



**HAL**  
open science

## Voyages aériens et grossesses : risques et recommandations, revue de littérature

Nicolas Brothier

► **To cite this version:**

Nicolas Brothier. Voyages aériens et grossesses : risques et recommandations, revue de littérature . Médecine humaine et pathologie. 2017. dumas-01676514

**HAL Id: dumas-01676514**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01676514>**

Submitted on 5 Jan 2018

**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.

**Université de Bordeaux**  
**UFR des Sciences Médicales**

Année 2017

Thèse n° 164

**THESE POUR L'OBTENTION DU**  
**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE**

présentée et soutenue publiquement le 6 novembre 2017 à Bordeaux

par Nicolas Brothier

Né le 29 septembre 1986 à Talence (Gironde)

***Voyages aériens et grossesses : risques et recommandations***

***Revue de littérature***

**COMPOSITION DU JURY**

**Président du jury**

**Monsieur le Professeur Dominique DALLAY**

**Membres du jury**

**Monsieur le Professeur Jacques HOROVITZ**

**Monsieur le Docteur Jean Roger SASSIN**

**Monsieur le Docteur Yves MONTARIOL**

**Monsieur le Docteur Sébastien BISCONTE**

**Directeur de thèse**

**Monsieur le Dr Jean Roger SASSIN**

**Rapporteur de thèse**

**Monsieur le Docteur Yves MONTARIOL**

## REMERCIEMENTS

***A monsieur le Professeur Dallay,***

Vous me faites le grand honneur de porter de l'intérêt à ce travail et de présider ce jury de thèse. Veuillez accepter l'expression de ma sincère gratitude.

***A monsieur le Professeur Horovitz,***

Vous avez accepté de faire partie de ce jury, veuillez trouver ici en retour l'expression de mon plus profond respect.

***A monsieur le Docteur Montariol, maître de conférence associé,***

Je suis sensible à l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de porter un jugement sur mon travail et vous remercie de m'avoir accordé votre temps et votre expérience pour la réalisation de celui-ci.

***A monsieur le Docteur Sassin,***

Vous m'avez accompagné durant ce travail et ce malgré la distance. Un grand merci pour votre aide et votre humanité. Vous avez été un de mes Maîtres durant mes études et aujourd'hui vous me faites l'honneur de faire partie de mon jury. Je vous en remercie sincèrement.

***A monsieur le Docteur Sébastien Bisconte,***

Je vous remercie de m'avoir aiguillé et encouragé lors du début de ce travail. Votre aide m'a été précieuse, vous me faites maintenant l'honneur de faire partie de mon jury et je vous en remercie.

***A mon épouse, Carole,***

Merci de m'avoir toujours soutenu, d'être toujours présente à mes côtés que ce soit lors des bons ou des mauvais moments.

***A mes parents,***

Après toutes ces années nous arrivons enfin au bout. Il était temps. Merci d'avoir toujours été là pour moi.

***A mon grand-père Papou,***

Tu m'as montré la voie de la médecine générale, j'espère pouvoir montrer autant d'engagement et de passion que toi. Merci pour tous ces instants passés ensemble.

***A Julien et Sarah,***

Merci à vous deux pour tout le soutien que vous m'avez apporté. A vos côtés à chaque instant de la vie.

***A ma belle-famille, Philippe, Sylvie, Laurent,***

Un grand merci pour m'avoir accueilli à bras ouverts dans votre famille et pour le soutien que vous m'apportez.

***A mon parrain Jean François,***

Merci de m'avoir permis de me lancer lors de mes premiers remplacements de médecine générale, que des bons moments partagés, et surtout lors des M2 !

***A mes amis de fac, Pierre, Chacha, Pablo, Balou, Titi, Xabi, JB, Mathieu, Sylvain,***

A toutes ces années passées ensemble, à connaître tous les coins de la fac, à partager tous ces fous-rires, ces moments de bonheur, mais aussi ces préparations aux examens, aux doutes, aux victoires, aux défaites. Merci d'être là les amis !

***A mes amis de toujours, Nainbus, Darch, Guigui, Cheap,***

Votre amitié m'est très précieuse et m'a permis d'avancer que ce soit dans ma vie privée ou professionnelle. Vous faites partie de la famille.

***A la team Marmandaise, Sophie Cha, Annabelle, Fifou, Pierre, Mika,***

Merci pour toutes ces parties de coinches et de squashes, mais surtout pour toutes nos belles réflexions médicales !

## TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX .....	6
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	7
ABREVIATIONS.....	8
I INTRODUCTION.....	9
II RAPPELS PHYSIOLOGIQUES.....	10
II.1 Modifications physiologiques lors de la grossesse.....	10
II.1.1 Modifications cardiovasculaires.....	10
II.1.2 Modifications respiratoires.....	11
II.1.3 Modifications hématologiques et de la coagulation.....	12
II.1.4 Modifications rénales.....	14
II.1.5 Modifications hépatiques.....	14
II.1.6 Modifications endocriniennes.....	14
II.2 Modifications physiologiques de la grossesse lors des vols.....	16
II.2.1 Modifications respiratoires.....	16
II.2.2 Modifications cardiovasculaires.....	17
II.3 Exposition aux rayonnements ionisants lors des vols.....	18
II.3.1 Définition.....	18
II.3.2 Législation sur les rayonnements en France.....	19
III MATERIELS ET METHODES.....	23
IV RESULTATS.....	24
IV.1 Les différents risques du vol lors de la grossesse.....	26
IV.1.1 Le risque thromboembolique.....	26
IV.1.1.1 Facteurs spécifiques liés aux vols.....	26
IV.1.1.2 Influence de la durée de vol.....	27
IV.1.1.3 Grossesse, vol, et risque thromboembolique.....	29
IV.1.2 Le risque des radiations ionisantes.....	32
IV.1.3 Le risque sur les issues de grossesse lors des vols.....	36

IV.1.4 Les risques physiques .....	38
IV.2 Les recommandations.....	39
IV.2.1 Le risque thromboembolique.....	39
IV.2.2 Les radiations ionisantes.....	41
IV.2.3 Issues de grossesse.....	41
IV.2.4 Les risques physiques.....	43
V DISCUSSION.....	44
V.1 Le risque thromboembolique.....	44
V.2 Le risque ionisant.....	45
V.3 Le risque sur les issues de grossesse.....	47
V.4 Les risques physiques.....	48
Proposition d'une fiche conseil pour les voyageuses enceintes pouvant être remise lors d'une consultation.....	49
VI CONCLUSION.....	51
VII BIBLIOGRAPHIE.....	52
VIII ANNEXES.....	56

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Modifications hémodynamiques au cours de la grossesse.....	11
Tableau 2 : Bilan 2012 des doses individuelles annuelles des personnels navigants de l'aviation civile (Air France, Régional, Air Calédonie, Unijet).....	21
Tableau 3 : Bilan 2012 des doses individuelles annuelles des personnels navigants de l'aviation militaire.....	21
Tableau 4 : Incidence des embolies pulmonaires en fonction de la distance de vol, exprimée en nombre de cas par million de passagers, arrivant à l'aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle par 2500 Km.....	28
Tableau 5 : Trois voies pour estimer le risque thromboembolique chez une femme enceinte lors d'un vol.....	31
Tableau 6 : Augmentation du risque de cancer dû à l'exposition prénatale aux rayonnements ionisants.....	35
Tableau 7 : Issue de grossesse chez les passagères et le personnel navigant.....	37
Tableau 8 : recommandations du British journal of haematology de 2010.....	40
Tableau 9 : Proposition de recommandations concernant le risque thromboembolique en fonction de la durée de vol et des comorbidités des femmes enceintes.....	45
Tableau 10 : Dose reçue en fonction de l'altitude pour les vols subsoniques et supersoniques.....	47

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Chaîne normale de la Coagulation.....	13
Figure 2 : Fréquence cardiaque et saturation de l'hémoglobine en oxygène lors des différentes phases de vol chez une femme enceinte.....	16
Figure 3 : Fréquence cardiaque fœtale lors des différentes phases de vol.....	17
Figure 4 : Calcul de la dose reçue via le système SIEVERT.....	20
Figure 5 : Distribution des doses reçues par le personnel navigant d'Air France.....	22
Figure 6 : Diagramme de flux des articles inclus dans la recherche bibliographique.....	25
Figure 7 : Incidence des embolies pulmonaires en fonction du genre et de la distance du vol, exprimée en nombre de cas par million de passagers arrivant à l'aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle par 2500 Km.....	29
Figure 8 : Le risque thromboembolique est plus élevé chez les femmes enceintes, en particulier dans la période post-partum, et augmente avec l'âge.....	30
Figure 9 : Différence entre effet déterministe et stochastique.....	34
Figure 10 : Variation du débit de dose avec l'altitude.....	46
Figure 11 : Altitude des vols subsoniques et supersoniques.....	46



## ABREVIATIONS

ACOG : American College of Obstetricians and Gynecologists

ADN : Acide désoxyribonucléique

CRF : Capacité résiduelle fonctionnelle

EP : Embolie Pulmonaire

FAA : Federal Aviation Administration

HBPM : Héparine de bas poids moléculaire

IC : Intervalle de confiance

IMG : Interruption médicale de grossesse

IRSN : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

MESH : Medical Subject Headings

mGy : Milligray

mSv : Millisievert

OMS : Organisation mondiale de la santé

PNC : Personnel navigant commercial

PNN : Polynucléaire neutrophile

PNT : Personnel navigant technique

ROGC : Royal College of Obstetricians and Gynaecologists

SA : Semaine d'aménorrhée

SIEVERT : Système d'information et d'évaluation par vol de l'exposition au rayonnement cosmique dans le transport aérien

# I INTRODUCTION

Les premières compagnies aériennes ont vu le jour dans les années 1920. Depuis, en dépit des conflits militaires, des attentats ou encore des crises économiques, le trafic aérien n'a cessé de se développer.

La distance parcourue, tout comme le nombre de passagers, ont continuellement augmenté. Il suffit de comparer la caravelle et l'airbus A 380 pour entrevoir l'ampleur du phénomène.

A l'heure actuelle, des millions de personnes voyagent par avion tous les jours.

Effectivement, voyager par avion est devenu très courant et accessible, ainsi, 3,7 milliard de personnes ont voyagé en avion dans le monde en 2016, et ce chiffre ne cesse d'augmenter. Il est devenu courant de voir des femmes enceintes dans les passagers.

En effet, l'incidence de la grossesse pendant les vols est de 0,93 pour 1000 passagers.(1)

Les trajets en avion peuvent être nécessaires pour certaines femmes enceintes que ce soit pour voyager, aller travailler, ou parce qu'elles font parties des personnels navigants commerciaux (PNC) ou des personnels navigants techniques(PNT).

De plus, 80% des PNC sont des femmes dont 60% sont en âge de procréer, et parmi les pilotes civils, 5% sont des femmes.(2)

Voyager pendant la grossesse pose donc la question de la sécurité pour le fœtus et pour la femme, et les médecins sont fréquemment questionnés sur ce sujet.

Nous avons donc essayé de mettre en exergue les différents risques auxquels le fœtus et la femme enceinte peuvent être exposés lors des vols.

## II RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

Lors de la grossesse, il y a des modifications physiologiques qui sont à prendre en compte pour évaluer le risque lors des vols :

### II.1 Modifications physiologiques de la grossesse(3)

#### II.1.1 Modifications cardio-vasculaires

Les modifications cardiovasculaires se produisent à partir de 6 semaines d'aménorrhée (SA).

On constate tout d'abord une augmentation du volume sanguin circulant plasmatique (de l'ordre de 40 à 50 %) et dans une moindre mesure du volume globulaire (de l'ordre de 15%). Cette augmentation du volume sanguin circulant, associée à une diminution des résistances vasculaires systémiques et pulmonaires et à une tachycardie, induit une augmentation du débit cardiaque de l'ordre de 30 à 40 %.

En effet, on constate une augmentation de 30% au cours du premier trimestre avec un maximum de 40% entre 24 et 28 SA puis le débit cardiaque chute de 10 à 20 % au troisième trimestre par la baisse du volume d'éjection systolique.

Au niveau de la pression artérielle, on constate une diminution de 10 mm Hg pour la diastolique et 5 mm Hg pour la systolique.

Toutes ces modifications circulatoires disparaissent entre quelques jours et 6 semaines après l'accouchement. (Tableau 1)

Au niveau de la structure cardiaque, on retrouve une cardiomégalie avec augmentation des 4 cavités, surtout l'oreillette droite, une hypertrophie ventriculaire gauche modérée et une augmentation de la contractilité et du diamètre des anneaux valvulaires.

Cela induit une régurgitation valvulaire pulmonaire et tricuspide chez 90% des femmes et 30% ont une insuffisance mitrale minime.

Toutes ces modifications structurales reviennent à la normale entre 2 et 24 semaines du post partum.

Au niveau biologique, il n'y a pas de modification des troponines, il y a une diminution du taux de bnp et pro bnp, les DDimeres augmentent d'environ 100 ng/ml par mois de grossesse, donc devant une suspicion de thrombose ils sont toujours positifs et le dosage n'a

donc d'intérêt que si le taux est très faible pour exclure le diagnostic. Les CPK augmentent lors du travail et jusqu'à 24 heures après.

Paramètres	Avant la grossesse	Pendant la grossesse	A l'accouchement
Débit cardiaque (L/min)	4-5	6 (+30 % à 50 %)	+30%
Volume d'éjection systolique (ml)/volume sanguin	65	72 (+30 à 50 %)	+300 ml
Fréquence cardiaque (battement/min)	70	85 (+17%)	Augmente si douleur
PAS/PAD (mmhg)	110/80	105/70 (-5/-10)	Augmente si douleur
Osmolarité (mOsm/L)	287	272	
Volume plasmatique (ml)	2500	3800	
Volume globulaire (ml)	1500	1800 (+15%)	

Tableau 1 : Modifications hémodynamiques au cours de la grossesse, d'après Van Mook

### **II.1.2 Modifications respiratoires**

Au niveau respiratoire, une hyperventilation est provoquée chez la femme enceinte par la sécrétion de progestérone dès le premier trimestre.

L'hyperventilation provoque une hypocapnie de l'ordre de 30 mm Hg entraînant une alcalose respiratoire. Cette alcalose respiratoire est compensée par une augmentation de sécrétion rénale de bicarbonates.

L'augmentation du volume de l'utérus entraîne une diminution de 20% de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF).

Il existe une augmentation du risque de désaturation car la grossesse augmente de 20% la consommation en O<sub>2</sub>, et de plus elle est associée à la diminution de la CRF.

Sur le plan biologique, la pression partielle en oxygène (PaO<sub>2</sub>) est augmentée et la pression partielle en dioxyde de carbone (PaCO<sub>2</sub>) est diminuée, les bicarbonates (HCO<sub>3</sub>) sont diminués, et le Ph est stable.

### **II.1.3 Modifications hématologiques et de la coagulation**

Coagulation :

La grossesse s'accompagne d'un état d'hypercoagulabilité dû à une augmentation des différents facteurs de coagulation et à une diminution de la fibrinolyse et des inhibiteurs de la coagulation. (Figure 1)

En effet :

- augmentation du fibrinogène qui atteint entre 5 et 6 g/l en fin de grossesse (entre 2 et 3,5 normalement),
- le facteur VII et X peuvent atteindre 120% à 180% de la normale,
- le facteur VIII augmente,
- les facteurs II V et XI sont peu modifiés,
- les facteurs XIII et XI diminuent respectivement de 50 et 65% en fin de grossesse.

De plus, il existe une diminution de l'activité fibrinolytique avec :

- l'anti-thrombine III diminue de 11%,
- la protéine C ne diminue pas,
- la protéine S diminue fortement.

