



**HAL**  
open science

## Les chirurgiens orthopédistes sont-ils soumis à une irradiation oculaire excessive ? Étude prospective de l'irradiation du cristallin en orthopédie-traumatologie

Céline Cuenca, Pierre-Jean Mention, Guillaume Vergnenegre, Pierre-Alain Matthieu, Jean-Louis Charissoux, Pierre-Sylvain Marcheix

### ► To cite this version:

Céline Cuenca, Pierre-Jean Mention, Guillaume Vergnenegre, Pierre-Alain Matthieu, Jean-Louis Charissoux, et al.. Les chirurgiens orthopédistes sont-ils soumis à une irradiation oculaire excessive ? Étude prospective de l'irradiation du cristallin en orthopédie-traumatologie. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, 2019, 105 (3), pp.388-392. 10.1016/j.rcot.2019.02.026 . hal-02626010

HAL Id: hal-02626010

<https://unilim.hal.science/hal-02626010>

Submitted on 22 Oct 2021

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

## Mémoire original

Les chirurgiens orthopédistes sont-ils soumis à une irradiation oculaire excessive ? Etude prospective de l'irradiation du cristallin en orthopédie-traumatologie.

Are orthopedic surgeons exposed to excessive eye irradiation?  
A prospective study of lens irradiation in orthopedics and traumatology.

Céline Cuenca<sup>1</sup> ; Pierre-Jean Mention<sup>2</sup> ; Guillaume Vergnenegre<sup>1</sup> ; Pierre-Alain Matthieu<sup>1</sup> ; Jean-Louis Charissoux<sup>1</sup> ; Pierre-Sylvain Marcheix<sup>1</sup>.

### **Affiliation des auteurs :**

- 1- Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, Centre Hospitalier Universitaire de Limoges. 2 avenue Martin Luther King, 87042 Limoges Cedex, France.
- 2- Service de médecine nucléaire, Centre Hospitalier Universitaire de Angers, 4 rue Larrey, 49933 Angers cedex 9, France.

**Auteur Correspondant** : Céline Cuenca, [celine.cuenca@hotmail.fr](mailto:celine.cuenca@hotmail.fr)

Ne pas utiliser, pour citation, la référence française de cet article, mais celle de l'article original paru dans *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, en utilisant le DOI ci-dessus.

## **Résumé:**

Introduction : De nombreuses études réalisées ces dernières années ont mis en avant le risque augmenté de pathologies liées à l'irradiation chez les soignants en rapport avec l'utilisation des rayonnements ionisants. Un nouveau décret français a été adopté le 4 juin 2018 divisant par 7,5 la dose limite d'irradiation autorisée au niveau du cristallin pour les travailleurs exposés.

Hypothèse: L'hypothèse de notre travail était de vérifier que l'irradiation oculaire d'un chirurgien orthopédiste restait en dessous de la nouvelle limite légale autorisée.

Méthode: Nous avons relevé, chez 10 orthopédistes (5 séniors et 5 internes), de manière prospective la dose équivalente reçue par le cristallin en mSv grâce à 3 dosimètres passifs placés au niveau du front, et de chaque tempe. Chaque intervention par opérateur a été relevée ainsi que la dose par surface en salle opératoire à chaque utilisation de la scopie.

Résultats : Toutes les doses équivalentes au cristallin relevées par opérateurs à la fin des 4 mois restent bien en deçà des limites autorisées. Les doses relevées au niveau du front ne sont pas significativement différentes des doses relevées au niveau des tempes ( $p=0.7$ ,  $p=0.6$ ). Il n'y a pas non plus de différence en fonction de la latéralité de la tête ( $p=0.3$ ). La dose reçue au cristallin est corrélée à la dose émise en salle ( $p=0.004$ ). Il n'y a pas de différence significative d'irradiation en fonction de l'expérience du chirurgien ( $p=0.2$ ) ni en fonction de son taux d'activité de traumatologie ( $p=0.4$ ).

