

Intérêt et pratique des mesures *in vivo* pour la réduction de l'exposition du patient et du personnel en radiodiagnostic *

E. VAÑO**, C. MACCIA***

(Manuscrit reçu le 11 mai 1989)

RÉSUMÉ Cet article essaie de dresser un premier bilan de l'expérience acquise en matière d'utilisation de dosimètres thermoluminescents (TL) pour la radioprotection du personnel hospitalier et pour les patients soumis aux examens de radiodiagnostic dans cinq hôpitaux de la région de Madrid.

Il décrit la méthodologie qui serait à préconiser pour procéder à une dosimétrie " efficace " pour différentes catégories de personnel et, dans le cas des patients, il passe en revue les avantages et les inconvénients de ce type de dosimétrie.

Les résultats obtenus dans ces hôpitaux, exprimés en termes de réduction de doses, sont présentés.

ABSTRACT This article tries to establish a preliminary accounting of the experience gained in the use of thermoluminescent dosimetry for occupational and patient radiation protection. An investigation was carried out on all the hospital personnel and the patients who received X-ray examinations in 5 hospitals in the Madrid area.

A methodology is proposed for an efficient dosimetry for different categories of personnel.

For patients, the advantages and drawbacks of such a type of dosimetry are reviewed.

1. INTRODUCTION

L'analyse détaillée des doses reçues par les patients et par le personnel en radiodiagnostic est très importante étant donné : 1) la fréquence annuelle des examens pratiqués (entre 500 et 1 200 pour 1 000 habitants) ; 2) le nombre d'installations radiologiques utilisées dans le cadre de cette activité médicale ; 3) l'effectif du personnel professionnellement exposé.

* Ce travail a été réalisé au sein du programme "Radioprotection" de la CEC (Contrat BI 6-0214-E (C)).

** Facultad de medicina, Universidad Complutense, Madrid, Espagne.

*** Centre d'évaluation et d'assurance de qualité des applications technologiques dans le domaine de la santé (CAATS-INSERM), 165, av. Aristide-Briand, 94230 Cachan.

Parmi les sources d'exposition aux rayonnements ionisants, le radio-diagnostic constitue, en effet, la source d'irradiation collective d'origine artificielle la plus importante pour la population avec des valeurs d'équivalents de dose efficaces individuels annuels allant de 0,5 à 1,8 mSv : 1,58 mSv en France [8], 0,85 mSv dans le Nord-Est de l'Italie [9] et 1,04 mSv dans la zone de Madrid [14]. En particulier, les niveaux des doses reçues par les patients et, parfois, par le personnel au cours de certaines catégories d'examens (radiologie interventionnelle, angiographie, cathétérisme, etc.), peuvent sensiblement dépasser ces valeurs moyennes et nécessiter des mesures spécifiques de protection.

Dans ce contexte, la directive 84/466/ de la Commission des Communautés européennes [2] demande à tous les États membres de procéder à une optimisation de la radioprotection des patients, en mettant au point des méthodologies simples qui permettent un contrôle périodique des doses associé aux différents types d'examens radiologiques.

2. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA DOSIMÉTRIE *IN VIVO* PAR TL EN RADIODIAGNOSTIC

Il est évident que la dosimétrie individuelle est le meilleur outil pour estimer le plus finement possible les risques associés à l'exposition aux rayonnements ionisants, aussi bien dans le cas du personnel médical ou paramédical que dans celui des patients. L'utilisation de plus en plus fréquente des dosimètres thermoluminescents individuels (TL) a d'ailleurs sensiblement facilité cette tâche et, dans certains cas, remplacé l'ancienne dosimétrie, effectué à l'aide d'émulsions photographiques.

Grâce à la thermoluminescence, les équivalents de dose efficaces reçus indirectement par les différentes catégories de personnel de radiologie au cours des examens de radiodiagnostic peuvent être plus facilement corrélés avec les protocoles de travail suivis, et des informations utiles concernant l'état de fonctionnement de l'équipement radiologique peuvent également être recensées.

En ce qui concerne les patients soumis aux examens de radiodiagnostic, l'estimation de l'équivalent de dose efficace nécessite la mesure préalable de la dose à l'entrée (rétrodiffusé inclu) pour les différentes expositions reçues au cours de l'examen ainsi que la connaissance détaillée des paramètres physiques utilisés (kVp, mAs, géométrie d'irradiation...). Un tel procédé a été récemment suivi au cours d'une intercomparaison des doses reçues par les patients dans le cadre d'une étude menée dans plusieurs pays de la Communauté européenne en vue d'établir des critères de qualité pour certaines catégories d'examens de radiodiagnostic [3]. Dans ce cas, les dosimètres TL ont été placés directement sur la peau du patient sans pour autant interférer avec l'image radiographique (à l'exclusion de la mammographie) et ont permis d'estimer aisément les doses reçues.