Ainsi, l'activité fibrinolytique diminue progressivement au cours de la grossesse puis se normalise rapidement après la délivrance.

En post partum, les anomalies de la coagulation se normalisent en 6 semaines alors que la fibrinolyse se normalise beaucoup plus rapidement :

- l'activité fibrinolytique se normalise dans les 30 min après l'accouchement,
- fibrinogène et facteur VIII diminuent légèrement pendant le travail puis reviennent aux valeurs normales vers la sixième semaine après l'accouchement,
- l'anti-thrombine III diminue encore après l'accouchement puis revient à la normale en 7 à 10 jours.

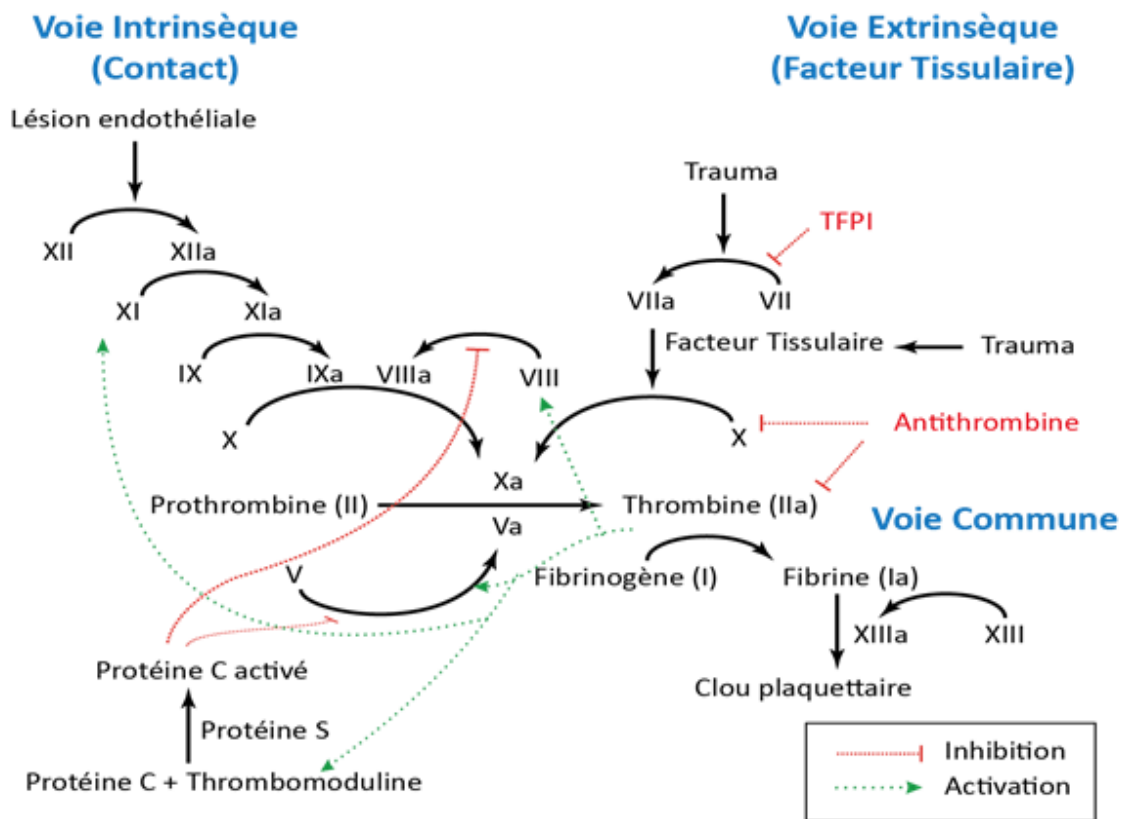


Figure 1 : Chaîne normale de la Coagulation

Hématologique :

L'augmentation du volume plasmatique n'est pas compensée par une augmentation suffisante de l'érythropoïèse aboutissant à une fausse anémie de dilution.

L'augmentation de l'érythropoïèse induit une consommation en fer et en folate.

Au niveau des globules blancs, on retrouve une hyperleucocytose à polynucléaires neutrophiles (PNN).

L'hyperleucocytose à PNN débute au premier trimestre et s'accroît en fin de grossesse. Elle peut aller jusqu'à 16000/mm<sup>3</sup>.

Au total : diminution de l'hémoglobine, de l'hématocrite, augmentation des polynucléaires neutrophiles.

### **II.1.4 Modifications rénales**

On constate :

-Une augmentation du débit de filtration glomérulaire de 30 à 50% : elle débute dès la sixième semaine et est maximale aux deuxième et troisième semestres. Cela est dû à l'augmentation du débit cardiaque et à la diminution des résistances vasculaires qui induisent une augmentation du flux plasmatique rénal.

-Une augmentation de l'excrétion de sucre réducteur : 90% des femmes enceintes non diabétiques présentent une glycosurie liée à une augmentation de la quantité de glucose filtrée et à une diminution de la capacité maximale de réabsorption tubulaire du glucose.

-Une diminution des volumes plasmatiques de la créatinine et de l'urée liée à l'augmentation du débit de filtration glomérulaire. Ainsi, des valeurs considérées comme normales dans la population générale peuvent refléter une pathologie rénale chez la femme enceinte. (Urémie supérieur à 4  $\mu\text{mol/l}$  et créatininémie supérieur à 70  $\mu\text{mol/l}$ )

### **II.1.5 Modifications hépatiques**

Il n'y a pas de modification hépatique durant la grossesse hormis le dosage des phosphatases alcalines qui est augmenté du fait de la sécrétion de phosphatases alcalines placentaires.

### **II.1.6 Modifications endocriniennes**

L'unité foetoplacentaire sécrète une importante quantité d'hormones stéroïdiennes qui modifie le fonctionnement des glandes endocriniennes maternelles :

-la progestérone s'élève au premier trimestre et atteint son maximum vers 32 SA,

-la testostérone augmente dès le quinzième jour après le pic de LH, son taux se normalise rapidement dans le post partum,

-Au niveau surrénalien, on retrouve une augmentation de production de cortisol libre sous l'influence de l'hyperoestrogénie. Le taux de cortisol libre urinaire et circulant augmente pendant la grossesse, pouvant atteindre des taux retrouvés dans le syndrome de cushing.

L'élévation du cortisol plasmatique atteint un pic entre le premier et deuxième trimestre puis se stabilise en plateau au troisième trimestre.

L'aldostérone est augmentée tout au long de la grossesse, avec une sécrétion fortement stimulée lors de l'accouchement.

Au niveau thyroïdien, l'hyperoestrogénie entraîne une augmentation de la protéine de transport (TBG) qui accroît la liaison de T3 et T4. La production thyroïdienne augmente de 40% dès le premier mois, 75% au 3ième mois. Il en résulte une augmentation de T3 et T4 totales, en revanche, les concentrations de T4 et T3 libres ne sont que peu modifiées.

La TSH diminue en début de grossesse chez 10 à 20 % des femmes, il faut donc surveiller la fraction libre de T3 et de T4 pour ne pas méconnaître une hyperthyroïdie.

La glycémie est modifiée avec une augmentation de la sensibilité à l'insuline faisant diminuer les glycémies de 10 % à la fin du premier trimestre. Au fil du deuxième trimestre apparaît une insulino-résistance provoquant une augmentation des glycémies post prandiales.



## II.2 Modifications physiologiques de la grossesse lors d'un vol

### II.2.1 Modifications respiratoires :

La saturation en oxygène de l'hémoglobine varie lors du vol en fonction de l'altitude et donc de la pressurisation. Pour un vol commercial, la pression atmosphérique dans l'appareil est ramenée à des pressions équivalentes à 1700 mètres d'altitude environ.

Il a été mesuré, lors des vols commerciaux, la variation de saturation en oxygène de l'hémoglobine chez les femmes enceintes. On retrouve une diminution de la saturation en oxygène parallèlement à la diminution de la pression atmosphérique dans l'appareil et à l'augmentation de l'altitude de l'appareil, avec une diminution maximale de 25% lors de la phase de vol en altitude maximale(4). (figure 2)

Concernant la fréquence respiratoire, elle varie entre 20 et 26 respirations par minute, avec une augmentation lors de la phase de décollage et d'atterrissage.

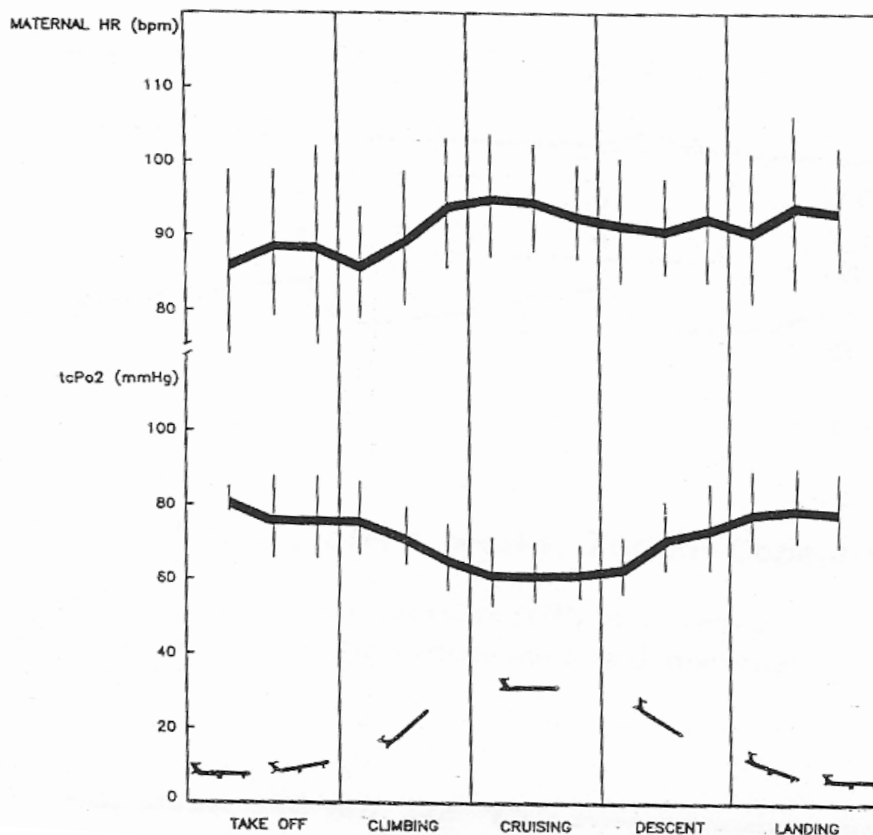


Figure 2 : fréquence cardiaque et saturation de l'hémoglobine en oxygène lors des différentes phases de vol chez une femme enceinte, d'après Huch

## II.2.2 Modifications cardiovasculaires :

Durant le vol, on constate une augmentation significative de la fréquence cardiaque. Trois pics sont retrouvés, un lors du décollage, un lors de la phase de vol et un lors de l'atterrissage(4). (figure 2)

La pression artérielle, elle aussi, augmente lors du vol avec un maximum lors de la phase de vol de croisière.

Cette accélération du rythme cardiaque et cette augmentation de la pression artérielle sont dues à une baisse de la pression partielle en oxygène et donc de la saturation en oxyhémoglobine, liée à la pressurisation de la cabine (altitude ramenée à 1500-2400 mètres).

Au niveau du fœtus, il n'y a pas de modification du rythme cardiaque en relation avec l'hypoxie maternelle car le fœtus présente une saturation de base plus basse et son hémoglobine fœtale fixe plus fortement l'oxygène(4). (Figure 3)

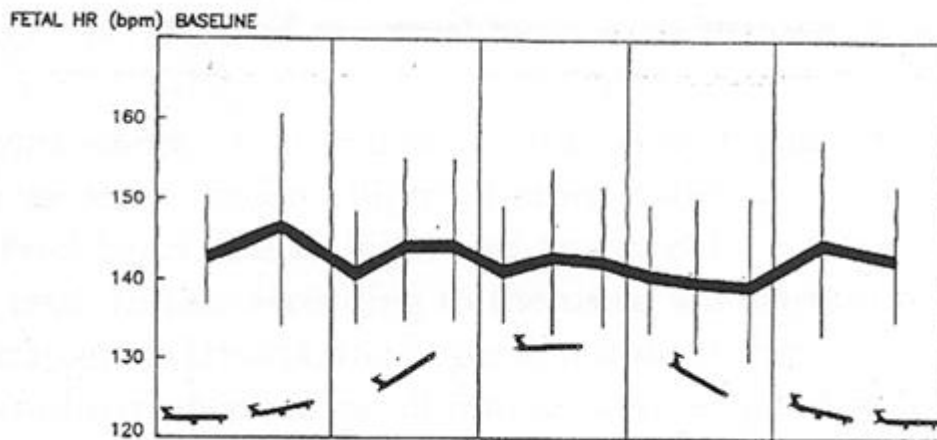


Figure 3 : fréquence cardiaque fœtale lors des différentes phases de vol, d'après Huch

Autres modifications : On retrouve une sécheresse de l'air avec une hygrométrie plus basse, induisant une déperdition hydrique et un assèchement des muqueuses.

## **II.3 Exposition aux rayonnements ionisants lors des vols :**

### **II.3.1 Définition :**

L'homme est exposé en permanence aux rayonnements ionisants selon deux origines : une exposition naturelle due aux rayonnements telluriques et cosmiques, et une exposition artificielle liée aux activités humaines (médicale, professionnelle).

Les radiations ionisantes liées à une exposition naturelle sont de 2 types :

-Les rayonnements telluriques :

Ils sont liés à la présence dans la croûte terrestre d'éléments naturels radioactifs de demi vie longue : les radionucléides primordiaux (uranium 235,238 thorium 232), leurs descendants, et le potassium 40.

Ces radionucléides déterminent pour l'homme :

-Une exposition externe dont l'intensité varie avec la nature géologique des sols. La moyenne en France est de 0,50 mSv par an, avec des chiffres allant jusqu'à 3 mSv dans les régions granitiques comme le Massif central ou la Bretagne.

-Une exposition interne, représentée par l'inhalation de radon, gaz radioactif naturel, principale source d'exposition naturelle pour l'homme (1,40 mSv/an).

-Le rayonnement cosmique :

Il a 2 origines :

-Le rayonnement galactique, provenant de l'explosion d'étoiles ou supernovæ, qui est composé de protons (87%), d'électrons, de neutrons et d'ions lourds.

-Le vent solaire composé de protons (99%) et d'électrons, dévié par le champ magnétique terrestre et qui concentre ses lignes de force vers les régions polaires. Du fait de la nature dipolaire du champ magnétique terrestre et de sa rigidité magnétique, la pénétration des particules est plus importante au niveau des pôles que de l'équateur où l'exposition sera donc plus faible.

Au total, l'exposition externe due au rayonnement cosmique est estimée en France au niveau de la mer à 0,35 mSv/an. Elle varie en fonction de la latitude (elle est plus forte aux pôles qu'à l'équateur), de l'altitude (sa valeur double environ tous les 1500m) mais aussi avec l'activité solaire.

Le comité scientifique des Nations unies pour l'étude des radiations ionisantes évalue à 2,4 mSv la dose moyenne annuelle mondiale par habitant liée à la radioactivité naturelle.(5)

### **II.3.2 Législation sur les rayonnements en France :**

L'augmentation du rayonnement cosmique en fonction de la durée de vol et de l'altitude soumet le personnel navigant à une exposition professionnelle, avec un risque de dépassement de la dose maximale autorisée.

