

## «Je dis toujours à mes patients...» justes comparaisons entre examens aux rayons X et voyages en avion\*

John W. GOFMAN \*\*

Il y a quelques semaines, dans le hall d'entrée d'un grand hôpital où je venais donner une conférence au personnel médical, je fus présenté à un médecin. Quand mon hôte l'eut informé que j'allais parler des doses d'irradiation reçues à l'occasion des examens aux rayons X, il s'empressa de me dire que nombre de ses patients subissaient des angiocardio-grammes, et il ajouta : «Ce que je dis toujours à mes patients, c'est que la dose de rayonnement qu'ils reçoivent est à peu près équivalente à la dose reçue lors de la traversée des Etats-Unis en avion !»

Je ne fus pas surpris. Il semble que, quel que soit l'examen radiologique pratiqué, médecins et dentistes utilisent la même comparaison. Qu'il s'agisse de l'examen de la colonne vertébrale, du cœur, des seins, de la hanche, des dents : c'est toujours la même analogie. Mais peu de patients et de parents semblent y croire encore. On m'a demandé un nombre incalculable de fois : «Est ce vrai ?»

**Ce n'est presque jamais vrai.** Comme il est indiqué au bas du tableau ci-dessous, un examen radiologique équivaut en moyenne à plus de 90 aller-retours en avion, d'une côte à l'autre des Etats-Unis. Un examen aux rayons X comporte donc plus de risques de cancer qu'un aller-retour par avion d'une côte à l'autre des Etats- Unis : cette multiplication du risque s'appelle le *facteur de risque*. Les facteurs de risque qui figurent dans le tableau ci-dessous sont corrects, quelle que soit l'estimation des risques de cancer radio-induit que l'on retient. L'explication du tableau

\* Parution du Comité pour la Responsabilité Nucléaire, Inc., (association sans but lucratif créée en 1971), Octobre 1987 — Traduction : Conseil Général de Tarn-et-Garonne, janvier 1988, présentée dans le cadre du Colloque.

\*\* *Docteur en Médecine, Docteur ès-Sciences, Professeur Honoraire de Physique Médicale*

et l'origine des données qui y figurent sont données plus loin. Il faut noter que pour quelques-uns de ces examens (ceux dont le facteur de risque est inférieur à 1,0) le risque de cancer radio-induit est moindre que pour le voyage en avion.

<i>Examen courant aux rayons X</i>	Nombre d'allers-retours par avion équivalents ( <i>facteur de risque</i> )	
	<i>femmes</i>	<i>hommes</i>
Angiocardiogramme	* 190,8	160,3
Cheville (pied compris)	0,4	0,5
Lavement baryté	** 175,9	227,6
Repas baryté	** 60,1	33,6
Angiographie du foie	* 1 043,8	1 432,7
Angiographie cérébrale	* 117,8	195,1
Vertèbres cervicales	6,4	11,1
Thorax	3,8	2,1
Cholécystogramme (vésicule biliaire)	23,8	21,5
Cystogramme (vessie)	66,2	89,2
Dentition complète (16 images)	16,8	51,6
Image d'une dent	1,1	3,2
Coude	0,1	0,1
Trompe de Fallope	** 84,6	
Fémur	0,5	1,2
Avant-bras	0,1	0,1
Colonne vertébrale entière, Chiropraxie	64,2	48,6
Hanche	17,9	21,6
Humérus	3,5	0,6
I.V.P. (Pyélogramme intraveineux)	195,1	266,7
Genoux	0,4	0,5
R.U.V. (reins-urètre-vessie)	37,8	53,8
Tibia et péroné	0,4	0,5
Vertèbres lombaires	116,5	139,6
Vertèbres lombo-sacrées	120,0	156,7
Mammographie (méthode écran-film)	26,9	
Mammographie (méthode xéros)	73,9	
Pelvis	15,4	25,5
Artériographie pulmonaire	* 604,8	254,9
Angiographie rénale	* 76,7	112,5
Côtes	49,1	31,4
Ceinture scapulaire	4,0	0,7
Epaule	3,1	0,5
Crâne	9,5	18,5

<i>Examen courant aux rayons X</i>	Nombre d'allers-retours par avion équivalents ( <i>facteur de risque</i> )	
	<i>femmes</i>	<i>hommes</i>
Intestin grêle	** 120,1	168,0
Colonne vertébrale supérieure	66,5	36,1
Séries gastro-intestinales supérieures	** 64,0	85,2
Poignet (main comprise)	0,1	0,1
	<b>Moyenne • 91</b>	<b>Moyenne • 104</b>

\* facteurs de risque intégrant le risque de cancer associé à la partie fluoroscopie de l'examen.

