



**HAL**  
open science

# La Fibrillation Atriale chez le Personnel Navigant : critères de réhabilitation, enjeux d'aptitude et spécificités de prise en charge

Anthony Delalande

► **To cite this version:**

Anthony Delalande. La Fibrillation Atriale chez le Personnel Navigant : critères de réhabilitation, enjeux d'aptitude et spécificités de prise en charge. Médecine humaine et pathologie. 2024. dumas-04848925

**HAL Id: dumas-04848925**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04848925v1>

Submitted on 19 Dec 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License

## **AVERTISSEMENT**

Cette thèse d'exercice est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de docteur en médecine. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt toute poursuite pénale.

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 122.4

Code de la Propriété Intellectuelle. Articles L 335.2 - L 335.10

**UNIVERSITÉ PARIS CITÉ**

Faculté de Santé

**UFR de Médecine**

**Année 2024**

**THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

Présentée et soutenue publiquement le : 24/10/2024

Par

**Anthony DELALANDE**

**La Fibrillation Atriale chez le Personnel Navigant :  
critères de réhabilitation, enjeux d'aptitude et spécificités de prise en charge**

Dirigée par M. le Professeur Olivier Manen

JURY

M. le Professeur Éric Perrier	Président
M. le Professeur Olivier Manen	Directeur
M. le Docteur Henri Broustet	Membre du jury
M. le Docteur Sébastien Bisconte	Membre du jury
Mme la Docteure Marie-Valérie Bourhis	Membre du jury
Mme la Docteure Marie Soula	Membre du jury



**MINISTÈRE  
DES ARMÉES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



---

**ÉCOLE DU VAL DE GRACE – Paris**

**A Monsieur le médecin général inspecteur Guillaume PELÉE de SAINT MAURICE**

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Directeur de l'Académie de santé des armées

Directeur de l'École du Val-de-Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Officier dans l'Ordre National du Mérite

Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

**A Monsieur le pharmacien général François CAIRE-MAURISIER**

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Directeur-adjoint de l'Académie de santé des armées

Directeur-adjoint de l'École du Val-de-Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Chevalier dans l'Ordre National du Mérite

Officier dans l'Ordre des Palmes Académiques

---

**HÔPITAL NATIONAL D'INSTRUCTION DES ARMÉES BÉGIN – Saint-Mandé**

**À Madame le Médecin Général Marion AUBOIN ép. LAHUTTE**

Médecin-chef de l'Hôpital National d'Instruction des Armées Bégin

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Chevalier de l'Ordre des Palmes Académiques

Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

**À Monsieur le Médecin Chef des Services de Classe Normale Lionel MONTAGLIANI**

Médecin-chef adjoint de l'Hôpital National d'Instruction des Armées Bégin

Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

**À Monsieur le Médecin en Chef Cyril GARCIA**

Coordinateur du comité pédagogique de l'Hôpital National d'Instruction des Armées Bégin

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

## Remerciements

---

**À notre Président du jury, M. le Professeur Éric Perrier, Professeur agrégé du Val de Grâce Titulaire de la Chaire de médecine d'Armées, Chef de service du DEA – CPEMPN,**

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la présidence du jury. Pour votre intérêt à l'égard de ce travail, recevez le témoignage de notre profond respect.

**À notre Directeur de thèse, M. le Professeur Olivier Manen, Professeur agrégé du Val de Grâce en médecine aéronautique, Chef de service de l'unité médecine au CPEMPN,**

Merci d'avoir été présent et de m'avoir accompagné lors de ce travail, vous m'avez transmis la passion de la médecine aéronautique. Merci de m'avoir mis à l'honneur à trois reprises lors de présentations de ce travail devant des pairs. Le temps que vous y avez consacré, ainsi que votre disponibilité, malgré vos impératifs professionnels et personnels, suscitent mon profond respect.

**À notre membre du jury, M. le Docteur Henri Broustet, Médecin cardiologue et rythmologue, Chef de service de cardiologie de l'Hôpital National d'Instruction des Armées Percy,**

Vous nous faites l'honneur d'accepter de faire partie de notre jury et de juger notre travail à la lumière de votre expertise de cardiologue, soyez assuré de notre profonde gratitude et de notre sincère considération.

**À notre membre du jury, M. le Docteur Sébastien Bisconte, Médecin spécialiste en médecine aéronautique, directeur adjoint du CPEMPN,**

Vous nous faites l'honneur d'apporter vos compétences à la critique de ce travail. Veuillez recevoir ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

**À notre membre du jury, Mme la Docteure Marie-Valérie Bourhis, Médecin brevetée de Médecine Aéronautique de la Défense, Officier de carrière,**

Merci d'avoir répondu favorablement à la participation de ce jury, à vous qui m'avez si bien guidé en tant que tutrice depuis le début de mon internat. Cette thèse est pour moi l'aboutissement de ma formation en médecine. Merci pour le temps, la confiance, l'aide précieuse et la bienveillance dont vous avez fait preuve tout au long de ce projet.

**À notre membre du jury, Mme la Docteure Marie Soula, Médecin brevetée de Médecine Aéronautique de la Défense, Officier de carrière,**

Recevez notre reconnaissance pour votre présence dans le jury. Je vous remercie pour l'expérience partagée et pour votre confiance à mon égard lors du semestre passé en antenne médicale au Fort du Kremlin-Bicêtre.

## Remerciements (suite)

---

### ***A mes parents,***

Vous m'avez transmis vos valeurs et votre amour, qui m'ont mené jusque-là aujourd'hui. Vous m'avez soutenu dans mes choix pendant toutes ces années. Je ne vous remercierai jamais assez, vous êtes si importants à mes yeux. Papa, tu es un modèle pour moi et tu es déjà un grand-père formidable. Nous avons encore tant de moments et d'amour à partager. Je vous aime si fort.

### ***A ma sœur Angélique,***

Tu as toujours été ma force et ma joie, merci pour ton soutien en toutes circonstances et pour ta confiance en moi. Nous avons traversé et nous traverserons toujours les tempêtes de la vie main dans la main. Je suis si heureux de te voir épanouie aux côtés d'Yvan.

### ***A mes beaux-parents Marc et Marie-Caroline,***

Vous m'aviez accueilli comme votre propre fils et je vous en suis infiniment reconnaissant. Quelle joie et quelle fierté de parcourir la suite de mon chemin de vie à vos côtés, je vous sais si aimants et si encourageants. Je vous aime fort.

### ***A mes belles-sœurs Alice, Ségo et Miette***

Vous qui êtes à présent dans mon cœur mes nouvelles sœurs d'adoption et je vous aime fort. Je vous remercie pour votre bonne humeur et ces moments de famille si réconfortants. Hâte de voir et d'être présent pour la suite de vos vies.

### ***A mes amis d'enfance Pauline et Dorian, et leurs conjoints***

Merci Pauline d'être une amie aussi fidèle depuis nos 11 ans, nous avons un peu grandi ensemble et nous nous sommes vu accomplir personnellement. Merci pour tous ces moments de vies partagés et pour ton soutien à toute épreuve.

Merci Dorian pour cette amitié qui se fortifie avec le temps, comme le bon vin, depuis le lycée. Je sais ô combien avec Alice vous êtes déterminés et combatifs, vous êtes un modèle dans bien des situations et vous avez contribué à m'inspirer pour ce travail.