Discussion : Aucune étude n'a retrouvé de dose équivalente au cristallin supérieure à la limite autorisée. Mais aucune étude n'avait auparavant mesuré les doses équivalentes reçues au cristallin en fonction de l'axe d'arrivée des rayonnements au niveau des yeux. Notre étude montre qu'un orthopédiste reçoit autant de rayonnements oculaires de face que sur les côtés. La radioprotection oculaire doit donc être aussi efficace de face que latéralement. L'expérience du chirurgien dans notre étude n'est pas un facteur protecteur de l'irradiation oculaire.

**Mots-clés :** Irradiation ; cristallin ; orthopédie ; traumatologie ; radioprotection

## Introduction

L'irradiation du personnel soignant au cours des actes médico-chirurgicaux est une problématique de plus en plus encadrée et surveillée [1]. Ainsi de nombreuses études réalisées ces dernières années ont mis en avant le risque augmenté de pathologies liées à l'irradiation chez les soignants en rapport avec l'utilisation des rayonnements ionisants [1-5].

La littérature médicale s'intéresse de plus en plus au risque d'irradiation présent au sein d'un bloc opératoire, et l'orthopédie est devenue l'une des chirurgies les plus exposées aux rayonnements ionisants [6-11]. De nombreuses travaux ont déjà mis en avant le risque augmenté de cataracte radio-induite dans les populations exposées [4, 5, 11]. L'irradiation du cristallin a notamment été étudiée chez les radiologues interventionnels. Le risque de cataracte pour cette population semble être en rapport avec une exposition prolongée à de faibles doses de rayonnements ionisants [2]. Le risque relatif de développer une cataracte est également 3 fois plus élevé dans une population de cardiologues interventionnels par rapport à une population comparable non exposée [12].

L'hypothèse de notre travail était que la dose d'irradiation du cristallin d'un chirurgien orthopédiste était inférieure aux nouvelles normes dictées par la directive Euratom, adoptée le 30 Mai 2013 par la Commission Européenne et ayant abouti au décret français n° 2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants [13].

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la dose d'irradiation au cristallin reçue par un chirurgien orthopédiste au cours d'une période de 4 mois d'activité mixte d'orthopédie et de traumatologie et de comparer cette dose aux nouvelles normes dictées par la directive Euratom.

Notre critère de jugement principal était donc la dose équivalente relevée par les dosimètres passifs sur une période de 4 mois en mSv par opérateur.

Les objectifs secondaires étaient :

- De comparer la dose d'irradiation en salle opératoire à celle reçue par le cristallin du chirurgien (critère de jugement secondaire représenté par les doses totales relevées en salle opératoire en  $\text{cGy.cm}^2$ )
- De comparer la dose d'irradiation au cristallin en fonction du niveau d'expérience du chirurgien

- De comparer la dose d'irradiation au cristallin en fonction du ratio orthopédie/traumatologie d'un chirurgien orthopédiste.

## Matériel et Méthode

### Population de l'étude

Notre étude a été réalisée sur une période de 4 mois allant de décembre 2017 à avril 2018. Cette étude s'est déroulée au sein de notre service d'orthopédie-traumatologie. Les participants avaient initialement été informés des modalités de cette étude. Un consentement oral et écrit a été recueilli pour tous les participants. Pour chaque participant de cette étude, nous avons relevé l'âge, le sexe, le côté dominant. Les chirurgiens orthopédistes inclus dans cette étude devaient avoir une activité mixte d'orthopédie et de traumatologie.

### Mesure de l'irradiation du cristallin

Au cours de chaque intervention nécessitant une imagerie per-opératoire, un système de dosimétrie passive oculaire était porté par les participants à cette étude. Ce système était constitué d'un dosimètre passif entre les 2 yeux et d'un dosimètre passif situé au niveau de chaque tempe. Ces 3 dosimètres passifs étaient, ainsi, situés dans 3 axes différents. Nous pouvions alors relever le rayonnement frontal, latéral droit et latéral gauche (dosimètre frontale = Fr, dosimètre tempe gauche = OG, dosimètre tempe droite = OD). Les dosimètres passifs utilisés ont été fournis par la société DOSILAB et sont de type Hp(0,07). Nous avons utilisé 3 dosimètres par chirurgien (**fig 1 et 2**). Les différents systèmes étaient rangés à la fin de chaque journée d'utilisation dans un espace libre de tout rayonnement. Cet espace était contrôlé par un dosimètre témoin.