3. MÉTHODOLOGIE POUR LA DOSIMÉTRIE DES TRAVAILLEURS

Dans le cas de la dosimétrie des travailleurs, la détermination de la catégorie de personnel qui doit être soumise au contrôle dosimétrique individuel constitue le problème le plus important tant du point de vue organisationnel qu'économique. Une éventuelle justification d'une dosimétrie multiple chez certaines catégories de travailleurs à haut risque (radiologie interventionnelle, vasculaire, etc.), doit, par ailleurs, faire l'objet d'une évaluation séparée.

Sans préjuger des normes légales existant dans chaque pays, qui peuvent rendre obligatoire ce type de dosimétrie dans des situations professionnelles précises, le problème de l'attribution de dosimètres individuels dans les services de radiodiagnostic ou dans les salles d'opération équipées d'installations radiogènes a une dimension économique importante étant donné le nombre des personnes concernées.

Une solution simple serait d'assurer une dosimétrie individuelle à toute personne susceptible d'être exposée, indépendamment du niveau de risque. Un tel protocole pourrait être laissé en place pendant une période de temps allant de 3 à 6 mois en vue d'identifier les risques inhérents aux différents postes de travail d'une part, et les bonnes habitudes de protection radiologique des travailleurs, d'autre part. Au-delà de cette période, si le risque d'exposition est suffisamment faible (au-dessous de 1/10 ou de 1/20 des limites annuelles) on pourrait passer de la dosimétrie individuelle à une dosimétrie de zone. Cette estimation devra être répétée chaque fois que l'on change de travailleur ou de conditions de travail, chaque personne pouvant avoir des habitudes professionnelles différentes.

Ces mesures préalables permettraient ainsi d'évaluer l'intérêt du port de tabliers en plomb à certains postes de travail (cathétérisme, salles d'opération, etc.), de modifier éventuellement les protocoles d'examen (utilisation de la scopie exclusivement lorsque cela est nécessaire) ou d'apporter des améliorations à l'équipement radiogène utilisé (systèmes à mémoire permettant de maintenir la dernière image sur écran TV).

En ce qui concerne l'attribution de dosimètres individuels supplémentaires pour l'estimation des doses aux mains, au cristallin, etc., le protocole à suivre serait le même. On pourrait attribuer provisoirement des dosimètres supplémentaires uniquement aux spécialistes qui, pour des raisons techniques, sont obligés de se tenir à proximité de la table d'examen, et estimer pendant quelques mois les doses reçues par ce personnel. Dans ce cas, une analyse coût-bénéfice permettra d'évaluer l'intérêt de l'utilisation de moyens supplémentaires de protection (gants, lunettes plombées, etc.) à partir de 1/20 ou de 1/10 des limites de dose. Dans de nombreuses occasions, cette décision se basera plutôt sur des considérations pratiques que sur un seuil déterminé de risque.

Ces estimations et enregistrements continus des doses individuelles des travailleurs constituent une base de données qui peut servir à

la mise en application pratique du principe ALARA. Elles contribuent à la justification des investissements en matière de radioprotection et permettent de supprimer les anomalies possibles dans les protocoles d'examens et dans le fonctionnement de certains équipements. Enfin, elles remplissent les conditions légales requises et contribuent, avec des valeurs fiables, à la création de banques de données indispensables à la réalisation d'études épidémiologiques.

4. MÉTHODOLOGIE POUR LA DOSIMÉTRIE *IN VIVO* DES PATIENTS

En radiodiagnostic, les doses reçues par les patients au niveau de certains organes peuvent être assez élevées et il n'est peut-être pas toujours approprié d'utiliser les coefficients de pondération W_t de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) ou le concept d'équivalent de dose efficace en tant qu'estimateur du risque global. On devra donc tenir compte séparément des groupes d'âge et du sexe, mesurer ou estimer des doses aux organes pour les différents types d'examens et utiliser des coefficients de risque différents.