### ***A mes chers et tendres amis, et leurs conjoints***

A J-A mon coloc, mon ami qui compte beaucoup pour moi ; merci pour tous ces grands moments de détente et de joie qui nous remplissent de nostalgie. Merci Léa, grâce à J-A tu es maintenant aussi chère à mes yeux. Toi qui as le cœur sur la main, tu m'as été d'une grande aide. A Riyan, mon ami de toujours et coloc débordant de ressources et d'optimisme qui apporte un souffle de joie dans ma vie. Merci Alexia, reine du fr...tti fr...tta pour tous ces moments d'amitié et d'histoires rocambolesques (#sous-pape d'évacuation). Merci Thomas pour ta sagesse et nos discussions passionnées que je partage à présent avec ta douce Alice. Merci Rayan pour tes conseils, ta présence, ta rigueur dans le travail, tu es inspirant pour moi. Te savoir heureux avec Émilie me réjouit. Merci Baptiste D.L. pour ton amitié pure et bienveillante, je sais que je peux toujours compter sur toi. Merci Marie pour tous nos moments partagés, ceux de joies mais aussi de peines, qui ont fait grandir notre amitié Je suis si heureux pour toi, maintenant libre comme l'air et avec Alex. Merci Juju pour nos délires, présents dès la P1, j'en espère encore bien d'autres, je te souhaite plein de bonheur avec Elsa.

Merci Ben et Cyril pour votre amitié et nos discussions passionnées autour de bières en terrasse. Vous comptez beaucoup pour moi.

Merci Agathe, notre histoire d'amitié est belle et, comme tu le sais, ces quelques lignes sont insuffisantes pour la décrire. Merci Erwan pour ta bonne humeur, ta gentillesse et le soleil que tu apportes dans nos vies. Merci Amé, ma fry, ma catalane de cœur, je ne sais comment te remercier, toi qui a toujours été à mes côtés dans les moments les plus importants de ma vie d'adulte. Merci PM pour qui tu es, ta personne, ton âme est si belle, je suis si fier que tu sois le parrain de mon fils. Merci Paulo pour ton amitié et tous ces moments où nous refaisons le monde : de beaux moments d'évasions intellectuels.

### ***A l'Assemblée Générale***

Merci l'AG pour tous ces évènements passés ensemble qui ont rythmé mon externat. C'est beau et émouvant de nous voir continuer à nous accomplir dans nos vies privées et professionnelles.

***A ma cousine Chloé,***

Merci pour tous ces moments de famille partagés avec Clo à Paris. Hâte de te revoir danser comme une pro sur le parquet.

***A mes compagnons d'internats Théo, Xavier, Benoit***

Merci Théo pour ta complicité et notre soutien mutuel durant l'internat ; A tous nos moments BK à la fac qui me manquent déjà. Merci Xav et Benoit pour votre simplicité, votre bonne humeur et votre bienveillance qui ont beaucoup compté pour moi pendant cet internat.

***A Edouard,***

Merci pour cette belle rencontre ainsi que pour ton partage d'expérience, de passion du sport et d'amitié. Tu as grandement contribué à me faire vivre mon internat avec engouement et détermination. Ton énergie et ta curiosité ont un impact considérable sur le médecin militaire que je souhaite devenir.

***A Aurélien,***

Je te remercie du fond du cœur pour ton investissement dans ce travail, qui sans toi ne serait pas aussi réussi. Merci de faire partie de ma vie depuis que je suis avec Clo, ta présence nous est très chère. Nous t'aimons du fond du cœur.

***A ma femme Clotilde,***

Je ne te remercierai jamais assez pour tout ce que tu apportes dans ma vie. Tu me fais grandir chaque jour qui passe, en amour et dans la foi, en tant qu'époux et en tant que père. Tu es et as été un soutien infaillible dans les moments difficiles de ma vie et dans la réalisation de ma thèse. Tu es aussi la femme merveilleuse qui accompagne les plus beaux moments de ma vie. Je suis si épanoui à tes côtés et si fier de te voir devenir cette maman débordante d'amour pour notre fils. Je t'admire tant et je sais que sans toi je n'en serai pas là aujourd'hui. Je suis éperdument amoureux de toi.

***A mon fils Joseph,***

Pour ta présence dans ma vie, tu es ma réussite mais aussi mon avenir. Je te rendrai au centuple toute la joie que tu m'apportes. Je suis si fier que tu assistes à la soutenance de ton papa.

*A ma mère si courageuse, partie trop tôt.*

*Par Saint-Luc, Vive le Service de Santé des Armées !  
Par Notre-Dame de Lorette et par Saint Joseph de Cupertino, Vive les Aviateurs !  
Par Sainte-Clotilde, Vive l'ALAT !*

*Sur les mers et au-delà des mers, Pour la Patrie et l'Humanité, toujours au service de l'Homme.*

## Résumé et indexation en français

---

### **La Fibrillation Atriale chez le Personnel Navigant : Critères de réhabilitation, enjeux d'aptitude et spécificités de prise en charge**

#### **Résumé :**

CONTEXTE : La fibrillation atriale (FA) est le trouble du rythme cardiaque soutenu le plus fréquent dans le monde, avec une prévalence en constante progression. Bien que cette pathologie soit souvent associée au vieillissement, elle peut concerner des sujets jeunes et sportifs. Le personnel navigant (PN) n'est pas exempt de cette maladie, avec des conséquences graves si elle survient lors du vol, motivant souvent une anticoagulation préventive. Les avancées thérapeutiques récentes, comme les anticoagulants oraux directs et les procédures d'ablation par cathéter, ont amélioré la prise en charge de la FA. De plus, depuis 2013, la réglementation aéronautique civile européenne, appliquée en France, prévoit la possibilité d'une récupération d'aptitude au vol sous traitement anticoagulant. La réhabilitation des PN français après un épisode de FA est gérée par des commissions aéromédicales nationales, avec des normes spécifiques pour les PN civils et militaires.

OBJECTIF : Cette étude vise à comprendre les leviers de réhabilitation au vol des personnels navigants français atteints de FA.

MÉTHODE : En utilisant la base de données anonymisées des dossiers médicaux papiers et informatiques du Centre Principal d'Expertise Médicale du Personnel Navigant (CPEMPN) de l'Hôpital National d'Instruction des Armées (HNIA) Percy (à Clamart), notre étude observationnelle descriptive et de cohorte rétrospective s'intéresse aux expertises médicales de personnels navigants civils et militaires. Nous avons évalué 62 dossiers de patients âgés de plus de 18 ans ayant eu un épisode de fibrillation atriale (FA) entre avril 2013 et décembre 2022. L'étude se concentre sur la récupération d'une aptitude au vol, cruciale pour ces personnels, en fonction des réglementations et du type de personnel navigant (pilotes classe 1 et 2, PN techniques et commerciaux, pilotes et PN militaires). Des tests *du Chi-deux*, *exact de Fisher* et *T de Student* ont été réalisés pour évaluer les facteurs prédictifs de réhabilitation au vol.