\*\* facteurs de risque qui seraient encore plus élevés si on tenait compte de la fluoroscopie.

### La dose de rayonnement reçue lors d'un voyage en avion

Lors d'un vol commercial, la dose de rayonnement que reçoivent les passagers est tout à fait prévisible. Les niveaux de doses sont plus élevés près des pôles et plus faibles près de l'équateur [UN77]. Pour un vol entre la côte Est et la côte Ouest des Etats-Unis, l'organisme entier est exposé à une irradiation d'environ 0,3 millirem par heure de vol, soit environ 3,0 millirems pour un vol aller-retour de 10 heures [UN77].

### La dose reçue lors d'un examen aux rayons X

Par contre l'irradiation subie par un patient lors d'un examen radiologique (qu'il soit dentaire ou médical) dépend de qui pratique cet examen : dans certains centres où on ne se préoccupe pas des doses de rayonnement que l'on administre, on peut avoir pour un même examen une irradiation 100 fois plus importante que dans les centres les plus vigilants [Ke81]. Le Docteur Joël Gray, de la clinique Mayo, commente ainsi l'attitude des centres qui se refusent à dire aux patients les doses qu'ils administrent : « Mon sentiment est que s'ils ne veulent pas le dire, c'est qu'ils ne le savent pas, et s'ils ne le savent pas ils font peut être partie des centres qui administrent 100 fois la dose nécessaire » [Gr84].

Le docteur Kenneth Taylor est un expert confirmé en matière de techniques de réduction des doses de rayonnement en radiodiagnostic. Selon lui, les doses standard de rayons X sont 3 à 10 fois plus élevées qu'il n'est nécessaire [Ta79, Ta83 et Ki87]. En ce qui concerne l'examen radiologique de la partie supérieure de la colonne vertébrale, examen si couramment pratiqué chez les adolescentes traitées pour une déviation

de la colonne vertébrale, Nash et ses collaborateurs ont mis au point des techniques permettant de réduire de 28 fois l'irradiation reçue par les seins à cette occasion ; par la suite, Gray et ses collaborateurs ont réduit de 69 fois cette irradiation (et donc le risque de cancer du sein radio-induit) [Gr 83]. Malheureusement, les techniques en question ne sont pas utilisées partout.

Dans le tableau qui précède, les facteurs de risque sont établis sur la base des doses standard administrées aux Etats-Unis lors de chaque examen, telles qu'elles ressortent des enquêtes nationales et de mesures approfondies ([Ke80], données aussi dans [Go85]).

Par conséquent, lorsqu'un patient reçoit une dose de rayons X trois fois plus importante que la dose standard, le facteur de risque figurant dans le tableau doit être multiplié par 3. De la même façon, si la dose de rayons X administrée est 3 fois plus faible que la dose standard indiquée pour cet examen, le facteur de risque doit être divisé par 3.

### **La comparaison des risques ou le facteur de risque**

Aucun examen diagnostique aux rayons X n'irradie l'organisme en entier. L'irradiation liée aux soins dentaires n'atteint qu'une petite partie de l'organisme. Lors d'une mammographie, seuls les seins sont irradiés de façon notable. Même lors des examens de la colonne vertébrale (partie supérieure ou partie inférieure), l'organisme ne se trouve pas exposé en entier. Comment est-il donc possible de comparer l'irradiation partielle du corps lors d'un examen aux rayons X à l'irradiation que subit l'organisme entier lors d'un voyage en avion ?

