6 Réglementation relative à l'exposition aux champs électromagnétiques .....	30
5 Les ondes de fréquences supérieures à 1 GHz .....	32
5.1 Étude des effets biologiques et sanitaires potentiels des ondes millimétriques	

5.1.1	Profondeur de pénétration des ondes millimétriques.....	32
5.1.2	Études biologiques .....	33
5.1.3	Études épidémiologiques .....	35
5.1.4	Conclusion sur les effets sanitaires potentiels des ondes de fréquences supérieures à 1 GHz .....	36
6	Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du portique <i>Ego</i> .....	38
6.1	À quelle profondeur les ondes « millimétriques » émises par un scanner corporel pénètrent-elles dans l'organisme ? .....	38
6.2	L'utilisation d'un portique de sécurité Ego peut-elle induire des effets thermiques ?.....	38
6.3	L'utilisation d'un portique Ego peut-elle potentiellement induire des effets non thermiques ?.....	38
7	Conclusions .....	40
8	Recommandations .....	42
9	Bibliographie .....	44
9.1	Publications.....	44
9.2	Normes .....	45
	NF EN 50492 (01/01/2009) - Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base. ....	45
9.3	Législation et réglementation .....	45
9.4	Sites Internet.....	46



# EXPERTISE COLLECTIVE : SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

relatives à l'évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes « millimétriques » *Ego*

---

Ce document synthétise les travaux du comité d'experts spécialisé et des experts rapporteurs de la saisine « Ego ».

---

## Présentation de la question posée

Par courrier daté du 6 mars 2012, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail<sup>1</sup> (Anses) a été saisie par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) pour évaluer les risques sanitaires liés à l'utilisation de *scanners* corporels à ondes « millimétriques »<sup>2</sup> du type *Ego* dans les aéroports.

Selon les termes de la saisine, il s'agit de confirmer - ou non -, sur la base des documents transmis par la DGAC, notamment du rapport d'expertise réalisé par l'Agence de sécurité sanitaire britannique (*Health Protection Agency* - HPA) « *Non-ionizing radiation exposures from Ego body scanner* » [HPA, 2011] que l'exposition aux champs électromagnétiques lors de l'utilisation de tels appareils, à des fins de contrôle, n'est pas de nature à présenter de risque sanitaire tant pour les passagers que pour les personnels de sûreté.

## Contexte

À l'issue de la tentative d'attentat, le 25 décembre 2009, sur un vol entre Amsterdam et Détroit, la DGAC a souhaité s'équiper de scanners corporels afin d'améliorer la sûreté des transports aériens. Elle avait alors saisi une première fois l'Agence (le 19 janvier 2010) pour évaluer en urgence les risques sanitaires potentiels du portique à ondes millimétriques *Provision 100* de la société *L3Com*. Cette saisine avait donné lieu à un rapport [Afsset, 2010] et une note datée du 15 février 2010<sup>3</sup>, ainsi qu'à un rapport de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les *scanners* à rayons X<sup>4</sup>.

Depuis ces publications, une réglementation européenne relative à l'utilisation de ces équipements dans les aéroports a été adoptée, les 10 et 11 novembre 2011, et les performances de ces équipements, en particulier en mode automatique (i.e. sans production d'image nécessitant l'analyse par un opérateur), ont été améliorées. Ces évolutions,

---

<sup>1</sup> L'Afsset (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail) et l'Afssa (Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation) ont fusionné le 1<sup>er</sup> juillet 2010 pour créer l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).

<sup>2</sup> Cette dénomination couramment utilisée et d'usage consacré est en réalité quelque peu abusive, puisque les ondes émises par l'appareil utilisent des fréquences de l'ordre de 24,16 GHz, soit des longueurs d'ondes de 1,24 cm environ.

<sup>3</sup> Le rapport et l'avis de l'Anses concernant le scanner *ProVision 100* sont téléchargeables sur le site Internet de l'Anses : <http://www.afsset.fr/index.php?siteid=53&newsid=540&MDLCODE=news>.

<sup>4</sup> Le dossier "Scanners corporels à rayons X « Backscatter » : l'IRSN évalue les risques sanitaires" est téléchargeable sur le site de l'IRSN (<http://www.irsln.fr>).

notamment, ont incité la DGAC à déployer dans un futur proche les scanners de sûreté aux postes « inspection – filtrage » des aéroports.

Deux expérimentations sont prévues à des périodes différentes en 2012 sur deux aéroports distincts, mettant en œuvre non seulement une version optimisée du portique *ProVision 100* (précédemment expertisé par l'Afsset), mais également le modèle *Ego* de la société *Smiths Heimann*. Ce dernier équipement a lui-même déjà fait l'objet d'un rapport d'expertise de la HPA et de mesures effectuées par le laboratoire irlandais *Compliance Engineering Ireland (CEI)* (documents transmis par la DGAC).

## **Organisation de l'expertise**

Cinq experts rapporteurs ont été sollicités par l'Anses pour contribuer à l'expertise demandée. Quatre d'entre eux sont membres du groupe de travail (GT) « Radiofréquences et santé », dont un est également membre du Comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements ».

Pour mener à bien la présente expertise, les experts ont bénéficié d'un socle documentaire commun, du rapport de la HPA, du rapport de mesures du laboratoire CEI et des données techniques issues de la littérature relative aux *scanners* corporels transmises par la DGAC.

La présente expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux grands aménagements et aux nouvelles technologies ».

Le CES a adopté le rapport d'expertise collective ainsi que ses conclusions et la présente synthèse lors de sa séance du 10 juillet 2012. Il a fait part de cette adoption à la direction générale de l'Anses.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) » avec pour objectif le respect des points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

## **Résultat de l'expertise collective**

### **Présentation du portique *Ego***

Le portique de sûreté *Ego* permet d'obtenir des images « corps entier » des personnes dans un but sécuritaire, sans exposition aux rayonnements ionisants ; ses avantages revendiqués sont la fiabilité et le caractère moins intrusif que des recherches par palpation.

La technologie d'imagerie mise en œuvre par ce portique repose sur l'utilisation d'ondes dites « millimétriques » émises en continu en bande étroite à des fréquences autour de 24,16 GHz.

### **Évaluation de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques lors d'un scan**

L'évaluation ci-après a été réalisée à partir des documents fournis par la DGAC. Cependant, aucune procédure d'utilisation de l'appareil (durée réelle d'exposition, zone effective d'exposition, etc.) n'a été fournie, ce qui ne permet pas une évaluation précise de l'exposition.

Deux jeux de données ont pu être examinés par l'Anses : des mesures réalisées par le laboratoire irlandais CEI, et d'autres par l'agence sanitaire britannique HPA. Le matériel utilisé par le laboratoire CEI est très limité en sensibilité et l'absence d'informations détaillées sur la procédure de mesure utilisée laisse planer un doute sur la fiabilité des résultats obtenus. Cela diminue la crédibilité des mesures fournies et des résultats de conformité

délivrés par ce laboratoire. Les essais réalisés par la HPA permettent d'estimer les niveaux de densités surfaciques de puissance (DSP) auxquels le public et l'opérateur sont exposés. Les conclusions sur les niveaux d'exposition se fondent donc principalement sur les données fournies par la HPA.

Les densités surfaciques de puissances mesurées lors d'un *scan* sont extrêmement faibles, inférieures au milliwatt par mètre carré (la valeur maximale observée par la HPA est de 0,76 mW/m<sup>2</sup> au niveau du passager et de 0,05 mW/m<sup>2</sup> au niveau de l'opérateur). Néanmoins, pour juger de la pertinence des résultats de mesures, la métrologie des signaux émis nécessiterait d'être affinée.

L'exposition des personnes aux champs électromagnétiques lors d'un *scan* en fonctionnement normal serait d'une dizaine de secondes, correspondant au temps de passage dans l'appareil. Quant à l'opérateur, en raison de sa présence quasiment en permanence à proximité de l'appareil, son exposition serait continue.

Les données recueillies auprès de la DGAC suggèrent que les niveaux d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques produits par les portiques de sûreté de type *Ego* sont très inférieurs aux valeurs limites d'exposition définies par la réglementation en vigueur (décret n° 2002-775 du 3 mai 2002), avec des valeurs de densité de puissance mesurées plus de 10 000 fois plus faibles que la valeur limite réglementaire, soit 10 W/m<sup>2</sup>, moyennée sur une durée de 2 minutes et 30 secondes, pour les fréquences considérées.

### **Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du portique de sûreté *Ego***

La peau est la principale zone d'interaction du corps avec les ondes dites « millimétriques ». En raison notamment de leur courte longueur d'onde, celles-ci ne pénètrent qu'à une profondeur de quelques dixièmes de millimètres dans l'organisme, avant les tissus adipeux sous-cutanés. Leur interaction avec la matière vivante est essentiellement liée à l'absorption d'énergie par l'eau libre des tissus superficiels cutanés, qui peut potentiellement mener à des effets biologiques, pour des densités de puissance surfaciques élevées (supérieures à 100 W/m<sup>2</sup>).

Dans des conditions de fonctionnement normales, un *scanner* corporel à ondes « millimétriques » de type *Ego* fonctionne avec des densités surfaciques de puissance très inférieures à celles utilisées en thérapie, de l'ordre de 50 à 150 W/m<sup>2</sup>, qui peuvent induire une légère augmentation de la température, de l'ordre du 1/10<sup>e</sup> de degré, des tissus cutanés. Aucun effet thermique au niveau des tissus exposés n'est donc attendu à la suite d'un *scan*.

Plusieurs études *in vitro* suggèrent l'existence d'effets biologiques potentiels des ondes « millimétriques ». Cependant, ces effets ont été observés à des niveaux de densité surfacique de puissance bien plus élevés que ceux émis par l'*Ego*. À ce jour, aucun mécanisme d'interaction onde-cellule n'a été identifié pour les fréquences considérées (autour de 24,16 GHz) et pour les densités de puissances mises en œuvre par le portique *Ego*. Par ailleurs, aucune information n'est disponible en ce qui concerne les effets possibles d'une exposition oculaire.

En l'état actuel des connaissances, il n'y a pas d'effet sanitaire connu lié à une exposition à des champs électromagnétiques dans cette gamme de fréquences et aux densités surfaciques de puissance mises en œuvre par le portique *Ego*. Toutefois, les effets biologiques autres que thermiques de cette gamme de fréquences sont encore peu documentés. Les données disponibles ne permettent pas ainsi d'exclure de façon certaine un risque à long terme ou une susceptibilité individuelle particulière pour des niveaux d'exposition faibles.

En outre, en raison de l'amélioration progressive de la compatibilité électromagnétique des dispositifs médicaux implantés (*pacemakers* par exemple), il n'a pas été identifié de risque d'incompatibilité avec l'utilisation du portique *Ego*.

## Conclusions de l'expertise collective

Du point de vue de la réglementation sur l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques, les valeurs mesurées pour le *scanner* corporel à ondes « millimétriques » *Ego* (0,76 mW/m<sup>2</sup> au maximum à la place du passager et 0,05 mW/m<sup>2</sup> au niveau de l'opérateur selon la HPA) sont très inférieures aux prescriptions du décret n° 2002-775.

En l'état actuel des connaissances sur les effets sanitaires des ondes « millimétriques », et sur la base des informations techniques recueillies pour le portique *Ego*, ce type de *scanner* ne présenterait pas de risque pour la santé des personnes.

Néanmoins, de nombreuses données sur les aspects techniques du portique *Ego*, sur les scénarii d'exposition et sur les effets biologiques de cette gamme de fréquences n'étant pas disponibles, le CES émet les recommandations ci-dessous, qui concernent tous les scanners corporels à ondes millimétriques.

## Recommandations de l'expertise collective

### S'agissant du bon fonctionnement des portiques de sécurité à ondes « millimétriques »,

le CES recommande :

- d'instaurer un contrôle régulier de la densité de puissance émise par les appareils de détection mis en service.

### S'agissant d'améliorer la caractérisation de l'exposition des personnes aux ondes « millimétriques » émises par les portiques de sécurité,

le CES recommande :

- d'imposer aux constructeurs de tenir à la disposition des autorités un dossier technique regroupant les caractéristiques précises des appareils (puissance maximale fournie aux antennes émettrices, gain et facteur d'antenne, aspects temporels et fréquentiels du balayage, etc.) et montrant que l'exposition réelle des personnes scannées n'excède pas l'exposition théorique maximale (valeur réglementaire exprimée en termes de densité de puissance surfacique ou de champ électrique).

### S'agissant d'améliorer la métrologie des ondes « millimétriques » émises par les portiques de sécurité,

le CES recommande :

- de définir un protocole de mesure adapté (système de mesure bien décrit, résultats exprimés également en champ électrique, bruit de fond réduit, antenne non directive, étendue du rayonnement, conditions réelles d'utilisation, etc.).

### S'agissant de réduire l'exposition des personnes aux rayonnements émis par le portique *Ego*,

le CES recommande, du fait des spécificités du portique *Ego* :

- de matérialiser la zone d'émission du *scanner* (par un marquage au sol par exemple) ;
- que l'opérateur se situe en dehors de la zone d'exposition pendant le *scan* (activation manuelle du *scan* depuis le poste de l'opérateur, par exemple) ;

- d'éloigner le poste de l'opérateur de la zone d'exposition ;
- que l'exposition aux ondes « millimétriques » n'ait lieu qu'au moment du *scan*, lorsque la personne est en place (et non en continu) ;
- d'empêcher toute personne autre que la personne scannée d'être dans la zone d'émission au moment du *scan* (opérateur à son poste, file d'attente derrière une ligne située à 1 m de l'arche par exemple).

### **S'agissant du déroulement des tests de l'appareil organisés par le STAC,**

le CES recommande :

- de soumettre les protocoles des tests à l'avis d'un Comité d'éthique ;

### **S'agissant d'améliorer la connaissance des effets biologiques et sanitaires potentiels des ondes « millimétriques »,**

le CES recommande de promouvoir la recherche :

- sur les effets biologiques des champs électromagnétiques (notamment sur les effets à long terme des expositions chroniques, les effets conjoints d'expositions multiples et / ou chroniques et sur différents types de stress cellulaire) ;
- sur les effets biologiques des ondes « millimétriques », notamment sur la cornée et les tissus épithéliaux et les terminaisons nerveuses cutanées, qui sont les tissus directement exposés à ce type d'ondes ;
- sur les effets sanitaires potentiels des champs électromagnétiques, notamment sur les effets à long terme ;
- sur les effets sanitaires potentiels des ondes « millimétriques », notamment sur des populations exposées professionnellement.

