

## L'exposition des 100 personnels navigants les plus exposés sur la période 2015 - 2019

### Contexte

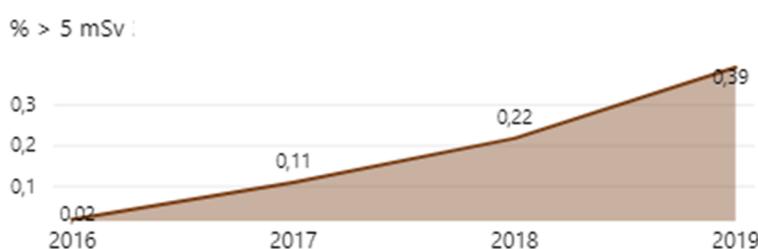
Le rayonnement cosmique est l'une des sources naturelles de rayonnements ionisants. Fortement atténuée par l'atmosphère, l'exposition à ce rayonnement cosmique au niveau de la mer est environ 150 fois inférieure à la dose reçue à 10 km d'altitude. Les personnels navigants (PN) des compagnies aériennes sont par conséquent plus exposés lors des vols ; leur exposition est d'autant plus importante que l'altitude est élevée et que le temps de vol est long. L'exposition varie également avec la latitude, elle est en effet 2 à 3 fois supérieure dans les régions polaires qu'au niveau de l'équateur. Par conséquent, la dose reçue par exposition au rayonnement cosmique est telle que, du point de vue de la radioprotection, elle mérite une attention particulière et requiert un suivi systématique des PN, considérés comme des travailleurs exposés.

Chaque PN classé bénéficie d'une surveillance dosimétrique individuelle mise en œuvre par l'employeur. Celle-ci est effectuée à l'aide de SievertPN (<https://www.sievert-system.org/>), qui permet de calculer la dose à partir des paramètres de vol et des données de présence des personnels à bord fournis par les compagnies aériennes. Ces doses sont ensuite transmises au système SISERI.

Les effectifs suivis de PN, leurs doses collectives et leurs doses individuelles moyennes sont en constante progression depuis 2015 (sauf en 2020 du fait de la situation sanitaire liée à la COVID-19).

La proportion de PN ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv reste globalement faible, mais elle augmente chaque année (0,02 % en 2016 *versus* 0,39 % en 2019). L'effectif sur cette classe de dose a en effet doublé chaque année entre 2016 et 2019.

Le rapport du nombre de PN de sexe masculin sur le nombre de PN de sexe féminin évolue peu au cours du temps (environ égal à 1 sur la période 2015-2019). Mais, la proportion de personnel féminin ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv évolue au cours du temps. En 2018 et 2019, cette proportion de personnel féminin est de 25 % contre 8 % en 2017.

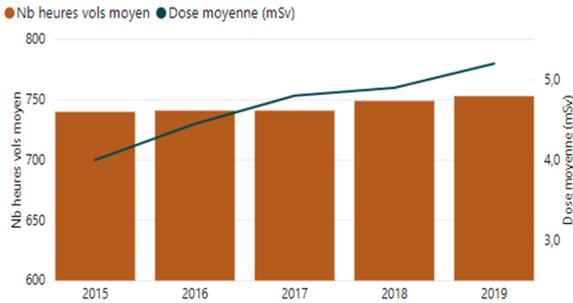


*Répartition (%) des effectifs de personnel navigant exposés à plus de 5 mSv de 2016 à 2019*

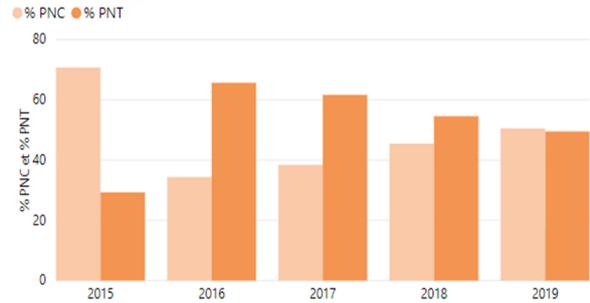
Une étude plus détaillée des résultats de la dosimétrie des 100 PN les plus exposés a été réalisée en s'appuyant sur les données de SievertPN (et de SISERI). Ces PN sont employés par deux compagnies aériennes. Cette étude se limite à la période 2015-2019, pour s'affranchir de biais liés à la baisse d'activité du secteur en 2020 du fait de la crise sanitaire.

### Paramètres influençant l'exposition des PN

Sur la période 2015-2019, une augmentation de la dose individuelle moyenne de ces PN est observée, en lien avec une légère hausse du nombre d'heures de vols moyen : 740 en 2015 *versus* 753 en 2019 (Cf. Figure ci-dessous). La proportion par type de PN (personnel navigant commercial : PNC ou personnel navigant technique : PNT) évolue au cours du temps. En 2015, les PN les plus exposés étaient majoritairement des PNC (environ 70%) et, à partir de 2016, la tendance s'inverse pour en revenir en 2019 à des proportions identiques entre PNC et PNT (Cf. Figure ci-dessous).