Par ailleurs, la grande variété d'équipements radiologiques et de protocoles d'examen ne facilite pas la dosimétrie dans ce domaine. Les doses peuvent, en effet, varier sensiblement pour un même type d'équipement et pour le même examen en fonction des techniques utilisées, de l'état des récepteurs d'image (écrans ou moniteurs de TV) et de l'état du générateur. Des contrôles périodiques des doses dans chaque salle d'examen et la dosimétrie *in vivo* avec TL sont donc très importants [1]. Dans ce contexte, la méthodologie à suivre est différente selon qu'il s'agit d'examens simples (faible nombre de clichés, incidences standards et pas de scopie) ou d'examens complexes.

Dans le cas des examens simples, on peut suivre trois procédés :

a) mesurer le produit "exposition-surface", avec une chambre à transmission ;

b) simuler les conditions moyennes de l'examen et mesurer l'exposition avec des chambres d'ionisation ;

c) utiliser des dosimètres TL directement sur la peau du patient (fluorure de lithium (TLD-100) de chez Harshaw par exemple), un étalonnage préalable de ces dosimètres aux énergies caractéristiques du radiodiagnostic étant indispensable [4].

La mesure directe de la dose à l'organe reste, cependant, limitée aux organes superficiels tels que les gonades, la thyroïde, les seins etc. Les dosimètres à utiliser ne doivent pas interférer avec la qualité de l'image radiographique et doivent être placés, pour chaque cliché, au centre du champ d'irradiation.

Lorsque les doses à l'entrée sont faibles et la technique radiologique très semblable d'un patient à un autre, il est possible, en choisissant ces derniers d'une même taille, d'utiliser le même dosimètre pour un groupe

de patients et de diviser ensuite la dose totale cumulée par l'effectif du groupe pour obtenir la dose moyenne relative à un cliché. Il sera, toutefois, nécessaire d'enregistrer la zone anatomique irradiée, le type d'incidence, les kVp, la filtration, la distance foyer-peau et le format du film pour l'estimation de la dose aux différents organes et de l'équivalent de dose efficace. Des modèles mathématiques spécialement conçus pour ce type de calcul sont disponibles dans la littérature [5, 7].

Dans le cas des examens complexes (qui peuvent comporter de nombreuses incidences et des temps de scopie), on peut utiliser différentes approximations. Soit, comme décrit par Shrimpton et al. [10], on utilise 5 dosimètres TL placés respectivement au niveau de la thyroïde, sur les parties droite et gauche du thorax, au niveau du sternum et dans le dos du patient pendant toute la durée de l'examen tout en enregistrant simultanément le produit "exposition-surface". Soit, comme au cours de la récente évaluation des doses réalisée dans la région de Madrid, on simule les protocoles typiques des examens complexes à l'aide d'un fantôme anthropomorphe REMAB (Alderson, USA) qui permet, outre l'emplacement de plusieurs dosimètres au niveau de chaque organe (de 70 à 100 dosimètres TL par simulation), d'utiliser des produits de contraste et de reproduire très précisément des examens de l'appareil digestif et urinaire. S'ajoute à cette simulation de l'examen la mesure du produit "exposition-surface" pour la partie graphie et scopie. Grâce aux modèles mathématiques cités précédemment, il est ensuite possible d'obtenir, avec une approximation raisonnable, les doses reçues par les différents organes ainsi que l'équivalent de dose efficace pour ce type d'examens.

Outre ces mesures, l'estimation de la dose génétiquement significative est effectuée au cours de ces examens par des pastilles TL placées au niveau des gonades.

Toutes ces mesures, si elles sont réalisées au niveau d'une salle d'examen, permettent facilement de vérifier la conformité des équipements aux normes de radioprotection définies par les organismes nationaux et internationaux compétents et, dans le cas contraire, de commencer immédiatement des actions correctrices sélectives qui permettent de réduire le risque potentiel pour les patients. Cette possibilité est notamment indispensable dans les pays où il n'existe pas de programmes généralisés de contrôle et d'assurance de qualité en radiodiagnostic. Evidemment, ces mesures de dose doivent être accompagnées d'estimations de la qualité des images obtenues.

Au-delà de ces bénéfices immédiats, les programmes d'estimation des doses aux patients permettent, à moyen terme, d'informer les autorités sanitaires compétentes à propos du risque radique collectif lié aux activités de radiodiagnostic et contribuent à la prise de décision concernant les investissements à réaliser en termes d'achats de nouveaux équipements ou d'établissement de programmes continus de formation pour le personnel. Certains investissements sont, du point de vue de leur rapport coût-bénéfice, indiscutablement rentables, comme par exemple l'achat des caches pour les gonades pour les patients. D'autres, tels le

remplacement d'un équipement ancien, peuvent signifier des investissements de l'ordre de 200 000 \$ avec une réduction de dose au patient pouvant aller d'un facteur 2 à 10. De tels investissements peuvent alors être en conflit avec d'autres objectifs comme l'acquisition d'équipements de haute technologie.