Les 2 derniers textes de loi légifèrent sur ce point :

- DIRECTIVE 2013/59/EURATOM DU CONSEIL du 5 décembre 2013(6), il fixe les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultants des rayonnements ionisants.
- JORF n°0181 du 6 août 2013 page 13401 texte n° 34 : Arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants(7), permettant la mise en œuvre de la protection contre les rayonnements ionisants.

Le code du travail impose donc une prise en compte du rayonnement naturel en milieu professionnel, ce qui est le cas de l'exposition au rayonnement cosmique des personnels navigants.(5)

#### **Système de calcul SIEVERT**

Pour permettre une bonne application de la réglementation, la direction générale de l'aviation civile et l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) ont mis en place un outil de calcul de dose en fonction du vol.

Cet outil est appelé Système d'information et d'évaluation par vol de l'exposition au rayonnement cosmique dans le transport aérien(SIEVERT). Il a été mis en place pour pallier aux difficultés de gestion de port de dosimètre individuel.

Dans le système SIEVERT, l'espace aérien est découpé en 265000 secteurs qui font l'objet de mesures régulières de débit de dose par l'IRSN. Ce dernier applique un débit de dose sur des modèles scientifiques validés par des mesures du rayonnement. Le système SIEVERT a pour but de calculer, grâce à un algorithme, le temps passé par les avions dans chaque secteur de l'espace aérien et les doses d'exposition correspondantes. Le cumul de ces doses nous donne la dose finale reçue à la fin du vol. (figure 4)

Chaque compagnie aérienne peut déposer un fichier électronique des vols à effectuer dans le répertoire qui lui est réservé, sur le serveur internet de SIEVERT. Le système calcule alors la dose de rayonnement estimée pour chaque vol. Il appartient ensuite à l'entreprise d'affecter les doses par vol aux personnels navigants concernés. En fonction des doses cumulées à une date donnée, la personne en charge des plannings adapte les rotations afin que le personnel navigant ne soit pas soumis à une surexposition.

## Evaluez la dose reçue

**DÉPART :**

Pays : Sélectionnez un pays ▼

Ville : Aucun pays sélectionné ▼

Date : 13/07/2017  
(locale)

Heure : 00 ▼ 00 ▼  
(locale)

**ARRIVÉE :**

Pays : Sélectionnez un pays ▼

Ville : Aucun pays sélectionné ▼

Date : 13/07/2017  
(locale)

Heure : 00 ▼ 00 ▼  
(locale)

Type d'avion : Subsonique ▼

Calculer la dose de rayonnements cosmiques reçue lors de ce vol [Calculer](#)

"Sous réserve des modifications de la réglementation locale, les dates et heures du vol prennent en compte le décalage horaire et éventuellement l'heure d'été. Vérifier la durée du vol."

Figure 4 : calcul de la dose reçue via le système SIEVERT

Depuis 2001, Air France utilise le système informatisé SIEVERT qui permet, grâce à la cartographie des débits de dose validée par l'IRSN, d'obtenir la dose reçue pour chaque vol.

La dose moyenne annuelle du personnel navigant d'Air France est autour de 2,3 mSv (supérieure à la dose moyenne des travailleurs exposés chez EDF).

Le rapport de 2012 de l'IRSN (8) a analysé l'exposition professionnelle au rayonnement ionisant du personnel navigant de 4 compagnies aériennes. La dose individuelle moyenne est de l'ordre de 1,8 mSv et la dose individuelle maximale s'élève à 4,4 mSv. (tableau 2)

Le tableau 3 présente un bilan des doses établies pour les personnels navigants de l'aviation militaire. A la différence du bilan présenté dans le tableau 2, ces doses ne sont pas le résultat d'un calcul, mais sont issues de mesures à l'aide de dosimètres individuels. (8)

Effectif	Répartition des doses individuelles annuelles (mSv)					Dose moyenne (mSv)	Dose maximale (mSv)
	< 1	1 à 2	2 à 3	3 à 4	4 à 5		
20 823	3 887 (18,7%)	7 700 (33,2%)	6 922 (32,1%)	2 261 (15,4%)	53 (0,6%)	1,8	4,4

Tableau 2 : Bilan 2012 des doses individuelles annuelles des personnels navigants de l'aviation civile (Air France, Régional, Air Calédonie, Unijet)

Effectif	Répartition des doses individuelles annuelles (mSv)		Dose moyenne (mSv)	Dose maximale (mSv)
	< 1	≥ 1		
487	458 (94%)	29 (6%)	0,4	2,6

Tableau 3 : Bilan 2012 des doses individuelles annuelles des personnels navigants de l'aviation militaire

Pour une femme enceinte, la législation restreint la limite recommandée pour le fœtus à un équivalent de dose d'1 mSv pour la durée restante de la grossesse sans dépasser 0,5 mSv sur un mois.(2)

Rappelons que l'exposition moyenne pour un français est de 2,4 mSv par an, qu'un scanner thoracique est de 10 mSv, qu'une radiographie pulmonaire expose de 0,05 à 0,1 mSv et qu'une interruption médicale de grossesse se discute à partir de 200 mSv.

Un article français de 2011 a relevé les doses d'irradiation pour le personnel d'AIR France.

Lorsque l'on regarde la distribution annuelle des doses, on constate que seulement 5% de la population navigante est au-dessus de 4 mSv, 2 ou 3 individualités mordent légèrement sur les 5 mSv.

Environ 10% des pilotes et 20% des hôtesses et stewards sont au-dessous de 1 mSv. Les graphes montrent bien les 2 pics de distribution centrés sur 1,5 mSv, correspondant au court et moyen-courrier, et sur 3 mSv, correspondant au long courrier.(9)(figure 5)

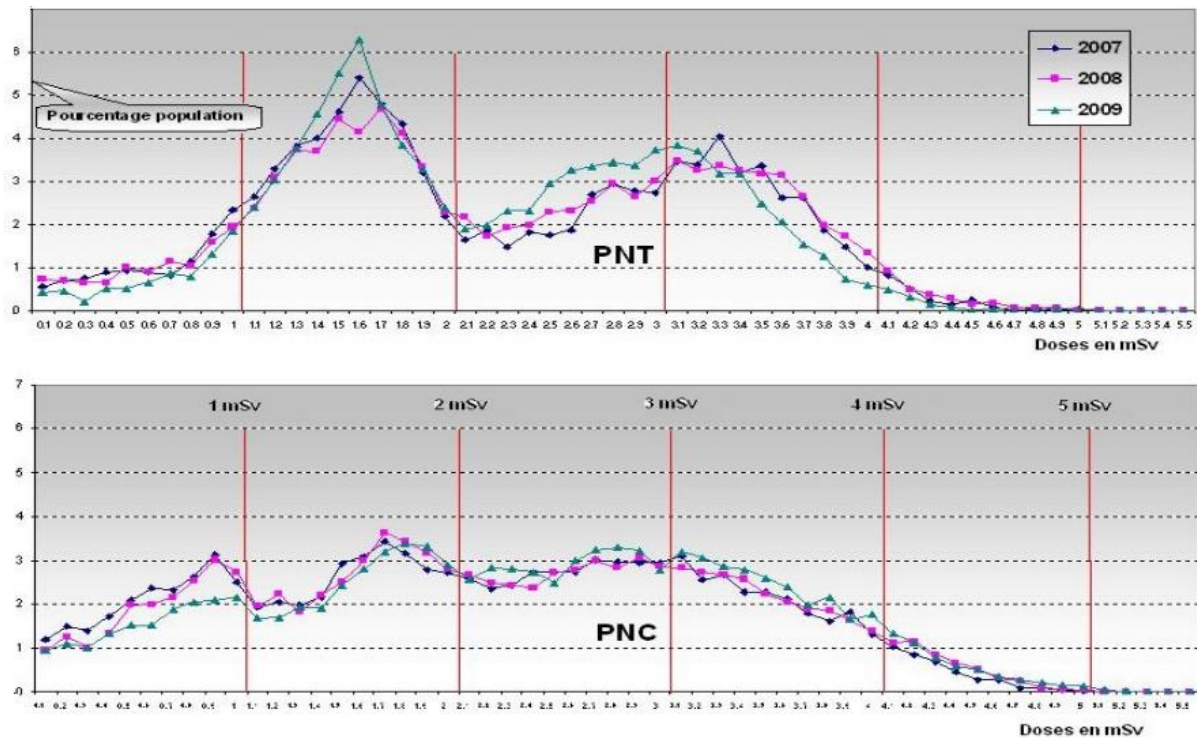


Figure 5 : Distribution des doses reçues par le personnel navigant d'Air France d'après Desmaris.(9)

### Èvènement solaire (éruption solaire) :

Les éruptions solaires sont des èvènements irréguliers qui peuvent significativement modifier le taux de rayonnement cosmique. Elles peuvent durer de quelques secondes à quelques heures.

En juillet 2000, une éruption solaire a émis une dose de 200  $\mu\text{Sv}$  par heure. The fédéral aviation administration(FAA) a estimé pour cet èvènement, pour une altitude de 12000 mètres, une dose de 630  $\mu\text{Sv}$  pour 3 heures de vol, 735  $\mu\text{Sv}$  pour 5 heures de vol et 832  $\mu\text{Sv}$  pour 10 heures de vol. En additionnant la dose d'une PNC enceinte, avec ce type d'èvènement solaire, cela peut dépasser 1mSv facilement.

Il est important de noter que ces èvènements sont de courtes durées, il est donc facile de décaler un vol de quelques heures afin d'éviter la période de haute radiation.

Les données sont accessibles en temps réel via « The Space environment center of the national oceanic and atmosphéric administration ». Ces organismes recommandent une altitude maximale de vol pour abaisser la dose en dessous de 20  $\mu\text{Sv}$  en une heure.

Pour les femmes enceintes (PNC/ PNT/ voyageuses fréquentes) il est possible de calculer la dose en fonction de leur vol via the FAA sur internet.

### III MATERIELS ET METHODES

L'objectif principal de cette thèse est donc de passer en revue l'état des connaissances actuelles sur les risques particuliers auxquels les femmes enceintes sont exposées lors des vols commerciaux.

Ces risques concernent aussi bien les passagères, le personnel navigant commercial ou bien les pilotes.

Dans un second temps, nous passerons en revue les recommandations et les informations pour les femmes enceintes désirant voyager lors de la grossesse.

Pour répondre à la problématique, une revue systématique de littérature scientifique a été réalisée.

Tout d'abord, des recherches simples ont été effectuées dans la littérature afin d'identifier un certain nombre de mots clés qui ont par la suite permis d'identifier des thèmes de recherche.

La base de données électroniques utilisée pour notre revue de littérature est PubMed avec des combinaisons de mots clés MeSH (Medical Subject Headings).

J'ai utilisé des combinaisons de mots clés MeSH différentes qui m'ont permis de dégager deux problématiques :

- Quels sont les risques materno-fœtaux liés aux vols ?
- Quelles sont les recommandations de bonnes pratiques concernant la grossesse et les vols commerciaux ?

Les critères d'exclusion étaient :

- article ni en anglais ni en français,
- article antérieur à l'année 2000.



Les combinaisons de mots clés MeSH utilisées pour analyser les risques et les recommandations liés aux vols sont les suivantes :

« AIR TRAVEL » AND « PREGNANCY »

« PREGNANCY » AND « AIR TRAVEL » AND « RADIATION »

« PREGNANCY » AND « AIR TRAVEL » AND « THROMBOEMBOLISM »

« PREGNANCY » AND « AIR TRAVEL » AND « OUTCOMES »

La durée de la période de recherche a été de 1 an à partir de janvier 2016. Elle s'est déroulée en 3 temps. La première période de recherche a permis d'identifier les mots clés ; et les articles selon la combinaison Air travel AND Pregnancy ont été inclus. Une deuxième période de recherche a permis d'intégrer les articles selon les autres combinaisons de mots clés. Enfin dans un troisième temps, fin 2016, la même recherche selon les 4 combinaisons de mots clés a été réalisée afin d'inclure les derniers articles.

## **IV RESULTATS**

À partir de ces recherches bibliographiques obtenues par l'interrogation de PubMed, nous avons effectué un premier tri, selon le titre et le résumé. Les publications potentiellement éligibles ont été récupérées en version intégrale, et une première sélection d'articles à inclure a été établie. Dans un second temps, nous avons considéré les références bibliographiques de cette première sélection d'articles (en excluant les publications déjà retenues). Nous avons récupéré les articles potentiellement éligibles et effectué une deuxième sélection.

Au total, 35 articles ont été retenus pour notre recherche. (figure 6)

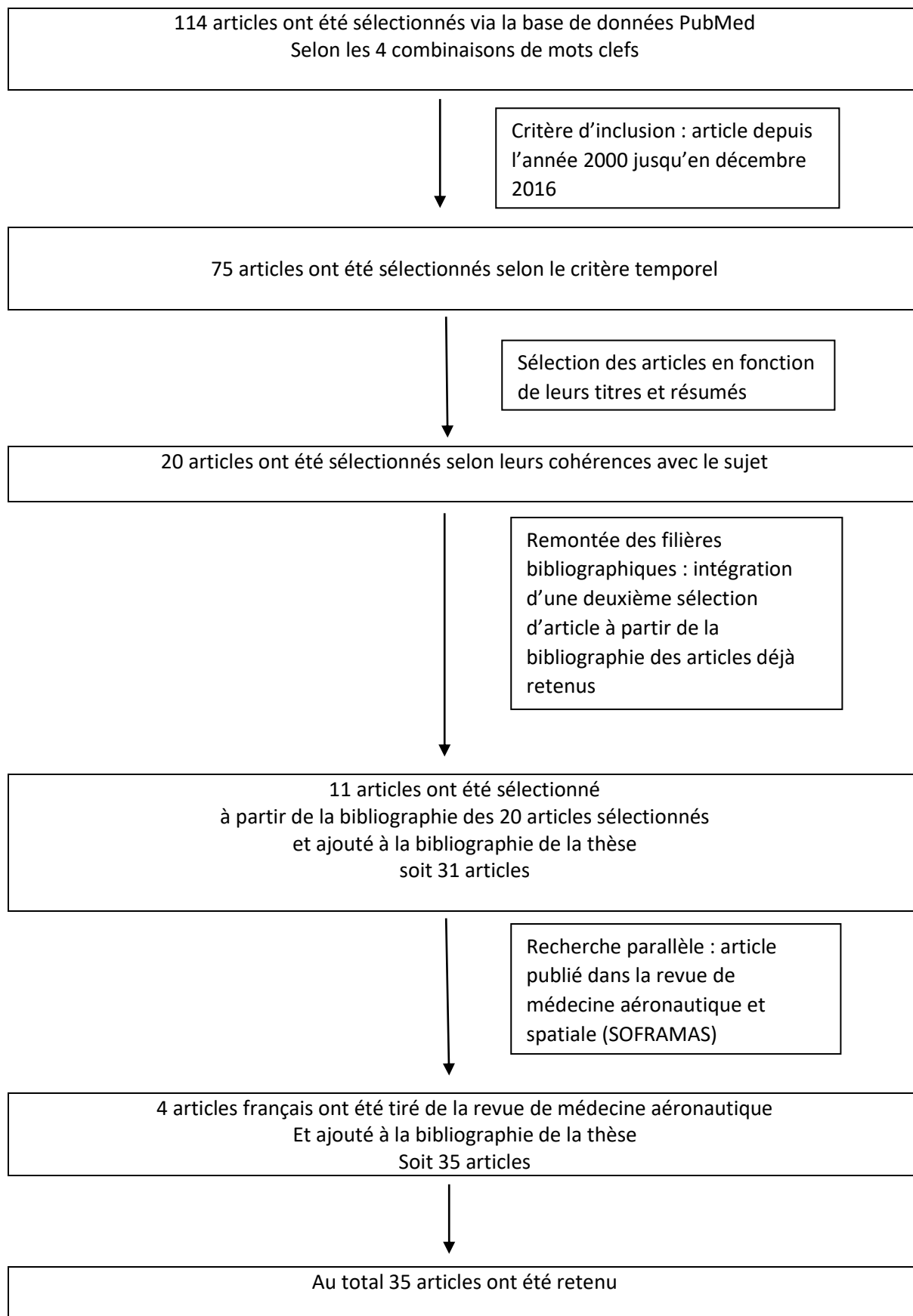


Figure 6 : Diagramme de flux des articles inclus dans la recherche bibliographique

Lors de cette revue de littérature, différents risques ont été mis en exergues, nous allons maintenant détailler ces différents risques.