### **S'agissant de l'information du public et des utilisateurs du portique de détection,**

le CES propose :

- d'étendre la signalétique destinée aux porteurs de dispositifs médicaux implantés à tous les portiques de sécurité émettant des champs électromagnétiques.

En outre, le CES recommande également :

- de poursuivre le recueil d'informations relatives à la mise en œuvre de techniques de détection alternatives, notamment celles dites « passives » et d'étudier leurs performances et leur potentiel de mise en œuvre au regard des techniques dites « millimétriques ».

**Date de validation de la synthèse par le comité d'experts spécialisé : 10 juillet 2012.**

### **Références :**

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset). (2010). Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes « millimétriques », ProVision 100.

Health Protection Agency (HPA) (2011), *Non-ionizing radiation exposures from Ego body scanner*, rapport CRCE/NIR/5/533 du 26 mai 2011.

Compliance Engineering Ireland LTD (CEI) (2011), *Ego (Millimeter Wave Inspection system)*, rapport de mesures 11E3504-2 d'avril 2011.

Décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L.32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques, NOR : INDI0220135D, JORF du 5 mai 2002, pages 8624 à 8627.

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques physiques du portique <i>Ego</i> (données constructeur) .....	19
Tableau 2 : Caractéristiques d'imagerie du portique <i>Ego</i> .....	19
Tableau 3 : Références des équipements de mesure de champs électromagnétiques utilisés par le laboratoire CEI.....	22
Tableau 5 : Densités surfaciques de puissance mesurées à la place de la personne scannée et de l'agent de sûreté avec le portique <i>Ego</i> en mode « scan ».....	26
Tableau 6 : Comparaison des durées totales d'exposition aux ondes « millimétriques » liées à l'utilisation d'un portique <i>Ego</i> dans un aéroport pour quatre scénarios différents .....	28
Tableau 6 : Études épidémiologiques identifiant des populations exposées à des radars (champs de fréquences supérieures à 2 GHz).....	36

## Liste des figures

Figure 1 : Photographie d'un portique <i>Ego</i> .....	17
Figure 2 : Plan du portique <i>Ego</i> .....	18
Figure 3 : Photographie de l'appareil de mesures de champs électromagnétiques (laboratoire CEI).....	22
Figure 4 : Spectre des émissions radiofréquences du portique <i>Ego</i> .....	24
Figure 5 : Variations temporelles des émissions radiofréquences du portique <i>Ego</i> ...	25
Figure 6 : profondeur de pénétration des ondes « millimétriques » dans la peau ([Alekseev <i>et al.</i> , 2008]).....	33
Figure 8 : Photographie d'un portique <i>ProVision 100</i> .....	53

## Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des documents transmis par la DGAC pour la réalisation de l'expertise .....	47
Annexe 2 : Lettre de saisine .....	48
Annexe 3 : Analyse des Déclarations Publiques d'Intérêt (DPI) des experts par rapport au champ de la saisine .....	50
Annexe 4 : Présentation du scanner <i>ProVision 100</i> .....	53

## Glossaire

ACP : Action conjuguée du cyclophosphamide  
ADN : Acide désoxyribonucléique  
Afssaps : Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé  
Afsset : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail  
ANFR : Agence nationale des fréquences  
ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé  
CEAC : Conférence européenne de l'aviation civile  
CEI : *Compliance Engineering Ireland*  
CES : Comité d'experts spécialisés  
Cnil : Commission nationale de l'informatique et des libertés  
Cofrac : Comité français d'accréditation  
DAS : Débit d'absorption spécifique – *Specific absorption rate (SAR)*  
DGAC : Direction générale de l'aviation civile  
DMI : Dispositif médical implantable  
DSP : Densité surfacique de puissance  
EPA : *Environmental protection agency* – Agence américaine de protection de l'environnement  
GHz : Gigahertz  
GT : Groupe de travail  
HPA : *Health protection agency* – Agence de sécurité sanitaire britannique  
IC : Intervalle de confiance  
Icnirp : *International commission on non-ionizing radiation protection* – Commission internationale de protection contre les rayonnements non-ionisants (CIPRN)  
IRSN : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
PIRE : Puissance isotrope rayonnée équivalente - *Effective isotropic radiated power (EIRP)*  
PS : Phosphatidylsérine  
ROS : *Reactive oxygen species* - Radicaux libres oxygénés  
RR : Risque relatif  
Scenih : *Scientific committee on emerging and newly identified health risks* – Comité scientifique des risques sanitaires émergents et nouveaux (CSRSEN - Europe)  
SMR : *Standardized mortality ratio* - Ratio standardisé de mortalité  
SNC : Système nerveux central  
STAC : Service technique de l'aviation civile  
RMS : *Root mean square* – valeur quadratique moyenne  
TSA : *Transport security administration* – Administration pour la sécurité des transports (Etats-Unis)  
UIT : Union internationale des télécommunications  
VDA : valeur déclenchant l'action  
VLE : valeur limite d'exposition



# 1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

## 1.1 Contexte

À l'issue de la tentative d'attentat, le 25 décembre 2009, sur un vol entre Amsterdam et Détroit, la DGAC a souhaité s'équiper de scanners corporels afin d'améliorer la sûreté des transports aériens. Elle avait alors saisi une première fois l'Agence (le 19 janvier 2010) pour évaluer en urgence les risques sanitaires potentiels du portique à ondes millimétriques *Provision 100* de la société *L3Com*. Cette saisine avait donné lieu à un rapport [Afsset, 2010] et une note datée du 15 février 2010<sup>5</sup>, ainsi qu'à un rapport de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les *scanners* à rayons X<sup>6</sup>.

Depuis ces publications, une réglementation européenne relative à l'utilisation de ces équipements dans les aéroports a été adoptée, les 10 et 11 novembre 2011, et les performances de ces équipements, en particulier en mode automatique (i.e. sans production d'image nécessitant l'analyse par un opérateur), ont été améliorées. Ces évolutions, notamment, ont incité la DGAC à déployer dans un futur proche les scanners de sûreté aux postes « inspection – filtrage » des aéroports.

Deux expérimentations sont prévues à des périodes différentes en 2012 sur deux aéroports distincts, mettant en œuvre non seulement une version optimisée du portique *ProVision 100* (précédemment expertisé par l'Afsset), mais également le modèle *Ego* de la société *Smiths Heimann*. Ce dernier équipement a lui-même déjà fait l'objet d'un rapport d'expertise de la HPA et de mesures effectuées par le laboratoire irlandais *Compliance Engineering Ireland (CEI)* (documents transmis par la DGAC, cf. liste en Annexe 1).

## 1.2 Objet de la saisine

Par courrier daté du 6 mars 2012 (cf. Annexe 2), l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a été saisie par la DGAC pour évaluer les risques sanitaires liés à l'utilisation de scanners corporels à ondes « millimétriques » du type *Ego* dans les aéroports.

Selon les termes de la saisine, il s'agit de confirmer - ou non -, sur la base des documents transmis par la DGAC, notamment du rapport d'expertise réalisé par l'Agence de sécurité sanitaire britannique (*Health Protection Agency - HPA*) « *Non-ionizing radiation exposures from Ego body scanner* » [HPA, 2011] que l'exposition aux champs électromagnétiques lors de l'utilisation de tels appareils, à des fins de contrôle, « n'est pas de nature à présenter de risque sanitaire tant pour les passagers que pour les personnels de sûreté » (cf. Annexe 2).

D'autre part, le service technique de l'aviation civile (STAC) souhaite réaliser des tests sur ces équipements de sûreté nécessitant un nombre important de passages dans les portiques de la part de ses agents ; la DGAC souhaite donc recueillir l'avis de l'Anses sur les risques pour la santé des testeurs dans le cadre de ces expérimentations.

---

<sup>5</sup> Le rapport et l'avis de l'Anses concernant le scanner *ProVision 100* sont téléchargeables sur le site Internet de l'Anses : <http://www.afsset.fr/index.php?siteid=53&newsid=540&MDLCODE=news>.

<sup>6</sup> Le dossier "Scanners corporels à rayons X « Backscatter » : l'IRSN évalue les risques sanitaires" est téléchargeable sur le site de l'IRSN (<http://www.irsn.fr>).

### **1.3 Limites du champ d'expertise**

Dans le cadre de cette saisine, l'expertise collective menée par l'Anses s'est intéressée uniquement aux *scanners* corporels utilisant des ondes dites « millimétriques » (fréquences proches de 24 GHz) de type *Ego*.

### **1.4 Modalités de traitement**

Cinq experts rapporteurs ont été sollicités par l'Anses pour contribuer à l'expertise demandée. Quatre d'entre eux sont membres du groupe de travail (GT) « Radiofréquences et santé », dont un est également membre du Comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux nouvelles technologies et aux grands aménagements ».

Pour mener à bien la présente expertise, les experts ont bénéficié d'un socle documentaire commun, du rapport de la HPA, du rapport de mesures du laboratoire CEI et des données techniques issues de la littérature relative aux *scanners* corporels transmises par la DGAC.

La présente expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Évaluation des risques liés aux agents physiques, aux grands aménagements et aux nouvelles technologies ». Le rapport d'expertise a été présenté au CES pour discussion, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques le 15 mai 2012.

Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires, qui a validé le contenu du présent rapport lors de sa séance du 10 juillet 2012.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) » avec pour objectif le respect des points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

## 2 Présentation du portique *Ego*

Il existe plusieurs fabricants de *scanners* corporels dits à « ondes millimétriques », notamment : *Smiths Detection* (modèle *Ego*), *Intellifit System* (modèle *Virtual Fitting Room™*) et *L-3 Communications* (modèle *Provision 100*).

Considérant les termes de la saisine, le présent rapport ne s'est intéressé qu'au modèle *Ego*, sachant que le modèle *Provision 100* avait déjà fait l'objet d'une précédente expertise [Afsset, 2010] (cf. caractéristiques principales en Annexe 4).

### 2.1 Principaux acteurs de la filière

Le scanner *Ego* est un modèle de *scanner* corporel fabriqué par la société *Smiths Detection*. En France, le produit est distribué par la société *Smiths Heimann S.A.S.*

### 2.2 Objectif

Le portique considéré (Figure 1) est un *scanner* qui permet d'obtenir des images « corps entier » des personnes dans un but sécuritaire, sans exposition aux rayonnements ionisants et dont les avantages revendiqués par le constructeur sont la fiabilité et le caractère moins intrusif que des recherches par palpation.



Source : Site Internet de la société *Smiths Detection*

Figure 1 : Photographie d'un portique *Ego*

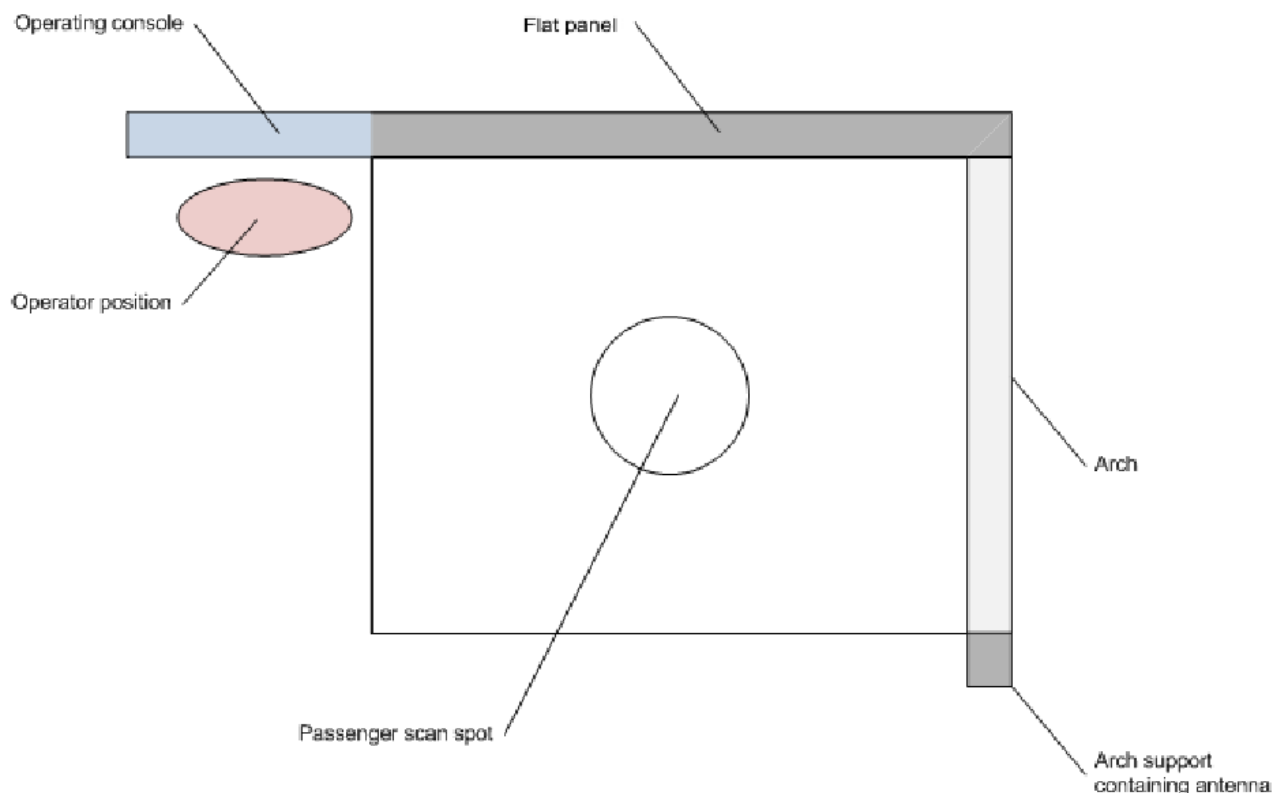
### 2.3 Fonctionnement du portique

L'individu scanné doit se tenir au niveau d'un point marqué au sol (*passenger scan spot*), à peu près à 1 m de toute part de la machine, dans l'angle du L formé par le scanner de sûreté *Ego*, et doit tourner sur lui-même (à 360°).

Lors du scan, l'*Ego* émet des ondes radiofréquences en bande étroite à 24,16 GHz grâce à deux antennes émettrices (*arch support containing antenna*). Les ondes émises sont dirigées vers le panneau plat (*flat panel*) de la branche longue du L. Ce système d'imagerie active bistatique utilise la position de la personne au foyer de l'ensemble émetteur (arche) – récepteur (panneau plat). Selon le constructeur, ce panneau fonctionne comme une lentille électriquement configurable, permettant de balayer un grand volume cubique, ce qui garantit ainsi que la personne scannée se trouve toujours au foyer (voir Figure 2).