3 types d'amplificateurs de brillance différents ont été utilisés au cours des 4 mois étudiés :

- 1 amplificateur dit « ampli-main » type XiScan® société FM CONTROL donnant les doses en  $\text{mGy.cm}^2$
- 2 amplificateurs dit « grosses articulations » : 1 type Siremobil Compact L® société SIEMENS, 1 type PHILIPS BV Endura®, donnant les doses en  $\text{Gy.cm}^2$  et  $\text{cGy.cm}^2$  respectivement.

Les amplificateurs dit « grosses articulations » étaient manipulés et déclenchés par un infirmier. Tandis que les amplificateurs dit « ampli-main » étaient manipulés et déclenchés par le chirurgien.

Les doses irradiées par les amplificateurs étaient relevées en fin d'intervention et notées dans le dossier du patient. Les données manquantes ont été répertoriées. Etant donné le faible nombre de données manquantes, nous avons supprimé ces données de notre étude statistique. Afin d'obtenir des résultats sur 1 an pour pouvoir les comparer aux seuils légaux donnés pour 1 année, nous avons multiplié les résultats par 3 pour extrapoler les données sur 12 mois.

### 2.3 Analyse Statistique

Les résultats des variables quantitatives sont présentés sous la forme moyenne  $\pm$  écart-type, minimum, maximum et médiane. Ceux des variables qualitatives sont exprimés en fréquences et pourcentages. La vérification des normalités des distributions des variables quantitatives a été réalisée par la méthode de Shapiro-Wilk. Les comparaisons de variables quantitatives (sexe, latéralité... ) entre deux groupes ont été réalisées par des tests du Chi<sup>2</sup> ou des tests exacts de Fisher en fonction des conditions d'application des tests utilisés. Les distributions des variables quantitatives ont été comparées par des tests de Wilcoxon en cas de séries appariées pour comparer les doses équivalentes relevées. Le test de Mann-Whitney (Méthode Monte-Carlo) a été utilisé pour des séries non appariées en raison de la non-normalité des distributions. Le seuil de significativité choisi pour l'ensemble des analyses statistiques est de 0,05. Le logiciel utilisé est SAS 9.1.3 (SAS Institute, Cary, NC, Etats-Unis).

## 3 Résultats

### 3.1 Données épidémiologiques globales

Dix chirurgiens orthopédistes ont été inclus dans cette étude : 5 chirurgiens confirmés (50%) et 5 internes en chirurgie orthopédique pouvant réaliser une intervention chirurgicale en autonomie (50%).

L'âge moyen des participants était de 31,7 ans (26 à 40 ans). Sur les 10 participants, il y avait 8 hommes (80%). Les participants étaient préférentiellement droitiers (8 sur 10, soit 80%).

Sur les 10 participants initialement inclus dans cette étude, 1 participant a été exclu au cours de l'étude suite à un vol du matériel de mesure (10%).

Pendant cette période de 4 mois, il a été réalisé 1227 interventions (655 interventions d'orthopédie – 53.38 % d'orthopédie et 572 interventions de traumatologie – 46.62 %). Chaque participant a réalisé en moyenne 136 interventions sur cette période (91-205). L'activité de traumatologie représentait en moyenne 44.9 % (entre 28.9 et 65.5%) de l'activité chirurgicale des participants soit en moyenne 64 interventions de traumatologie par participants (**Tableau 1**).

Les opérateurs utilisaient l'amplificateur de brillance dans 37,9 % de leurs interventions en moyenne (de 26.8 à 48 %).

### 3.2.Relevé d'irradiation

Le relevé d'irradiation par opérateur est rapporté dans le **tableau 2**. La colonne « données manquantes » correspond aux doses qui n'ont pas pu être relevées pour une intervention. Les données manquantes par opérateur vont de 0 à 9 doses, avec une moyenne de 7 doses manquantes par opérateur sur une moyenne de 136 doses par opérateur (soit en moyenne 3 % de données manquantes, entre 0 et 5%). La dose d'irradiation totale relevée en salle opératoire pendant la période d'étude est en moyenne de 1955.7 cGy.cm<sup>2</sup> (511.8 cGy .cm<sup>2</sup> – 3496.2 cGy.cm<sup>2</sup>) (**Tableau 2**). Les doses relevées par les dosimètres passifs en fonction de leur localisation sont rapportées dans le **tableau 3**. En multipliant les doses relevées par 3, on obtient la dose d'irradiation équivalente reçue par le cristallin sur une période de 12 mois (**Tableau 3**). Ainsi, nous pouvons observer que, pour chacun des opérateurs, les doses relevées dans les 3 axes d'irradiation du cristallin restent bien inférieures au seuil autorisé par la nouvelle réglementation soit 20 mSv/an en dose équivalente au cristallin.