Nous avons vu dans les modifications physiologiques de la grossesse et du post partum qu'il y avait déjà une augmentation du risque thromboembolique due à l'augmentation de l'activité de l'hémostase, à et une baisse de la fibrinolyse.

Nous allons donc faire le point sur les différentes études publiées concernant le risque thromboembolique chez les femmes enceintes lors des voyages en avions.

## **IV.1 Les différents risques du vol lors de la grossesse**

### **IV.1.1 Le risque thromboembolique**

#### **IV.1.1.1 Facteur spécifique lié au vol**

Bien évidemment il faut prendre en compte les spécificités d'un avion de transport afin d'évaluer le risque thromboembolique.

Les voyages en avion pour la classe économique s'effectuent sur des sièges étroits, il en résulte une position inconfortable durant les vols de longue durée. Anatomiquement, la compression du siège provoque un « coudage » des veines poplitées externes.

Cette position provoque une stase veineuse avec une réduction du flux sanguin veineux de 2/3 dans les membres inférieurs, ce qui induit un état pré thrombotique.

Ces facteurs provoquent donc une hémococoncentration et diminuent l'activité fibrinolytique contribuant à cet état pré thrombotique.(10–12)

L'hypoxie et l'hypobarisme induits par l'altitude sont également des facteurs qui réduisent l'activité fibrinolytique et conduisent au largage par le mur des veines de facteur relaxant, ce qui provoque une stase veineuse.(13)

L'hypoxie lors des vols longues distances active les facteurs de l'inflammation et l'activation plaquettaire qui conduisent à une augmentation de la coagulation et de l'activité plaquettaire.

De plus, le taux d'humidité dans la cabine est aux alentours de 15%. La baisse de l'humidité diminue graduellement avec la montée en altitude, et lors des vols prolongés, avec comme

conséquence la sudation et l'augmentation des mucosités des passagers. Cet effet est vu après environ 3-4 h de vol.(12)

Associé à cela, les consommations de café et d'alcool lors des vols augmentent la diurèse.

Ces facteurs combinés conduisent à un état de déshydratation pouvant aider à la formation de thrombus. (14)

#### **IV.1.1.2 Influence de la durée de vol**

Différents articles se sont penchés sur l'influence de la durée de vol et le risque thromboembolique.

Chandra *et al.* dans une méta analyse ont résumé les résultats de 14 études. Avec un total de 4055 cas de thromboses, le risque relatif de thrombose chez tous les voyageurs était de 2,8(IC 95% 2,2-3,7). De plus, le risque relatif augmente de 26% chaque fois que la durée du vol augmente de 2 heures.(15)

Deux autres études ont été réalisées sur le risque d'embolie pulmonaire immédiatement après l'arrivée des passagers à l'aéroport. Ces 2 études retrouvent un risque de 0,1 par million de passagers pour les vols courts et ce risque augmente plus le trajet est long, pour monter jusqu'à 5 par million de passager quand le vol dépasse les 10000 Kms.(16,17)

Une autre cohorte a estimé le risque absolu de thrombose après un vol chez 9000 salariés utilisant fréquemment l'avion sur une période de 5 ans. Le risque a été estimé à 1 pour 4656 voyageurs (IC 95% 1/7526, 1/3163). Pour les longs courriers, le risque de thrombose augmente de 3,2 fois au cours d'une période de huit semaines après le vol puis revient à la normale.(18)

Kuipers *et al.* dans une revue de littérature, ont montré que les vols longue distance augmentent le risque thromboembolique de 2 à 4 fois et que le risque est augmenté après 4 heures de vol. De plus, le risque absolu d'un évènement thromboembolique symptomatique dans les 4 semaines suivant un vol de plus de 4 heures est de 1/4600 vol. Le risque d'embolie pulmonaire immédiatement après un vol augmente avec la durée du vol jusqu'à 4,8 par million de passagers, pour les vols de plus de 12 heures. (19)

Une étude française a analysé les patients victimes d'une embolie pulmonaire(EP) à l'aéroport Charles de Gaulle. Plus de 135 millions de passagers ont constitué le groupe témoins.

L'incidence des EP était de 0,4 cas par million de passagers, elle passait à 4,8 cas pour des vols de plus de 10000 km avec une cassure de la courbe pour des vols entre 5000 et 7500 km.(20) (tableau 4)

Cela démontre bien que la durée du vol est un facteur de risque prédominant dans la survenue d'une embolie pulmonaire lors d'un vol.

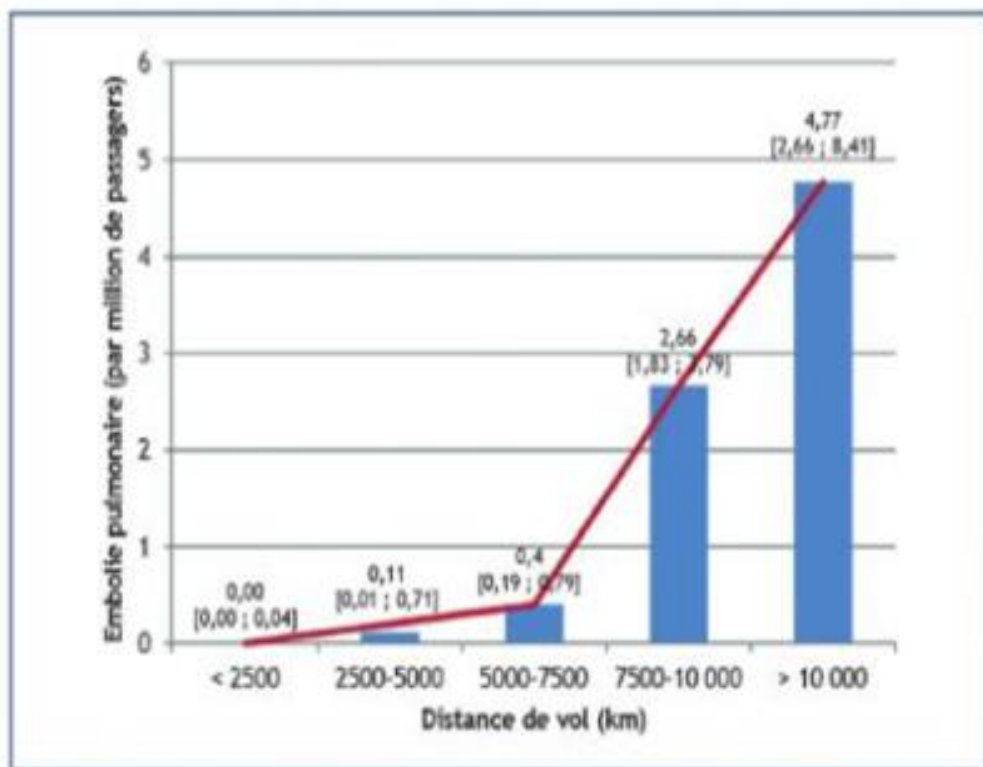


Tableau 4 : Incidence des embolies pulmonaires en fonction de la distance de vol, exprimé en nombre de cas par million de passagers, arrivant à l'aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle par 2500 Km, d'après Lapostolle.(20)

Une étude madrilène de méthodologie similaire a retrouvé les mêmes résultats avec une incidence de 0,39 cas par million de passagers(17).

D'après les auteurs, ces résultats sont sous-estimés car n'ont été incluses que les embolies pulmonaires graves prises en charge par le service médical de l'aéroport. Les patients avec une thrombose veineuse ou une embolie pulmonaire non grave n'ont pas été inclus. Après un voyage prolongé, devant des symptômes mineurs, les passagers quittent l'aéroport sans consulter le service médical. Or l'embolie pulmonaire peut survenir plusieurs semaines après le voyage aérien.

D'après ces différentes études il a été mis en évidence que le risque de thrombose chez les voyageurs est lié au facteur temps. Le seuil de 4 heures de vol semble être la limite où le risque peut augmenter. De plus ce risque augmenterait avec le temps de vol par tranche de 2 heures. Le risque thromboembolique lors d'un vol serait d'environ 1/4656 voyageur, et ce risque augmenterait de 2 à 4 fois pour les longs trajets.

#### IV.1.1.3 Grossesse, vol et risque thromboembolique

Regardons maintenant la relation entre grossesse et risque thromboembolique.

Dans une étude française, l'influence du genre sur le risque thromboembolique a été étudié. Un groupe témoin de 540734 passagers arrivant de Tahiti a été constitué, tous ont effectué un vol de plus de 4100 km. Tous avaient rempli un questionnaire comportant leur genre à l'arrivée. Le sexe ratio dans ce groupe a été comparé avec celui des 116 victimes d'embolie pulmonaire après un voyage de longue durée.

Il a été démontré que lors de vols de plus de 4000 km de long, concernant l'étude du sexe ratio comparé avec celui des 116 victimes d'EP, l'incidence est de 2,3 pour les hommes, alors qu'elle atteint 7,2 cas par million de passagers pour les femmes pour les voyages de plus de 10000 kms (Figure 5).

Le sur risque féminin est donc démontré.(20)

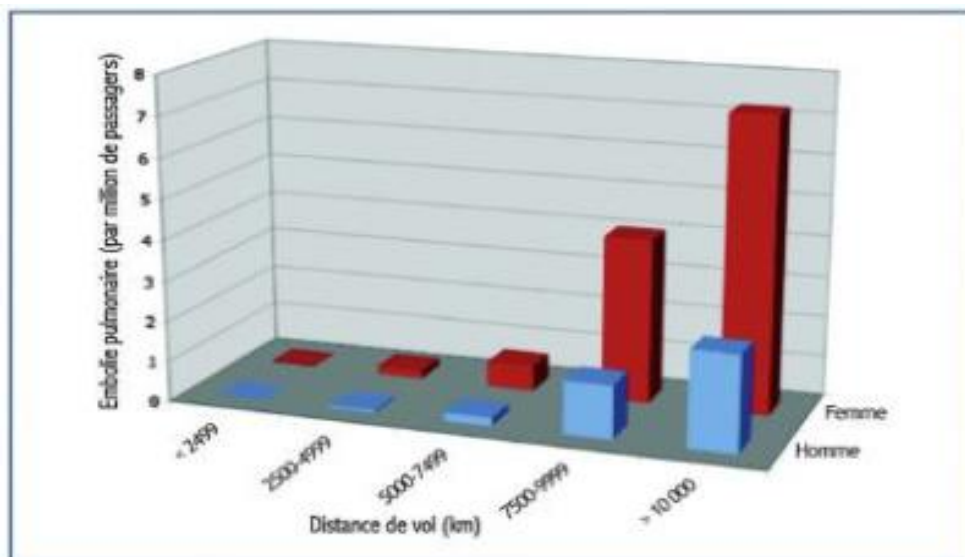


Figure 7 : Incidence des embolies pulmonaires en fonction du genre et de la distance du vol, exprimée en nombre de cas par million de passagers arrivant à l'aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle par 2500 Km, d'après Lapostolle.(20)

Ensuite, plusieurs études ont montré que la grossesse est associée à une augmentation du risque thromboembolique de 5 à 10 fois comparée aux femmes non enceintes. De même, Pomp et al. ont retrouvé que le risque thromboembolique était augmenté de 5 fois (OR 4,6 ; IC 95% 2,7-7,8) comparé à la femme non enceinte. Ce risque est plus élevé au troisième trimestre et encore plus dans les 8 semaines suivant le post partum avec un risque de 20 à 80 fois plus élevé. (21,22). De plus ce risque augmente plus l'âge avance(23). (Figure 8)

Les différents auteurs ont retrouvé que l'incidence des thromboses était de 0,5 à 1,7 pour 1000 accouchements.(21,24)

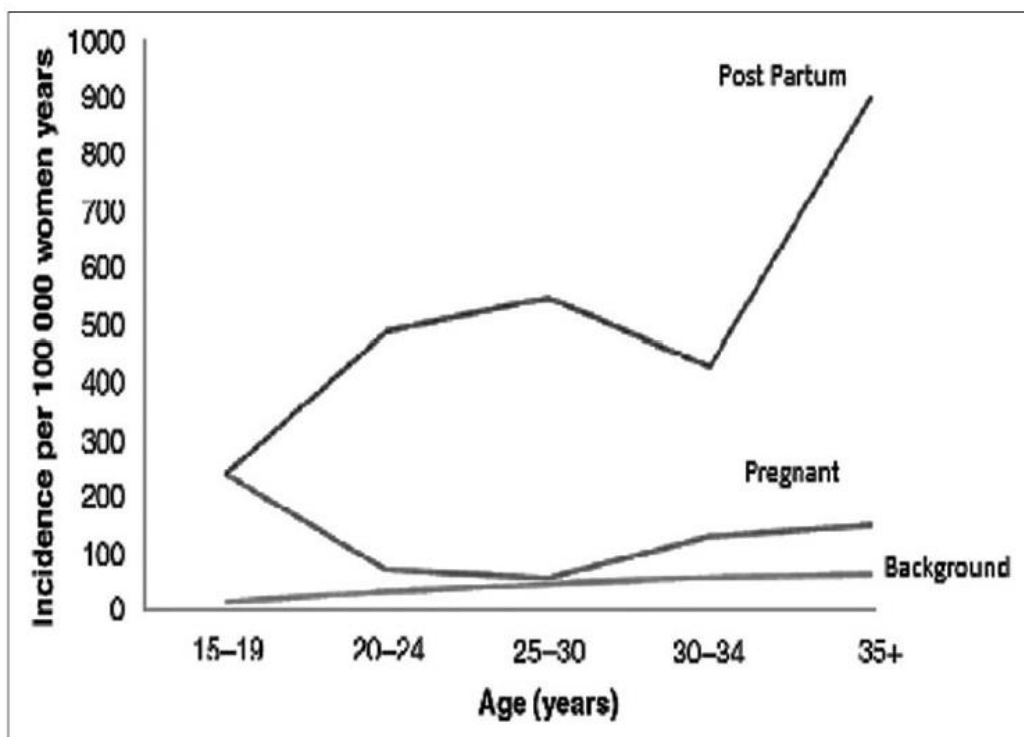


Figure 8 : Le risque thromboembolique est plus élevé chez les femmes enceintes, en particulier dans la période du post-partum, et augmente avec l'âge, d'après Farquharson.(23)

**Donc, comme expliqué lors de la partie physiologie, d'après ces différentes études les femmes enceintes sont plus à risque d'évènement thromboembolique comparé aux femmes non enceintes. Le risque serait plus élevé d'environ 5 à 10 fois comparé à une femme non enceinte. De plus, ce risque augmente en fin de grossesse et lors du post partum, et augmente aussi avec l'âge de la patiente.**

Ensuite, rappelons que d'après le British Committee for standards in Haematology, les thromboses sont attribuables au voyage jusqu'à 8 semaines après le voyage. (25)

On ne peut décider d'une thromboprophylaxie que si le risque de thrombose chez la femme enceinte voyageant en avion est connu. Mais aucune donnée n'a été publiée sur le risque de thrombose veineuse chez la femme enceinte qui voyage par avion.