RÉSULTATS : L'âge de diagnostic de la FA chez le PN est précoce, avec une moyenne de 54 ans, et encore plus précoce chez les PN militaires, avec une moyenne de 44 ans. La population étudiée est principalement jeune et sportive. Les facteurs de risque cardiovasculaires ne sont pas majeurs, voire presque absents chez les PN militaires, et le risque thrombo-embolique est majoritairement faible (un score de CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc entre 0 et 1 concerne 2/3 de l'effectif). Néanmoins, 1/3 des sujets sont hypertendus et 2/3 sont en situation de surpoids ou d'obésité. La FA est une fois sur deux idiopathique, majoritairement paroxystique (65%), et asymptomatique (47%). Elle est fréquemment diagnostiquée au repos (84%) à l'occasion d'une visite d'aptitude périodique (40%). L'ablation par radiofréquence est la stratégie thérapeutique privilégiée par les PN (39%), surtout militaires, permettant une guérison dans 96% des cas, ce qui influe positivement le taux global de récupération d'aptitude au vol (77%). L'anticoagulation concerne 42% des PN, et les déclarations d'inaptitude (ou dans le meilleur des cas d'aptitude avec limitation(s)) restent courantes pour les PN civils anticoagulés (malgré les autorisations récentes de vol sous anticoagulant). Quant aux PN militaires, les récupérations d'aptitudes sont fréquentes, mais les limitations concernent principalement les pilotes. L'étude souligne, d'une part, l'importance du suivi médical régulier des PN pour prévenir et dépister une FA, d'autre part, l'intérêt de nombreux facteurs prédictifs pouvant orienter la décision d'aptitude. L'un de ces facteurs concerne le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc : un score < 2 ( $p=0,04$ ) semble prédictif d'une récupération d'aptitude au vol et un score < 1 ( $p=0,04$ ) semble prédictif d'une récupération de l'aptitude au pilotage monocommande.

### **Spécialité :**

DES de Médecine Générale

### **Mots clés français :**

Fibrillations atriale /Fibrillation,

Ablation atriale par radiofréquence / Ablation, Radiofréquence / Ablation par radiofréquence, Anticoagulant / Traitement, anticoagulant / Traitements, Anticoagulation / Traitements antiarythmiques / Utilisation thérapeutique

Arythmies cardiaques / Physiopathologie / Arythmies cardiaques

Continuité des soins, patients / Continuité des soins aux patients

Médecine aéronautique / Médecine, aéronautique / Médecine, Avion / Médecine aérospatiale

Personnel navigant militaire / Militaire, aviation

### **Forme ou Genre :**

fMeSH : Dissertation universitaire

Rameau : Thèses et écrits académiques

## Résumé et indexation en anglais

---

### **Atrial Fibrillation in Aircrew: Rehabilitation criteria, fitness issues, and specificities of management**

#### **Abstract:**

**BACKGROUND:** Atrial fibrillation (AF) is the most common sustained cardiac rhythm disorder in the world, and its prevalence is constantly increasing. Although this condition is often associated with ageing, it can also affect young, athletic people. Aircrew are not exempt from this condition, which can have serious consequences if it occurs during a flight, often requiring preventive anticoagulation. Recent therapeutic advances, such as direct oral anticoagulants and catheter ablation procedures, have improved the management of AF. In addition, since 2013, European civil aviation regulations, which are applied in France, provide for the possibility of recovering fitness to fly under anticoagulant treatment. The rehabilitation of French pilots after an episode of AF is managed by national aeromedical commissions, with specific standards for civilian and military pilots.

**OBJECTIVE:** The aim of this study is to understand the factors involved in the in-flight rehabilitation of French aircrew suffering from AF.

**METHOD:** Using the anonymised database of paper and computerised medical records from the Centre Principal d'Expertise Médicale du Personnel Navigant (CPEMPN) at the Hôpital National d'Instruction des Armées (HNIA) Percy (in Clamart), our descriptive, retrospective cohort observational study looked at the medical expertise of civilian and military aircrew. We assessed 62 records of patients aged over 18 who had an episode of atrial fibrillation (AF) between April 2013 and December 2022. The study focuses on the recovery of fitness to fly, which is crucial for these personnel, depending on the regulations and the type of aircrew (class 1 and 2 pilots, technical and commercial aircrew, military pilots and aircrew). Chi-square, Fisher's exact and Student's T tests were used to assess the factors predicting flight rehabilitation.

RESULTS: The age at which AF is diagnosed in aircrew is early, with an average of 54, and even earlier in military aircrew, with an average of 44. The population studied is mainly young and sporty. Cardiovascular risk factors are not major, or even almost absent in military aircrew, and the thrombo-embolic risk is mostly low (a CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc score between 0 and 1 concerns 2/3 of the population). Nevertheless, 1/3 of subjects have hypertension and 2/3 are overweight or obese. AF is idiopathic in one out of two cases, mostly paroxysmal (65%) and asymptomatic (47%). It is frequently diagnosed at rest (84%) or during a periodic fitness test (40%). Radiofrequency ablation is the treatment strategy preferred by aircrew (39%), especially military personnel, resulting in a cure in 96% of cases, which has a positive impact on the overall rate of recovery of fitness to fly (77%). Anticoagulation affects 42% of aircrew, and declarations of unfitness (or at best fitness with limitation(s)) remain common for civil aircrew with anticoagulants (despite recent authorisations to fly on anticoagulants). As for military aircrew, recovery of fitness is frequent, but the limitations mainly concern pilots. The study highlights the importance of regular medical check-ups for aircrew to prevent and detect AF, as well as the importance of a number of predictive factors that can guide the fitness decision. One of these factors concerns the CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc score: a score < 2 (p=0.04) appears to be predictive of recovery of aptitude for flight, and a score < 1 (p=0.04) appears to be predictive of recovery of aptitude for single-engine flying.

**English keywords:**

[Atrial Fibrillations / Fibrillation,](#)

[Atrial Ablation, Radiofrequency / Radio Frequency Ablation Agent,](#)

[Anticoagulant/ Agents, anticoagulant / Agents, Anticoagulation](#)

[Arrhythmias, Cardiac / Physiopathology / Arrhythmias, Cardiac / Therapy](#)

[Anti-Arrhythmia Agents / Therapeutic use](#)

[Care Continuity, Patient / Patient Care Continuity](#)

[Travel-Related Illness / Aviation Medicine / Medicine, Aviation / Medicine, Aircraft](#)

[Aircrew, Military / Military, Aviation / Military Personnel](#)

[Aerospace Medicine](#)

**Publication type:**

[MeSH : Academic Dissertation](#)