Indépendamment de la présence d'une personne au foyer du système, l'appareil émet en permanence un rayonnement électromagnétique. Selon des informations fournies par le constructeur, l'appareil fonctionne suivant deux modes : « *scan* » et « *non scan* » :

- en mode « *scan* » (bouton de *scan* pressé), le système utilise un schéma de balayage grossier pour localiser la personne, puis ces données sont utilisées pour réaliser un balayage plus fin à l'emplacement de la personne. Ces nouvelles données sont alors utilisées par les algorithmes de détection.
- En mode « *non scan* », lorsque le système est en « veille », sans capture de données, une routine d'étalonnage tourne automatiquement en tâche de fond. Ce balayage de faible densité est utilisé pour identifier le bruit de fond et éliminer ainsi des images produites.



Source : Rapport HPA (2011)

Figure 2 : Plan du portique *Ego*

## 2.4 Paramètres physiques

La technologie du portique *Ego* repose sur l'utilisation d'ondes « millimétriques ». Cette dénomination couramment utilisée et d'usage consacré est en réalité quelque peu abusive, puisque les ondes émises par l'appareil utilisent des fréquences de l'ordre de 24,16 GHz, soit des longueurs d'ondes de 1,24 cm environ. Les caractéristiques physiques de l'appareil telles que fournies par la documentation sont présentées dans le Tableau 1.

**Tableau 1 : Caractéristiques physiques du portique Ego (données constructeur)**

Paramètre	Valeur
Fréquences de fonctionnement (GHz)	24,15 – 24,175 GHz
Intensité du champ électrique (V/m) à 20 cm	Inconnue
Densité surfacique de puissance (mW/m <sup>2</sup> ) à 5 cm	79,5 mW/m <sup>2</sup>
Durée moyenne d'un <i>scan</i>	~ 10 secondes
Puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) maximale (mW)	100 mW
Puissance RMS <sup>7</sup> ( <i>Root Mean Square</i> ) ou puissance moyenne transmise (mW)	≤ 20 mW
<i>Duty Cycle</i> <sup>8</sup> (taux d'utilisation) (%)	≤ 100%

## 2.5 Image obtenue

L'opérateur du scanner, *a priori* situé à distance selon le constructeur, verra s'afficher une image en temps réel de la personne scannée (vidéo en mouvement d'un *avatar* de la personne). Les caractéristiques d'imagerie données par le constructeur figurent dans le Tableau 2.

**Tableau 2 : Caractéristiques d'imagerie du portique Ego**

### Caractéristiques d'Imagerie

Volume du scan	1100 (L) x 1000 (P) x 2000 (H) [mm] • 43.3" (L) x 39.4" x 78.7" (H)
Résolution	Variable jusqu'à 4 x 4 [mm] • 0.16" x 0.16"
Capacité de détection	Y compris mais non limité à : céramiques, métaux, liquides, explosifs, cuir, plastiques, papier, drogue etc.
Rafraîchissement d'image	Temps réel / full motion

Source : Site Internet de la société *Smiths Detection*

Pour des raisons physiques, les ondes mises en œuvre par l'appareil ne sont pas absorbées par le tissu, le cuir, le carton ou certains plastiques. Elles pénètrent ainsi les vêtements et les emballages et arrivent jusqu'à la peau. Par contre, ces ondes sont réfléchies par le métal et certaines céramiques, ce qui permet la détection d'objets interdits (armes, *etc.*) En raison de la forte concentration en eau des tissus, la part des ondes qui n'est pas réfléchi au contact du corps est absorbée par les couches superficielles de la peau. Ceci permet à la fois de générer une image du corps, de sa silhouette et de son relief et de révéler et d'identifier en un seul balayage tout élément ou substance « atypique » constituant une menace éventuelle (armes dissimulées, explosifs, drogues et autres produits de contrebande). Contrairement aux détecteurs de métaux actuellement utilisés, les portiques à ondes millimétriques présentent donc l'avantage de pouvoir détecter certains objets non métalliques.

## 2.6 Capacité de contrôle

En considérant que la durée d'un scan est de l'ordre de 10 secondes (information fournie par la documentation du constructeur), la capacité de contrôle du portique *Ego* est de l'ordre de

<sup>7</sup> La puissance RMS (*Root Mean Square*), aussi appelée puissance efficace, ou puissance quadratique moyenne, est la puissance moyenne exprimée en watts que l'appareil peut recevoir en continu sans subir de dommage, ou que l'antenne peut fournir.

<sup>8</sup> Temps passé en fonctionnement.

360 personnes par heure en moyenne, soit un ordre de grandeur comparable à celui du *ProVision 100* (« de 200 à 600 personnes par heure » [Afsset, 2010]).

## **2.7 Utilisations du portique**

L'Anses ne dispose d'aucune information sur le déploiement du portique *Ego* à travers le monde.

## 3 Évaluation des niveaux de champ électromagnétique émis par le portique *Ego*

Des mesures de densité surfaciques de puissances<sup>9</sup> (DSP) ont été effectuées sur deux scanners *Ego* dans l'objectif de déterminer la conformité de l'appareil aux recommandations internationales de limitation des expositions du public et des professionnels. La première étude a été réalisée en Irlande au siège du constructeur *Smiths Detection* par le laboratoire *Compliance Engineering Ireland*, (*CEI Radiation Safety Report*, 2011) et la seconde au terminal Nord de l'aéroport de Gatwick, à Londres, par l'agence de sécurité sanitaire britannique HPA (*Non-Ionising Radiation Protection Adviser Report*, HPA-UK Report 2011).

### 3.1 Conditions de mesures

Les mesures ont été réalisées avec un scanner *Ego* en mode de fonctionnement normal, bien qu'il n'y ait aucun passager scanné. L'absence d'une personne en cours de scan peut être considérée comme ne modifiant pas les résultats de la mesure, étant donné que l'émission de radiofréquences par l'appareil ne dépend pas de la présence d'une personne. Il aurait toutefois été judicieux de vérifier si des réflexions peuvent apparaître en présence d'une personne, dans la mesure où une grande part des ondes est réfléchiée sans pénétrer dans le corps.

Les niveaux de référence de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (Icnirp) sont quant à eux définis comme des valeurs de densité de puissance en l'absence d'un corps.

#### 3.1.1 Équipements de mesure de champs électromagnétiques utilisés par la HPA

Les mesures de la HPA ont été réalisées avec un analyseur de spectre Hewlett Packard E4407B et une sonde calibrée pour les fréquences de 18 à 26,5 GHz. L'antenne réceptrice a été montée sur un tripode en bois, afin de réduire les interférences avec les radiofréquences et a été connectée à un analyseur de spectre par un câble à faibles pertes. Cette procédure correspond à l'état de l'art pour la réalisation de mesures de CEM à ces fréquences.

La mesure de DSP a été réalisée avec une antenne de type cornet (EMCO 3160-09). Celle-ci est bien adaptée à la bande de fréquence mais est très directive (gain > 17 dB à 24 GHz) ce qui la rend moins adaptée aux mesures d'exposition environnementale de type *in situ*, qui peuvent faire intervenir des réflexions du signal, par rapport à une mesure du champ émis par une source très directive. *A priori*, plusieurs orientations ont été testées pour tenir compte de ce paramètre et la direction fournissant le niveau de champ maximal a été

---

<sup>9</sup> Compte tenu des fréquences utilisées par les scanners corporels (24 – 30 GHz), et donc de la très faible profondeur de pénétration des rayonnements dans le corps, la grandeur d'intérêt retenue pour caractériser l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques est la densité surfacique de puissance (DSP), c'est-à-dire la quantité de puissance électromagnétique qui traverse un élément unitaire d'une sphère centrée autour de la source de champ.

Il est possible, connaissant les caractéristiques de l'antenne source, de traduire la DSP en champ électrique. Aux fréquences plus basses, on utilise souvent le champ électrique pour caractériser l'exposition, c'est pourquoi on pourra trouver dans les pages suivantes les deux notions. Techniquement, la densité de puissance est le module du produit vectoriel du champ électrique par le champ magnétique, les deux étant liés en zone de champ lointain (conditions d'onde plane).

retenue. Les conditions de la mesure, la bande de résolution (largeur de filtre), les caractéristiques de l'antenne (gain, diagramme de rayonnement), le mode utilisé avec l'analyseur de spectre (*maxhold*, *peak*, *power channel*, etc.) ne sont pas précisés. Ces données auraient pu permettre de mieux vérifier la méthode d'essai.

Il est néanmoins raisonnable de penser qu'au final, les mesures effectuées par la HPA avec ce type de matériel donnent une vision fidèle de l'exposition des personnes aux champs émis par le portique de sécurité *Ego*.

### 3.1.2 Équipements de mesure de champs électromagnétiques utilisés par le laboratoire CEI

Les mesures du laboratoire CEI ont été réalisées avec des sondes large bande, qui intègrent donc une grande partie du spectre fréquentiel. Une photographie du montage utilisé est présentée en Figure 3 et les références de leur matériel de mesure sont disponibles dans le Tableau 3.



Source : CEI (2011)

Figure 3 : Photographie de l'appareil de mesures de champs électromagnétiques (laboratoire CEI)

Tableau 3 : Références des équipements de mesure de champs électromagnétiques utilisés par le laboratoire CEI

Item	Manufacturer	Model Number	Serial Number
Radiation Hazards Monitor	Narda	NBM-550	A-0068
Radiation Isotropic Probe	Narda	EF 0391	A-0119
Radiation Hazards Monitor	Narda	SRM	M-0082
3-Axis Antenna	Narda	SRM	H-0254

Source : CEI (2011)

Le rapport de conformité du laboratoire CEI mentionne l'utilisation d'une sonde EF-0391 (voir Tableau 3) qui est en réalité, d'après la documentation du constructeur (Narda), limitée à la fréquence de 3 GHz. Son emploi est donc incompatible avec l'essai.



Les densités de puissance fournies par le laboratoire CEI sont données dans une bande de fréquence de 100 kHz à 50 GHz, ce qui ne correspond pas aux caractéristiques nominales des sondes du constructeur Narda. Le laboratoire a peut-être utilisé deux sondes différentes pour couvrir cette bande, mais leur emploi n'est pas mentionné. Aucune information n'est disponible sur la sensibilité des sondes utilisées et donc sur leur capacité à mesurer fidèlement les densités de puissance. La mention de la sonde EF-0391 pour mesurer les densités de puissance dans la bande 100 kHz – 50 GHz par un laboratoire qui revendique son accréditation à la norme ISO 17025 est très étonnante.

### **3.1.3 Localisation des points de mesure**

Dans le rapport de la HPA, elles ont été réalisées en 2 points (à la position de la personne scannée et à celle de l'opérateur, devant la console de contrôle). La HPA a également réalisé des mesures à 5 cm des antennes émettrices, de manière à déterminer la valeur maximale de la densité de puissance.

Dans le rapport du laboratoire CEI, les mesures ont été réalisées à 4 emplacements du système (entrée de l'arche, centre du passage, centre du système et proximité de l'antenne).

Dans ces deux rapports, les mesures ont été effectuées à 4 hauteurs : 1,1 m ; 1,3 m, 1,5 m et 1,7 m (correspondant au bas, au milieu et au haut du tronc, ainsi qu'à la hauteur de la tête).

### **3.1.4 Discussion sur les mesures réalisées**

Plusieurs limitations apparaissent dans l'étude métrologique de la HPA :

- Il manque des données d'entrée précises pour caractériser totalement la partie émission du portique de sécurité, et ceci dans les deux modes « scan » et « non-scan », afin de mettre en évidence d'éventuelles différences entre ces modes : le rapport cyclique, la durée d'impulsion, le type de modulation dans l'impulsion, la polarisation, ainsi que les dimensions et le gain de l'antenne avec sa position et son orientation précise.
- Le manque de données sur la puissance crête et sur la forme de l'impulsion notamment rend la métrologie « en aveugle » délicate et les résultats incomplets.
- La connaissance des dimensions du système antennaire (il y a un doute sur le nombre d'antennes en émission, dans le principe, une seule suffit) aurait permis, pour les mesures réalisées à proximité (à 5 cm), de vérifier que la condition de positionnement en champ lointain était bien satisfaite (la mesure est réalisée en champ électrique et nécessiterait en principe la mesure additionnelle en champ magnétique si la condition n'était pas respectée). D'autre part, cette mesure est contestable au niveau métrologique compte tenu du couplage évident entre les antennes source et la sonde de mesure.

Au final, même si les résultats présentés sont entachés d'une incertitude liée à cette insuffisance de données, celle-ci n'affecte vraisemblablement pas les ordres de grandeur des densités surfaciques de puissance fournies par la HPA, qui sont tout à fait cohérentes avec les caractéristiques connues de l'appareil.

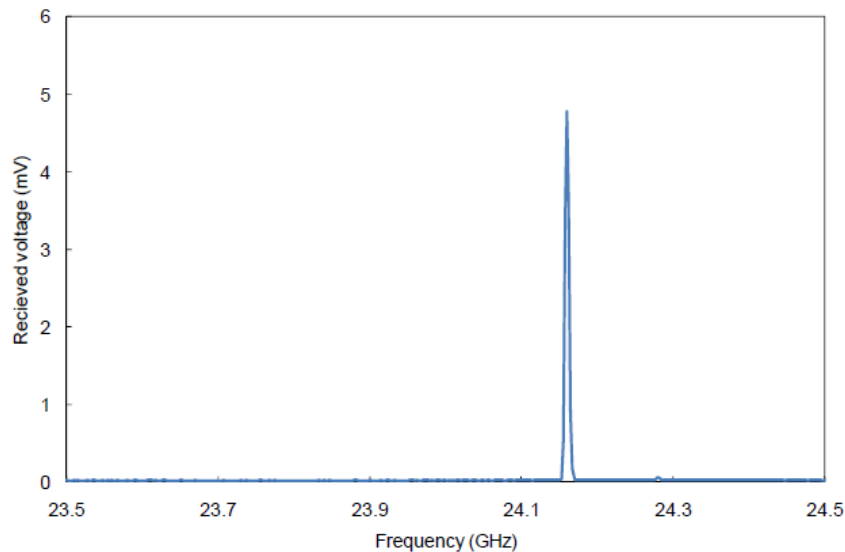
## 3.2 Résultats de mesures

Nous analyserons en détail les seuls résultats de l'étude de la HPA, dans la mesure où nous considérons que les résultats du laboratoire CEI sont jugés peu fiables.