Une étude de 2013 a voulu estimer ce risque en extrapolant les résultats selon trois voies :

-multiplier le risque absolu de thrombose lors des vols par le risque relatif de thrombose lors de la grossesse. Cela donne un risque de 1 pour 1000 femmes enceintes qui voyagent par avion.

-multiplier le risque absolu de faire une thrombose pendant la grossesse avec le risque relatif de thrombose lors de vol. Cela donne un risque de 0,3 à 0,7 pour 1000 femmes.

-multiplier le risque absolu de faire une thrombose dans la population générale par le risque relatif de thrombose lors des vols et par le risque relatif de thrombose lors d'une grossesse. Cela donne un risque de 1 pour 1000 femmes.(tableau 5)

Au total, ces 3 méthodes estiment que le risque de faire une thrombose veineuse varie entre 0,3 et 1 pour 1000 femmes qui voyagent durant la grossesse. Ces trois estimations sont dans le même ordre de grandeur.(26)

Population	Risque absolu*	Risque relatif lors d'un vol	Risque relatif lors de la grossesse	Risque total	Risque total pour 1 vol lors de la grossesse**
Voyageur en avion	1/5000	NA	5	1/1000	1/1000
Femme enceinte	0,5-1/1000	3	NA	1,5-3/1000	0,3-0,7/1000
Population générale	0,3/1000	3	5	4,5/1000	1/1000

\*par nombre de femme / \*\*risque total multiplié par 8/36, non nécessaire pour calculer le risque chez les voyageuses en avion car cela est basé sur un seul vol.

NA : Non applicable

Tableau 5 : Trois voies pour estimer le risque thromboembolique chez une femme enceinte lors d'un vol, d'après Cannegieter. (26)



IZADI et al. ce sont appuyés sur les chiffres connus des risques thromboemboliques chez les femmes enceintes et lors des vols pour aboutir à un résultat.(22)

Le risque thromboembolique chez la femme est de 1 pour 5000 passagers.(18) Et le risque augmente de 5 fois durant la grossesse(21), cela veut dire qu' en se servant de ces résultats, le risque est de 1 pour 1000 femmes enceintes voyageant en avion.

De plus le risque thromboembolique augmente 60 fois dans les 3 mois suivant l'accouchement comparé au femme non enceinte(21), le risque de thrombose suivant un vol devrait être de 12 pour 1000.

**Au total, le risque thromboembolique lors d'un vol pour une femme enceinte est situé entre 0,3 et 1 pour 1000 grossesses.**

D'autres éléments peuvent intervenir pour augmenter le risque de thrombose. En effet des facteurs constitutionnels viennent favoriser le risque de thrombose. Une thrombophilie, ou la mutation du facteur V de Leiden, peuvent augmenter respectivement de 16 et 14 fois le risque de thrombose(27). Ensuite les autres facteurs pouvant augmenter le risque sont les mêmes que dans la population générale : tabac, obésité, antécédent de thrombose, âge supérieur à 35 ans.(26)

**D'après ces différentes études, il existe un risque de thrombose chez la femme enceinte lors des vols, il est évalué à 1 pour 1000 femmes enceintes voyageant en avion.**

**Ce risque est multifactoriel, il dépend en grande partie de la durée du vol, des modifications physiologiques de la grossesse, et enfin des contraintes physiques liées au vol.**

#### **IV.1.2 Le risque des radiations ionisantes**

Durant les vols de hautes altitudes, les doses de radiation cosmique sont plus importantes que celles au niveau du sol.

En plus des radiations cosmiques, les éruptions solaires augmentent considérablement les niveaux de rayonnement à l'altitude des avions de ligne pendant de brèves périodes.

Elles constituent donc un risque pour la grossesse.

Nous cherchons à savoir si l'exposition aux rayonnements cosmiques peut induire un risque pour le fœtus.

Rappelons que la dose retenue pour discuter une IMG est de 200 mSv à 17 SA.

Que disent les études ?

Pour une femme enceinte voyageant occasionnellement l'impact des radiations est négligeable.(28)

Pour une PNC, PNT ou voyageuse fréquente l'exposition peut être au-dessus des doses recommandées, une adaptation de la durée et de la trajectoire du vol (privilégier les basses altitudes et les latitudes peu élevées) est à étudier, ainsi que la dose totale reçue (système de calcul des compagnies) afin de ne pas dépasser la dose de 1mSV sur toute la grossesse et pas plus de 0,5mSV par mois.

Il existe plusieurs types de réponses aux rayonnements avec dommage sur l'ADN, aberration chromosomique, et mutation :

Les effets Stochastiques : les effets sont liés directement à la dose reçue, il n'y a pas d'effet seuil, les leucémies et les cancers rentrent dans ce cas.

Les effets déterministes (ou non stochastiques): ce sont les effets qui sont fonction de la dose, et qui répondent à un seuil, en effet en dessous d'une certaine dose il n'y a pas de blessure de l'ADN possible (retard mental, malformation congénitale, fausse couche...). La gravité est proportionnelle à la dose reçue. Le seuil des effets déterministes est de 20 mSV.(29) Les experts n'ont pas retrouvé de donnée montrant un préjudice sur le fœtus pour des doses inférieures à 20 millisieverts.(figure 9)

Pour les risques des effets stochastiques, ils ne dépendent pas d'un seuil et la question reste donc préoccupante. Aucune étude n'a pas pu confirmer ou exclure le risque de cancer dans l'enfance après exposition à des radiations.(29)

Dans le cas des risques stochastiques, les organisations responsables de la politique en matière de rayonnement supposent l'existence d'un modèle linéaire sans seuil et, sur cette base, recommandent des limites d'exposition.

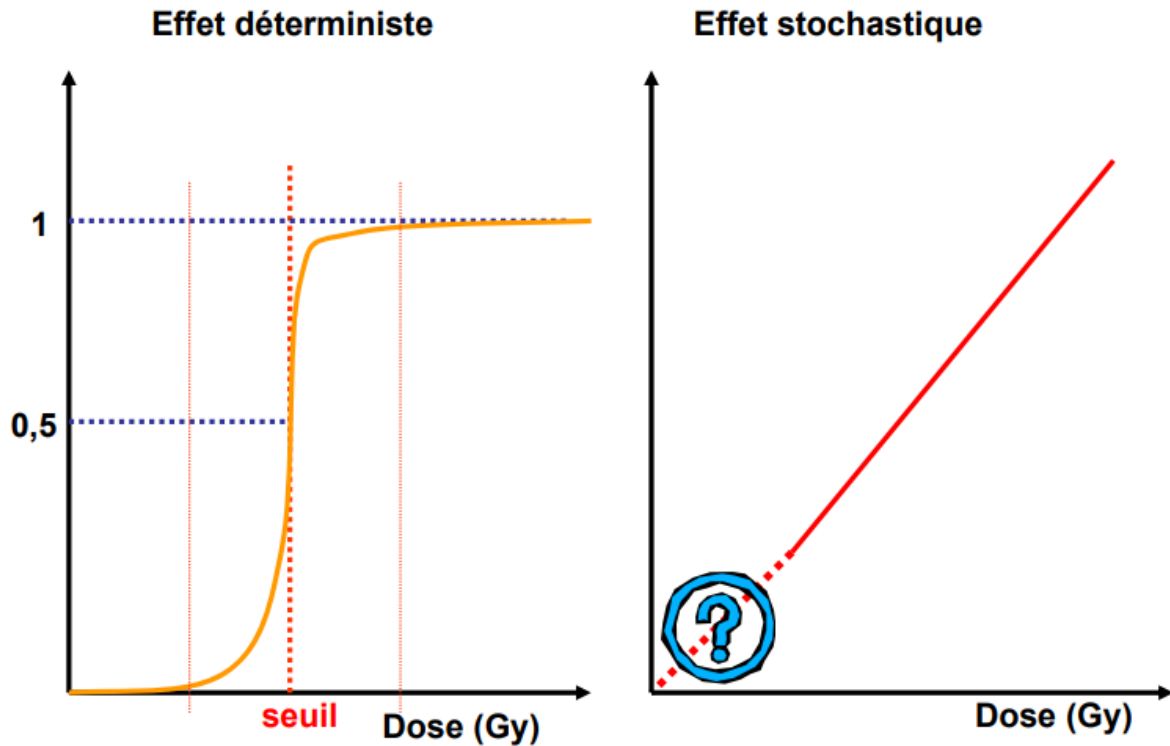


Figure 9 : Différence entre effet déterministe et stochastique

En Europe, la recommandation d'exposition maximum est de 1 mSv/an pour la population générale d'après the international commission on radiological protection.(29)

Dans l'article « what commercial aircraft crewmembers should know about their occupational exposure to ionizing radiation », les auteurs ont appliqués un model linéaire sans seuil, de développement de risque de cancer chez l'enfant avec exposition prénatale.

Le risque de développer un cancer radio induit en cas d'exposition prénatale serait donc de l'ordre de 1/10000 lors d'une exposition à 1 mSv.(30)(tableau 6)

Dans cet article, la validité du modèle linéaire de calcul n'est pas précisé, il faudrait donc vérifier la validité du système de calcul.

mSv	Risque	mSv	Risque	mSv	Risque
1,0	1/10000**	1,6	1/6300	4	1/2500
1,1	1/9100	1,7	1/5900	5	1/2000
1,2	1/8300	1,8	1/5600	6	1/1700
1,3	1/7700	1,9	1/5300	7	1/1400
1,4	1/7100	2	1/5000	8	1/1300
1,5	1/6700	3	1/3300	9	1/1100

\*L'augmentation du risque lors de la vie, d'un cancer mortel pour un enfant exposé à un rayonnement pendant le développement prénatal est estimé à 1 sur 10 000 par Millisievert (0,01% par millisievert)

\*\*Un risque de 1 sur 10 000 d'une dose de 1 millisievert signifie 1 mort attendue par cancer induit par rayonnement pour chaque 10 000 conceptions, dont chacun a reçu une dose de 1 millisievert.

Tableau 6 : Augmentation du risque de cancer dû à l'exposition prénatale aux rayonnements ionisants, d'après Fridberg. \*

Donc, il n'y a pas de dommage démontrable à ces niveaux d'exposition (moins de 1 mSv). Il serait donc légitime pour un médecin de conseiller à ses patientes de restreindre l'exposition au rayonnement pendant la grossesse à la limite recommandée 1mSv. Pour le voyage pendant la grossesse, où il faudrait au moins réaliser 7 voyages à dose maximale pour dépasser cette valeur, il serait déraisonnable de décourager une patiente enceinte, de vacances ou de visites familiales en voyage aérien, en raison de problèmes de rayonnement, même pour les destinations les plus éloignées.

En utilisant les taux de 150  $\mu$ Sv pour les longs courriers et 60  $\mu$ Sv pour les vols nationaux avec pour limite 1 mSv, il ne faudrait pas dépasser 7 vols longs courriers et 17 vols intérieurs. Une adaptation du travail des PNC et passagers réguliers est nécessaire. La FAA est d'accord avec cela.

Si l'on assimile les mGy au mSv on reste largement en dessous de 200 mSv, valeur retenue comme seuil et pouvant faire discuter une interruption médicale de grossesse.

On est donc loin de parler des mêmes doses, on ne peut donc pas considérer les radiations lors d'un vol comme dangereuses pour le fœtus.

Un autre problème de rayonnement plus visible est celui des portiques de sécurité. Il en existe 2 types. Certains portiques utilisent des ondes millimétriques pour leur fonctionnement (onde radio). Ils émettent 10000 fois moins qu'un téléphone portable.

D'autres portiques utilisent le rayonnement X comme par exemple aux Etats Unis.

Le département des transports Britannique a publié un guide à cet égard en 2010. Ce guide relève que le total des radiations de 2 ou 3 passages au scanner lors d'un contrôle est inférieur à la dose reçue lors de 2 minutes de vol à l'altitude de croisière.(31)

Cette autre source de radiation est donc négligeable et il n'y a aucune information qui puisse suggérer que les scanners de contrôle puissent mettre en danger les femmes enceintes et leur fœtus.

### **IV.1.3 Le risque sur les issues de grossesse lors des vols**

Dans ce chapitre, nous cherchons à savoir si les vols peuvent entraîner des complications lors de la grossesse.

Dans la littérature, on retrouve des études sur les passagères enceintes.

D'après Royal College of Obstetricians And Gynaecologists, il n'y a pas de donnée qui suggère que les vols commerciaux soient associés à une augmentation du risque d'accouchement prématuré, rupture précoce des membranes ou arrêt de grossesse.(28)

Une autre étude de 2004 a évalué les effets des vols sur les complications de grossesse. Sur 222 femmes enceintes primipare sans anomalie fœtale, jusqu'à 20SA, 118(53%) avaient voyagé en moyenne 2 fois sur des vols d'environ 4h.

Il n'a pas été retrouvé de différence sur la date de délivrance (39,1 versus 38,4 semaines  $p=0,07$ ), les poids de naissance (3,379 versus 3,273 gr  $p=0,24$ ), métrorragies (2% versus 5%,  $p=0,26$ ), accouchement avant 37 SA (9% versus 14%  $p=0,29$ ), prééclampsie (5% versus 6%,  $p=0,76$ ) ou admission en soins intensifs (13% versus 16%  $p=0,56$ ) entre celles qui ont voyagé et celles qui n'ont pas voyagé pendant la grossesse.

Ils en ont conclu que les vols ne semblent pas augmenter les complications de grossesse tel que la prématurité, la pré éclampsie, les anomalies de poids de naissance, les métrorragies, les admissions en soins intensif à la naissance.(32)

Une cohorte de 2003 a étudié le risque de malformation à la naissance, prématurité et petit poids de naissance chez les PNC. D'après les auteurs, il n'y a pas plus de risque de mortalité périnatal, petit poids de naissance, prématurité ou malformation dans la population exposée.(33)

Une revue de littérature sur les complications de grossesse et les vols suggère un risque plus élevé d'avortement spontané ou de mort in utero chez les PNC versus contrôle (OR : 1,62, 95% CI 1,29-2,04). Ils suggèrent aussi une augmentation du risque de prématurité avant 37 SA chez les passagères (OR : 1,44, 95% CI 1,07-1,93) mais pas chez les PNC.

Le risque de pré-éclampsie (OR: 0,86, IC à 95%: 0,58, 1,27), les admissions en unités de soins intensifs néonataux (OR: 1,19, IC 95%: 0,78, 1,82) ou le poids à la naissance inférieur au 10e percentile (OR: 1,25, IC à 95%: 0,62, 2,48) n'ont pas augmenté. Les PNC n'avaient pas de risque accru de naissance prématurée par rapport aux témoins (OR: 1,37, IC à 95%: 0,85,

2,22) ou de nourrisson ayant un poids de naissance inférieur au 10<sup>e</sup> percentile (OR: 1,57, IC 95%: 0,68, 3,74).(34)

Au total cette revue de littérature suggère un risque accru d'avortements spontanés ou de mort fœtal in utéro chez les agents de bord et un risque accru de prématurité inférieur à 37 SA dans les passagers aériens. Cependant, les études sur lesquelles ces résultats sont basés ne sont généralement pas de haute qualité méthodologique.

Cette étude a été reprise par D.Luton sous la forme du tableau ci-dessous.(tableau 7)

Seuls les résultats significatifs sont surlignés en jaune.