## Liste des abréviations

---

- AAE : Armée de l’Air et de l’Espace
- AAG : Appendice Auriculaire Gauche
- AAR : Antiarythmiques
- AeMC : *Aero-medical Center* (Centre Aéromédical, en France)
- AIT : Accident Ischémique Transitoire
- ALAT : Aviation Légère de l’Armée de Terre
- AME : Examineurs Aéromédicaux
- AOD : Anticoagulants Oraux Directs
- AVC : Accident Vasculaire Cérébral
- AVK : Antagonistes de la Vitamine K
- CEMPN : Centre d’Expertise Médicale du Personnel Navigant
- CPEMPN : Centre Principal d’Expertise Médicale du Personnel Navigant
- DGAC : Direction Générale de l’Aviation Civile
- EASA: European Union Aviation Safety Agency
- ECG : Electrocardiogramme
- ESC : European Society of Cardiology
- ETO : Echocardiographie Transœsophagienne
- FA : Fibrillation Atriale
- FAA : *Federal Aviation Administration*
- FAI : Fibrillation Atriale Isolée
- FAI : Fibrillation Atriale Isolée
- HNIA : Hôpital d’Instruction National des Armées
- INR : *International Normalized Ratio*
- IRM : Imagerie par Résonance Magnétique
- LAF : *Lone Atrial Fibrillation*
- OACI : Organisation de l’Aviation Civile Internationale
- OCL : *Operational Co-pilot Limitation*
- OG : Oreillette Gauche



- OML : *Operational Multi-pilot Limitation*
- OPL : *Operational Pilot Limitation*
- ORL : *Operational Restriction Limitation*
- OSL : *Operational Safety Pilot Limitation*
- PN : Personnel Navigant
- PNC : Personnels Navigants Commerciaux
- PNT : Personnels Navigants Techniques
- RFCA : Ablation par radiofréquence par cathéter
- RGO : Reflux Gastro-Œsophagien
- SAHOS : Syndrome d'Apnée Hypopnée Obstructive du Sommeil
- SAMU : Service d'Aide Médicale Urgente
- SCA : Syndrome Coronarien Aigu
- SIC : *Specific Individual Certificate*
- SSL : *Safety Pilot Limitation*
- TML : *Temporary Medical Limitation*

# Table des matières

---

REMERCIEMENTS .....	6
REMERCIEMENTS (SUITE) .....	8
RÉSUMÉ ET INDEXATION EN FRANÇAIS .....	12
RÉSUMÉ ET INDEXATION EN ANGLAIS .....	14
LISTE DES ABREVIATIONS .....	16
INTRODUCTION .....	22
<b>1 : ETAT DE L'ART DE LA FIBRILLATION ATRIALE .....</b>	<b>24</b>
1.1.    DEFINITION .....	24
1.1.1. <i>Classification de la FA</i> .....	24
1.1.2. <i>Facteurs de risque, facteurs favorisants curables et évitables</i> .....	27
1.2.    EPIDEMIOLOGIE .....	32
1.2.1. <i>Prévalence, incidence et projections</i> .....	32
1.2.2. <i>Place dans la médecine de soin</i> .....	33
1.2.3. <i>Volet financier</i> .....	34
1.3.    PHYSIOPATHOLOGIE .....	36
1.3.1. <i>Prédisposition génétique</i> .....	36
1.3.2. <i>Mécanisme structurel</i> .....	37
1.3.3. <i>Mécanisme fonctionnel</i> .....	37
1.3.4. <i>Particularité du sportif</i> .....	40
1.3.5. <i>Complications</i> .....	45
1.4.    SYMPTOMATOLOGIE .....	48
1.4.1. <i>Signes fonctionnels</i> .....	48
1.4.2. <i>Signes cliniques</i> .....	52
1.5.    TRAITEMENTS .....	53
1.5.1. <i>Thérapeutique antithrombotique</i> .....	55
1.5.2. <i>Thérapeutiques de contrôle du rythme et de la fréquence cardiaque</i> .....	61
1.5.3. <i>Cardioversions</i> .....	64
1.5.4. <i>Ablation chirurgicale de la fibrillation atriale</i> .....	67
1.5.5. <i>Ablation par radiofréquence ou par cryothérapie</i> .....	68
1.5.6. <i>Perspective thérapeutique future : Ablation par électroporation</i> .....	70
1.6.    STRATEGIE THERAPEUTIQUE CHEZ LE SUJET JEUNE ET SPORTIF .....	72
1.7.    PARTICULARITES DU MILIEU AERONAUTIQUE .....	74

1.7.1.	<i>Les contraintes aéronautiques</i> .....	74
1.7.2.	<i>Spécificité des pilotes</i> .....	75
<b>2 :</b>	<b>LA MEDECINE AERONAUTIQUE : APTITUDE AU VOL</b> .....	<b>77</b>
2.1.	LES PERSONNELS NAVIGANTS PROFESSIONNELS .....	77
2.1.1.	<i>Spécialités navigantes civiles professionnelles</i> .....	77
2.1.2.	<i>Spécialités navigantes militaires</i> .....	78
2.2.	INSTANCES DECISIONNELLES.....	80
2.2.1.	<i>Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)</i> .....	80
2.2.2.	<i>Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA)</i> .....	80
2.2.3.	<i>Direction générale de l'Aviation civile (DGAC)</i> .....	81
2.2.4.	<i>Armée Française</i> .....	82
2.3.	APTITUDE MEDICALE DES PERSONNELS NAVIGANTS .....	83
2.3.1.	<i>Médecins aéronautiques</i> .....	83
2.3.2.	<i>Fibrillation atriale et aptitude au vol</i> .....	84
2.3.3.	<i>Sécurité des vols</i> .....	86
2.3.4.	<i>Aptitude par dérogation et aptitude par décision de l'autorité</i> .....	86
2.4.	REGLEMENTATION SUR LA FIBRILLATION ATRIALE SELON LES INSTANCES.....	90
2.4.1.	<i>Selon l'OACI</i> .....	90
2.4.2.	<i>Selon l'EASA et le Pôle Médical</i> .....	93
2.4.3.	<i>Selon le Service de Santé des Armées</i> .....	96
2.5.	ETUDES DE REHABILITATION AU VOL DE PN MILITAIRES ETRANGERS.....	99
2.5.1.	<i>PN militaires Allemands</i> .....	99
2.5.2.	<i>PN militaires Américains</i> .....	100
<b>3 :</b>	<b>TRAVAIL DE THESE</b> .....	<b>103</b>
3.1.	OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	103
3.1.1.	<i>Principal</i> .....	103
3.1.2.	<i>Secondaires</i> .....	103
3.2.	MATERIEL ET METHODES .....	103
3.2.1.	<i>Méthodologie</i> .....	103
3.2.2.	<i>Population étudiée</i> .....	104
3.2.3.	<i>Recueil de données</i> .....	104
3.2.4.	<i>Charte éthique et réglementations</i> .....	105
3.2.5.	<i>Grille de saisie</i> .....	105
3.2.6.	<i>Critères d'inclusion et d'exclusion</i> .....	106
3.2.7.	<i>Méthode d'analyse des résultats</i> .....	107
3.3.	RESULTATS.....	108
3.3.1.	<i>Etude de la population</i> .....	108