Il existe donc un rapport statistiquement significatif entre les doses d'irradiation relevées dans les salles opératoires et le niveau d'irradiation au cristallin dans chacun des 3 axes (p=0.004).

Notre analyse statistique n'a pas permis de retrouver de différence significative d'irradiation entre l'œil droit et l'œil gauche pour les différents participants, ni entre l'irradiation reçue au niveau du front et l'irradiation reçue par les côtés. Il ne semble donc pas y avoir d'axe d'irradiation prédominant en chirurgie orthopédique et traumatologique lors de l'utilisation d'un amplificateur de brillance (p = 0.3, p=0.7, p=0.6). Par ailleurs, notre étude statistique n'a pas permis de retrouver de différence significative entre le niveau d'expérience du chirurgien et la dose émise en salle (p=0.2) ou la dose reçu au niveau du front (p=0.48). Il en est de même pour le taux d'activité de traumatologie, il n'y a pas de différence significative ni sur la dose totale émise en salle sur 4 mois en fonction du taux de chirurgie traumatologique (p=0.43) ni sur le taux d'irradiation reçu au cristallin (p=0.6).

## 4. Discussion

Notre étude nous a permis de confirmer que les doses d'irradiation du cristallin pour un chirurgien orthopédique sont inférieures au seuil recommandé par la directive Euratom et la législation française. Cette nouvelle directive Euratom limite la dose équivalente au cristallin à 20 mSv par an. Le seuil autorisé pour le cristallin a donc été divisé par 7,5 pour les

populations médicales exposées [13]. Nos résultats sont concordants avec ceux de la littérature qui retrouvent systématiquement des doses d'irradiation inférieures aux doses réglementaires.

Cheriachan et al. sur une analyse de 131 interventions orthopédiques utilisant la scopie a relevé une dose moyenne au cristallin par intervention de 0,02 mSv [10]. Mark L. Wang et al. a relevé les doses cumulées sur 12 mois au niveau oculaire de chirurgiens orthopédistes et ont retrouvé une dose moyenne d'irradiation au cristallin pour un orthopédiste inférieure à 30 millirem par mois soit 0,3 mSv/mois [12]. Attigah et al. ont, quant à eux, étudié la population des chirurgiens vasculaires. Ces auteurs rapportent des doses équivalentes d'irradiation au cristallin bien inférieures au seuil légal. Selon ces auteurs, pour arriver au seuil des 20 mSv équivalent au cristallin, il faudrait émettre une dose par surface de  $932\ 000\ \text{mGy.cm}^2$  [14].

Notre étude a la spécificité d'avoir mesuré les doses équivalentes d'irradiation au cristallin selon 3 axes différents de l'espace. Cette technique de mesure semble être plus représentative de la dose réelle d'irradiation au cristallin puisqu'elle prend en compte les mouvements de la tête du chirurgien au cours d'une intervention chirurgicale. Les autres études publiées jusqu'à présent, n'ont pas pris en compte cette notion. Dans l'étude de Cheriachan et al., le dosimètre était posé soit sur le cache-thyroïde soit sur le tablier de plomb [10]. Dans l'étude de Wang et al. il n'y avait qu'un seul dosimètre, accroché sur une branche de lunette [12]. Enfin dans l'étude de Attigah et al., un seul dosimètre était positionné sur le front [14]. Grâce à notre méthode de mesure, nous avons démontré qu'il n'y a avait pas de différence significative entre l'irradiation frontale, l'irradiation latérale droite et l'irradiation latérale gauche reçues par le cristallin et ce quel que soit le positionnement de la tête de l'opérateur par rapport à la source d'irradiation. Cette dernière observation démontre qu'en cas d'utilisation de lunettes plombées ce dispositif doit être couvrant latéralement afin d'apporter une protection optimale et bilatérale.