	Passagers Aériens			Personnel Naviguant		
	Passagers % (N)	Control % (N)	OR (95% CI)	Personnel % (N)	Control % (N)	OR (95% CI)
Fausse couches spontanées				13% (393/2841)	15% (168/1094)	0,88 (0,72-1,07)
Fausse couches spontanées ou mort fœtales in utéro				27% (119/436)	19% (636/3392)	<b>1,62 (1,29-2,04)</b>
Préclampsie	9% (57/664)	10% (54/550)	0,86 (0,58-1,27)			
Accouchement prématuré	21% (140/664)	16% (86/550)	<b>1,44 (1,07-1,93)</b>	13% (67/514)	10% (26/265)	1,37 (0,85-2,22)
Admission néonatale en soins intensifs	9% (57/664)	7% (40/510)	1,19 (0,78-1,82)			
Poids de naissance < 10 <sup>ème</sup> percentile ajusté à l'âge gestationnel	3% (21/643)	3% (14/550)	1,25 (0,62-2,48)	4,1% (21/514)	3% (7/265)	1,57 (0,68-3,74)

OR : odds ratio avec intervalle de confiance à 95%.

Tableau 7 : Issue de grossesse chez les passagères et le personnel naviguant, d'après Luton.(2)

Une étude rétrospective de 2006 a comparé un groupe de 546 femmes enceintes ayant voyagé en avion versus un groupe de 447 femmes enceintes n'ayant pas voyagé en avion.

Le groupe qui a voyagé en avion a un risque significativement augmenté d'accouchement prématuré (OR 1,5 95% IC 1,2 1,8) avec des poids de naissance plus faible (2684 +/- 481 vs 3481 +/- 703 g), et des grossesses plus courtes (36,1 +/- 0,8 vs 39,2 +/- 2,1 semaines) et sont plus souvent admis en soins intensifs néonatal.(35)

**Au total les résultats sont assez discordants et peu significatifs.**

**Il manque des études à grandes échelles.**

#### **IV.1.4 Les risques physiques**

Il existe des risques spécifiques liés au milieu aéronautique pouvant questionner lors de la grossesse tels que :

-la ceinture de sécurité

Du fait de l'imprévisibilité des turbulences, et connaissant les risques des traumatismes abdominaux de celle-ci chez la femme enceinte, le port de la ceinture de sécurité doit être permanent.(2)

La ceinture doit être au niveau des hanches entre le pelvis et l'abdomen.

-les vibrations

Concernant les vibrations, aucune étude n'a été retrouvée.

-le bruit

Les nuisances sonores sont un facteur de stress, l'OMS a fixé à 85 db le seuil de dangerosité, ce seuil n'est pas atteint lors des vols commerciaux.

En revanche, le niveau de bruit mesuré sur la piste autour d'un avion peut atteindre 92,6 db(moyenné sur 8 heures), imposant une protection pour le PNT lors de la visite pré vol.

De plus, même s'il existe une atténuation des bruits par la paroi abdominale et le liquide amniotique, et que la maturation de l'organe de l'audition ne débute qu'à la vingt quatrième SA, pour l'académie de pédiatrie américaine, il ne parait pas exclu que l'exposition au bruit durant la grossesse ne soit responsable de complications telles que la prématurité, un petit poids de naissance, et des altérations de l'audition chez l'enfant. Mais très peu d'études fiables confirment ces écrits et il y a très probablement d'autres facteurs associés.(36)

-L'hypoxie

Nous avons déjà vu dans la partie physiologie de la grossesse lors d'un vol que la saturation en oxygène fœtale était stable tout au long du vol grâce au pouvoir supérieur de fixation de l'oxygène de l'hémoglobine fœtale.

## **IV.2 RECOMMANDATIONS**

### **IV.2.1 le risque thromboembolique**

Nous allons maintenant détailler les différentes recommandations publiées depuis les années 2000.

Pour minimiser le risque de thrombose lors des vols, l'American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) recommande de porter des bas de contention, de bouger les jambes périodiquement, d'avoir des vêtements amples, de sortir de son siège et marcher quelques minutes et d'avoir une bonne hydratation.(37)

Le Royal College of Obstetricians and Gynaecologists (ROCG) ne recommande pas de mesure spécifique pour les vols de moins de 4 heures.

Les recommandations du ROCG pour les vols de plus de 4 heures sont mentionnées ci-dessous (22) :

- avoir un siège coté couloir pour faciliter les mouvements,
- marcher régulièrement dans la cabine,
- effectuer dans son siège des exercices toutes les 30 minutes sur moyen et long courrier,
- maintenir une bonne hydratation et minimiser le café et l'alcool,
- Faire une évaluation spécifique des risques individualisés pour la thrombose chez les femmes enceintes qui volent,
- porter au niveau des membres inférieurs une compression veineuse par bas de contention.

De plus, le ROCG et le ACOG recommandent pour les femmes enceintes ayant des facteurs de risques de thrombose (tels qu'un antécédent de thrombose, une thrombophilie, une obésité morbide), ou des problèmes médicaux (comme un syndrome néphrotique), une prophylaxie par HBPM le jour même du vol et plusieurs jours après le vol. La durée est à apprécier individuellement en fonction de la clinique.

En 2007 The Hall meeting considère la grossesse et le post partum comme un risque modéré. Il se base sur les mêmes recommandations que l'ACOG et que le RCOG(38), mais ne prend pas en compte la durée du vol. De plus les bas de contention sont à porter pour chaque vol. (Annexe 1)

Le BTS guidelines en 2011 a séparé les recommandations et les a réparties en fonction de 3 niveaux de risques (faible, moyen, élevé). (Annexe 2)



La grossesse fait partie du risque moyen, ces recommandations sont les mêmes que le RCOG et le ACOG, la durée du vol n'est pas prise en compte et les bas de contention sont à porter pour chaque vol.

Les recommandations de 2012 publiées par le College Americain of Chest Physicians mentionnent que les femmes enceintes lors des long trajets (plus de 6 heures) font partie d'un groupe plus à risque de thrombose et recommandent une déambulation fréquente, des mouvements réguliers de jambes, un siège au bord du couloir, et le port de bas de contention. Ils ne recommandent jamais le recours à l'aspirine ou aux anticoagulants.(39)(Annexe 3)

En 2010, des recommandations du British journal of haematology ont intégré la durée de vol dans les critères de décision. Elles considèrent que les facteurs de risques préexistants sont déterminants dans la survenue d'un évènement thromboembolique : risque élevé en cas de chirurgie majeure récente ou de néoplasie évolutive, risque intermédiaire en cas de grossesse et 6 semaines après le post partum, d'antécédent d'accident thromboembolique sans cause identifiée, ou après un voyage ou en cas d'accumulation de facteurs de risque, risque faible dans les autres cas. Ces recommandations croisent les deux risques, liés au voyage et au passager, pour déterminer la stratégie prophylactique adaptée. Elles préconisent une analyse de la balance bénéfice-risque au cas par cas.(25)

Les recommandations sont résumées ci-dessous (tableau 8)

Durée du vol	Moins de 3 heures	Entre 3 et 8 heures	Plus de 8 heures
Risque faible	Rien	Rien	Rien
Risque moyen	Rien	Rien ou bas de contention	Bas de contention
Risque élevé	Rien	Bas de contention	Bas de contention +/- anticoagulant

Tableau 8 : recommandations du British journal of haematology de 2010

Aucun des guides ne recommandent l'aspirine pour la prévention du risque thromboembolique, car d'autres méthodes sont plus efficaces et il y a un sur risque hémorragique.

## **IV.2.2 Les radiations ionisantes**

L'augmentation de l'exposition aux radiations cosmiques durant les vols n'est pas considérée comme significatif pour les mères ou leurs fœtus pour un vol occasionnel.

Par contre beaucoup de compagnies aériennes ne permettent pas de voler à leurs personnels pendant la grossesse pour s'assurer que l'exposition au rayonnement soit faible en raison de l'effet cumulatif.(28)

Pour une femme enceinte la législation restreint la limite recommandée pour le fœtus à un équivalent de dose d'1 mSv pour la durée restante de la grossesse sans dépasser 0,5 mSv sur un mois.(2,29)

Rappelons que l'exposition moyenne pour un français est de 2,4 mSv par an, qu'un scanner thoracique est de 10 mSv et qu'une radiographie pulmonaire expose de 0,05 à 0,1 mSv et qu'une interruption médicale de grossesse se discute à partir de 200 mSv.

Concernant le personnel navigant, la dose de 6 mSv/an a été fixée par-là plupart des compagnies aériennes sur recommandation des autorités aéronautiques (EU-OPS 1.390).(40)

Au total, pour les voyageuses occasionnelles, il n'y a pas de recommandation spécifique, par contre pour les PNC/PNT ou voyageuses fréquentes, il ne faut pas dépasser 1 mSv durant la grossesse et pas plus de 0,5 mSv par mois. Il faut donc privilégier les vols courts à basses altitudes et aux latitudes peu élevées. On pourra mesurer l'exposition par exemple grâce au système SIEVERT. De plus, il faut prendre en compte les éruptions solaires qui peuvent considérablement augmenter les radiations.

Concernant les radiation émises lors des contrôles aux portiques de sécurités, cette autre source de radiation est négligeable et il n'y a aucune information qui puisse suggérer que les scanners de contrôle puissent mettre en danger les femmes enceintes et leur fœtus .(28)

## **IV.2.3 Issues de grossesse**

L'American College of Obstetricians and Gynecologists(ACOG) ne recommande à aucun moment de la grossesse, le vol chez les femmes enceintes qui ont un problème médical ou obstétrical qui pourrait être exacerbé lors du vol.(37)

Les femmes enceintes doivent considérer la durée du vol et savoir que les urgences obstétricales les plus courantes se produisent au premier et au troisième trimestre.

Les études retrouvées concernant ce risque recommandent de contre indiquer le vol pour les grossesses présentant toute complication, de 36 SA à 7 jours du post partum, et à partir de 32 SA pour les grossesses multiples.(27,41)

D'après le Royal College of Obstetricians and Gynaecologists, la période la plus sûre est avant la 37 SA pour les grossesses uniques. En effet après 37 SA les femmes enceintes peuvent entrer en travail à n'importe quel moment. Pour les grossesses gémellaires, la période la plus sûre est avant la 32 SA.(28)

De plus, le second trimestre est considéré comme le plus sûr pour voyager en avion lors de la grossesse.

D.Luton, en accord avec l'article du British Medical journal « advising on travel during pregnancy » a établi une liste de contre-indications obstétricales au vol(2,41) :

- Grossesse non localisée/Grossesse extra utérine,
- Métrorragie,
- Antécédent de fausse couche spontanée (à répétition) / accouchement prématuré,
- Vomissements incoercibles,
- Modifications cervicales,
- Placenta bas inséré,
- Pathologie hypertensive,
- Retard de croissance intra utérin,

Bien entendu, le bon sens médical et obstétrical doit s'appliquer pour ce risque. Toute complication de grossesse ou antécédent invalidant devra remettre en question le vol.

Que recommandent les compagnies aériennes ?

La plupart des compagnies aériennes ne permettent pas aux femmes enceintes à plus de 37 SA de voler.

Voici quelques exemples :

Air France : pas besoin d'un accord médical pour voyager sur un vol Air France.

Toutefois, ils conseillent de demander l'avis de son médecin traitant avant le voyage.

Ils recommandent d'éviter de voyager au cours du dernier mois de grossesse, ainsi que durant les 7 jours qui suivent l'accouchement.

British airways : vol possible jusqu'à la fin de la 36e SA pour les grossesses uniques, et jusqu'à la fin de la 32e SA pour les grossesses multiples.

Un certificat médical est nécessaire à partir de la semaine 28.

Emirates : vol possible jusqu'à la fin de la 36e SA dans le cas d'une grossesse simple et jusqu'à la fin de la 32e SA en cas de grossesse multiple. Après la 36e SA, il faut soumettre le formulaire pour les passagers requérant une assistance particulière (MEDIF) à Emirates et les femmes enceintes ne peuvent voyager qu'à condition d'obtenir l'autorisation de la part du service médical d'Emirates. Il faut présenter un certificat médical ou une lettre signée par un médecin qualifié ou par une sage-femme à partir de la 29e SA.

Américan airlines : Il est déconseillé de voyager lors des 30 jours précédant la date prévue de l'accouchement.

Il faut un certificat médical pour voler dans les 30 jours précédant la date prévue de l'accouchement. Le certificat médical doit être établi dans les 48 heures précédant le départ du vol.

Air Canada : vol autorisé jusqu'à la 36e semaine de grossesse à condition de ne jamais avoir accouché prématurément dans le passé.

Vueling Airlines : Les femmes enceintes peuvent voyager jusqu'à la 28e SA (inclusive) sans certificat médical. Pour voyager entre 29 et 35 SA (incluses), la présentation d'une autorisation médicale originale confirmant l'aptitude de la passagère à voler est requise. À partir de la 36e SA (32 en cas de grossesse multiple ou de complications), les femmes enceintes ne seront pas acceptées.

#### **IV.2.4 Les risques physiques**

-Vibration : pas de recommandation retrouvée pour ce risque

-Bruit : le seuil de dangerosité fixé par l'OMS est de 85 db, ce seuil n'est pas atteint lors des vols commerciaux.

-Ceinture de sécurité : la ceinture est obligatoire. Il faut conseiller à la femme de s'assurer que la sangle est bien fermée sous son abdomen et au-dessus de ses cuisses, il y a la possibilité de demander une extension de ceinture.

## V DISCUSSION

### V.1 Le risque thromboembolique

Nous avons vu lors de la partie résultats qu'il existe un plus grand risque de thrombose chez la femme enceinte avec un risque augmenté au troisième trimestre et lors du post partum.

Lors des différentes études, nous connaissons le risque de thrombose chez les femmes enceintes et le risque de thrombose lors des vols, mais le risque de thrombose chez la femme enceinte lors des vols reste flou.

En effet toutes ces études extrapolent le risque, sur les chiffres connus chez les femmes enceintes et lors des vols, mais en réalité aucune étude à grande échelle n'a été réalisée sur les thromboses chez les femmes enceintes lors des vols.

Il faudrait réaliser une cohorte de femmes enceintes et non enceintes voyageant en avion afin de déterminer le risque absolu.

En analysant et en recoupant les différentes recommandations depuis les années 2000, nous pourrions proposer comme recommandations à une femme enceinte pour la prévention du risque thromboembolique (42) (tableau 9) :

- Pour les femmes enceintes, sans complication de grossesse, pour les vols de moins de 4 heures : pas de recommandation spécifique, mesures comportementales et physiques.

- Pour les femmes enceintes, sans complication de grossesse, pour les vols de plus de 4 heures : mesures comportementales et physiques, bas de contention.

- Pour les femmes enceintes avec comorbidité associée (obésité, syndrome néphrotique, antécédent de thrombose...) pour les vols de moins de 4 heures : mesures comportementales et physiques associées aux bas de contention.

- Pour les femmes enceintes avec comorbidité associée, pour les vols de plus de 4 heures : mesures comportementales et physiques, bas de contention, et discuter une anticoagulation par HBPM.

	Vol de moins de 4 heures	Vol de plus de 4 heures
Femme enceinte sans complication	Rien	Mesures comportementales et physiques/bas de contention
Femme enceinte avec comorbidité et sans complication	Mesures comportementales et physiques/bas de contention	Mesures comportementales et physiques / bas de contention/Discuter une anticoagulation par HBPM

Mesures comportementales et physiques : avoir un siège coté couloir pour faciliter les mouvements, marcher régulièrement dans la cabine, maintenir une bonne hydratation, minimiser le café et l'alcool, effectuer dans son siège des exercices au niveau des jambes périodiquement toutes les 30 minutes, avoir des vêtements amples.