3.3.2.	<i>Fonctions et postes aéronautique occupés.....</i>	110
3.3.3.	<i>Caractéristiques de la fibrillation atriale.....</i>	113
3.3.4	<i>Stratégies de prises en charge et traitements.....</i>	114
3.3.5.	<i>Aptitude aéronautique et caractéristiques descriptives initiales.....</i>	118
3.3.6.	<i>Aptitude aéronautique et prise en charge thérapeutique.....</i>	120
3.3.7.	<i>Impact sur l'activité professionnelle.....</i>	123
3.3.8.	<i>Impact sur l'activité loisir.....</i>	124
3.3.9.	<i>Cohorte et délais décisionnels.....</i>	125
3.4.	DISCUSSION.....	128
3.4.1.	<i>La FA chez le personnel navigant.....</i>	128
3.4.2.	<i>La FA et l'aptitude aéronautique.....</i>	132
3.4.3.	<i>Remarques et limites de l'étude.....</i>	138
<b>CONCLUSION.....</b>		<b>140</b>
<b>SERMEN D'HIPPOCRATE.....</b>		<b>142</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>		<b>144</b>
<b>TABLE DES FIGURES.....</b>		<b>160</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX.....</b>		<b>162</b>
<b>ANNEXES.....</b>		<b>163</b>
ANNEXE 1.....		163
<i>Annexe 1.1.....</i>		163
<i>Annexe 1.2.....</i>		164
ANNEXE 2.....		165
ANNEXE 3.....		165
ANNEXE 4.....		166
ANNEXE 5.....		166
ANNEXE 6.....		167
<i>Annexe 6.1.....</i>		167
<i>Annexe 6.2.....</i>		168
ANNEXE 7.....		169
ANNEXE 8.....		169
ANNEXE 9.....		169
ANNEXE 10.....		170
<i>Annexe 10.1.....</i>		170
<i>Annexe 10.2.....</i>		170
ANNEXE 11.....		171
ANNEXE 12.....		172

ANNEXE 13 .....	173
ANNEXE 14 .....	173
ANNEXE 15 .....	174
ANNEXE 16 .....	174
ANNEXE 17 .....	175
ANNEXE 18 .....	175
ANNEXE 19 .....	176

## Introduction

---

Parmi les troubles du rythme documentés, de nombreuses études indiquent que la fibrillation atriale (FA) est l'arythmie soutenue la plus fréquente dans la population générale<sup>1</sup>. En 2016, dans le monde, la fibrillation atriale concernait 43,6 millions d'individus<sup>2</sup>. La prévalence (3% de la population française) et l'incidence de cette pathologie ne cessent de progresser, ce qui en fait un enjeu médico-économique majeur. Ainsi en France, on compte 1 million d'épisodes de FA annuels, conduisant à 10% des consultations et 15% des hospitalisations en cardiologie. La FA est associée notamment à un risque élevé d'accident vasculaire cérébral (AVC) et de mortalité. Aussi, malgré le fait attesté que l'incidence est croissante avec l'âge, il existe une part non négligeable de FA chez des sujets jeunes, en particulier sportifs, et professionnellement actif.

Le personnel navigant (PN) civil et militaire n'est pas épargné par cette maladie. Une étude rétrospective menée de 1985 à 2007 au sein d'un hôpital militaire français<sup>3</sup> avait estimé que 1,1% des hospitalisations concernaient une FA, parmi lesquelles 11% de ces PN avaient moins de 30 ans et 53% moins de 50 ans. Plus récemment, en 2019, une étude a révélé que 0,3% de l'ensemble du personnel navigant militaire britannique était atteint d'une FA asymptomatique découverte fortuitement lors d'un ECG de routine<sup>4</sup>. En ce qui concerne les PN civils, le Pôle médical de la DGAC a recensé sur l'année de 2022, 12% de FA parmi les 355 dossiers médicaux étudiés pour des troubles cardiaques chez ce même personnel.

La survenue d'une FA en vol peut entraîner des conséquences dramatiques (malaise en vol, AVC). L'anticoagulation préventive fait partie des traitements en vigueur pour éviter ces conséquences, mais elle présente néanmoins des risques hémorragiques potentiels bien connus. Pourtant, la plupart des personnels navigants militaires britanniques au sein de l'étude susdite, ainsi que des PN américains dans une étude similaire<sup>5</sup>, ont retrouvé leur aptitude au vol, parfois même sous anticoagulants.

Ces dix à quinze dernières années ont été marquées par une évolution considérable des thérapeutiques ; notamment avec l'arrivée des anticoagulants oraux directs (AOD) plus simples à manipuler et supposés mieux tolérés que les anti-vitamines K (AVK) en raison du risque hémorragique. De même que l'avènement, plus récent, des procédures d'ablation par

cathéter, qui s'intègrent de plus en plus précocement dans la prise en charge, ce que chaque médecin est amené à constater dans sa pratique.

En France, après un épisode de FA, la réhabilitation d'un PN civil ou militaire nécessite une présentation systématique du dossier médical auprès d'une commission aéromédicale compétente. La commission militaire se réfère à des normes datant de 2008, actualisées en 2021 mais sans modification dans ce domaine, tandis que la commission civile se réfère aux normes européennes de 2011, modifiées en 2018, qui ont autorisé dès leur première application en 2013 les PN à voler sous anticoagulants.

Dans ce contexte d'évolution médicale et réglementaire, il est pertinent de réévaluer l'impact de cette maladie sur la récupération d'aptitude au vol chez les PN civils et militaires, en tenant compte des traitements anticoagulants à long terme et des stratégies thérapeutiques mises en place. Il convient d'évaluer également l'influence des autres paramètres propres à chaque PN (facteurs de risque cardiovasculaires, comorbidités, fonction à bord, activité professionnelle ou privée, etc.).

Cette étude vise à décrire et comprendre les divers leviers de réhabilitation au vol pour les PN civils et militaires français atteints de FA, avec ou sans anticoagulation au long cours. Il sera également possible de comparer les différentes prises en charge entre les populations militaires et civiles ainsi que de discuter les résultats avec de récentes études similaires.

# 1 : ETAT DE L'ART DE LA FIBRILLATION ATRIALE

---

## 1.1. Définition

En se référant aux récentes « Guidelines » de 2020 pour le diagnostic et la prise en charge de la fibrillation atriale, élaborées par la Société Européenne de Cardiologie (ESC) en collaboration avec l'Association européenne de chirurgie cardio-thoracique (EACTS)<sup>2</sup>, la définition d'une fibrillation atriale (FA) se résume en une définition anatomo-physiopathologique et cardio-électrique. En effet, il s'agit précisément d'une tachyarythmie supraventriculaire caractérisée par une activation électrique auriculaire non coordonnée. Ceci induit par conséquence une contraction auriculaire chaotique et donc inefficace. En dehors d'une découverte sur des formes symptomatiques de la maladie, le diagnostic reste électrocardiographique. Sur l'électrocardiogramme il sera alors visualisé des intervalles R-R irréguliers (lorsque la conduction auriculo-ventriculaire n'est pas altérée), une absence d'ondes P répétitives distinctes, et des activations auriculaires irrégulières (oscillantes rapides).

### 1.1.1. Classification de la FA

Les Sociétés Savantes se sont accordées pour abandonner l'ancienne classification selon laquelle il existait 4 catégories de FA, à savoir, idiopathique, valvulaire, non-valvulaire et chronique. Depuis les recommandations de 2016 réactualisées en 2020, il existe désormais 5 types de FA qui sont classées en fonction de leur présentation, de leur durée et de leur mode de résolution. Cette classification apporte un changement majeur puisque la FA peut évoluer d'une catégorie à une autre au fil des années, et a un lien avec les deux grandes stratégies de prise en charge : le contrôle du rythme et de la fréquence cardiaque.