### 3.2.1 Spectre fréquentiel et variations temporelles

L'Agence de sécurité sanitaire britannique (HPA) s'est attachée à vérifier certaines caractéristiques de fonctionnement du portique de sécurité, comme par exemple la fréquence de fonctionnement annoncée et les variations temporelles du signal, non décrites dans la documentation du constructeur.

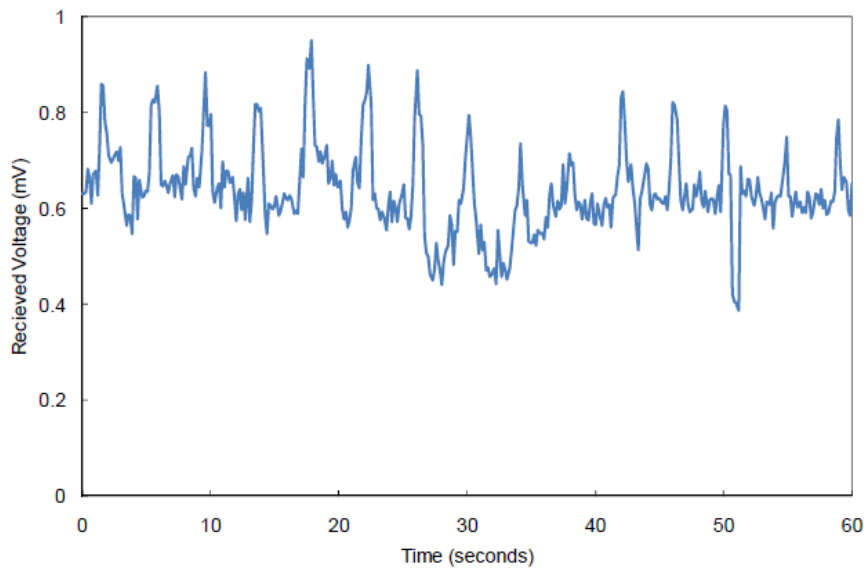
Les données de mesure présentées montrent bien, comme attendu, un pic d'émission radiofréquences étroit à 24,16 GHz (Figure 4).



Source : Rapport HPA (2011)

**Figure 4 : Spectre des émissions radiofréquences du portique Ego**

Les mesures des variations temporelles du signal émis réalisées par la HPA ont révélé que le portique Ego émet des radiofréquences de manière périodique, en particulier lorsque le système n'est pas en train de fonctionner activement (*non-scanning mode*). Les pics d'émission ont lieu toutes les 4 secondes environ (Figure 5).



Source : Rapport HPA (2011)

**Figure 5 : Variations temporelles des émissions radiofréquences du portique Ego**

Ces variations sont d'amplitude limitée, mais le manque d'informations fournies par la HPA sur la méthode de mesure ne permet pas d'exploiter plus précisément ces données, notamment pour comprendre la structure fine du signal émis par le portique de sécurité. Ces limites n'ont cependant pas d'incidence sur la mesure des densités de puissance présentées dans le paragraphe suivant, mesures qui permettent, quant à elles, de vérifier la conformité de l'équipement par rapport aux valeurs limites réglementaires.

### 3.2.2 Densités de puissance

La puissance maximale émise par l'appareil, telle qu'annoncée par le fabricant, étant inférieure à 20 mW, l'appareil est nécessairement conforme aux restrictions de base, sans essai, selon la norme NF EN 50371 : 2002.

Les mesures ont montré que le portique *Ego* émettait des radiofréquences à 24,16 GHz, que ce soit en mode « scan » ou « non-scan ». Les densités surfaciques de puissance (DSP) mesurées sont similaires dans les deux modes. Les résultats de mesures présentés ci-après ont été réalisés en mode « scan », de manière à refléter le fonctionnement normal de l'appareil. Toutefois, il est vraisemblable que les valeurs mesurées aient été les mêmes en mode « non-scan ».

Les valeurs maximales de DSP mesurées par la HPA aux positions de la personne scannée et de l'opérateur sont données dans le Tableau 4. Il aurait été intéressant de connaître plus de détails sur le procédé des mesures de DSP par la HPA, de manière à pouvoir comparer éventuellement ces résultats avec d'autres données existantes ou futures.

**Tableau 4 : Densités surfaciques de puissance mesurées à la place de la personne scannée et de l'agent de sûreté avec le portique Ego en mode « scan »**

Height (m)	Incident radiofrequency power density (mW/m <sup>2</sup> )	
	Passenger spot	Operator console
1.1	0.342	0.036
1.3	0.488	0.024
1.5	0.757	0.050
1.7	0.334	0.028
Mean across head/torso	0.480	0.035

Source : Rapport HPA (2011)

À la position du passager, les densités de puissance mesurées s'échelonnent de 0,334 mW/m<sup>2</sup> (à 1,7 m de hauteur) à 0,757 mW/m<sup>2</sup> (à 1,5 m de hauteur), avec une moyenne de 0,480 mW/m<sup>2</sup>.

À la position de l'opérateur, les densités de puissance mesurées s'étagent de 0,024 mW/m<sup>2</sup> (à 1,3 m) à 0,05 mW/m<sup>2</sup> (à 1,5 m), avec une moyenne de 0,035 mW/m<sup>2</sup> (soit une valeur abaissée d'un facteur 10 environ par rapport à celle mesurée pour les passagers).

La densité de puissance surfacique maximale mesurée à 5 cm des antennes émettrices avec l'appareil en mode « scan » par la HPA est de 79,5 mW/m<sup>2</sup>. Cependant, cette valeur paraît élevée et surtout réalisée à trop courte distance compte tenu de la taille de l'antenne (couplage possible).

*Nota-bene*

À titre de comparaison, les densités de puissance maximum mesurées par le laboratoire CEI étaient de 1,03 mW/m<sup>2</sup> à l'entrée du portique (juste avant l'arche), de 1,26 mW/m<sup>2</sup> sous l'arche, de 1,44 mW/m<sup>2</sup> au niveau de la personne scannée et de 29,6 mW/m<sup>2</sup> à 20 cm de l'émetteur. Ces résultats sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus par la HPA. On peut toutefois s'interroger sur l'incertitude qui entoure ces résultats obtenus avec un matériel a priori peu adapté, notamment en termes de sensibilité, pour ce type de signaux faibles.

Les valeurs mesurées sont globalement cohérentes avec les caractéristiques du système. Au final, les valeurs de densité de puissance mesurées par la HPA (malgré un manque d'informations pour les vérifier), de l'ordre de quelques dixièmes de mW/m<sup>2</sup>, sont très inférieures aux limites d'exposition définies par l'Icnirp, c'est-à-dire pour la bande de fréquence en question (24 GHz) une densité de puissance de 10 W/m<sup>2</sup> et / ou un champ (E) de 61 V/m.

Alors que le laboratoire CEI a simplement effectué une vérification de la conformité des niveaux d'exposition des personnes par rapport aux valeurs limites préconisées, la HPA a réalisé une caractérisation des niveaux d'exposition mieux documentée et plus fiable.

D'après ces données, dont on peut regretter l'obtention par une méthodologie mal adaptée, le portique de sûreté Ego respecterait les valeurs limites réglementaires pour l'exposition des personnes.

## 4 Évaluation de l'exposition aux ondes « millimétriques » liée à l'utilisation du portique *Ego*

Les populations exposées au portique *Ego* et les scénarios d'exposition associés sont présentés dans le paragraphe ci-après.

### 4.1 Voyageurs

Une estimation du temps d'exposition cumulé a été faite pour les différentes populations concernées. Cependant, il faut noter que ce calcul ne peut pas être pris en compte aujourd'hui pour évaluer les risques à long terme liés à l'exposition aux ondes millimétriques. En effet, comme cela est rappelé dans le chapitre 5, s'il n'est pas possible d'exclure de façon certaine un risque à long terme lié à l'exposition aux champs électromagnétiques dans le domaine des ondes « millimétriques », l'impact des modalités d'exposition sur ce risque n'est pas connu aujourd'hui. En particulier, on ne sait pas si ce risque potentiel pourrait provenir d'expositions répétées à de faibles niveaux ou d'expositions à des niveaux plus importants impliquant des effets à seuil, cette dernière hypothèse étant privilégiée aujourd'hui dans la littérature (cf. rapport Afsset 2009).

Les personnes qui passent sous les portiques de sécurité dans les aéroports sont en premier lieu les voyageurs, dont :

- des bébés ;
- des enfants ;
- des femmes enceintes ;
- des personnes portant des dispositifs médicaux (*pacemakers*, prothèses, *etc.*) ;
- des personnes dites « grand voyageur », fréquentant régulièrement les aéroports.

Le temps moyen d'exposition des personnes aux ondes « millimétriques » lors d'un *scan* est de l'ordre de 10 secondes (valeur communiquée par la DGAC).

Sur une vie entière, l'exposition des personnes aux ondes « millimétriques » liées à l'utilisation de *scanners* corporels dans les aéroports variera en fonction du nombre de passages à travers le portique, allant de quelques secondes (voyageur occasionnel) à quelques minutes ou plusieurs heures (« grand voyageur ») (Tableau 5).

### 4.2 Personnes travaillant dans les aéroports ou personnel navigant

Le personnel des aéroports (bagagistes, personnels de maintenance, employés de la sécurité, personnel navigant, *etc.*) est susceptible de passer régulièrement par les portiques de détection.

En l'absence de données officielles concernant l'exposition du personnel de l'aéroport, il a été imaginé un scénario très majorant prenant en compte 4 *scans* quotidiens (le matin, deux à midi et le soir) tous les jours travaillés et ce, pendant plusieurs années, ce qui correspond à une centaine d'heures d'exposition aux ondes « millimétriques » émises par le scanner (Tableau 5).

### 4.3 Opérateurs

Selon le fabricant de l'appareil, un opérateur doit se tenir à proximité de la personne scannée (*operator position*), afin de veiller au bon déroulement de l'opération (voir Figure 2). Il doit se situer côté écran, en retrait, – environ à 2 m de l'émetteur.

Contrairement au *ProVision 100*, la construction ouverte du scanner *Ego* pose des interrogations quant au niveau d'exposition de l'opérateur situé en permanence (8 heures par jour, 220 jours par an, pendant 42 ans) à proximité de l'appareil en fonctionnement.

### 4.4 « Testeurs »

Le Service technique de l'aviation civile (STAC) souhaite devenir centre de test agréé pour des équipements de type scanners de sûreté dans le cadre du processus commun d'évaluation de la CEAC (Conférence Européenne de l'Aviation Civile). Dans le cadre d'une expérimentation prochaine de déploiement de scanners, le STAC souhaite effectuer notamment des tests de performance de sûreté. De tels tests nécessitent de la part des agents du STAC (les « testeurs ») un nombre important de passages dans le portique au cours d'une période temporelle restreinte.

Les scénarios « tests » de la DGAC prévoient, pour une personne, environ 1 000 passages dans les équipements sur une période de 2 semaines. Compte tenu du rythme de travail (5 jours de travail, 2 jours de repos (*week-end*) et à nouveau 5 jours de travail, cela correspond à 100 passages sur une journée, que l'on peut décomposer en 2 x 3 heures, soit 17 passages par heure.

Ces 1 000 passages correspondent en fait à une mutualisation des tests : les agents ne testeront pas un, mais plusieurs scanners de sûreté, en cascade. La DGAC envisage en effet de tester trois équipements différents (représentant en tout 1 000 passages par agent), dont les niveaux d'émissions sont susceptibles d'être différents.

Même si les temps de passage dans les portiques dépendent de l'équipement testé, une base de 10 secondes pour chaque passage semble être une valeur majorante. Au total, la durée d'exposition des testeurs serait d'environ 3 h en 2 semaines (Tableau 5)

**Tableau 5 : Comparaison des durées totales d'exposition aux ondes « millimétriques » liées à l'utilisation d'un portique *Ego* dans un aéroport pour quatre scénarios différents**

	Voyageur occasionnel	« Grand voyageur »	Personnel de l'aéroport	Testeurs
Nombre de scans	1	Plusieurs dizaines/an	Nombre de scans/jour (4) * Nombre de jours travaillés/an (220) * nombre d'années travaillées (42) = 36 960	1 000
Durée d'exposition totale sur une vie entière	10 s	De quelques minutes à plusieurs heures	Une centaine d'heures au total sur la durée de la carrière	~ 3h au total sur 2 semaines

### 4.5 Conclusion sur l'exposition aux champs électromagnétiques émis par le portique *Ego*

#### 4.5.1 Exposition de la population

À la position optimale du passager recommandée par le fabricant dans le scanner, les densités de puissance mesurées par la HPA, plus rigoureuses sur le plan métrologique que les simples mesures de conformité réalisées par le laboratoire CEI, allaient de 0,33 mW/m<sup>2</sup>

(hauteur 1,7 m) à 0,76 mW/m<sup>2</sup> (hauteur 1,5 m), avec une moyenne de 0,48 mW/m<sup>2</sup> (Tableau 4).

La valeur limite d'exposition recommandée par l'Icnirp pour la population générale est, à 24,16 GHz, de 10 W/m<sup>2</sup> en termes de densité de puissance, moyennée sur chaque 20 cm<sup>2</sup> de surface exposée et sur des périodes de 2 minutes et 24 secondes<sup>10</sup>.

La valeur maximale mesurée au niveau du passager est donc très inférieure à la valeur limite, encore plus si l'on ajoute le facteur de correction lié à la durée du scan, estimée à 10 secondes. Au final, la valeur maximale mesurée au niveau du passager est plus d'un million de fois inférieure à la valeur limite.

#### Cas des porteurs de dispositifs médicaux implantables

La question de la compatibilité électromagnétique des scanners corporels utilisant des « ondes millimétriques » et des dispositifs médicaux implantables (DMI) est du ressort de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) (ex-Afssaps).

Cette question avait déjà été posée lors de la saisine sur le portique de sûreté de type *ProVision 100* (voir Annexe 3 du rapport Afsset de 2010) et n'a pas fait l'objet d'un nouveau traitement. Néanmoins, on peut souligner qu'en raison de l'amélioration de la compatibilité électromagnétique des dispositifs médicaux implantés (*pacemakers* par exemple) d'une part et de la pénétration des ondes « millimétriques » limitée à quelques millimètres d'autre part, il n'a pas été identifié de risque significatif d'incompatibilité. Il faut noter toutefois que certains dispositifs médicaux sont implantés très peu profondément dans les tissus.