Tableau 9 : Proposition de recommandations concernant le risque thromboembolique en fonction de la durée de vol et des comorbidités des femmes enceintes

## **V.2 Le risque ionisant**

Nous avons vu que pour les voyageuses occasionnelles, le risque des radiations ionisantes est plus que négligeable. Concernant le personnel navigant et les voyageuses fréquentes, une adaptation des vols est nécessaire.

Les différentes études réalisées concernant ce risque sont de qualité, avec une mesure des radiations par dosimètre individuel ou par le système SIEVERT. Les doses reçues sont donc connues, les compagnies aériennes adaptent donc les trajets de leurs personnels afin de ne pas dépasser le seuil réglementaire de 6 mSv/an.

Concernant les femmes enceintes, le seuil est de 1 mSv/an ; il faut donc jouer sur l'altitude du vol mais le gain en matière d'exposition n'est vraiment appréciable qu'au-delà d'un certain niveau de vol car le débit double tous les 1500 mètres, de plus, cela revient en général à augmenter le temps de vol.(figure 10)

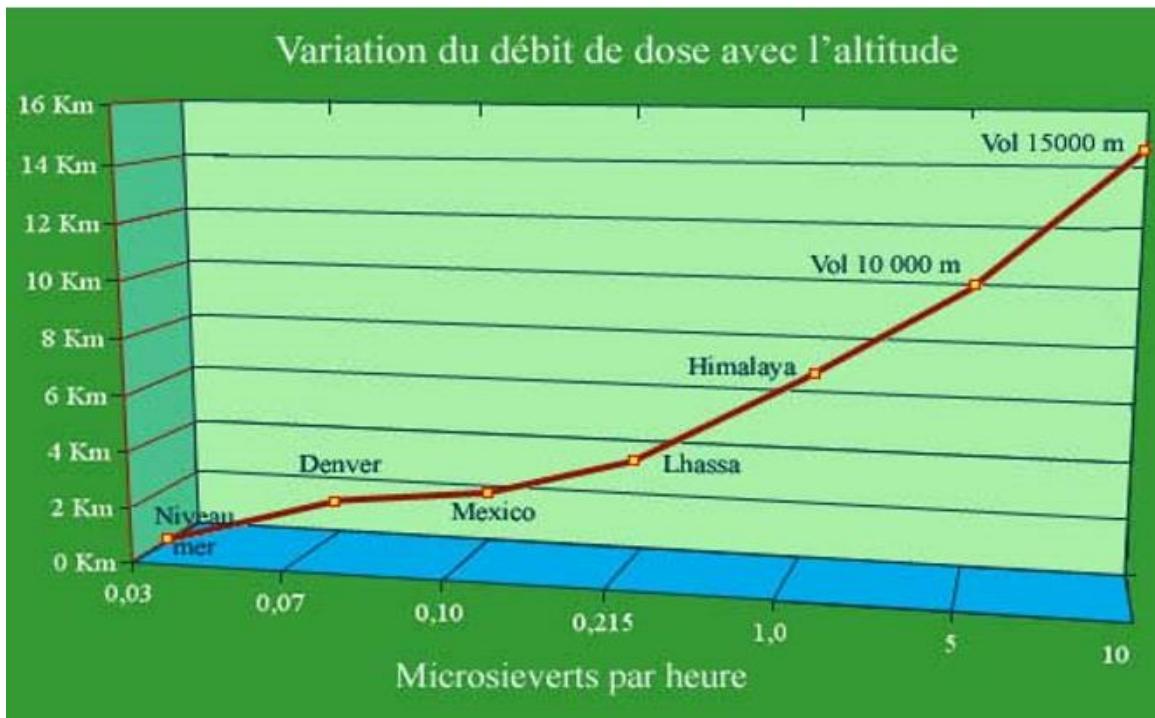


Figure 10 : variation du débit de dose avec l'altitude

La latitude est un autre facteur mais il faut bien desservir toutes les destinations.

Enfin, le temps de vol est le dernier critère modifiable, mais la fluidification du trafic semble à son maximum. L'augmentation de la vitesse a déjà été réalisée avec concorde mais cela nécessite de voler à plus haute altitude. (Figure 11, tableau 10)



Figure 11 : Altitude des vols subsoniques et supersoniques

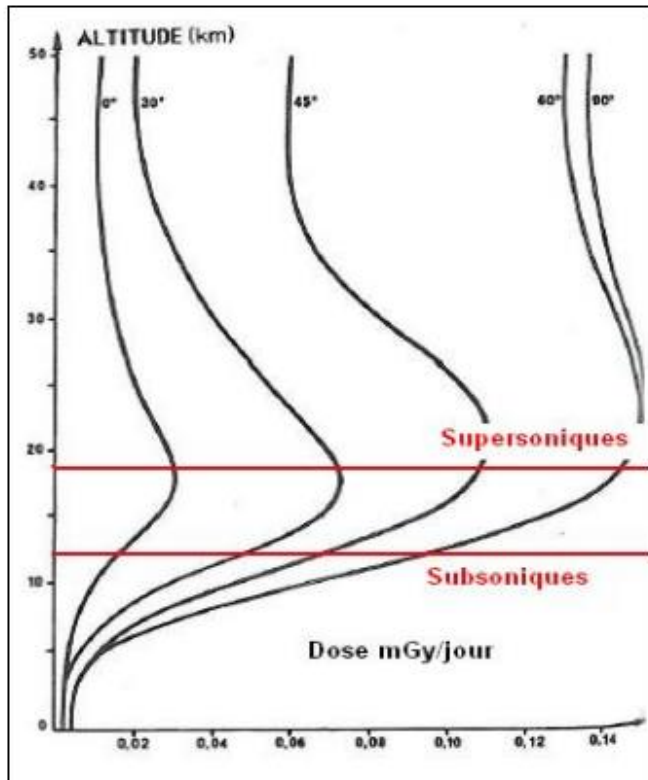


Tableau 10 : Dose reçue en fonction de l'altitude pour les vols subsoniques et supersoniques

Il est donc peu réaliste de fixer un objectif de baisse sensible de la moyenne d'exposition annuelle devant les raisons économiques incontournables qui imposent un seuil minimal d'heure de vol par navigant.

Pour les pilotes, la déclaration de grossesse signe l'inaptitude aux vols. Toutefois il est possible de garder une aptitude classe 1 avec 2<sup>nd</sup> pilote jusqu'à la vingt sixième semaine de grossesse si elle en fait la demande.

Pour les PNC c'est la même chose sauf que si elle désire voler le passage au sol se fera à la seizième semaine de grossesse.

### **V.3 Le risque sur les issues de grossesse**

Dans les articles décrits, les résultats sont discordants.

Tous d'abord, en 2004, dans l'article « does air travel affect pregnancy outcomes ? », Freeman et al. ont décrit rétrospectivement une cohorte de voyageuses enceintes sans anomalie fœtale ayant voyagé au moins une fois en avion lors de leur grossesse.

Ils n'ont pas retrouvé de différence entre la cohorte ayant voyagé et celle n'ayant pas voyagé pour les risques d'accouchement prématuré, petit poids de naissance, saignement vaginal, pré éclampsie, admission en soin intensif néonatal.



En 2006, Chibber et al. toujours en étudiant une cohorte ayant voyagé en avion versus une cohorte n'ayant pas voyagé en avion ont retrouvé une différence entre les 2 groupes.

En effet ils retrouvent un risque accru d'accouchement prématuré (moins de 37 SA et plus de 34 SA) dans le groupe ayant voyagé en avion avec une différence significative. (OR 1,5 ;95% IC 1,2 ;1,8). Dans le reste des résultats il n'y a pas de différence significative pour les risques de prééclampsie, métrorragies, accouchement avant 34 SA, admission en soin intensif néonatal.

Mais dans cette étude, les voyageuses effectuaient des trajets longs (en moyenne 8h) et fréquents (en moyenne 7). De plus ils n'ont pas pu prendre en compte le tabagisme ni la consommation d'alcool.

Enfin, en 2010 Magann et al. lors d'une revue de littérature ont effectué les mêmes recherches sur le personnel navigant et les voyageuses enceintes.

Ils retrouvent un risque augmenté de fausses couches spontanées ou de morts fœtales in utéro (OR 1,62 ; IC 95% : 1,29 ;2,04) chez le personnel navigant.

De plus, chez les voyageuses, ils retrouvent un risque accru d'accouchement prématuré (OR 1,44 ; IC 95% :1,07 ;1,93), mais ils ne retrouvent pas de différence sur les autres risques étudiés (prééclampsie, admission en soin intensif néonatale, petit poids de naissance)

Mais les auteurs s'accordent à dire que les articles analysés sont de faible qualité méthodologique.

De plus, il paraît incohérent de voir un risque d'accouchement prématuré augmenté chez les voyageuses et non pas chez le personnel navigant.

Au total il est difficile de conclure sur ces risques devant les discordances des données, les limites méthodologiques et la faible augmentation du risque. Des études à plus grandes échelles sont nécessaires afin de statuer.

Toute la littérature retrouvée concernant ce risque s'accorde à dire qu'il n'y a pas de risque de complication de grossesse chez une femme enceinte sans complication voyageant occasionnellement.

#### **V.4 Les risques physiques**

Concernant ces risques, le port de la ceinture bien positionnée est fortement conseillé, le bruit est négligeable, et concernant les vibrations il n'y a aucune étude qui étudie ce risque.

PROPOSITION D'UNE FICHE CONSEIL POUR LES VOYAGEUSES ENCEINTES  
POUVANT ETRE REMISE LORS D'UNE CONSULTATION

**Quelle est la période la plus sûre pour voyager enceinte ?**

La période la plus sûre pour voyager lors d'une grossesse est le deuxième trimestre. En effet le premier trimestre se heurte aux signes sympathiques de grossesse, au risque de fausse couche et le troisième trimestre au risque d'accouchement prématuré.

Pour les grossesses uniques il est recommandé de ne pas voler au-delà de la trente sixième semaine d'aménorrhée et 7 jours après le post partum, 32 SA pour les grossesses multiples.

Un certificat médical sera demandé 48 heures avant le vol en fonction du règlement de chaque compagnie à partir de la 28 SA.

**Quelle est le risque thromboembolique pour une femme enceinte lors d'un vol ?**

Le risque thromboembolique lors d'un vol chez une femme enceinte n'est pas connu précisément.

Ce risque est évalué par les données actuellement disponibles à savoir de 0,3 à 1 pour 1000 grossesses.

**Quelles sont les recommandations pour prévenir ce risque ?**

	Vol de moins de 4 heures	Vol de plus de 4 heures
Femme enceinte sans complication	Rien	Mesures comportementales et physiques/bas de contention
Femme enceinte avec comorbidité et sans complication	Mesures comportementales et physiques/bas de contention	Mesures comportementales et physiques /bas de contention/ Discuter une anticoagulation par HBPM

Mesures comportementales et physiques : avoir un siège coté couloir pour faciliter les mouvements, marcher régulièrement dans la cabine, maintenir une bonne hydratation, minimiser le café et l'alcool, effectuer dans son siège des exercices au niveau des jambes périodiquement toutes les 30 minutes, avoir des vêtements amples.

### **Les radiations cosmiques sont-elles un danger pour le fœtus ?**

Les recommandations sont claires lors de la grossesse, il ne faut pas dépasser 1mSv d'exposition aux radiations durant la grossesse, sans dépasser 0,5 mSv par mois.

Elles sont considérées comme négligeables si on respecte ces recommandations, le seuil de nocivité ayant été fixé à 20 mSv pour les effets non stochastiques. Concernant les effets stochastiques en dessous de 1 mSv, aucune étude n'a pu infirmer ou confirmer un risque potentiel plus élevé de cancer chez l'enfant.

### **Les scanners de contrôles peuvent-ils être à risque de radiation pour le fœtus ?**

Non les scanner de contrôle ne sont pas à risque pour le fœtus.

Le total des radiations de 2 ou 3 passages au scanner lors d'un contrôle est inférieur à la dose reçue lors de 2 minutes de vol à l'altitude de croisière

### **Le vol est-il plus à risque de complication pour la grossesse ?**

Pour une grossesse simple, les données actuelles sont rassurantes concernant ce risque, bien que les études réalisées aient montré leurs limites.

### **Quelles sont les contre-indications obstétricales au vol ?**

Toutes complications de grossesse ou antécédent invalidant devra remettre en question le vol.

### **La ceinture de sécurité est-elle à risque de traumatisme abdominal ?**

Non.

La ceinture est obligatoire. Il faut conseiller à la femme de s'assurer que la sangle est bien fermée sous son abdomen et au-dessus de ses cuisses, il est possible de demander une extension de ceinture.

## VI CONCLUSION

La question des voyages aériens lors de la grossesse reste fréquente ; pour y répondre, nous avons donc réalisé une revue de littérature permettant de définir les risques ainsi que les recommandations. Les vols de plus de 4 heures sont associés à une faible augmentation du risque relatif de thrombose veineuse. Les conseils donnés sur la prévention de la maladie thromboembolique s'appliquent particulièrement à la femme enceinte pour les vols de plus de 4 heures (mesures physiques et comportementales, bas de contention). Une thromboprophylaxie par héparine de bas poids moléculaire pour les femmes enceintes ayant des facteurs de risque importants tels qu'un antécédent de thrombose ou une obésité morbide doit être discutée. L'aspirine à faible dose ne doit pas être utilisée pendant la grossesse pour la thromboprophylaxie associée au transport aérien.

On considère que même pour un vol long-courrier l'exposition aux radiations cosmiques ne représente que 15% des doses maximales recommandées, par contre, pour le personnel navigant et les voyageurs fréquents, il y a un risque de dépassement de la dose maximale. Il existe des outils mis à disposition des voyageurs et des compagnies pour calculer la dose de rayonnement en fonction du vol. Concernant les scanners corporels utilisant des rayonnements ionisants pour les contrôles de sécurité, ils ne présentent pas de risque pour la mère ou le fœtus.

Rien ne prouve que les déplacements aériens des passagers augmentent le risque de complications de grossesse tels que le travail prématuré et la rupture des membranes. Dans tous les cas, toute complication médicale ou obstétricale surajoutée ou prévisible doit faire surseoir le voyage aérien.

Il serait utile pour l'avenir de déterminer exactement le risque absolu de thrombose pour une femme enceinte lors d'un vol afin de statuer sur la pertinence de l'anticoagulation. De plus nous avons mis à jour que le risque concernant les issues de grossesse reste flou et mal évalué. Des études à grandes échelles prospectives et contrôlées seraient nécessaires, mais difficiles à mettre en œuvre.

## VII BIBLIOGRAPHIE

1. Sammour RN, Bahous R, Grupper M, Ohel G, Steinlauf S, Schwartz E, et al. Pregnancy course and outcome in women traveling to developing countries. *J Travel Med.* 2012 Oct;19(5):289–93.
2. Luton D. gestion médicale des passagers particuliers: grossesse et voyage aérien. *Revue Médecine Aéronautique et Spatiale.* 2012;53(199/12):112–5.
3. Bruyere M. Modification physiologique de la femme enceinte. Pathologies maternelles et grossesses. Elsevier Masson.2014: 1-4
4. Huch R, Baumann H, Fallenstein F, Schneider KT, Holdener F, Huch A. Physiologic changes in pregnant women and their fetuses during jet air travel. *Am J Obstet Gynecol.* 1986 May;154(5):996–1000.
5. Bret G, Audoual T, Gagna G, Ruston V. Exposition des personnels navigants de l'armée de l'air au rayonnement cosmique: bilan de la surveillance dosimétrique. *Revue Médecine Aéronautique et spatiale* 2015;55(208/14):172–9.
6. Conseil de l'Union Européenne. Directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom. *Journal officiel de l'Union Européenne.* 2014
7. Ministère du travail. Arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. *Journal officiel de la république française.* 2013
8. IRSN. Exposition professionnel aux rayonnements ionisants en France: bilan 2012.[en ligne]. [consulté le 15/01/17]. disponibilité sur internet:[http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports\\_expertise/Documents/radioprotection/IRSN\\_bilan\\_annuel\\_travailleurs\\_2012.pdf](http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/radioprotection/IRSN_bilan_annuel_travailleurs_2012.pdf)
9. Desmaris G. le principe d'optimisation est il applicable à l'exposition du personnel navigant au rayonnement cosmique. *Revue Médecine Aéronautique et Spatiale.* 2011;52(194/11):49–53.
10. Cannegieter SC. Travel-related thrombosis. *Best Practice & Research Clinical Haematology.* 2012 sept;25(3):345–350.
11. Bartholomew JR, Schaffer JL, McCormick GF. Air travel and venous thromboembolism: minimizing the risk. *Cleve Clin J Med.* 2011 Feb;78(2):111–20.