#### 1.1.2.5. Les cinq classes de FA

- La FA dite de premier épisode : FA non diagnostiquée auparavant, quelle que soit sa durée ou la présence/gravité des symptômes liés à la FA. Il s'agit d'une FA qui n'est pas encore caractérisable.



- La FA Paroxystique : FA qui se termine spontanément ou avec une intervention dans les 7 jours suivant son apparition.
- La FA Persistante : FA soutenue de façon continue au-delà de 7 jours, y compris les épisodes terminés par une cardioversion (médicamenteuse ou électrique) après plus de 7 jours.
- La FA Persistante de longue durée : FA continue de plus de 12 mois au moment de la décision d'adopter une stratégie de contrôle du rythme.
- La FA Permanente : La FA est acceptée par le patient et le médecin, et aucune autre tentative de rétablir/maintenir le rythme sinusal ne sera entreprise. Ce terme ne doit pas être utilisé dans le contexte d'une stratégie de contrôle du rythme par un traitement antiarythmique ou une ablation de la FA.

NB : Si une stratégie de contrôle du rythme était adoptée, l'arythmie serait reclassée comme "FA persistante de longue durée".

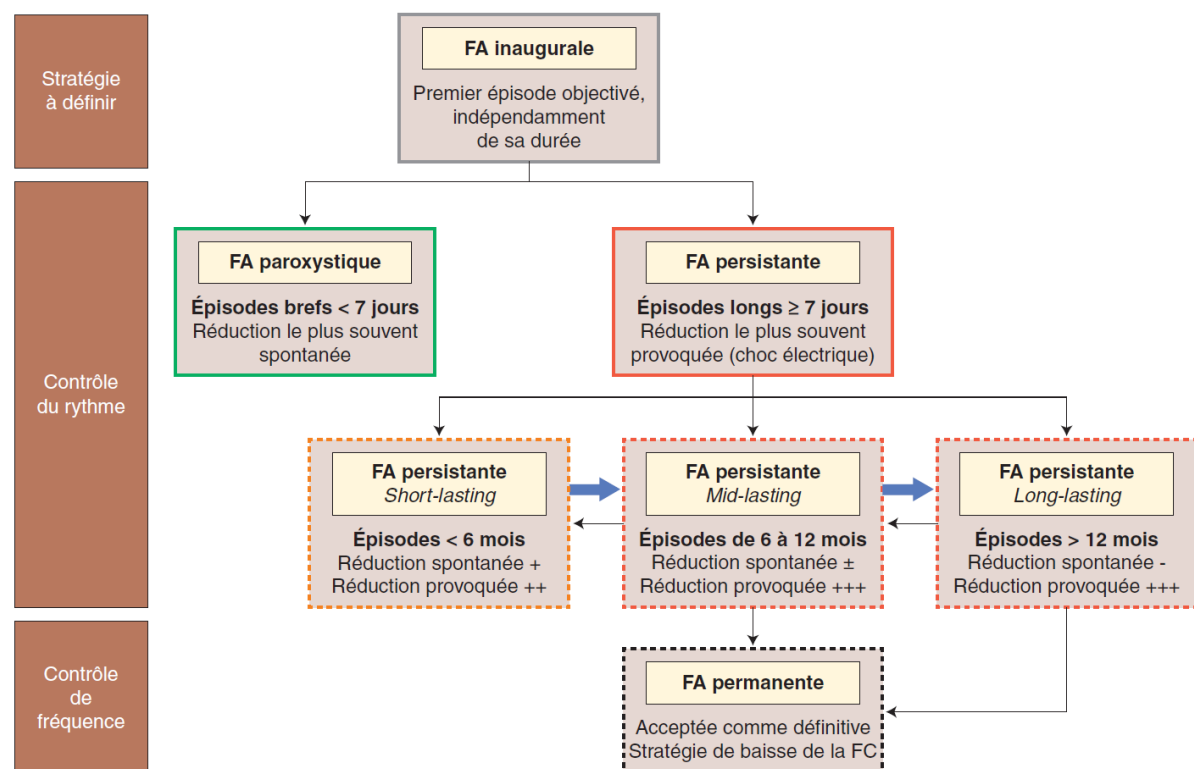


Figure 1 : Classification de la fibrillation atriale (FA), inspirée des recommandations de la Société européenne de cardiologie\*. (Reproduite de Pambrun T. et al.<sup>6</sup>)

\*La forme persistante constituant un ensemble très vaste, ici, en complément des recommandations, se distinguent des sous-groupes (encadrés pointillés) selon la durée du plus long épisode. D'expérience, plus la durée est longue, plus le nombre de procédures nécessaires au maintien au long cours du rythme sinusal tend à augmenter.

FC : fréquence cardiaque.

### 1.1.1.2. Le modèle d'une caractérisation structurée ou schéma 4S-AF

Cependant, cette nouvelle classification propose un schéma davantage temporel et moins factoriel que son ancienne classification. En effet, le choix de prise en charge thérapeutique va dépendre de critères davantage physiopathologiques tels que la symptomatologie, l'origine de la FA, le risque de complication, etc. Dans la perspective de faire évoluer cette classification, les récentes recommandations de 2020 de l'ESC proposent un schéma intitulé 4S-AF comprenant les quatre grands domaines physiopathologiques liés à la FA, que sont le risque d'AVC (Stroke) ; la gravité des symptômes (*Symptoms severity*) ; la complexité de la FA (*Severity of AF burden*), intégrant la classification actuelle plus temporelle et la réponse au traitement ; enfin le terrain du patient (*Substrate severity*) impliquant les comorbidités, les cardiomyopathies, les biomarqueurs... ces derniers éléments étant proches de l'ancienne classification.

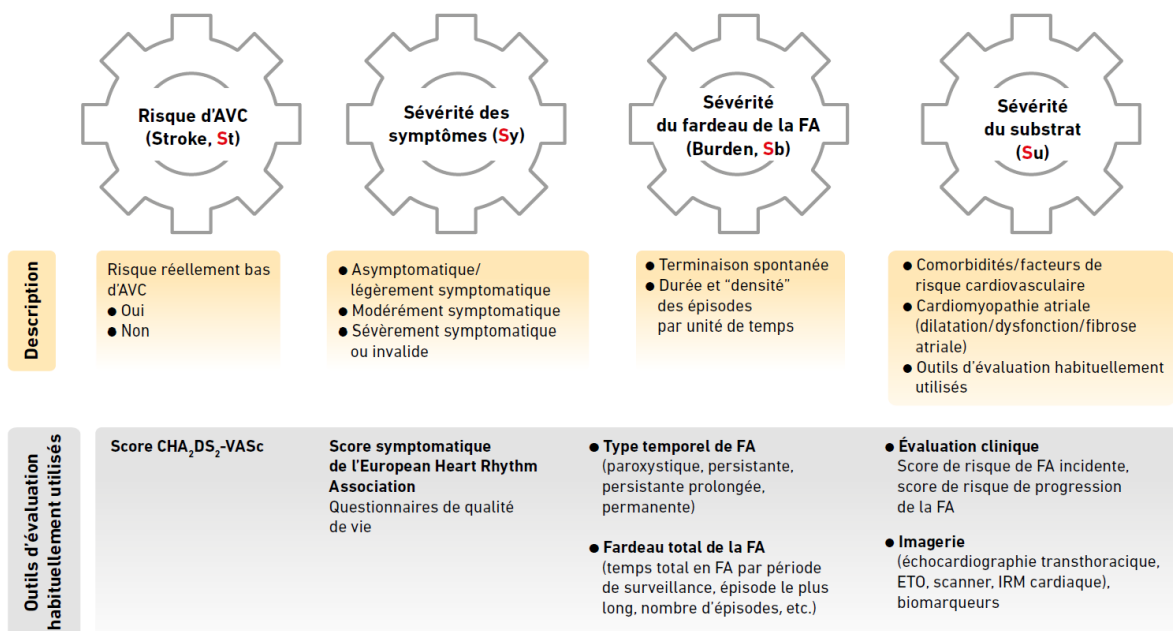


Figure 2 : Caractérisation de la FA par le « Schéma 4S-AF ». (Adaptée de 2020 ESC Guidelines Hindricks G. et al.<sup>2</sup>)