Notre étude comme celle de Cheriachan n'a pas mis en évidence de rapport entre le niveau d'expérience du chirurgien et la dose irradiée par surface ou la dose équivalente au cristallin [10]. Seul une étude rapporte une corrélation statistiquement significative entre le niveau d'expérience du chirurgien et la dose irradiée en salle [8]. Il est probable que les opérateurs les plus expérimentés réalisent les interventions de traumatologie les plus compliquées. Ces interventions sont souvent longues et source d'un niveau d'irradiation important. Alors que les chirurgiens moins expérimentés réalisent plutôt la traumatologie dite de routine mais en quantité plus importante.

De même, nous n'avons pas trouvé de corrélation significative entre l'importance de l'irradiation au cristallin et le ratio d'activité orthopédie/traumatologie des chirurgiens de notre équipe. Gausden et al. avaient, quant à eux, mis en avant un taux d'exposition globale bien plus important chez les internes et les séniors spécialisés en traumatologie, tout en restant tout de même bien en deçà des seuils réglementaires [11]. Cette différence d'observation vient probablement de l'organisation même de notre service. Ainsi, nous n'avons pas dans notre centre hospitalier de traumatologue à proprement parler. Chaque chirurgien bénéficie de plages opératoires dédiées alternativement à l'orthopédie et à la traumatologie. Par ailleurs notre service ne prend pas en charge le rachis traumatique qui représente une des sources principales d'irradiation en traumatologie [7, 11].

La cataracte radio-induite est une entité reconnue dont on connaît à présent la physiopathologie et ses conséquences. Même si le seuil d'exposition des chirurgiens orthopédistes reste bien en-deçà du seuil théoriquement pathogène, le principe de précaution reste de mise. Les lunettes de protection des rayonnements ionisants sont, à ce jour, recommandées mais restent encore un matériel rarement utilisé car coûteux et très peu pratique d'utilisation [1, 5, 7, 15]. L'utilisation de ces lunettes de protection ne doit pas être systématique mais réservée aux situations à risque d'irradiation importante et prolongée.

La sensibilisation et l'éducation des praticiens utilisant les rayonnements ionisants au cours de leur activité restent également un enjeu majeur pour éviter les comportements à risque et les conséquences néfastes [1, 9, 10].

### **Limites de l'étude :**

Les dosimètres passifs portés pour l'étude étaient de type Hp(0,07). Or les dosimètres avec une grandeur Hp(3) sont recommandés pour évaluer au mieux la dose reçue par le cristallin. En effet ces dosimètres permettent de calculer la dose d'irradiation reçue sous 3mm de tissus. Cependant dans le cas des irradiations par des photons (X, gamma), ce qui est le type de rayonnement utilisé au bloc opératoire, la différence entre les 2 grandeurs Hp(3) et Hp(0,07) est minime (inférieure à 6% au-delà de 24keV).

Notre étude relève les résultats sur 4 mois, que nous avons extrapolés à 1 an pour pouvoir les comparer avec les seuils légaux donnés pour une année. Il existe un facteur de variation de l'activité en fonction de la période de l'année qui n'a donc pas pu être pris en compte de

manière précise.

Par ailleurs, les différentes études de mesure des irradiations et des doses équivalentes sont difficilement comparables. En effet, une multitude de facteurs entrent en jeu pour rendre les mesures strictement comparables [7, 8, 11]: le type de rayonnement, la marque et le type de l'amplificateur de brillance, la distance du patient par rapport à l'ampli, la distance de l'ampli par rapport au chirurgien, sa position dans la pièce et l'emplacement de la cuve, la zone opératoire...

De plus, et à causes de ces facteurs influençant le niveau d'irradiation, nous n'avons pas réussi à établir un facteur de corrélation entre le niveau d'irradiation total en salle opératoire et le niveau d'irradiation du cristallin d'un chirurgien orthopédique.

## 5. Conclusion

La dose équivalente reçue par le cristallin d'un chirurgien orthopédiste et traumatologue reste donc bien en dessous de la dose limite fixée par les directives Européennes. Cette dose limite est de 20 mSv par an.