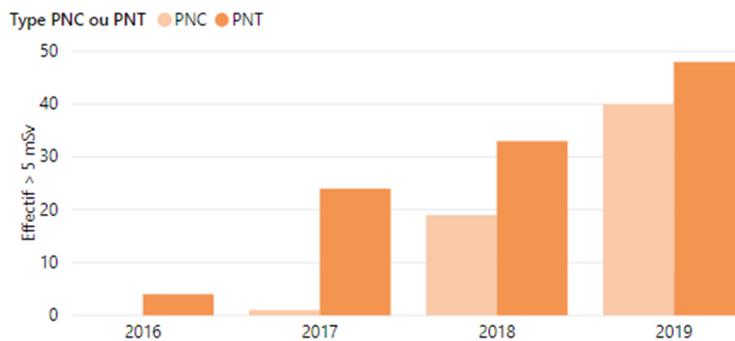


*Doses individuelles moyennes (en mSv) du personnel navigant (courbe) en fonction du nombre d'heures de vols moyen (barres d'histogramme) pour les 100 personnels navigants les plus exposés chaque année sur la période 2015 à 2019*



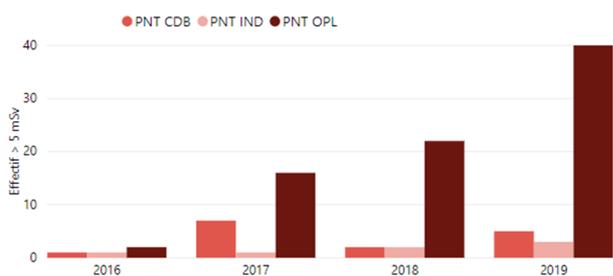
*Répartition (%) des 100 personnels navigants les plus exposés chaque année en fonction de leur type (PNC ou PNT) sur la période 2015 à 2019*

Concernant les PN ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv, une majorité d'entre eux sont des PNT (effectif sur la période 2016-2019 : 109 PNT *versus* 60 PNC), mais le nombre de PNC a tendance à augmenter d'année en année (Cf. Figure ci-dessous).

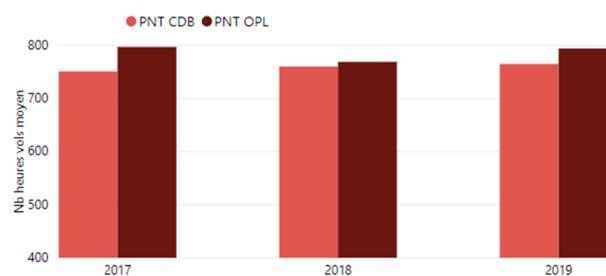


*Répartition des effectifs de personnels navigants ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv en fonction de leur type (PNC ou PNT) sur la période 2016 à 2019*

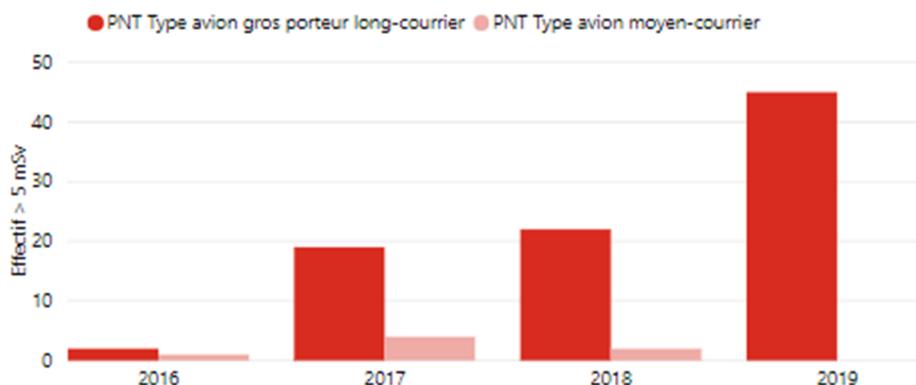
Parmi les PNT ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv, 78 % sont des pilotes de ligne (OPL), 15 % sont des commandants de bord (CDB) et 7 % indéterminés (IND). Le nombre d'heures de vols moyen est un peu plus élevé pour les OPL que pour les CDB (Cf. Figure ci-dessous). Les PNT ont une qualification pour un type donné d'avion (par exemple Airbus A380 ou Airbus A320...). Les PNT ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv sont ceux exerçant principalement sur des avions gros porteurs long-courriers avec des profils de vols (altitude) et sur des destinations (Amérique du Nord et Asie) entraînant une exposition plus élevée et, dans une moindre mesure, des travailleurs exerçant sur des avions de ligne moyen-courriers (Cf. Figure ci-dessous). Pour accueillir ces avions gros porteurs, des infrastructures particulières sont nécessaires et, en 2018, Los Angeles, San Francisco, New York, Washington, Mexico, Shanghai, Abidjan et Johannesburg figuraient parmi les destinations possibles. Une combinaison de vols, incluant des vols moins dosants, pourrait permettre une optimisation des doses reçues par les PNT.