Il n'est **pas possible** de comparer directement l'irradiation partielle du corps à son irradiation totale. On imagine bien évidemment qu'il y a beaucoup plus de risques de cancer radio-induit si chaque organe reçoit une dose de par exemple 100 millirems que si seuls quelques organes reçoivent ces 100 millirems. Mais la seule façon valable de comparer les examens aux rayons X et les voyages en avion est de calculer séparément les risques d'induction de cancers qu'ils comportent et ensuite de comparer ces risques (et non les doses reçues). Tous les travaux et calculs nécessaires ont été faits et les méthodes utilisées explicitées [Go85]. Les facteurs de risque indiqués dans le tableau sont extraits des tableaux de risques figurant dans ce livre, ainsi que des dernières lignes des tableaux A et B du chapitre 21.

### **Autres opinions**

Supposons quelqu'un pour qui les risques de cancer inhérents à un examen diagnostique aux rayons X sont 2 fois plus faibles que ne l'indique mon analyse [Go85]. La correspondance établie dans le tableau entre le risque de cancer inhérent à un examen aux rayons X et le nombre de

voyages en avion qui lui est de ce point de vue équivalent, cette correspondance sera toujours valable. En effet, le risque de cancer radio-induit sera 2 fois plus faible et pour l'examen aux rayons X et pour le voyage en avion. Autrement dit, le rapport des risques entre un examen aux rayons X et un seul voyage en avion demeure exactement le même. Si un examen comporte par exemple un risque de cancer radio-induit 60 fois plus élevé qu'un voyage en avion (équivalent au risque que comportent 60 voyages en avion), ceci reste vrai si le risque inhérent à chacun est divisé par 2.

### Un considérable pas en avant

L'idée selon laquelle «les experts sont en désaccord» sur l'importance des risques de cancer radio-induit est à peu près aussi fondée que l'idée selon laquelle un examen aux rayons X équivaldrait à la traversée aller-retour des Etats-Unis en avion.

Les comités sur les rayonnements tels que UNSCEAR, BEIR, NCRP et CIPR (1) n'ont jamais réussi à réfuter mes analyses sur les risques de cancers radio-induits [Go72, Go81, Go85, Go86, Go87]. Aucun débat scientifique, dans l'acception classique du terme, n'a eu lieu. Au contraire, la communauté scientifique en arrive progressivement et sûrement, en matière de rayonnements ionisants, aux mêmes conclusions que moi [Be80, Ka82, Nih85, Pr86, To82, Wa83].

L'un de ces centres de recherche importants est la Fondation de Recherche sur les Effets des Rayonnements, financée par les gouvernements américain et japonais. Analysant dans son dernier rapport les données humaines disponibles sur la question, elle reconnaît ([Pr 87], p. 35) que le principal comité international sur les rayonnements, UNSCEAR [Un82], a grandement sous-estimé les risques de cancer radio-induit, d'un facteur 16 environ. Autrement dit la nouvelle évaluation des risques effectuée par la FRER est très proche de la mienne. Ce rapport de la FRER constitue une avancée considérable du réalisme en matière de rayonnements ionisants.

(1) NDT : UNSCEAR = United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation = Comité Scientifique des Nations Unies sur les Effets des Rayonnements Atomiques.

BEIR = Biological Effects of Ionizing Radiations = Les Effets Biologiques des Rayonnements Ionisants (Comité lié à l'Académie des Sciences des Etats-Unis).

NCRP = National Committee for Radiological Protection = Comité National de Protection Radiologique (Organisme officiel américain chargé de préparer et de justifier les normes de protection radiologique pour le compte du gouvernement américain).

CIPR = Commission Internationale de Protection Radiologique (Organisme International chargé de définir et de justifier les normes de protection radiologiques).