AF = atrial fibrillation ; CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc = Congestive heart failure, Hypertension, Age >\_75 years, Diabetes mellitus, Stroke, Vascular disease, Age 65 - 74 years, Sex category (female); CT = computed tomography; EHRA = European Heart Rhythm Association; LA = left atrium; MRI = magnetic resonance imaging; QoL = quality of life; TOE = transoesophageal echocardiography.  
TTE = transthoracic echocardiography.

### 1.1.2. Facteurs de risque, facteurs favorisants curables et évitables

En dehors de toute cardiopathie sous-jacente ou de facteurs favorisants retrouvés, le terme de FA idiopathique est toujours utilisé en pratique courante. Elle est le plus souvent paroxysmique ou persistante, rarement permanente. La prévalence d'un premier épisode est estimée à 69% des FA selon la plus longue cohorte de référence de Lubitz A. et al.<sup>6</sup> (63 ans ; 1409 patients éligibles ; FA permanentes exclues) issue de *The Framingham Heart Study* (2015). Cette même cohorte estime également un taux élevé de récurrence à 5 ans. De même, un taux similaire de 52% de récurrence à 5 ans est observé plus récemment par Wang E.Y. et al<sup>7</sup> (2020). Ces deux études montrent aussi que les FA avec au moins un facteur précipitant secondaire retrouvé étaient moins à risque de récurrence par rapport à la FA idiopathique, indépendamment des différents traitements utilisés dans les deux cas.

Les facteurs précipitants cette pathologie sont bien connus. L'augmentation de la prévalence liée à l'âge cache en réalité d'autres pathologies sous-jacentes qui favorisent la survenue d'une fibrillation atriale au cours de leur évolution.

Les pathologies cardiaques favorisent en premier lieu cette pathologie. De manière plus générale, la cause la plus fréquente de FA reste la cardiopathie hypertensive<sup>8</sup>.

Ensuite, la cardiomyopathie dilatée évoluée et la cardiopathie valvulaire mitrale en sont les causes les plus documentées, car également pourvoyeuses de FA. Selon de très récentes études, sa prévalence dans l'insuffisance cardiaque avancée peut varier entre 39% et 53%<sup>9,10</sup>.

#### 1.1.2.1. Hypertension artérielle

À ces causes bien spécifiques s'ajoutent en amont des comorbidités qui les favorisent. D'après les études épidémiologiques et les registres récents sur la FA, l'hypertension artérielle est présente chez 70% des patients atteints de cette arythmie. Il est d'autant plus notable que les patients souffrant d'hypertension artérielle ont un risque 1,7 fois plus élevé de développer une FA par rapport aux sujets normotendus<sup>11</sup>. Le contrôle de la pression artérielle réduit l'incidence, la récurrence et les complications de la FA<sup>12</sup>.

#### 1.1.2.2. Facteurs de risque partagés

L'obésité (25 à 35% des FA<sup>13,14</sup>), au même titre que l'insuffisance rénale (15 à 20% des FA<sup>15,16</sup>), est considérée comme un facteur de risque partagé avec l'hypertension artérielle, car sa gestion permet un meilleur contrôle de cette dernière et, par conséquent, de la FA. Toutefois, de nombreuses études affirment également que l'obésité est un facteur de risque indépendant pour le développement de la FA : elle augmente de 50% le risque d'apparition de FA<sup>17</sup>, tandis que toute augmentation de 5 points d'indice de masse corporelle (IMC) entraîne une hausse de 30% de l'incidence de la FA<sup>18</sup>.

#### 1.1.2.3. Diabète

Le diabète (20% des FA) est un facteur de risque indépendant de FA, en particulier chez les jeunes patients.<sup>19</sup> Les patients diabétiques ont un risque 2 fois plus élevé de développer une FA en comparaison aux sujets non-diabétiques<sup>20</sup>. De plus, il a été démontré que l'incidence de la FA augmente avec la gravité du diabète, liée à l'altération de la microcirculation du tissu myocardique pourvoyeur de changements structurels pouvant conduire jusqu'à une formation de fibrose. Le contrôle glycémique a été associé à une réduction du risque de FA (et des récurrences après ablation). Ce contrôle glycémique doit suivre les recommandations actuelles qui demeurent généralistes, puisqu'aucune cible glycémique spécifique pour prévenir la FA n'a encore été établie dans les données actuelles<sup>12</sup>.

#### 1.1.2.4. Pathologies respiratoires

Une autre comorbidité fréquente est la famille des pathologies respiratoires dont le syndrome d'apnée hypopnée obstructive du sommeil (SAHOS). Le SAHOS (15% des FA) est une des formes les plus répandues chez les patients souffrant de l'association FA, insuffisance cardiaque et hypertension artérielle. Une analyse prospective parue en 2004 mettait en évidence qu'environ 50% des sujets atteints de FA présentaient également un SAHOS, contre 32% des témoins.<sup>21</sup> Les études ont pu mettre en évidence des mécanismes bien définis pour comprendre son rôle dans le déclenchement d'une FA. Ce sont les alternances d'hypoxémie et d'hypercapnie nocturnes intermittentes qui provoquent des changements de pression intrathoracique, suivis d'un déséquilibre sympathico-vagal, lui-même à l'origine d'un stress oxydatif pro-inflammatoire activant un système neuro-humoral. D'ailleurs, toutes ces cascades ont

permis de comprendre et de mettre en évidence que le fait d'être atteint de SAHOS réduit significativement les taux de réussite des antiarythmiques, de la cardioversion électrique, et même de l'ablation par radiofréquence.<sup>22</sup>.

À noter qu'il existe également un risque accru et dose-dépendant de déclencher une FA pour le tabagisme actif et sevré<sup>23</sup>.

#### 1.1.2.5. Causes aiguës dites « réversibles »

Il existe aussi des causes dites aiguës et réversibles précipitant une FA. Des causes cardiaques ou extra-cardiaques peuvent déclencher une fibrillation atriale. Le sujet est déjà bien étudié notamment en réanimation, dont l'incidence de FA (entre 6 et 10%) est bien plus élevée que dans la population générale à âge égal<sup>24,25</sup>. On parlera ici davantage de modifications temporaires structurelles telles qu'une surcharge en volume ou en pression, une dilatation de l'oreillette gauche, un étirement atrial, un état inflammatoire aigu. Les modifications sont elles-mêmes favorisées par des facteurs précipitants aigus, parfois directement liés à nos modes de vies. L'enjeu étant ainsi de les rechercher lors de l'interrogatoire. On note parmi ces causes les intoxications par des métabolites (alcool, hypokaliémie, hyperthyroïdie), les états pro-inflammatoires (péricardite, infections pulmonaires, chirurgie cardiaque, etc.) ou l'association d'autres pathologies rythmiques transitoires.