*Répartition des effectifs de personnels navigants techniques (PNT) ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv en fonction des métiers sur la période 2016 à 2019*

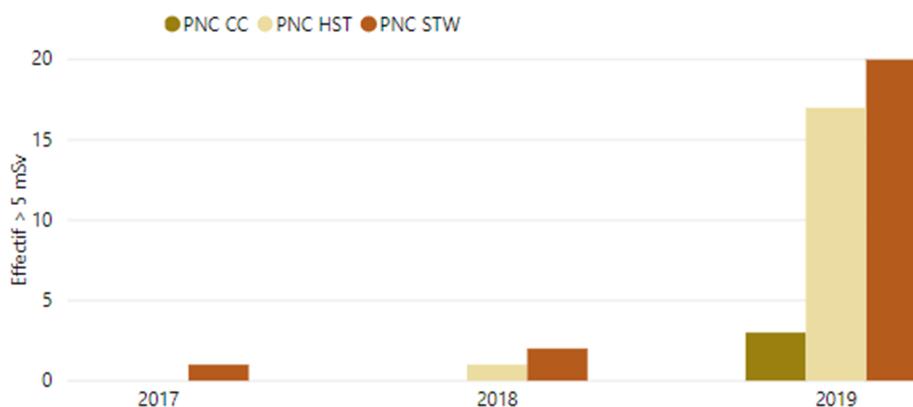


*Répartition du nombre d'heures de vols moyen pour les personnels navigants techniques (PNT) ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv en fonction des métiers sur la période 2017 à 2019*



*Répartition des effectifs de personnels navigants techniques (PNT) ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv en fonction du type d'avion sur la période 2016 à 2019*

Parmi les PNC ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv, 52 % d'entre eux sont des stewards (STW), 41 % sont des hôtesses (HST) et 7 % des chefs de cabine (CC) (Cf. Figure ci-dessous). Ces PNC les plus exposés font des vols longs courriers à destination de l'Amérique et de l'Asie et, dans une moindre mesure, à destination de l'Afrique. Un système de rotation des destinations pourrait permettre une diminution des doses reçues par les PNC. Contrairement aux PNT qui n'ont qu'une qualification pour un type d'avion (type long-courrier, type moyen-courrier ...), les PNC volent sur plusieurs types d'avions et sont assez nombreux à être formés sur les avions gros porteurs long-courriers. Ils effectuent environ un vol par mois sur ce type d'avion (contre environ cinq vols par mois pour les PNT).



*Répartition des effectifs de personnels navigants commerciaux (PNC) ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv en fonction des métiers sur la période 2016 à 2019*

### Enseignements

Cette étude a permis d'identifier les facteurs influençant l'exposition des PN, indépendamment de la baisse observée entre 2019 et 2020 dans un contexte de décroissance de cette activité liée à la COVID-19.

Les personnels navigants civils font partie des catégories professionnelles parmi les plus exposées tous secteurs d'activité confondus (en seconde place après les travailleurs du secteur de la fabrication du combustible dans le domaine nucléaire). L'exposition de ces personnels navigants a par ailleurs augmenté sur la période 2015-2019. Cette étude révèle des disparités de niveaux d'exposition entre les personnels navigants en fonction de leur type (PNC ou PNT) et en fonction du type de métier exercé. Parmi les PNT ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv, la majorité sont pilotes sur des avions gros porteurs long-courriers. Parmi les PNC ayant reçu une dose supérieure à 5 mSv, la majorité sont stewards sur des vols long-courriers. Même si le métier de stewards ressort, le type de vol et la rotation des personnels entre moyen et long-courriers sont les principaux facteurs qui influencent l'exposition. En application du principe ALARA, une planification adaptée des vols (rotation avec des vols moins longs, itinéraires moins dosants) pourrait permettre une réduction de la dose d'exposition. En dehors des conditions de vols (nombre d'heures, destination, type d'avion), la période est un autre paramètre à prendre en considération dans la dose reçue compte tenu de la variation de l'exposition liée au cycle solaire. Sur la période 2015-2019, ce cycle s'est trouvé dans une phase de décroissance de l'activité solaire, pouvant également aller dans le sens d'une exposition plus importante (l'intensité du rayonnement cosmique circumterrestre présente en effet une corrélation inverse avec l'activité solaire, en lien avec la modulation de la magnétosphère par les rayonnements émis par le soleil).