Le niveau d'expérience du chirurgien orthopédiste et le type d'activité chirurgicale (orthopédie ou traumatologie) n'a pas d'influence sur le niveau d'irradiation reçu par l'opérateur.

Le seul facteur protecteur contre les rayonnements ionisants reste la protection individuelle par du matériel de radioprotection adapté et contrôlé, comprenant au minimum un tablier circulaire et un cache-thyroïde. Les lunettes de protection contre les rayonnements ionisants doivent être couvrantes afin de bloquer les rayons latéraux. L'utilisation de ces lunettes ne doit pas être systématique mais réservée aux situations à risques.

## **Remerciements :**

Les auteurs remercient Mr Pascal Garaud pour sa contribution à la réalisation de l'étude statistique.

## **Conflits d'intérêt :**

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

**Source de financement :** Aucun financement n'a été reçu.

**Contribution des auteurs :**

Céline Cuenca : écriture de l'étude et de l'article, participation à l'étude

Pierre-Jean Mention : participation à l'écriture du protocole de l'étude et de l'article

Guillaume Vergnenègre : participation à l'écriture du protocole, et participation à l'étude

Pierre-Alain Matthieu : participation à l'étude

Jean-Louis Charissoux : participation à l'écriture de l'article

Pierre-Sylvain Marcheix : participation à l'étude, participation à l'écriture de l'article

## Références

1. Khan DZ, Lacasse MC, Khan R, Murphy KJ. Radiation Cataractogenesis: The Progression of Our Understanding and Its Clinical Consequences. *J Vasc Interv Radiol*. 2017;28(3):412-9.
2. Chodick G, Bekiroglu N, Hauptmann M, Alexander BH, Freedman DM, Doody MM, et al. Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation: a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists. *Am J Epidemiol*. 2008;168(6):620-31.
3. Chou LB, Chandran S, Harris AH, Tung J, Butler LM. Increased breast cancer prevalence among female orthopaedic surgeons. *J Womens Health (Larchmt)*. 2012;21(6):683-9.
4. Kleiman NJ. Radiation cataract. *Ann ICRP*. 2012;41(3-4):80-97.
5. Thome C, Chambers DB, Hooker AM, Thompson JW, Boreham DR. Deterministic Effects to the Lens of the Eye Following Ionizing Radiation Exposure: is There Evidence to Support a Reduction in Threshold Dose? *Health Phys*. 2018;114(3):328-43.
6. Cheriachan D, Hughes AM, du Moulin WS, Williams C, Molnar R. Ionizing Radiation Doses Detected at the Eye Level of the Primary Surgeon During Orthopaedic Procedures. *J Orthop Trauma*. 2016;30(7):e230-5.
7. Gausden EB, Christ AB, Zeldin R, Lane JM, McCarthy MM. Tracking Cumulative Radiation Exposure in Orthopaedic Surgeons and Residents: What Dose Are We Getting? *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(15):1324-9.
8. Loisel F, Menu G, Boyer E, Pluvy I, Obert L. Radiation exposure and the orthopaedic surgeon's hand: Measurement of the equivalent dose over 13 months. *Hand Surg Rehabil*. 2017;36(2):97-101.
9. Matityahu A, Duffy RK, Goldhahn S, Joeris A, Richter PH, Gebhard F. The Great Unknown-A systematic literature review about risk associated with intraoperative imaging during orthopaedic surgeries. *Injury*. 2017;48(8):1727-34.
10. Rashid MS, Aziz S, Haydar S, Fleming SS, Datta A. Intra-operative fluoroscopic radiation exposure in orthopaedic trauma theatre. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2018;28(1):9-14.
11. Wang ML, Hoffler CE, Ilyas AM, Kirkpatrick WH, Beredjiklian PK, Leinberry CF. Hand Surgery and Fluoroscopic Eye Radiation Dosage: A Prospective Pilot Comparison of Large Versus Mini C-Arm Fluoroscopy Use. *Hand (N Y)*. 2017;12(1):21-5.
12. Vano E, Kleiman NJ, Duran A, Rehani MM, Echeverri D, Cabrera M. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. *Radiat Res*. 2010;174(4):490-5.
13. Décret n°2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants. 2018-437 juin 4, 2018.
14. Attigah N, Oikonomou K, Hinz U, Knoch T, Demirel S, Verhoeven E, et al. Radiation exposure to eye lens and operator hands during endovascular procedures in hybrid operating rooms. *J Vasc Surg*. 2016;63(1):198-203.
15. Dalke C, Neff F, Bains SK, Bright S, Lord D, Reitmeir P, et al. Lifetime study in mice after acute low-dose ionizing radiation: a multifactorial study with special focus on cataract risk. *Radiat Environ Biophys*. 2018;57(2):99-113.