**Le principe de base qui doit guider les médecins, les dentistes, les patients ou les parents est qu'il est important d'éviter les surdosages inconsidérés de rayons X [Sch86].** Les centres qui dosent précisément la quantité de rayonnement qu'ils administrent et qui s'attachent à obtenir le maximum d'informations d'ordre diagnostique tout en exposant les patients à un minimum de rayonnements, ces centres méritent la confiance du public et le bénéfice qui en résulte sur le plan de la concurrence.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [Be80] BEEBE G.W., 1980, «What Knowledge Is Considered Certain Regarding Human Somatic Effects of Ionizing Radiation?» Issue Paper # 1, delivered at the National Institutes of Health, Bethesda, Maryland ; March 11, 1980.
- [Go72] GOFMAN J.W., GOFMAN J.D., TAMPLIN A.R., KOVICH E., 1972, «Radiation As an Environmental Hazard», in **Environment and Cancer**, pp 157-86 ; papers presented at the 24th Annual Symposium on Fundamental Cancer Research, 1971, at the University of Texas, M.D. Anderson Hospital and Tumor Institute at Houston (Baltimore, MD : Williams and Wilkins).
- [Go81] GOFMAN J.W., 1981, **Radiation and Human Health** (San Francisco, CA : Sierra Club Books).
- [Go85] GOFMAN J.W., and O'CONNOR E., 1985, **X-Rays : Health Effects of Common Exams** (San Francisco, CA : Sierra Club Books) .
- [Go86] GOFMAN J.W., 1986, «Assessing Chernobyl's Cancer-Consequences : Application of Four Laws' of Radiation Carcinogenesis», paper presented at the **Symposium on Low-Level Radiation, 192nd National Meeting of the American Chemical Society**, Anaheim, California, Sept. 9, 1986.
- [Go87] GOFMAN J.W., 1987, «Carcinogenesis by Ionizing Radiation : The Whole-Body Cancer-Dose», submitted for publication to **Health Physics**. In the peer-review process.
- [Gr83] GRAY J.E., HOFFMAN A.D., PETERSON H.A., 1983, «Reduction of Radiation Exposure During Radiography for Scoliosis», **Journal of Bone and Joint Surgery** 65-A : 5-12.
- [Gr84] GRAY J.E., 1984, In «Everyday Radiation» by Elisabeth Rosenthal, **Science Digest**, March 1984, p. 96.
- [Ka82] KATO H. and SCHULL W.J., 1982, «Studies of the Mortality of A-Bomb Survivors 1950-1978 : Cancer Mortality», **Radiation Research** 90 : 395-432.
- [Ke80] KEREIAKES J.G., and ROSENSTEIN M., 1980, **Handbook of Radiation Doses in Nuclear Medicine and Diagnostic X-Ray** (Boca Raton, FL : CRC Press Inc.).
- [Ki87] KIRCOS L.T., ANGIN L.L., and LORTON L., 1987, «Order of Magnitude Dose Reduction in Intraoral Radiography», **Journal of the American Dental Assn** 114 : 344-7.
- [Na79] NASH C.L., GREGG E.C., BROWN R.H., and PILLAI K., 1979, «Risks of Exposure to X-Rays in Patients Undergoing Long-Term Treatment for Scoliosis», **Journal of Bone and Joint Surgery** 61-A : 371-4.
- [Nih85] National Institutes of Health, 1985, **Report of the NIH Ad Hoc Working Group to Develop Radioepidemiological Tables**, NIH Publication 85-2748, Jan. 4, 1985 (Washington, DC : U.S. Dept. of Health and Human Services).
- [Pr86] PRESTON D.L., KATO H., KOPECKY K.J., FUJITA S., 1986, «Lifespan Study Report 10, Part 1, Cancer Mortality Among A-Bomb Survivors in Hiroshima and Nagasaki, 1950-1982», **Radiation Effects Research Foundation Technical Report 1-86**. (Hiroshima, Japan : RERF).