12. Sándor T. Travel thrombosis: Pathomechanisms and clinical aspects. *Pathophysiology*. 2008 Dec 1;15(4):243–52.
13. Schreijer AJM, Hoylaerts MF, Meijers JCM, Lijnen HR, Middeldorp S, Büller HR, et al. Explanations for coagulation activation after air travel. *J Thromb Haemost JTH*. 2010 May;8(5):971–8.
14. Chee Y-L, Watson HG. Air travel and thrombosis. *Br J Haematol*. 2005 Sep;130(5):671–80.
15. Chandra D, Parisini E, Mozaffarian D. Meta-analysis: travel and risk for venous thromboembolism. *Ann Intern Med*. 2009 Aug 4;151(3):180–90.
16. Lapostolle F, Surget V, Borron SW, Desmaizières M, Sordelet D, Lapandry C, et al. Severe pulmonary embolism associated with air travel. *N Engl J Med*. 2001 Sep 13;345(11):779–83.
17. Pérez-Rodríguez E, Jiménez D, Díaz G, Pérez-Walton I, Luque M, Guillén C, et al. Incidence of air travel-related pulmonary embolism at the Madrid-Barajas airport. *Arch Intern Med*. 2003 Dec 8;163(22):2766–70.
18. Kuipers S, Cannegieter SC, Middeldorp S, Robyn L, Büller HR, Rosendaal FR. The absolute risk of venous thrombosis after air travel: a cohort study of 8,755 employees of international organisations. *PLoS Med*. 2007 Sep;4(9):e290.
19. Kuipers S, Schreijer AJM, Cannegieter SC, Büller HR, Rosendaal FR, Middeldorp S. Travel and venous thrombosis: a systematic review. *J Intern Med*. 2007 Dec;262(6):615–34.
20. Lapostolle F, Orer P, Guynemer S, Adnet F. Accidents thromboemboliques et voyages aériens : évaluation du risque et stratégie prophylactique. *Prat En Anesth Réanimation*. 2014 Feb 1;18(1):45–51.
21. Pomp ER, Lenselink AM, Rosendaal FR, Doggen CJM. Pregnancy, the postpartum period and prothrombotic defects: risk of venous thrombosis in the MEGA study. *J Thromb Haemost JTH*. 2008 Apr;6(4):632–7.
22. Izadi M, Alemzadeh-Ansari MJ, Kazemisaleh D, Moshkani-Farahani M, Shafiee A. Do pregnant women have a higher risk for venous thromboembolism following air travel? *Adv Biomed Res*. 2015;4:60.
23. Farquharson RG, Stephenson MD. *Early pregnancy. Obstetrics and gynecology, reproductive medicine*. Cambridge University Press. 2010
24. Jacobsen AF, Skjeldestad FE, Sandset PM. Incidence and risk patterns of venous thromboembolism in pregnancy and puerperium--a register-based case-control study. *Am J Obstet Gynecol*. 2008 Feb;198(2):233.e1-7.
25. Watson HG, Baglin TP. Guidelines on travel-related venous thrombosis. *Br J Haematol*. 2011 Jan 1;152(1):31–4.

26. Cannegieter SC, Rosendaal FR. Pregnancy and travel-related thromboembolism. *Thromb Res.* 2013 Jan;131 Suppl 1:S55-58.
27. Silverman D, Gendreau M. Medical issues associated with commercial flights. *Lancet Lond Engl.* 2009 Jun 13;373(9680):2067–77.
28. Royal College of Obstetricians And Gynaecologists. Air Travel and Pregnancy (Scientific Impact Paper No. 1). 2013 May [en ligne]. [consulté le 12/12/16]. Disponibilité: <https://www.rcog.org.uk/en/guidelines-research-services/guidelines/sip1/>
29. Barish RJ. In-flight radiation exposure and pregnancy. *Health Phys.* 2006 Aug;91(2 Suppl):S10-11.
30. Friedberg W, Copeland K, Darden EB, Herbert H. What Aircrews Should Know About Their Occupational Exposure to Ionizing Radiation. 2003 [en ligne]. [consulté le 12/12/16]. Disponibilité: [https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0316.pdf](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/0316.pdf)
31. MacDonald A, Tattersall P, O’Hagan J, Meara J, Paynter R, Shaw P. Assessment of comparative ionising radiation doses from the use of rapiscan secure 1000 x-ray backscatter security scanner. UK Government Web Archive [en ligne]. Fev 2010 [cité le 14/2/17]. Disponibilité: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110203042325/http://www.dft.gov.uk/pgr/security/aviation/airport/securityscanners/securityscanner/>
32. Freeman M, Ghidini A, Spong CY, Tchabo N, Bannon PZ, Pezzullo JC. Does air travel affect pregnancy outcome? *Arch Gynecol Obstet.* 2004 May;269(4):274–7.
33. Irgens A, Irgens LM, Reitan JB, Haldorsen T, Tveten U. Pregnancy outcome among offspring of airline pilots and cabin attendants. *Scand J Work Environ Health.* 2003 Apr;29(2):94–9.
34. Magann EF, Chauhan SP, Dahlke JD, McKelvey SS, Watson EM, Morrison JC. Air travel and pregnancy outcomes: a review of pregnancy regulations and outcomes for passengers, flight attendants, and aviators. *Obstet Gynecol Surv.* 2010 Jun;65(6):396–402.
35. Chibber R, Al-Sibai MH, Qahtani N. Adverse outcome of pregnancy following air travel: a myth or a concern? *Aust N Z J Obstet Gynaecol.* 2006 Feb;46(1):24–8.
36. Monculus C. Aptitude au vol pour les pilotes féminines en situation de grossesse. Incidence du vol sur la grossesse. Complication significatives potentielles. *Revue Médecine Aéronautique et spatiale.* 2007
37. ACOG Committee on Obstetric Practice. ACOG Committee Opinion No. 443: Air travel during pregnancy. *Obstet Gynecol.* 2009 Oct;114(4):954--5.

38. Schobersberger W, Toff WD, Eklöf B, Fraedrich G, Gunga HC, Haas S, et al. Traveller's thrombosis: international consensus statement. *VASA Z Gefasskrankheiten*. 2008 Nov;37(4):311–7.
39. Kahn SR, Lim W, Dunn AS, Cushman M, Dentali F, Akl EA, et al. Prevention of VTE in nonsurgical patients: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*. 2012 Feb;141(2 Suppl):e195S–e226S.
40. Evaluation of the implementation of radiation protection measures for aircrew [en ligne].2009 [cité le 23/2/17]. Disponibilité: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/156.pdf>
41. Hezelgrave NL, Whitty CJM, Shennan AH, Chappell LC. Advising on travel during pregnancy. *BMJ*. 2011 Apr 28;342:d2506.
42. Sassin JR. Thromboses veineuses et voyages aériens. Mémoire de médecine aéronautique. 2005



## VIII Annexes

Risk group	Risk factors	Recommendations
Low-risk group	In passengers without additional personal risk factors (as listed below), every prolonged journey is associated with a slightly increased but indeterminate risk	General measures  Perform regular leg exercises, e.g., ankle movements, isometric exercises and walking. During travel by car and bus, take regular breaks to walk around Maintain normal fluid intake (at least 250 mL every 2 h) and avoid excessive alcohol consumption Avoid the use of tranquilizers and sleeping pills while in a sitting position
Medium-risk group	The following factors may increase the individual risk for VTE. The presence of two or more factors may increase the risk in a supraadditive fashion: Pregnancy or postpartum period  Age over 60 years  Documented thrombophilia/family history of VTE Large varicose veins, chronic venous insufficiency Oral contraceptives, hormone replacement therapy Obesity (body mass index >30 kg/m <sup>2</sup> )	General measures, as for the low-risk group  Graduated compression stockings (compression at least 10–20 mmHg but 20–40 mmHg in subjects with chronic venous insufficiency) In special cases, consider low-molecular weight heparin, as for the high-risk group
High-risk group	The presence of the following factors is associated with particularly high risk Previous VTE  Manifest malignant disease or other severe illness Immobilization (e.g., limb in plaster cast) Recent major surgery	General measures, as for the low-risk group  Graduated compression stockings (compression at least 10–20 mmHg but 20–40 mmHg in subjects with chronic venous insufficiency) Consider low-molecular weight heparin or fondaparinux

VTE: Venous thromboembolism

### Annexe 1 : Recommandation du Hall meeting 2007

Risk group	Risk factors	Recommendations
Low-risk group	All passengers not in the categories listed below	Passengers should avoid excess alcohol and caffeine-containing drinks, and preferably remain mobile and/or exercise their legs during the flight (D)
Medium-risk group	Family history of VTE, past history of provoked VTE, thrombophilia, obesity (BMI >30 kg/m <sup>2</sup> ), height >1.90 m or <1.60 m, significant medical illness within the previous 6 weeks, cardiac disease, immobility, pregnancy or estrogen therapy (including hormone replacement therapy and some type of oral contraception) and postnatal patients within 2 weeks of delivery	These patients should be advised to wear below-knee elastic compression stockings in addition to recommendations for low-risk passengers. In addition, they should be advised against the use of sedatives or sleeping for prolonged periods in abnormal positions. (D) Passengers with varicose veins may be at a risk of superficial thrombophlebitis with use of stockings; the risk/benefit ratio here is unclear
High-risk group	Past history of idiopathic VTE, those within 6 weeks of major surgery or trauma and active malignancy	Pre-flight prophylactic dose low-molecular weight heparin should be considered or formal anticoagulation to achieve a stable INR between 2 and 3, for both outward and return journeys, and decisions made on a case-by-case basis. The recommendations are in addition to the general advice for those at low to moderate risk (D)  Patients who have had a VTE should ideally not travel for 4 weeks or until proximal (above-knee) deep vein thrombosis has been treated and symptoms resolved, with no evidence of pre- or postexercise desaturation (D)

INR: International normalized ratio; VTE: Venous thromboembolism; BMI: Body mass index

## Annexe 2 : Recommandation du BTS

For long-distance travelers at increased risk of VTE, we suggest frequent ambulation, calf muscle exercise or sitting in an aisle seat if feasible (Grade 2C)

For long-distance travelers at increased risk of VTE, we suggest use of properly fitted, below-knee graduated compression stockings providing 15 –30 mmHg of pressure at the ankle stockings during travel (Grade 2C)

For all other long-distance travelers, we suggest against the use of graduated compression stockings (Grade 2C)

For long-distance travelers, we suggest against the use of aspirin or anticoagulants to prevent VTE (Grade 2C)

VTE: Venous thromboembolism

## Annexe 3 : Recommandation du college American of chest physician

## ***Serment d'Hippocrate***

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses; que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.

## Résumé

**Introduction :** Voyager en avion est devenu très courant et accessible, ainsi, en 2016, 3,7 milliards de personnes ont voyagé par avion dans le monde. Il n'est plus rare de croiser des femmes enceintes lors des vols, qu'elles soient voyageuses occasionnelles, fréquentes, ou bien faisant parti du personnel navigant. **Objectif :** Voyager pendant la grossesse pose donc la question de la sécurité pour le fœtus et la femme enceinte ; ainsi nous avons étudié les différents risques auxquels les femmes enceintes sont exposées lors des vols commerciaux. **Méthode :** Pour ce faire, une revue systématique de littérature a été réalisée incluant des articles des années 2000 à nos jours. Une recherche selon quatre combinaisons de mots clefs MESH via la base de données PUBMED a été effectuée, permettant de recueillir 35 articles uniquement en anglais et français. **Résultat :** Quatre risques principaux ont été dégagés. Le risque thromboembolique qui est évalué à 1/1000 femmes enceintes voyageant en avion. Ce risque est multifactoriel et dépend de la durée de vol, des modifications physiologiques de la grossesse et des contraintes physiques liées aux vols. Le risque ionisant dû au rayonnement cosmique qui expose au risque de cancer et de blessure de l'ADN. Il est recommandé de ne pas dépasser 1 mSv lors de la grossesse. Le risque de compliquer l'issue de grossesse avec plus particulièrement le risque d'accouchement prématuré, de malformation, de petit poids de naissance, de métrorragie ou d'admission en soins intensifs néonataux. Il n'y a pas de donnée significative pouvant mettre en cause les voyages aériens à l'heure actuelle. Enfin les risques physiques liés aux vols (bruit/ hypoxie/ ceinture de sécurité) n'exposent pas la femme enceinte et son fœtus à des complications particulières. **Conclusion :** Les vols lors de la grossesse ne posent pas de problème particulier et cela jusqu'à 36 SA. Il faudra s'attacher à ne pas dépasser un certain nombre d'heure de vol afin de ne pas surexposer le fœtus aux radiations ionisantes. Des mesures physiques simples suffisent à prévenir le risque thromboembolique sauf chez les femmes enceintes présentant des comorbidités, à ce moment-là, une anticoagulation sera à discuter.

**Mots clefs :** grossesse, voyage, vol, radiation ionisante, thrombose, issue de grossesse.

## Abstract

**Introduction :** Air travel has become very common and accessible, so by 2016, 3.7 billion people have traveled by air to the world. It is no longer uncommon to meet pregnant women on flights, whether they are occasional, frequent travelers, or are part of the flight crew. **Objective :** Traveling during pregnancy therefore raises the question of safety for the fetus and the pregnant woman; So we studied the different risks that pregnant women are exposed to during commercial flights. **Methods :** To do this, a systematic review of the literature was carried out, including articles from the 2000s to the present. A search using four keyword combinations using the PUBMED database was carried out, collecting 35 articles only in English and French. **Results :** Four main risks were identified. The thromboembolic risk which is evaluated to 1/1000 pregnant women traveling by plane. This risk is multifactorial and depends on the duration of flight, physiological changes in pregnancy and physical constraints related to flights. The ionizing risk due to cosmic radiation that exposes the risk of cancer and injury to DNA. It is recommended not to exceed 1 mSv during pregnancy. The risk of complicating pregnancy outcomes, particularly the risk of premature birth, malformation, low birth weight, metrorrhagia or admission to neonatal intensive care. There is no significant data that could affect air travel at this time. Finally, the physical risks associated with flights (noise / hypoxia / seat belts) do not expose the pregnant woman and her fetus to particular complications. **Conclusion :** Flight during pregnancy do not pose any particular problem and this until 36 SA. Care should be taken not to exceed a certain number of flying hours in order not to overexpose the fetus to ionizing radiations. Simple physical measures are sufficient to prevent the thromboembolic risk except in pregnant women with comorbidities, at which time an anticoagulation will be discussed.

**Keywords :** Pregnancy, Air travel, flight, Ionizing radiation, Thrombosis, Pregnancy outcome.

Discipline : Médecine Générale

Université de bordeaux – U.F.R Des Sciences Médicales