5. EXPÉRIENCES DANS QUELQUES CENTRES HOSPITALIERS DE LA VILLE DE MADRID

En Espagne, un premier projet sur "l'optimisation de la radioprotection en radiodiagnostic" vient de se terminer, en collaboration avec la Commission des Communautés européennes, dans quatre grands hôpitaux de la ville de Madrid (environ 5 000 lits et plus d'un million d'examen par an) et dans quelques dispensaires et centres d'examen privés [13].

La dose moyenne reçue par le personnel de ces établissements, toutes catégories confondues, est de 0,3 mSv/mois. Le personnel travaillant en radiologie vasculaire, dans les salles de cathétérisme ou dans les salles d'opération et de traumatologie, reçoit occasionnellement des doses qui dépassent cette valeur moyenne ; des doses mensuelles comprises entre 10 et 20 mSv ont pu être ainsi relevées dans un grand hôpital de Madrid.

Par ailleurs, pour les manipulateurs de certains centres d'examen, travaillant dans des salles de thorax ou des salles d'os (salles où il n'est pas nécessaire pour ce personnel de rester près du patient), des doses anormalement élevées ont été enregistrées à cause d'un manque systématique de respect des normes élémentaires de radioprotection. Ces "mauvaises" habitudes de travail n'auraient pas pu être détectées avec une dosimétrie de zone.

Dans le cas des salles d'opération et de traumatologie d'un des centres hospitaliers étudiés (moyenne calculée sur 20 médecins), malgré l'existence de tabliers plombés, la dose moyenne mesurée en 1987 a été de 4,2 mSv, (avec certaines valeurs individuelles supérieures à 17 mSv/mois). Une série de réunions d'information en radioprotection a permis de ramener cette valeur à 1,2 mSv, avec des valeurs individuelles maximales ne dépassant pas les 5 mSv (encore attribuables à quelques spécialistes n'utilisant pas systématiquement le tablier plombé [12].

Les investissements relatifs aux gants plombés stérilisables (115 \$ pour 15 usages) et aux lunettes plombées (graduées pour chaque usage, avec un coût d'environ 500 \$), peuvent constituer un problème économique important lorsqu'il s'agit d'un achat global pour un grand hôpital. Dans ce cas, il n'est pas aisé de réduire les doses relatives à certains organes pour lesquels les effets radioinduits sont non stochastiques et, par conséquent, l'optimisation n'est pas évidente à réaliser.

En ce qui concerne la protection du patient, et comme le démontrent les résultats d'une étude comparative dans plusieurs hôpitaux de Madrid [13], l'utilisation d'équipements spécialisés (table de thorax en pédiatrie)

permet de réduire considérablement les doses reçues au cours des examens (réduction de la dose à l'entrée de 70 à 20 mGy). Le changement progressif de cassettes conventionnelles avec d'autres en fibre de carbone est aussi un facteur important pour la réduction de la dose, de même que le remplacement des écrans renforçateurs standards par ceux aux terres rares, ou le remplacement des tables et des potters conventionnels par d'autres de moindre absorption : les différences d'absorption entre une table conventionnelle et une table en fibre de carbone pouvant aller de 5 % à 20 % à 80 kVp [6].

Le tableau I montre, d'une part les doses moyennes des différents centres d'examen ayant participé au projet espagnol d'optimisation en les comparant avec celles de référence provisoirement établies par un groupe d'experts de la Commission des Communautés européennes et, d'autre part, il permet de quantifier l'efficacité des actions de contrôle de qualité menées au sein de ces établissements en termes de réduction des doses.