## **Figures et légendes**

Tableau 1 : Données épidémiologiques globales

Tableau 2 : Relevé d'irradiation par opérateur.

Tableau 3 : Doses équivalentes relevées par les dosimètres passifs sur une période de 4 et 12 mois en fonction de leur localisation.

fig 1 : montage sur lunettes des dosimètres passifs (3 par opérateur : un frontal, un latéral droit et un latéral gauche) de face.

fig 2 : montage sur lunettes des dosimètres passifs (3 par opérateur : un frontal, un latéral droit et un latéral gauche) de profil.

Tableau 1 : Données épidémiologiques globales

<i>Participants</i>	<i>Nb total d'interventions</i>	<i>Nb d'interventions programmées (%)</i>	<i>Nb d'interventions traumatologie (%)</i>	<i>Nb d'interventions avec amplificateur (%)</i>	<i>Nb interventions de traumatologie avec ampli (%)</i>
1	91	54 (59)	37 (41)	28 (30.8)	26 (70.3)
2	97	69 (71.1)	28 (28.9)	26 (26.8)	21 (75)
3	117	61 (52.1)	56 (47.9)	55 (47)	42 (75)
4	124	85 (68.5)	39 (31.4)	36 (29)	24 (61.5)
5	145	92 (63.4)	53 (36.5)	54 (37.2)	32 (60.4)
6	177	61 (34.5)	116 (65.5)	85 (48)	78 (67.2)
7	154	57 (37)	97 (63)	67 (43.5)	55 (56.7)
8	117	66 (56.4)	51 (43.6)	51 (43.6)	37 (72.5)
9	205	110 (53.7)	95 (46.3)	72 (35.1)	56 (58.9)

Tableau 2 : Relevé d'irradiation par opérateur.

<i>Participants</i>	Dose totale relevée en salle opératoire en cGy.cm <sup>2</sup>	Données manquantes (T/P)
1	563.6	0 – 0 %
2	511.9	4 (3T/1P)- 4.1 %
3	1592.4	1 (1T)- 0.9 %
4	1290	5 (2P/3T)- 4 %
5	2459.4	7 (6T/1P)- 4.8 %
6	3496.2	9 (9T)- 5 %
7	2334.2	7 (7T)- 4.5 %
8	2364.9	3(2T/ 1P)- 2.6 %
9	2988.6	2 (2T)- 1 %

T= en activité de chirurgie traumatologique

P= en activité de chirurgie programmée

Tableau 3 : Doses équivalentes relevées par les dosimètres passifs sur une période de 4 et 12 mois en fonction de leur localisation.

<i>Participants</i> <i>4 mois / 12 mois</i>	Dose équivalente région du Front (Fr)	Dose équivalente région tempe droite (OD)	Dose équivalente région tempe gauche (OG)
1	0.2/0.6 mSv	0.15/0.45 mSv	0/0 mSv
2	0.25/0.75 mSv	0/0 mSv	0.1/0.3 mSv
3	0/0 mSv	0/0 mSv	0.15/0.45 mSv
4	0/0 mSv	0/0 mSv	0.175/0.525 mSv
5	0.225/0.675 mSv	0/0 mSv	0.125/0.375 mSv
6	0.2/0.6 mSv	0.375/1.125 mSv	0.475/1.425 mSv
7	0.25/0.75mSv	0.1/0.975 mSv	0.2/0.6 mSv
8	0.225/0.75mSv	0.325/0.975 mSv	0.25/0.75 mSv
9	0.2/0.6 mSv	0.425/1.275 mSv	0.375/1.125 mSv

Figure 1 :



Figure 2 :