## **4.5.2 Exposition des travailleurs**

### Cas des opérateurs du scanner *Ego*

À la position de l'opérateur, les densités de puissance mesurées par la HPA allaient de 0,024 mW/m<sup>2</sup> (à 1,3 m de hauteur) à 0,05 mW/m<sup>2</sup> (à 1,5 m de hauteur), avec une moyenne de 0,035 mW/m<sup>2</sup> (soit une valeur environ 10 fois inférieure à celle des passagers) (cf. Tableau 4).

La valeur limite d'exposition recommandée en termes de densité de puissance par l'Icnirp pour les travailleurs est, pour les fréquences situées entre 10 et 300 GHz, de 50 W/m<sup>2</sup>, moyennée sur chaque 20 cm<sup>2</sup> de surface exposée et sur des périodes de 2 minutes et 24 secondes.

La valeur maximale mesurée au niveau de l'opérateur est donc 1 000 000 fois inférieure à la valeur limite.

Pour information, ce niveau d'exposition est en fait comparable à celui de personnes habitant dans des zones denses, où l'on trouve de nombreux émetteurs radiofréquences : émetteurs de radio et télédiffusion, antennes-relais de téléphonie mobile, etc. [Afsset, 2009], qui fonctionnent à des fréquences inférieures pour lesquelles la pénétration des rayonnements dans l'organisme est plus importante.

Toujours pour information, les personnels situés dans les cabines de péages autoroutiers, à proximité des voies de télépéage, peuvent être exposés de manière continue pendant la durée de leur service, à des champs électromagnétiques (5,8 GHz) de l'ordre de 0,5 V/m, soit 0,66 mW/m<sup>2</sup>, pendant près de 8 heures par jour, pendant toute la durée de leur travail [Afsset, 2008].

---

<sup>10</sup> Le calcul exact donné par l'ICNIRP est le suivant : pour des fréquences situées entre 10 et 300 GHz, la valeur limite d'exposition recommandée pour la population générale est de 10 W/m<sup>2</sup> en termes de densité de puissance, moyennée sur chaque 20 cm<sup>2</sup> de surface exposée et sur des périodes de  $(68/f^{1,05})$  minutes ( $f$  étant la fréquence en GHz).

## 4.6 Réglementation relative à l'exposition aux champs électromagnétiques

Les valeurs limites d'exposition sont établies au niveau international par la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (Icnirp, en anglais). Les conclusions de cette commission sont fondées sur les résultats d'études scientifiques publiées dans des revues avec comité de lecture. À l'aide de cette importante base de données, l'Icnirp a défini des valeurs limites d'exposition en se basant sur les effets considérés, qui apparaissent au plus bas niveau d'exposition testé et sont jugés pertinents d'un point de vue sanitaire [Guidelines Icnirp, 1998]. La plupart des expérimentations ont été menées sur le modèle animal ; compte tenu des incertitudes liées à l'extrapolation du modèle animal à l'homme, le seuil (déterminé chez l'animal) d'apparitions d'effets est réduit d'un facteur 10 pour les expositions en milieu professionnel. Cette population exposée correspond à des adultes en milieu professionnel conscients de travailler en présence de champs électromagnétiques et informés des risques potentiels. Pour la population générale, qui regroupe le reste de la population, la restriction de base est réduite d'un facteur 5 supplémentaire. Cette population est considérée comme non informée de l'exposition qu'elle reçoit et est constituée de personnes de tous âges, dont l'état de santé peut varier d'un individu à l'autre.

Entre 10 GHz et 300 GHz, la restriction de base est la densité de puissance surfacique, exprimée en  $W/m^2$ , en raison de la faible pénétration de ces ondes. Leur(s) effet(s) est (sont) essentiellement concentré(s) aux tissus cutanés et aux yeux. Les seuls effets reconnus sont des effets thermiques et les valeurs limites d'exposition sont, par conséquent, fixées par rapport à ces derniers. La valeur limite d'exposition recommandée par l'Icnirp pour la population générale est donc de  $10 W/m^2$  en termes de densité de puissance, moyennée sur chaque  $20 cm^2$  de surface exposée et sur des périodes de  $(68/f^{1,05})$  minutes ( $f$  étant la fréquence en GHz). Cela correspond à des périodes allant de 10 secondes (300 GHz) à 6 minutes (10 GHz) (2 minutes et 24 secondes à la fréquence de 24,16 GHz). Seule la quantité d'énergie dissipée est donc considérée ici, la répartition temporelle des expositions n'est pas, d'après l'Icnirp, un facteur déterminant dans les effets sanitaires.

La réglementation française visant à limiter l'exposition du public aux champs électromagnétiques est conforme au cadre communautaire, notamment à :

- la recommandation européenne 1999/519/CE du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz) et qui reprend les limites recommandées par l'Icnirp ;
- la directive 1999/5/CE du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 1999, concernant les équipements hertziens et les équipements terminaux de télécommunications et la reconnaissance mutuelle de leur conformité.

Les champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques ne doivent pas dépasser les valeurs limites qui résultent respectivement du décret n°2002-775 du 3 mai 2002 et de l'arrêté du 8 octobre 2003, fixant les spécifications techniques applicables aux équipements terminaux radioélectriques. Ces réglementations sont les premières à avoir été mises en place en France, pour la population générale. Il existe également des réglementations spécifiques pour certaines catégories de professionnels (notamment les instructions concernant l'exposition des militaires aux radiofréquences<sup>11</sup>).

Les documents précités définissent deux types de valeurs limites : les restrictions de base et les niveaux de référence. Les restrictions de base sont représentées par des quantités définissant les interactions entre les champs électromagnétiques et le corps humain

---

<sup>11</sup> Instruction n° 302143/DEF/SGA/DFP/PER5 du 18/08/03 relative à la protection des personnes contre les effets des champs électromagnétiques émis par les équipements ou installations relevant du ministère de la défense fixant les règles d'évaluation des risques aux rayonnements non ionisants.



(courants induits, débit d'absorption spécifique, densité de puissance). Les valeurs limites proposées protègent les personnes des effets connus des champs, elles ne doivent pas être dépassées. Les niveaux de référence sont des quantités physiques (champs électrique et magnétique par exemple) dont le respect des valeurs limites implique, par construction, le respect des restrictions de base. Les niveaux de référence sont en général plus faciles à évaluer que les restrictions de base. Si les valeurs limites des niveaux de référence sont dépassées, cela ne signifie pas que les restrictions de base le sont. Il convient dans ce cas d'évaluer les restrictions de base. Les nouvelles directives européennes parlent aujourd'hui de « valeurs limites d'exposition » (VLE) pour les restrictions de base et de « valeurs déclenchant l'action » (VDA) pour les niveaux de référence.

Ainsi, les *scanners* corporels à ondes « millimétriques » doivent être conformes aux prescriptions du décret n° 2002-775, en matière de limitation de l'exposition des personnes, qui ne doit pas dépasser, pour les fréquences considérées, une densité de puissance surfacique de 10 W/m<sup>2</sup> pour les restrictions de base, et un champ électrique de 61 V/m pour les niveaux de référence, ces valeurs étant moyennées sur une période de 2 minutes et 24 secondes à la fréquence de 24,16 GHz. La durée d'un *scan*, de l'ordre de 10 secondes, entraîne un facteur supplémentaire de réduction de l'exposition par rapport aux valeurs limites réglementaires.

## 5 Les ondes de fréquences supérieures à 1 GHz

L'objet de ce chapitre est de présenter quelques rappels sur les effets biologiques des ondes dites « millimétriques » (pour de plus amples explications, voir aussi les rapports « Radiofréquences » [Afsset, 2009] et « Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes « millimétriques » - *ProVision 100* » [Afsset, 2010]).

### 5.1 Étude des effets biologiques et sanitaires potentiels des ondes millimétriques

#### 5.1.1 Profondeur de pénétration des ondes millimétriques

La profondeur de pénétration des ondes millimétriques a été évaluée par Alekseev [Alekseev *et al.*, 2008] à des fréquences et des puissances proches de celles utilisées en thérapie (42 à 62 GHz, 100 W/m<sup>2</sup>). La Figure 6 présente le profil de densité de puissance d'ondes planes à 12 et 61 GHz dans la peau de l'avant-bras calculé selon un modèle numérique incluant le *stratum corneum* (première couche fine), le reste de l'épiderme (E) et le derme (PD pour derme papillaire et RD pour derme réticulaire) ainsi que de la graisse.

Dans sa thèse, Christophe Nicolas Nicolaz [Nicolas Nicolaz, 2009] décrit les interactions des ondes « millimétriques » avec le vivant. D'après lui, Alekseev et ses collègues « *ont démontré que les ondes millimétriques pouvaient pénétrer dans l'épiderme, dont l'épaisseur est de 0,1 mm (pouvant aller jusqu'à 0,7 mm sur certaines parties du corps (talon, paume des mains)) et le derme, dont l'épaisseur est comprise entre 1 et 2 mm. Les profondeurs de pénétration [des ondes] sont de 0,4 mm pour une fréquence de 62 GHz et 0,65 mm pour une fréquence de 42 GHz. Les ondes millimétriques peuvent donc interagir avec les différents types de cellules rencontrées au sein de ces deux couches respectives.*

*Dans ce modèle [numérique de peau – cf. Figure 6], la peau est subdivisée dans ses différentes couches habituelles, épiderme, derme (constitué de la couche de derme papillaire et de la couche de derme réticulaire) et hypoderme. Les DSP dans ces différentes couches ont été calculées pour deux fréquences, 42 et 61 GHz (proches de celles utilisées en thérapie) possédant la même DSP initiale (100 W/m<sup>2</sup>). Les couches de la peau où pénètrent ces ondes contiennent des types cellulaires différents. Au niveau de l'épiderme, les principales cellules cibles sont les kératinocytes (majoritaires dans cette structure), les mélanocytes, ainsi que les cellules de Langerhans. Le derme papillaire contient quant à lui de nombreuses fibres nerveuses, des capillaires sanguins, ainsi que des cellules de l'immunité, telles que les macrophages et les mastocytes. Enfin, le derme réticulé est très riche en fibroblastes. Ce modèle permet de mettre en avant la DSP associée à chaque couche de la peau, offrant ainsi la possibilité de déterminer la mise en place d'un éventuel mécanisme d'action à la suite d'une exposition ».*

Par ailleurs, plus de 95% de l'énergie des ondes millimétriques est absorbée par la peau [Zhadobov *et al.*, 2011], faisant ainsi de cet organe et des cellules le composant, la principale cible de ces ondes.

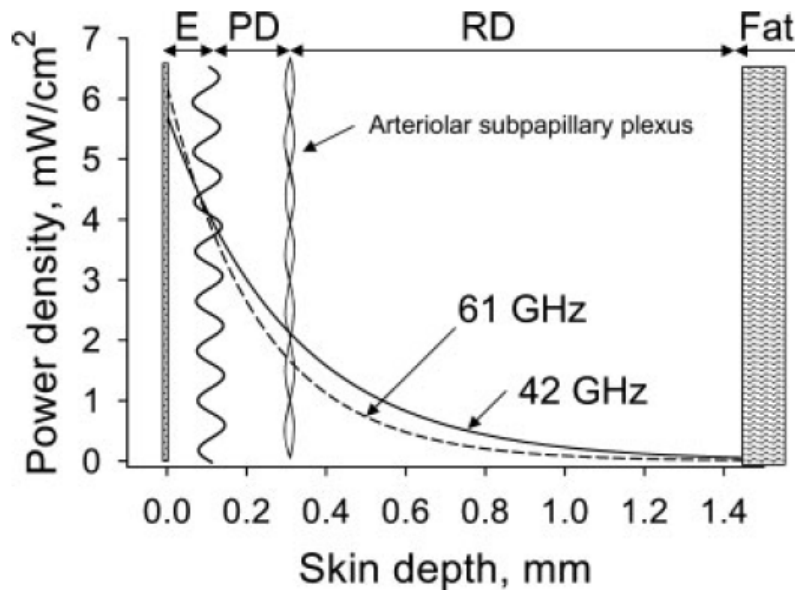


Figure 6 : profondeur de pénétration des ondes « millimétriques » dans la peau ([Alekseev et al., 2008]).

### 5.1.2 Études biologiques

Les effets biologiques des ondes millimétriques sont encore très mal connus, car la littérature scientifique est relativement peu abondante, surtout dans la gamme 20-30 GHz. À ces fréquences, le principal effet documenté est l'élévation de la température due à l'absorption de l'énergie électromagnétique par les tissus biologiques. Ces effets thermiques apparaissent pour des expositions à des densités surfaciques de puissance (DSP) élevées (supérieure à 100 W/m<sup>2</sup>), ce qui correspond à des niveaux d'exposition 1 000 à 100 000 fois plus élevés que ceux mesurés dans le cadre de l'utilisation d'un scanner corporel de type *Ego*.

En ce qui concerne les effets biologiques des ondes millimétriques, des études ont été menées dans la gamme 40-60 GHz car, à ces fréquences, il existe des applications thérapeutiques qui suggèrent que ces ondes peuvent interférer avec l'organisme [Rojavin & Ziskin, 1998]. Une synthèse des études se rapportant aux effets biologiques des ondes millimétriques a été publiée en 1998 par Pakhomov et collaborateurs, ainsi que dans le précédent rapport « scanner corporel » de l'Agence [Afsset, 2010]. De nouvelles études ont cependant été publiées depuis la parution de ce dernier rapport.

1. Les recherches menées sur les ondes millimétriques à des fins thérapeutiques sont essentiellement basées sur l'étude de 3 fréquences : 42,2, 53,6 et 61,2 GHz.

La littérature scientifique s'est attachée à décrire de nombreux effets différents dans ce domaine, néanmoins il est possible de faire ressortir deux effets principaux : un effet hypoalgésique, et un effet sur la réponse inflammatoire et le système immunitaire [Zhadobov et al., 2011]. Lors des traitements, les ondes millimétriques sont utilisées à des densités surfaciques de puissance (DSP) assez élevées allant de 50 à 150 W/m<sup>2</sup>. L'exposition dure plusieurs minutes et, dans ces conditions, une légère augmentation de la température est enregistrée à la surface de la peau, de l'ordre de quelques dixièmes de degrés [Alekseev et al., 2009].