TABLEAU I

Comparaison entre les valeurs des doses de référence provisoires de la CEC et les doses mesurées dans cinq hôpitaux de Madrid

Incidence	Valeurs de référence provisoires (CEC, 1987) (mGy)	Valeurs moyennes des 5 hôpitaux de Madrid (mGy)				
		H1	H2	H3	H4	H5
1) Thorax P/A (1)* (2)**	0,3	0,27 0,44	1,1	0,15	0,24	—
Thorax Profil (1) (2)	1,5	1,16 1,1	3,2	0,55	1,0	—
2) Crâne P/A	5,0	11,5	5,6	5,1	—	—
Crâne A/P	5,0	—	5,0	4,1	7,8	6,1
Crâne Profil	3,0	6,9	2,5	3,8	6,2	3,4
3) Rachis lombaire A/P	10	16,7	18,2	12,1	14,5	18,9
Rachis lombaire Profil	30	48,1	50,4	22,8	49,2	29,0
4) Bassin A/P	10	14,6	18,9	5,1	15,9	13,9
5) Arbre urinaire A/P (avant produit de contraste) (1) (2)	10	11,8 8,1	10,9	3,5	22,9	11,9
6) Sein (1) (2)	5	66,6 6,5	7,6	2,0	61,4 4,9	5,7

(H1) et (H2) : établissements de plus de 1 500 lits.
 (H3) : hôpital militaire équipé de nouvelles installations.
 (H4) : centre communautaire.
 (H5) : dispensaire de taille moyenne.
 * (1) Avant le contrôle de qualité.
 ** (2) Après le contrôle de qualité.

Tout d'abord on constate que les valeurs de doses sont élevées pour les examens du crâne pratiqués à l'hôpital 1 (équipements radiologiques obsolètes et mauvaises conditions d'utilisation), pour les examens du bassin et du rachis lombaire pratiqués à l'hôpital 2 (filtration insuffisante et mauvais état des cassettes et des écrans renforçateurs) et pour le cliché réalisé avant injection de produit de contraste au cours des examens de l'arbre urinaire pratiqués à l'hôpital 4 (utilisation d'un couple film-écran inadapté).

En ce qui concerne les examens du thorax pratiqués à l'hôpital 2, on peut souligner l'importante réduction de dose associée à une première action de contrôle de qualité (33 % en moins des valeurs initiales) visant à contrôler la tension (généralement inférieure de 15 % de la valeur optimale). On peut également noter la réduction significative de la dose à l'entrée en mammographie obtenue après un contrôle de qualité partiel. Enfin, grâce à la modernité de l'équipement d'une part et à l'utilisation généralisée d'écrans aux terres rares et de cassettes en fibre de carbone au cours des examens d'autre part, les valeurs de dose associées à la plupart des examens pratiqués à l'hôpital 3 sont les plus faibles de tout l'échantillon.

6. APPLICATION A L'OPTIMISATION DE LA RADIOPROTECTION

L'analyse systématique des doses reçues au cours des différents types d'examens radiologiques peut être considérée comme la première étape d'un programme d'optimisation de la radioprotection des patients. Cela permet, en effet, de définir précisément les priorités et d'entreprendre des actions de protection concrètes là où les réductions de dose seront les plus significatives. Ces analyses qui supposent un grand effort économique et humain s'insèrent dans le cadre plus large que représentent les programmes d'assurance de qualité en radiodiagnostic. Si ces programmes étaient appliqués dans leur ensemble, il serait alors possible de minimiser la dose par cliché, d'obtenir des images correctes et de les visualiser d'une façon appropriée (négatoscopes ou moniteurs de TV en parfait état).

Comme guide pratique d'actions prioritaires à mener en ce qui concerne la protection du personnel opérateur, on pourrait citer les actions suivantes :

1. intervention d'experts en radioprotection au niveau de la conception des nouveaux services de radiodiagnostic ;
2. réalisation d'une dosimétrie de zone exhaustive dans les services en fonctionnement en rapport avec la charge de travail des salles, afin de corriger les possibles défauts de barrières structurales ;
3. réalisation d'une dosimétrie personnelle multiple dans les postes de travail où le risque potentiel est le plus élevé ;
4. programmation des plans de formation en matière de radioprotection pour tout le personnel du service, avec analyse et correction des anomalies observées.

En ce qui concerne les mesures qui affectent spécialement la protection du patient, on pourrait citer :

1. installation de dispositifs de sécurité au niveau de la conception et de la construction d'équipements de radiodiagnostic (comme la collimation automatique des champs d'irradiation) ;

2. installation de dispositifs réduisant les doses aux patients (écrans renforçateurs aux terres rares, cassettes en fibre de carbone, tables et supports de grilles moins absorbants, meilleurs "phototimers", système de "stockage" de l'image dans les salles d'opérations, etc.) ;

3. planification de programmes périodiques d'évaluation des doses aux patients et comparaison de résultats à l'échelle nationale et internationale ;

4. implantation de programmes d'assurance de qualité ;

5. collaboration entre physiciens et médecins diagnosticiens.