- [Pr87] PRESTON D.L., and PIERCE D.A, August 1987, «The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors», **Radiation Effects Research Foundation Technical Report 9-87** (Hiroshima, Japan : RERF).
- [Sch86] SCHAFFER D. and HERBERT S., 1986 : *Derace Schaffer, et Steven Herbert, Docteurs en Médecine, sont deux radiologues qui considèrent que toute personne a besoin et est en droit de connaître les doses de rayonnement auxquelles elle se trouve exposée. Ils proposent un service qui permet à chacun d'évaluer facilement les doses de rayonnement qu'il reçoit aussi bien à l'occasion des examens médicaux et dentaires que de l'environnement. Pour plus de renseignements s'adresser à Personal Monitoring Technologies, 88 Elm Street, 4th floor, Rochester, New York 14604.*
- [Ta79] TAYLOR K.W., PATT N.L., JOHNS H.E., 1979, «Variations in X-Ray Exposures to Patients», **Journal of the Canadian Assn of Radiologists** 30 : 6-11.
- [Ta83] TAYLOR K.W., 1983, «Diagnostic Radiology», Chapter 16 in **The Physics of Radiology**, Fourth Edition, edited by H.E. Johns and J.R. Cunningham.(Springfield, IL : C.C. Thomas).
- [To82] TOKUNAGA M., LAND C.E., YAMAMOTO T., ASANO M., TOKUOKA S., EZAKI H., NISHIMORI I., Oct. 23, 1982, «Breast Cancer in Japanese A-Bomb Survivors», **Lancet** ii : 924.
- [Un77] UNSCEAR, 1977, **Sources and Effects of Ionizing Radiation**, Report of the U.N. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (New York : United Nations).
- [Un82] UNSCEAR, 1982, **Ionizing Radiation : Sources and Biological Effects**, Report of the U.N. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (New York : United Nations).
- [Wa83] WAKABAYASHI T., KATO H., IKEDA T., and SCHULL W.J., 1983, «Studies of the Mortality of A-Bomb Survivors. Report 7, Part III, Incidence of Cancer in 1959-1978, Based on Tumor Registry, Nagasaki», **Radiation Research** 93 : 112-46.



**J. W. GOFMAN**

John W. Gofman, M.D., Ph.D., est Professeur Honoraire de Physique Médicale à l'Université de Californie à Berkeley\*, et membre de la Faculté de Clinique de l'Ecole de Médecine de l'Université de Californie à San Francisco. Il est à la fois médecin et docteur en Chimie Physique Nucléaire.

Alors qu'il était étudiant à Berkeley, il participa à la découverte de l'Uranium 233 et démontra son caractère fissile ; puis au cours des années 1941-1943 — et dans le cadre du projet Manhattan — il isole les premières quantités de plutonium exploitable.

Une fois terminées ses études médicales et son internat de médecine, le Docteur Gofman entre à la faculté de Physique Médicale de l'Université de Californie à Berkeley, où il obtient en 1954 le grade de professeur. Il reçoit des fonds de l'Institut National de Cardiologie pour mener ses recherches, connues dans le monde entier, sur les lipoprotéines et les maladies cardiaques. Ces travaux le font choisir en 1974 par le Collège Américain de Cardiologie pour figurer parmi les 25 chercheurs les plus éminents du dernier quart de siècle dans le domaine cardiovasculaire. Il reçoit également le Prix de Médecine Moderne (1952), le Prix des Conférences Lyman Duff (1965) et le Prix Stouffer (1972).

Outre ses fonctions universitaires, le Docteur Gofman devient en 1963 Directeur Associé du Lawrence Livermore Radiation Laboratory (1). Il y crée la Section de Recherche Biomédicale où, à la demande de la Commission pour l'Energie Atomique, il mène des recherches approfondies sur le cancer, sur les chromosomes, sur les relations entre rayonnements et santé humaine.

Au cours de ces études, le Docteur Gofman découvre que les dommages causés à l'Homme par les faibles doses de rayonnement sont bien plus importants que ce qui a été admis jusqu'alors.

En 1973, après avoir démissionné du Livermore Laboratory, il reprend son enseignement à plein temps à l'Université de Californie à Berkeley, et poursuit (de manière tout à fait indépendante) l'analyse des données de plus en plus nombreuses attestant d'une relation entre les rayonnements ionisants et les altérations de la santé humaine.

Le Docteur Gofman est l'auteur de plusieurs livres (dont *Rayonnements et Santé Humaine*, en 1981) et co-auteur de *Rayons X : Effets des Examens Radiologiques Courants sur la Santé* (1985) ; il a collaboré, par plus de 150 articles portant sur divers sujets d'ordre médical, à des journaux scientifiques de premier plan.

D'après le Comité pour la Responsabilité Nucléaire, 1982.

\* 102 Donner Lab, Université de Californie, Berkeley CA 94720.

(1) NDT : *Lawrence Livermore Radiation Laboratory* = laboratoire américain de recherches sur les armes nucléaires.