## 2. Autres études biologiques

L'existence d'effets biologiques liés uniquement aux rayonnements électromagnétiques (et non à leurs effets thermiques n'est pas clairement démontrée. Les effets biologiques rapportés sont contradictoires. Par ailleurs, la plupart des études se sont concentrées sur les effets potentiellement induits par des niveaux de puissance supérieurs à 10 W/m<sup>2</sup>, et pour des durées d'exposition allant de quelques minutes à quelques heures. De ce fait, les effets biologiques décrits dans ce cadre ne peuvent pas être considérés comme purement non-thermiques. Il existe une relation entre la puissance utilisée pour l'exposition et l'obtention d'effets biologiques. Ainsi, l'équipe de Ziskin aux Etats-Unis a montré qu'en dessous de 5 W/m<sup>2</sup>, plus aucun effet analgésique n'est observé [Rojavin *et al.*, 2000].

- Récemment, un criblage à haut débit par puces à ADN a montré que les kératinocytes exposés en continu à 60 GHz (18 W/m<sup>2</sup>) pendant 1 h, 6 h ou 24 h sont très peu affectés. Seuls 5 gènes sur 26 300 ont été trouvés comme exprimés de façon différentielle. Cette variation d'expression est détectée seulement après 6 h d'exposition, avec un retour à la normale après 24 h, ce qui montre que cette très faible modification de l'expression est transitoire et réversible [Le Quément *et al.*, 2012].
- Plusieurs études ont également montré que les ondes millimétriques autour de 30-40 GHz peuvent avoir un impact sur la différenciation ou la prolifération de cellules en culture [Wu *et al.*, 2009 ; Tong *et al.*, 2009, Li *et al.*, 2010a].
- En 2009, les effets antiprolifératifs mis en évidence deux ans plus tôt par Beneduci [Beneduci *et al.*, 2007] n'ont pas été retrouvés lors d'une deuxième étude réalisée par les mêmes auteurs [Beneduci *et al.*, 2009] ; en 2007, cette équipe italienne avait rapporté dans une publication que les ondes millimétriques dans la gamme de fréquences de 52 à 78 GHz pouvaient réduire la prolifération de différentes lignées cellulaires humaines. Cette inhibition de la prolifération était modeste et corrélée à des changements structuraux, ainsi qu'à une modification du métabolisme énergétique des cellules exposées. Ces résultats ne sont donc pas confirmés à ce jour.
- Par ailleurs, il a été montré que l'exposition aux ondes millimétriques pouvait avoir un effet pro-apoptotique [Li *et al.*, 2012 ; Wu *et al.*, 2012] ou au contraire un effet anti-apoptotique [Li *et al.*, 2010b ; Li *et al.*, 2011 ; Xia *et al.*, 2011 ; Wu *et al.*, 2011].

Néanmoins, les effets décrits dans ces publications ont nécessité des expositions à des densités de puissance élevées (entre 40 et 100 W/m<sup>2</sup> en général) et pour des durées allant de 30 minutes à plusieurs heures.

Peu d'études ont travaillé sur des niveaux d'intensité de champs plus faibles :

- Celles menées par le groupe de Behari de l'Université de Jawaharlal Nehru (Inde) en font partie. L'exposition chronique (pendant 45 jours) de rats à des ondes millimétriques de 50 GHz et 8,6 mW/m<sup>2</sup> a induit un stress oxydatif qui a eu des répercussions chez l'animal au niveau du cerveau [Kesari et Behari 2009], des cellules sanguines [Kumar *et al.*, 2010] et de la qualité du sperme [Kesari et Behari 2010].
- Le groupe de Seigel, aux États-Unis a également démontré que le potentiel d'action de neurones en culture pouvait être affecté par un rayonnement à 60 GHz, et ceci avec des conditions d'exposition aussi faibles que 3 mW/m<sup>2</sup>, pendant 1 min [Seigel et Pikov, 2010].

En conclusion de cette revue des études biologiques, des effets analgésiques et des effets sur l'inflammation et la réponse immunitaire ont été observés, ainsi qu'une possible action sur l'apoptose cellulaire à des niveaux de puissance très élevés. Peu d'études ont été

menées spécifiquement à doses faibles sur ces ondes : un stress oxydatif a été observé lors d'une exposition chronique de rats. À ce jour, aucune étude n'a porté sur la « compensation » des effets biologiques observés, si ce n'est l'étude de Le Quément décrite ci-dessus [Le Quément *et al.*, 2012].

Il convient, par ailleurs, de souligner, comme pour toute étude toxicologique, que l'observation d'un effet biologique, *a fortiori* en conditions expérimentales *in vitro*, ne signifie pas forcément qu'il entraîne un dommage et encore moins qu'il se traduise par un effet sur la santé. Le corps humain est soumis en permanence à un ensemble de *stimuli* internes et externes, entraînant éventuellement des réactions biologiques d'adaptation, ayant un impact sur les cellules ou le fonctionnement des organes, sans pour autant avoir nécessairement de conséquence sur la santé. Un impact sur la santé n'intervient que lorsque des effets biologiques entraînés par une agression dépassent les limites d'adaptation du système biologique considéré.

### 5.1.3 Études épidémiologiques

Dans le domaine des ondes de fréquences supérieures à quelques GHz, il n'existe pas de données épidémiologiques autres que celles issues de recherches sur l'utilisation de radars militaires, dont les fréquences (1 à 10 GHz) se rapprochent de celles utilisées par les scanners corporels sans être cependant les mêmes (autour de 24 GHz pour l'*Ego*). Concernant ces dispositifs, plusieurs publications ont suggéré une augmentation du risque de décès par hémopathie maligne (leucémie ou lymphome) dans des cohortes de militaires exposés aux radars (*cf.* Tableau 6). Néanmoins, les puissances engagées par les radars sont sans commune mesure avec celle mise en jeu par les scanners.

Ainsi les études sur les radars militaires [Groves *et al.*, 2002 ; Degrave *et al.*, 2009] concernent des installations ayant une puissance rayonnée moyenne de 1,5 kW et une puissance de pic des impulsions de 500 kW pour les radars « Hawk » de l'OTAN.

Degrave *et al.* ont comparé la mortalité liée à différentes causes chez des militaires professionnels ayant servi en Allemagne dans les bataillons de défense radar anti-aérienne avec celle d'un groupe témoin de militaires ayant servi en Allemagne au cours de la même période affectés à des tâches non exposées aux CEM. Une différence significative a été observée pour les tumeurs du système lymphatique et des tissus hématopoïétiques (tumeurs hémolympatiques, ou encore leucémies et lymphomes). L'excès de risque observé ne peut être expliqué par l'exposition possible concomitante aux rayonnements ionisants, qui a été estimée par les auteurs à 15 mSv annuels au *maximum*, ce qui pourrait entraîner un excès de risque de 1,2 pour les lymphomes et les leucémies. Or, le risque observé dans la cohorte est de 7,22 [IC 95 % : 1,1 - 47,9]. Toutefois, cet excès de risque a été observé sur un petit effectif. Il n'est donc pas très stable et peut être sujet à des fluctuations [Degrave *et al.*, 2009].

Une cohorte de militaires de la marine américaine (*US Navy*) ayant servi pendant la guerre de Corée a montré un risque relatif (RR) de décès par leucémie de 1,48 (IC 95% : 1,01-2,17) pour les militaires les plus exposés. Dans cette cohorte, le risque concernait les leucémies non-lymphoïdes, il était significativement augmenté chez les hommes occupant un des trois postes de forte exposition : les techniciens électroniques des bataillons d'aviation (SMR<sup>12</sup> = 2,2, IC 95% : 1.3, 3.7) [Groves *et al.*, 2002].

Une modélisation des champs électromagnétiques générés sur les sites de radars en action et sur les sites de ces radars en maintenance a montré que tous les postes de travail typiques des sites anti-aériens étaient exposés à des champs de 10-50 V/m pour les radars d'acquisition et de 100-500 V/m pour les radars de poursuite (fortement directionnels et activés uniquement en cas de détection d'un avion), ainsi qu'à la possibilité de « points chauds » de 300 V/m (radars d'acquisition) et 1 300 V/m (radars d'éclairage). Sur les sites en maintenance, les champs étaient de l'ordre de 10-50 V/m [Degrave *et al.*, 2009].

---

<sup>12</sup> Standardized mortality ratio, *i.e.* rapport de mortalité normalisé.

**Tableau 6 : Études épidémiologiques identifiant des populations exposées à des radars  
(champs de fréquences supérieures à 2 GHz)**

1er auteur, année de publication	Type d'étude	Population	Période de suivi	Matériel exposant	Indicateur d'exposition	Pathologies considérées	Résultats principaux	Qualités de l'étude	Limites de l'étude
Groves <i>et al.</i> , 2002	Cohorte	40 000 hommes vétérans américains de la guerre de Corée	1950-1997	radar	Groupes professionnels	grandes causes de décès	RR leucémies = 2,6 [IC95 % : 1,53-4,43], chez le groupe le plus exposé	Puissance	Il est fait mention de données incomplètes d'identification pour la cohorte et d'attribution de valeurs pour les données manquantes sur l'année de naissance. Absence d'indice d'exposition
Degrave <i>et al.</i> , 2009	Cohorte	7 349 hommes militaires belges	1968-2004	radars de 1 à 10 GHz, puissance moyenne émise de 1,5 kW avec pics de 500 kW	unités chargées des systèmes de défense anti-aérienne	grandes causes de décès et 8 localisations de cancers	RR cancers = 1,23 [IC 95 % : 1,03-1,47] RR cancers diminue avec l'âge au risque RR lymphomes et leucémies = 7,22 [IC 95 % : 1,09-47,91]	Identification d'une population spécifiquement exposée. Indique une possibilité d'excès de leucémies et lymphomes associée à l'exposition aux radars. La plausibilité de l'impact des rayonnements ionisants est faible (calcul d'excès de risque associé à l'exposition réalisé)	Partielle exhaustivité de la cohorte (25 % exclus). Puissance limitée pour les cancers spécifiques

Ainsi, il est fort possible que certains militaires aient été exposés à des champs excédant largement les valeurs maximum d'exposition recommandées (112 V/m à 1 GHz et 196 V/m à 10 GHz – valeurs moyennes pour une exposition de 6 minutes).

Ces études ont fait l'objet d'une analyse récente par le Centre International de Recherche sur le Cancer (Circ), et le groupe de travail a considéré que les données actuelles chez les professionnels exposés aux champs électromagnétiques étaient insuffisantes pour formuler une conclusion [Baan *et al.*, 2011].

#### **5.1.4 Conclusion sur les effets sanitaires potentiels des ondes de fréquences supérieures à 1 GHz**

Les effets sanitaires des ondes de fréquences supérieures à 1 GHz, et notamment autour de 30 GHz, ne sont aujourd'hui pas bien documentés.

Compte tenu des données exposées précédemment sur les effets biologiques des ondes millimétriques (effets observés à des niveaux de puissance très élevés, par rapport à ceux mis en œuvre par les scanners corporels) et des propriétés d'interaction de celles-ci avec le corps (faible pénétration notamment), il est néanmoins concevable (en l'absence de données tangibles concernant l'exposition à ces fréquences) d'extrapoler aux ondes électromagnétiques dans la gamme de fréquences allant de 24 à 30 GHz les conclusions obtenues sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques à des fréquences plus basses.

Ainsi, dans l'avis de l'Afsset publié le 15 octobre 2009 [Afsset, 2009] concernant la mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences », fondé sur l'analyse par un groupe d'experts de 226 études dans la bande de fréquences supérieures à 400 MHz, il est précisé que : « *Si certains effets biologiques ont été mis en évidence, aucun mécanisme clair d'interaction onde-cellule n'a cependant été identifié pour des niveaux d'exposition non thermiques.*

*Dans les conditions expérimentales non thermiques testées, il n'existe pas un niveau de preuve suffisant pour conclure que les radiofréquences supérieures à 400 MHz :*

- *modifieraient les grandes fonctions cellulaires telles que i) l'expression génique; ii) la production de radicaux libres oxygénés (ROS); et iii) l'apoptose notamment des cellules d'origine cérébrale (provenant de gliome ou de neuroblastome humains) les plus exposées en cas d'utilisation d'un téléphone mobile ;*
- *seraient un facteur de stress pour les cellules. Les seuls effets de stress observés sont des effets thermiques associés à des niveaux d'exposition élevés ;*
- *provoqueraient des effets génotoxiques ou co-génotoxiques reproductibles à court ou à long terme et seraient mutagènes dans les tests de mutagénèse classiques ;*
- *provoqueraient chez l'animal l'augmentation d'incidence ou l'aggravation de cancers, en particulier pour des expositions chroniques. Les résultats convergent donc vers une absence d'effet cancérigène ou co-cancérigène des radiofréquences pour des expositions non thermiques ;*
- *auraient des effets délétères sur le système nerveux, que ce soit en termes de cognition et de bien-être, en termes d'intégrité de la barrière hémato-encéphalique ou en termes de fonctionnement cérébral général ;*
- *auraient des effets susceptibles d'affecter le fonctionnement du système immunitaire ;*
- *auraient un impact sur la reproduction et le développement d'après les études les plus récentes et les mieux paramétrées. Cependant, les résultats ne sont pas homogènes, et plusieurs études devraient être répliquées dans des conditions d'expérimentation fiables, avec notamment des données dosimétriques ;*
- *auraient des effets délétères sur le système cochléo-vestibulaire après une exposition aiguë.*

*Sur la base d'un nombre limité d'études, il n'existe pas un niveau de preuve suffisant pour conclure que les radiofréquences supérieures à 400 MHz :*

- *perturberaient le système cardio-vasculaire, en particulier la régulation de la pression artérielle et du rythme cardiaque ;*
- *auraient un effet délétère sur le système oculaire ;*
- *modifieraient le taux de mélatonine chez l'homme. »*

Si ces éléments sont « rassurants » sur les effets sanitaires potentiels des radiofréquences dans la bande 400 MHz – 6 GHz, ils ne permettent pas d'exclure de façon certaine un risque à long terme ou une susceptibilité individuelle particulière dans la bande des ondes « millimétriques » autour notamment de 20 à 30 GHz. Le nombre d'études sur les effets biologiques de cette gamme spécifique de fréquences est en effet limité.

## 6 Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du portique *Ego*

### 6.1 À quelle profondeur les ondes « millimétriques » émises par un scanner corporel pénètrent-elles dans l'organisme ?