Le tableau II énumère quelques actions de radioprotection effectuées dans le cadre de l'étude présentée ici, et quantifie les améliorations obtenues.

TABLEAU II

Effets des actions de radioprotection sur la dose délivrée en radiodiagnostic

Action effectuée	Amélioration obtenue (*)
1) Information appropriée du technicien	- Diminution d'un facteur 12,5 de la dose à l'entrée en mammographie.
2) Mise en place d'un filtre sur un mammographe et contrôle technique	- Diminution d'un facteur 10,3 de la dose à l'entrée.
3) Réglage des conditions de développement dans une salle	- Diminution d'un facteur 3,8 de l'équivalent de dose efficace pour l'ASP.
4) Session d'information et de comparaison des paramètres d'examen utilisés dans plusieurs hôpitaux	- Diminution de 10 à 30 % du nombre de clichés/examen dans certains centres.
5) Formation spécifique en radioprotection des radiologues et des techniciens	- Diminution de 10 % du nombre de films répétés. - Diminution de 20 % de la dose/examen. - Diminution de 10 % du nombre de clichés/examen. - Diminution de 70 % de la dose aux gonades pour certains examens.
6) Limitation de la participation du personnel peu expérimenté aux examens complexes.	- Diminution de 10 à 50 % du temps de scopie.
7) Optimisation des conditions de travail sous scopie et révision des amplificateurs de brillance.	- Réduction d'un facteur 10 du débit de dose en scopie.

(*) Estimée sur les valeurs moyennes d'un échantillon statistiquement significatif.

(**) Valeurs estimées uniquement dans certaines salles des centres étudiés.

RÉFÉRENCES

- [1] An analysis of the new JCAH standards for diagnostic radiology and nuclear medicine. Brochure AAPM, 1988.
- [2] COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES. Directive 84/466/ Euratom. J. Off. Comm. Europ., 1984, L265.
- [3] COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES. Quality criteria for diagnostic radiographic images, draft document, June 1987.
- [4] DELGADO V., GONZALEZ L., MARCO M., MORAN P., VAÑO E. — Experimental determination of the relative TL response of TLD-100 chips for 60 kVp X and 60-Co gamma rays. Nucl. Instr. Methods Phys. Res., 1987, A 255, 238-241.
- [5] DREXLER G., PANZER W., WIDENMANN L., WILLIAMS G., ZANKL M. — The calculation of dose from external photon exposures using reference human phantoms and Monte Carlo methods. Part III : Organ doses in X-ray diagnosis. Rapport GSF-Bericht S-1026.
- [6] HUFTON A.P., RUSSELL J.G.B. — The use of carbon fibre material in table tops, cassette fronts and grid covers : magnitude of possible dose reduction. Brit. J. Radiol., 1986, 59, 693-699.
- [7] JONES D.G., WALL B.F. — Organ doses from medical X-ray examinations calculated using Monte Carlo techniques. Rapport NRPB-R186, 1985.
- [8] MACCIA C., BENEDITTINI M., LEFAURE C., FAGNANI F. — Doses to patients from diagnostic radiology in France. Health Phys., 1988 54, 397-408.
- [9] PADOVANI R., CONTENUTO G., FABRETTO M., MALISAN M.R., BARBINA V., GOZZI G. — Patient doses and risks from diagnostic radiology in north-east Italy. Brit. J. Radiol., 1987, 60, 155-166.
- [10] SHRIMPTON P.C., WALL B.F., JONES D.G., FISHER E.F., HILLIER M.C., KENDALL G.M. — A national survey of doses to patients undergoing a selection of routine X-ray examinations in english hospitals. Rapport NRPB-R200, 1986.
- [11] VAÑO E., GONZALEZ L., CALZADO A., MORAN P., DELGADO V. — Some indicative parameters of diagnostic radiology in Spain. First dose estimations. Brit. J. Radiol. à paraître).
- [12] VAÑO E., GONZALEZ L., MACCIA C., WALL B. — ALARA and radiodiagnosics. 3rd European scientific seminar on Radiation protection optimization. Commission of the European Communities. Luxembourg : CEE, 1988.
- [13] VAÑO E., GONZALEZ L., CALZADO A., DELGADO V., MORAN P. — Some results of the patient dose survey in the area of Madrid. In : Optimisation of image quality and patient exposure in diagnostic radiology, workshop, Oxford, 1988 (MOORES B.M., WALL B.F., ERIKSAT H., SCHIBILLA H., Eds.), BIR report 20. Londres : British institute of radiology, 1989, 180-185.