Le signal radiofréquence d'un *scanner* corporel à ondes « millimétriques » pénètre la peau à environ quelques millimètres de profondeur, ce qui, pour une personne moyenne, se situe avant les tissus adipeux sous-cutanés de la peau.

En comparaison, les radiofréquences émises par d'autres appareils électriques de la vie quotidienne (téléphone mobile, four à micro-ondes notamment) peuvent pénétrer plus profondément (quelques centimètres), au-delà des couches sous-cutanées.

### 6.2 L'utilisation d'un portique de sécurité *Ego* peut-elle induire des effets thermiques ?

Le rapport de la HPA indique que le *scanner Ego* fonctionne avec des densités surfaciques de puissance très inférieures à celles pouvant entraîner une augmentation de 0,1°C des tissus biologiques, correspondant à environ 100 W/m<sup>2</sup> (0,8 W/m<sup>2</sup> maximum mesuré à 5 cm des antennes du scanner ; 0,0005 W/m<sup>2</sup> en moyenne au niveau de la tête et du tronc [HPA, 2011]).

Couramment, 1 000 W/m<sup>2</sup> est estimée comme étant la valeur de densité de puissance maximale avant l'apparition d'un échauffement excessif dans les tissus, dépassant les limites de la thermorégulation<sup>13</sup>. La densité de puissance mise en œuvre par un *scanner Ego* est ainsi plus de 10 millions de fois inférieure aux densités entraînant ce type d'échauffement.

Dans des conditions de fonctionnement normales, un *scan* d'une dizaine de secondes avec un appareil de type *Ego* ne peut pas induire d'échauffement des tissus de la peau.

### 6.3 L'utilisation d'un portique *Ego* peut-elle potentiellement induire des effets non thermiques ?

Le niveau de densité surfacique de puissance émis par le *scanner Ego* (de quelques dizaines de microwatts par mètres carrés) est très inférieur à ceux nécessaires pour observer des effets biologiques dans le cadre d'études *in vitro*, suite à l'exposition de cellules à des ondes millimétriques (de quelques dizaines de milliwatts à quelques centaines de watts par mètres carrés). Dans la gamme de fréquences (24 – 30 GHz) et pour la densité surfacique de puissance mises en œuvre par l'*Ego*, aucun effet biologique n'est attendu, d'après les données disponibles à ce jour.

De plus, tous les rapports internationaux (OMS, Icnirp, Scenihp), ainsi que le rapport de l'Afsset (2009) sur les radiofréquences pour des fréquences inférieures à 6 GHz concluent qu'il n'y a aucune preuve cohérente d'effets sur la santé pour des expositions au-dessous des valeurs limites recommandées par l'Icnirp.

En l'état actuel des connaissances, en soulignant toutefois le petit nombre d'études disponibles dans la gamme de fréquences considérées (environ 24 GHz), il n'a pas été

---

<sup>13</sup> On peut observer une élévation de température à la surface des tissus pour des puissances 5 à 10 fois plus faibles.



recensé d'effet sanitaire connu lié à une exposition à des champs électromagnétiques pour les densités surfaciques de puissance mises en œuvre par le scanner *Ego*.

## 7 Conclusions

La France, comme de nombreux pays à travers le monde, envisage de renforcer la sûreté de l'aviation civile par le déploiement d'équipements utilisant des techniques d'imagerie plus performantes que les détecteurs de métaux actuellement en place dans les aéroports. Il s'agit de portiques dont la technologie repose sur l'utilisation d'ondes « millimétriques » (fréquences utilisées de l'ordre de 24 GHz), tels que l'*Ego*, fabriqué par la société *Smiths Detection*. Ces appareils permettent d'obtenir des images « corps entier » des personnes, leur objectif étant, selon le constructeur, de révéler et d'identifier en un seul balayage tout élément ou substance interdite (armes dissimulées, explosifs, drogues et autres produits de contrebande).

D'après les données disponibles et les résultats de mesures présentés dans le rapport de l'Agence de sécurité sanitaire britannique HPA, tous les niveaux d'exposition des personnes aux champs électromagnétiques émis par l'appareil *Ego* (valeur maximale de la densité surfacique de puissance (DSP)) sont très en dessous des valeurs limites définies dans le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002. Ce décret relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques limite l'exposition du public, pour les fréquences considérées, à une DSP de 10 W/m<sup>2</sup>) La durée du *scan*, de l'ordre de 10 secondes, entraîne un facteur supplémentaire de réduction de l'exposition par rapport aux valeurs limites réglementaires, qui sont données pour une exposition moyenne de 2 minutes et 24 secondes à la fréquence de 24,16 GHz.

Les densités de puissances émises par le portique *Ego* paraissent donc être, sur la base des informations recueillies par l'Agence auprès du STAC et dans les conditions de mesures mises en œuvre, extrêmement faibles, inférieures au milliwatt par mètre carré.

Plusieurs études *in vitro* suggèrent l'existence d'effets biologiques potentiels des ondes « millimétriques ». Cependant, ces effets ont été observés à des niveaux de densité surfacique de puissance bien plus élevés que ceux émis par l'*Ego*. À ce jour, aucun mécanisme d'interaction onde-cellule n'a été identifié pour les fréquences considérées (autour de 24,16 GHz) et pour les densités de puissances mises en œuvre par le portique *Ego*. Par ailleurs, aucune information n'est disponible en ce qui concerne les effets possibles d'une exposition oculaire.

En l'état actuel des connaissances, il n'y a pas d'effet sanitaire connu lié à une exposition à des champs électromagnétiques dans cette gamme de fréquences et aux densités surfaciques de puissance mises en œuvre par le portique *Ego*. Toutefois, les effets biologiques autres que thermiques de cette gamme de fréquences sont encore peu documentés. Les données disponibles ne permettent pas ainsi d'exclure de façon certaine un risque à long terme ou une susceptibilité individuelle particulière pour des niveaux d'exposition faibles.

En outre, en raison de l'amélioration progressive de la compatibilité électromagnétique des dispositifs médicaux implantés (*pacemakers* par exemple), il n'a pas été identifié de risque d'incompatibilité avec l'utilisation du portique *Ego*.

En l'état actuel des connaissances sur les effets sanitaires des ondes « millimétriques », et sur la base des informations techniques recueillies pour le portique *Ego*, ce type de *scanner* ne présenterait pas de risque pour la santé des personnes.

Néanmoins, de nombreuses données sur les aspects techniques du portique *Ego*, sur les scénarii d'exposition et sur les effets biologiques de cette gamme de fréquences n'étant pas

disponibles, le CES émet les recommandations ci-dessous, qui concernent tous les scanners corporels à ondes millimétriques.

## 8 Recommandations

### **S'agissant du bon fonctionnement des portiques de sécurité à ondes « millimétriques »,**

le CES recommande :

- d'instaurer un contrôle régulier de la densité de puissance émise par les appareils de détection mis en service.

### **S'agissant d'améliorer la caractérisation de l'exposition des personnes aux ondes « millimétriques » émises par les portiques de sécurité,**

le CES recommande :

- d'imposer aux constructeurs de tenir à la disposition des autorités un dossier technique regroupant les caractéristiques précises des appareils (puissance maximale fournie aux antennes émettrices, gain et facteur d'antenne, aspects temporels et fréquentiels du balayage, *etc.*) et montrant que l'exposition réelle des personnes scannées n'excède pas l'exposition théorique maximale (valeur réglementaire exprimée en termes de densité de puissance surfacique ou de champ électrique).

### **S'agissant d'améliorer la métrologie des ondes « millimétriques » émises par les portiques de sécurité,**

le CES recommande :

- de définir un protocole de mesure adapté (système de mesure bien décrit, résultats exprimés également en champ électrique, bruit de fond réduit, antenne non directive, étendue du rayonnement, conditions réelles d'utilisation, *etc.*).

### **S'agissant de réduire l'exposition des personnes aux rayonnements émis par le portique *Ego*,**

le CES recommande, du fait des spécificités du portique *Ego* :

- de matérialiser la zone d'émission du *scanner* (par un marquage au sol par exemple) ;
- que l'opérateur se situe en dehors de la zone d'exposition pendant le *scan* (activation manuelle du *scan* depuis le poste de l'opérateur, par exemple) ;
- d'éloigner le poste de l'opérateur de la zone d'exposition ;
- que l'exposition aux ondes « millimétriques » n'ait lieu qu'au moment du *scan*, lorsque la personne est en place (et non en continu) ;
- d'empêcher toute personne autre que la personne scannée d'être dans la zone d'émission au moment du *scan* (opérateur à son poste, file d'attente derrière une ligne située à 1 m de l'arche par exemple).

### **S'agissant du déroulement des tests de l'appareil organisés par le STAC,**

le CES recommande :

- de soumettre les protocoles des tests à l'avis d'un Comité d'éthique ;

**S'agissant d'améliorer la connaissance des effets biologiques et sanitaires potentiels des ondes « millimétriques »,**

le CES recommande de promouvoir la recherche :

- sur les effets biologiques des champs électromagnétiques (notamment sur les effets à long terme des expositions chroniques, les effets conjoints d'expositions multiples et / ou chroniques et sur différents types de stress cellulaire) ;
- sur les effets biologiques des ondes « millimétriques », notamment sur la cornée et les tissus épithéliaux et les terminaisons nerveuses cutanées, qui sont les tissus directement exposés à ce type d'ondes ;
- sur les effets sanitaires potentiels des champs électromagnétiques, notamment sur les effets à long terme ;
- sur les effets sanitaires potentiels des ondes « millimétriques », notamment sur des populations exposées professionnellement.

**S'agissant de l'information du public et des utilisateurs du portique de détection,**

le CES propose :

- d'étendre la signalétique destinée aux porteurs de dispositifs médicaux implantés à tous les portiques de sécurité émettant des champs électromagnétiques.

En outre, le CES recommande également :

- de poursuivre le recueil d'informations relatives à la mise en œuvre de techniques de détection alternatives, notamment celles dites « passives » et d'étudier leurs performances et leur potentiel de mise en œuvre au regard des techniques dites « millimétriques ».

## 9 Bibliographie

### 9.1 Publications<sup>14</sup>

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset). (2008). Les systèmes d'identification par radiofréquences (RFID).

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset). (2009). Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences. Rapport du groupe de travail Afsset « Radiofréquences », Saisine n° 2007/007. Maisons-Alfort.

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset). (2010). Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation du scanner corporel à ondes « millimétriques », *ProVision 100*.

Alekseev S.I., Radzievsky A.A., Logani M.K., Ziskin M.C. *Millimeter wave dosimetry of human skin*. *Bioelectromagnetics*, 29(1):65-70, 2008.

Alekseev S.I. et Ziskin M.C., *influence of blood flow and millimetre wave*, *Bioelectromagnetics*, 30(1):52-58, 2009.

Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, *et al.* WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. *Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields*. *Lancet Oncol* 12:624-6, 2011.

Beneduci A, Chidichimo G, Tripepi S, *et al.* *Antiproliferative effect of millimeter radiation on human erythromyeloid leukemia cell line K562 in culture: ultra-structural- and metabolic-induced changes*. *Bioelectrochemistry*, vol. 70, no. 2, pp. 214–220, 2007.

Beneduci A. *Evaluation of the potential in vitro antiproliferative effects of millimeter waves at some therapeutic frequencies on RPMI 7932 human skin malignant melanoma cells*. *Cell. Biochem. Biophys.* 55(1):25-32. 2009.

Degrave E, Autier P, Grivegnée A-R, *et al.* *All-cause mortality among Belgian military radar operators: A 40-year controlled longitudinal study*. *European Journal of Epidemiology* 20: 677–681, 2005.

Degrave E, Ben Meeusen B, Grivegnée A-R, *et al.* *Causes of death among Belgian professional military radar operators: A 37-year retrospective cohort study*. *International Journal of Cancer* 124: 945-951, 2009.

Groves FD, Page WF, Gridley G, *et al.* *Cancer in Korean war navy technicians: mortality survey after 40 years*. *Am. J. Epidemiol.* 155: 810-818, 2002.

Kesari KK, Behari J. *Fifty-gigahertz microwave exposure effect of radiations on rat brain*. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 158(1):126-39. 2009.

Kesari KK, Behari J. *Microwave exposure affecting reproductive system in male rats*. *Appl Biochem Biotechnol.* 162(2):416-28. 2010.

Kumar S, Kesari KK, Behari J. *Evaluation of genotoxic effects in male Wistar rats following microwave exposure*. *Indian. J. Exp. Biol.* 48(6):586-92. 2010.

Le Quément C, Nicolas Nicolaz C, Zhadobov M, *et al.* *Whole-genome expression analysis in primary human keratinocyte cell cultures exposed to 60GHz radiation*. *Bioelectromagnetics*, 33:147-158. 2012.

---

<sup>14</sup> Toutes les références répertoriées dans les pages qui suivent ne sont pas nécessairement citées dans le texte du rapport, elles ont néanmoins été utilisées dans la construction de l'expertise. Les références appelées permettent d'illustrer précisément les propos développés.

- Li X, Du M, Liu X, et al. *Millimeter wave treatment promotes chondrocyte proliferation by upregulating the expression of cyclin-dependent kinase 2 and cyclin A*. *Int. J. Mol. Med.* 26(1):77-84. 2010a.
- Li X, Du M, Liu X, et al. *Millimeter wave treatment inhibits NO-induced apoptosis of chondrocytes through the p38MAPK pathway*. *Int J Mol Med.* 25(3):393-9. 2010b.
- Li X, Wu G, Wu M, et al. *In vitro study of inhibitory millimeter wave treatment effects on the TNF- $\alpha$ -induced NF- $\kappa$ B signal transduction pathway*. *Int J Mol Med.* 27(1):71-8. 2011.
- Li X, Ye H, Yu F, et al. *Millimeter wave treatment promotes chondrocyte proliferation via G1/S cell cycle transition*. *Int J Mol Med.* 29(5):823-31. 2012.
- Nicolas Nicolaz C. *Contribution à l'étude du stress cellulaire potentiellement induit par les ondes millimétriques*, thèse de l'université de Rennes 1, 2009.
- Pakhomov AG, Akyel Y, Pakhomova ON, Stuck BE, Murphy MR. *Current state and implications of research on biological effects of millimeter waves: a review of the literature*. *Bioelectromagnetics* 19:393–413. 1998.
- Rojavin MA, Ziskin MC. *Medical application of millimetre waves* QJM.; 91(1):57-66. 1998.
- Rojavin, M.A.; Radzievsky, A.A.; Cowan, A.; et al. *Pain relief caused by millimeter waves in mice: results of cold water tail flick tests*. *Int. J. Radiat. Biol.*, 76, 575–579. 2000.
- Seigel PH., Pikov V. *Impact of low intensity millimetre waves on cell functions*. *Electronics Letters – special supplement Terahertz technology*. S70-S72. 2010.
- Tong Y, Yang Z, Yang D, et al. *Millimeter-wave exposure promotes the differentiation of bone marrow stromal cells into cells with a neural phenotype*. *J. Huazhong Univ. Sci. Technolog. Med. Sci.* 29(4):409-12. 2009
- Wu G, Chen X, Peng J, et al. *Millimeter wave treatment induces apoptosis via activation of the mitochondrial-dependent pathway in human osteosarcoma cells*. *Int J Oncol.* 40(5):1543-52. 2012
- Wu G, Sferra T, Chen X, et al. *Millimeter wave treatment inhibits the mitochondrion-dependent apoptosis pathway in chondrocytes*. *Mol. Med. Report.* 4(5):1001-6. 2011
- Wu GW, Liu XX, Wu MX, et al. *Experimental study of millimeter wave-induced differentiation of bone marrow mesenchymal stem cells into chondrocytes*. *Int J Mol Med.* 23(4):461-7. 2009.
- Xia L, Luo QL, Lin HD, et al. *The effect of different treatment time of millimeter wave on chondrocyte apoptosis, caspase-3, caspase-8, and MMP-13 expression in rabbit surgically induced model of knee osteoarthritis*. *Rheumatol. Int.* 2011 Sep 1. [Epub ahead of print]
- Zhadobov M., Chahat N., Sauleau R., et al. *Millimeter-Wave Interactions with the Human Body: State of Knowledge and Recent Advances*. *Int. J. Microwave & Wireless tech.* 3(2), 237–247. 2011.

## 9.2 Normes

NF X 50-110 (mai 2003) Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise. AFNOR (indice de classement X 50-110).

NF EN 50492 (01/01/2009) - Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base.

## 9.3 Législation et réglementation

Arrêté du 8 octobre 2003 fixant les spécifications techniques applicables aux équipements terminaux radioélectriques, NOR : INDI0320366A, JORF n°234 du 9 octobre 2003, page 17247.

Communication de la Commission au Parlement européen et au Conseil du 15 juin 2010 relative à l'utilisation de scanners de sûreté dans les aéroports de l'UE [COM(2010) 311 final – Non publiée au Journal officiel].

Décret n°2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12° de l'article L.32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques, NOR : INDI0220135D, JORF du 5 mai 2002, pages 8624 à 8627.

Directive 1999/5/CE du Parlement européen et du Conseil, du 9 mars 1999 concernant les équipements hertziens et les équipements terminaux de télécommunications et la reconnaissance mutuelle de leur conformité, JOUE n° L 091 du 07/04/1999, pages 10 à 28.

Directive 2004/40/CE du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques, JOCE n° L 184 du 24/05/2004, pages 1 à 6.

Instruction n° 302143/DEF/SGA/DFP/PER5 du 18/08/03 relative à la protection des personnes contre les effets des champs électromagnétiques émis par les équipements ou installations relevant du ministère de la défense fixant les règles d'évaluation des risques aux rayonnements non ionisants, BOC/PP du 29/09/2003, n° 40, pages 6299 à 6350.

Recommandation du Conseil n° 1999/519/CE du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz), J.O. des Communautés européennes du 30/07/1999, n° L 199, pages 59 à 70.

Règlement (CE) n° 272/2009 de la Commission du 2 avril 2009 complétant les normes de base communes en matière de sûreté de l'aviation civile figurant à l'annexe du règlement (CE) n° 300/2008 du Parlement européen et du Conseil

Règlement des radiocommunications, Union Internationale des Télécommunications (UIT), Éditions 2008.

## 9.4 Sites Internet

*Smiths Detection* : <http://www.smithsdetection.com>



## Annexe 1 : Liste des documents transmis par la DGAC pour la réalisation de l'expertise

*Health Protection Agency (HPA) (2011), Non-ionizing radiation exposures from Eqo body scanner, rapport CRCE/NIR/5/533 du 26 mai 2011.*

*Compliance Engineering Ireland LTD (CEI) (2011), Eqo (Millimeter Wave Inspection system), rapport de mesures 11E3504-2 d'avril 2011.*

*Compliance Engineering Ireland LTD (CEI) (2011), Certificate of Conformity 11E3504-C2 du 11 avril 2011.*

*Smiths Detection, Caractéristiques techniques Eqo™.*

*Airports international, People Screening, October 2009.*

*Sub-class 27, Movement Detection.*

## Annexe 2 : Lettre de saisine



2012 -SA- 0 0 6 3

0.3 AP  
0.3 S

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,  
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Direction générale de l'Aviation civile

Paris, le 06 MARS 2012

COURRIER ARRIVE

Direction du Transport aérien

- 8 MARS 2012

Le sous-directeur de la sûreté et de la défense

Sous-direction de la Sûreté et  
de la Défense

DIRECTION GENERALE

à

Bureau des Mesures de sûreté  
de l'aviation civile

Monsieur le directeur de l'Agence nationale de  
sécurité sanitaire de l'alimentation, de  
l'environnement et du travail  
27-31, avenue du général Leclerc  
94701 MAISONS-ALFORT CEDEX

Nos réf. :

Affaire suivie par : Ludovic Maréchal et Catherine Corvaisier-Blanchard  
[ludovic.marechal@aviation-civile.gouv.fr](mailto:ludovic.marechal@aviation-civile.gouv.fr)  
[catherine.corvaisier-blanchard@aviation-civile.gouv.fr](mailto:catherine.corvaisier-blanchard@aviation-civile.gouv.fr)  
Tél. (LM) : 01 49 56 81 16 - Fax : 01 49 56 81 27  
Tél. (CCB) : 01 58 09 44 99 - Fax : 01 58 09 48 88

**Objet** : Expérimentation opérationnelle d'un scanner de sûreté

Monsieur le directeur,

Suite à la tentative d'attentat du 25 décembre 2009 sur le vol Northwest Airlines entre Amsterdam et Detroit, la direction générale de l'aviation civile (DGAC), conformément aux décisions du conseil de sécurité intérieure du 5 janvier 2010, a réalisé en 2010, dans des conditions strictement encadrées, l'expérimentation en porte d'embarquement d'un portique à ondes millimétriques (scanner de sûreté) de type Provision de L3Com sur l'aéroport de Paris-CDG. Cette expérimentation a été en particulier rendue possible grâce aux analyses formulées par vos services au regard de l'innocuité de cet appareil sur la santé des personnes soumises à ce type de contrôle, ainsi que pour les personnels le manipulant.

L'amélioration des performances de ces équipements, en particulier en mode automatique (i.e. sans production d'images nécessitant une analyse par un opérateur), ainsi que l'adoption, les 10 et 11 novembre 2011, d'une réglementation européenne relative à l'utilisation de ces équipements dans les aéroports, nous incitent aujourd'hui à renouveler l'expérimentation dans de nouvelles conditions et dans une optique encore plus opérationnelle. Ainsi, le projet expérimental envisagé cette année vise à déployer les scanners de sûreté sur le poste d'inspection filtrage afin d'évaluer les impacts tant sur le plan opérationnel qu'en termes de facilitation des passagers et de performance sûreté.

A cet égard, deux expérimentations distinctes devraient être conduites en 2012 sur deux aéroports

Recours aux énergies renouvelables et à l'économie  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et loge

Présent  
pour  
l'avenir

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

50, rue Henry Farman  
75720 Paris cedex 15  
Tél : +33 (0) 1 58 09 43 21



Copie : - Monsieur le directeur du service technique de l'aviation civile

différents. La DGAC souhaite déployer notamment l'appareil à ondes millimétriques EQO de Smiths Heimann. Cet équipement a déjà fait l'objet d'un rapport du Compliance Engineering Ireland LTD, dont vous avez été destinataire. Je souhaiterais en conséquence que vous me confirmiez, au vu notamment de ces analyses, que l'utilisation de tels appareils à des fins de contrôle, dans le cadre des expérimentations envisagées prochainement, n'est pas de nature à présenter de risque sanitaire tant pour les passagers que pour les personnels de sûreté.

→ Si vous avez besoin d'informations complémentaires vous permettant d'évaluer les expositions associées à une telle utilisation, je vous invite à contacter le service technique de l'aviation civile (STAC) et notamment M. Ludovic Maréchal, qui vous transmettra tous les éléments nécessaires à votre analyse. La transmission des résultats de celle-ci avant le 31 mai 2012 serait au demeurant très appréciée, puisqu'elle coïnciderait avec les résultats des tests ad hoc réalisés dans le cadre des procédures de la Conférence Européenne de l'Aviation Civile, permettant donc un démarrage potentiel de ces expérimentations à compter de cette date.

Par ailleurs, je vous indique que le STAC souhaite devenir centre de test agréé des équipements scanners de sûreté dans le cadre du processus commun d'évaluation de la CEAC (Conférence Européenne de l'Aviation Civile). De tels tests nécessitent un nombre important de passages dans le portique au cours d'une période restreinte. Ce type d'utilisation soulève donc des interrogations au regard de la santé des testeurs. Le STAC vous fournira les détails relatifs à ce type d'utilisation très prochainement et souhaiterait recueillir votre avis sur ce point avant le 31 mai 2012.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'expression de ma considération distinguée.

*et de vous remercier de votre réponse.*



Eric PLAISANT

Le sous-directeur de la sûreté  
et de la défense

Eric Plaisant

### Annexe 3 : Analyse des Déclarations Publiques d'Intérêt (DPI) des experts par rapport au champ de la saisine

<b>NOM</b>	<b>Prénom</b> Rubrique de la DPI Description de l'intérêt <i>en cas de lien déclaré</i>	<b>Dernière date de déclaration des intérêts</b>
Analyse Anses :		

#### Experts rapporteurs

<b>AGNANI</b>	<b>Jean-Benoît</b>	21/09/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>DORE</b>	<b>Jean-François</b>	16/04/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>LE DREAN</b>	<b>Yves</b>	09/03/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>LETERTRE</b>	<b>Thierry</b>	21/09/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>NDAGIJIMANA</b>	<b>Fabien</b>	02/12/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	

#### Membres du Comité d'experts spécialisés « agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » :

<b>BEHAR</b>	<b>Francine</b>	24/01/2012
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>BERTHO</b>	<b>Jean-Marc</b>	24/02/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>CESARINI</b>	<b>Jean-Pierre</b>	03/11/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>COUTURIER</b>	<b>Frédéric</b>	12/01/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	

<b>DUCIMETIERE</b>	<b>Pierre</b>	02/03/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>EL KHATIB</b>	<b>Aïcha</b>	24/08/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>FELTIN</b>	<b>Nicolas</b>	01/03/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>FLAHAUT</b>	<b>Emmanuel</b>	10/01/2012
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>GAFFET</b>	<b>Eric</b>	18/12/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>HOURS</b>	<b>Martine</b>	01/03/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>LAFAYE</b>	<b>Murielle</b>	24/02/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>LEPOUTRE</b>	<b>Philippe</b>	27/10/2009
Analyse Anses :	ENAC : Aéroport et environnement (01/03/2005 et 07/03/2006) <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>MARTINSONS</b>	<b>Christophe</b>	01/03/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>MOUNEYRAC</b>	<b>Catherine</b>	13/01/2012
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>MUZET</b>	<b>Alain</b>	16/03/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>SICARD</b>	<b>Yves</b>	27/01/2012
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>SOYEZ</b>	<b>Alain</b>	11/01/2012
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	

<b>TOPPILA</b>	<b>Esko</b>	24/11/2010
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	
<b>YARDIN</b>	<b>Catherine</b>	22/12/2011
Analyse Anses :	Aucun lien déclaré <i>Pas de conflit d'intérêt</i>	

## Annexe 4 : Présentation du scanner *ProVision 100*

Le scanner corporel *ProVision 100* (société L3Com) utilise une gamme de fréquences comprises entre 24 et 30 GHz.



Source : Site Internet de la société L3 Communications

**Figure 7 : Photographie d'un portique *ProVision 100***

Le portique *ProVision 100* a un fonctionnement en trois étapes :

- 1) un faisceau d'ondes est envoyé sous forme de trains d'impulsions sur toute la surface du corps de la personne à l'aide de deux mâts rotatifs (sur lesquels sont implantés 192 antennes d'émission et de réception d'ondes « millimétriques » réparties sur une hauteur de 2,1 m) qui pivotent simultanément autour d'elle ;
- 2) l'énergie réfléchie par le corps ou tout autre objet qui se trouve sur la personne est utilisée pour construire une image en trois dimensions ;
- 3) l'image des personnes et des objets qu'elle porte en surface est affichée sur un moniteur pour être analysée par une personne en charge de la sécurité. Un autre mode de fonctionnement permet une détection automatique des objets éventuellement à la surface du corps sans affichage de l'image corporelle reconstituée.

La durée totale d'un passage à travers le portique est d'environ 10 secondes, dont 8 pour laisser le temps au sujet d'entrer et de sortir de l'appareil et 2 pour le « scan » en lui-même.

La transmission active (temps nécessaire pour que chacune des 383 antennes envoie à tour de rôle un balayage) dure en moyenne 3,1 ms toutes les 8,6 ms (laissant 5,5 ms aux deux mâts pour changer d'angle), cette durée varie en fonction de la vitesse angulaire des mâts.

Un balayage en fréquence, entre 24 et 30 GHz est réalisé par une antenne après l'autre toutes les 8,08  $\mu$ s et dure 5,23  $\mu$ s (laissant 2,85  $\mu$ s pour changer d'antenne émettrice sur le mât).

D'après les données disponibles et les rapports de mesure étudiés [Afsset, 2010], tous les niveaux de densité surfacique de puissance mesurés pour l'appareil *Provision 100* (0,35 mW/m<sup>2</sup> selon l'Apave, 0,64 mW/m<sup>2</sup> selon Emitech, 0,06 mW/m<sup>2</sup> selon TSA) sont très en dessous des valeurs limites du décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques (à savoir, pour les fréquences considérées, 10 W/m<sup>2</sup>).



Agence nationale de sécurité sanitaire  
de l'alimentation, de l'environnement et du travail  
27-31 avenue du général Leclerc  
94701 Maisons-Alfort Cedex  
[www.anses.fr](http://www.anses.fr)