Le facteur « extra-cardiaque » le plus important est l'inflammation, quelle que soit son origine. A l'extrême, la présence d'un syndrome de réponse inflammatoire systémique (SRIS) notamment post-chirurgical ou lors d'un autre traumatisme, induit une inflammation favorisant l'apparition d'une FA, elle-même directement corrélée à l'intensité de ce traumatisme<sup>26</sup>. Dans ce contexte de pic inflammatoire systémique secondaire au traumatisme, l'incidence de la FA étant maximale les premiers jours postopératoires, plusieurs études prouvent que l'administration préopératoire de corticoïdes ou de statines diminuait l'incidence de cette FA postopératoire<sup>27,28</sup>. D'autres origines inflammatoires telles que les infections sont des causes reconnues dans le déclenchement de FA. La première d'entre elles est précisément l'épisode infectieux bronchopulmonaire. De manière plus générale, la fièvre en contexte infectieux ou les épisodes de diarrhées ont aussi montré leur implication<sup>29</sup>.

En contexte réanimatoire, l'utilisation de catécholamines, la cathétérisation veineuse centrale ou encore les variations de la volémie sont aussi d'autres facteurs contributifs<sup>28</sup>

En dehors du contexte hospitalier, il est démontré que l'intensité d'une émotion, la consommation excessive de caféine (favorisant la production d'adrénaline), la consommation excessive d'alcool (dont on estime sa responsabilité dans 5 à 10% de tous les cas de FA<sup>30</sup> tandis que son abstinence diminuant les récurrences<sup>31</sup>), la consommation de stupéfiant, et l'électrocution sont aussi déclencheurs de FA<sup>2,29</sup>.

Un dernier groupe de facteurs déclenchants « d'origines extra-cardiaques » concerne les médicaments. En effet, toute iatrogénie médicamenteuse pourvoyeuse notamment d'hypokaliémie, peut déclencher l'arythmie. De même, une mauvaise observance du traitement antiarythmique (pour réduire le risque de récurrence de FA) favorise les récurrences, de par sa marge thérapeutique étroite à l'origine, soit d'un sous-dosage et donc d'une inefficacité, soit d'un surdosage et donc d'une réduction de l'automatisme sinusal avec un ralentissement de la vitesse de conduction nodale<sup>2,29</sup>.

Enfin, d'autres facteurs que l'on peut qualifier « d'origines cardiaques » tel que la chirurgie cardiaque génère une incidence plus élevée de FA. Le mécanisme est surtout lié à des processus inflammatoires locaux et au stress postopératoire. Le mécanisme comprend également une exacerbation des risques liés directement à la pathologie cardiaque sous-jacente<sup>32</sup>. Un récent travail publié en 2023 montre la possibilité de prévenir la survenue de FA après chirurgie cardiaque, en augmentant l'utilisation de l'amiodarone prophylactique post-opératoire chez les patients à risque élevé.<sup>33</sup>

En outre, la cardiomyopathie dans l'hyperthyroïdie aiguë et la péricardite aiguë sont des facteurs déclencheurs de l'arythmie<sup>29</sup>.

#### 1.1.2.6. Cas particulier : Le sport de haut niveau

En dehors des cas précédents, il existe des FA dites « isolées » (FAI) apparaissant avant l'âge de 60 ans, en l'absence de comorbidités, de cardiopathie, de cause aiguë et d'anomalie échocardiographie. Le terme « isolée » est remplacé dorénavant par FA « sur cœur sain » ou *lone atrial fibrillation* (LAF) en anglais selon les recommandations de 2020 de l'ESC. On parle alors de population jeune, pour qui la FA a une prévalence générale de 0,5%. Cependant, dans ce groupe, on estime des variations de prévalence parmi les sportifs en bonne santé (0,2%<sup>34</sup> à 0,3%<sup>35</sup>) au sein duquel on retrouve un surrisque spécifique d'apparition chez les sportifs endurants allant de 0,8%<sup>34</sup> à moins de 3%<sup>36</sup>, surtout si l'activité d'endurance dure plusieurs années. Une étude de référence avait même observé une incidence annuelle de FA de 0,48%<sup>37</sup>

au sein de cette tranche d'athlètes. Le sportif masculin est quatre fois plus sujet à une LAF que le sujet féminin, dont l'âge moyen de survenue se situe entre 40 et 50 ans. La LAF représente 70% des FA des sportifs contre 30% dans la population non sportive du même âge.

Ces études et observations portant sur ce sous-groupe de patient atteint de FA suggèrent une possible association entre une pratique sportive d'endurance et l'apparition d'une FA.

La première étude de ce genre est une étude cas-témoins parue en 1998 et s'intéressant à 228 vétérans de l'armée américaine suivis pendant 10 ans, initialement en excellente santé, pratiquant de la course d'orientation à haut niveau<sup>37</sup>. Il s'agissait d'une population jeune puisqu'âgée en moyenne de 48 ans. Les résultats sont étonnants puisqu'il est mis en évidence une proportion plus élevée de diagnostic de FA que la normale (comparé aux témoins). Il y avait 5,5 fois plus de risque de développer cette pathologie avec une incidence élevée pour des sujets jeunes et sans facteur de risque pour une FA. Il était même établi que le premier épisode arythmique survenait en moyenne après 36 ans d'entraînement.

S'ensuit alors de multiples études s'intéressant aux cyclistes<sup>38</sup>, aux skieurs de fond<sup>39</sup>, aux sportifs pratiquant plus de trois heures de sport par semaine<sup>40</sup>, ou encore selon le degré d'activité sportive cumulée<sup>41</sup>.

L'étude la plus récente de ce genre est une méta-analyse publiée en 2021 dans le *British Journal of Sports Medicine*. Elle a examiné l'incidence de la fibrillation atriale (FA) chez les athlètes par rapport aux témoins dit « non-athlètes ». Les résultats ont montré que les athlètes ont significativement 2,46 fois plus de risque de développer une FA en comparaison aux témoins « non-athlètes ». D'ailleurs, l'étude précise que les athlètes plus jeunes, ici de moins de 55 ans, et ceux pratiquant des sports mixtes, sont significativement les plus à risque de FA<sup>42</sup>.

## 1.2. Epidémiologie

Depuis l'étude Framingham de 1982, toutes les études d'envergure étudiant l'épidémiologie globale de la fibrillation atriale s'accordent à caractériser cette pathologie comme étant la plus fréquente des troubles du rythme cardiaque soutenus dans le monde<sup>43-45</sup>.

### 1.2.1. Prévalence, incidence et projections

La FA est une pathologie du sujet vieillissant, qui augmente de manière exponentielle avec l'âge. Il n'existe pas d'âge de survenue moyenne dans les études, mais plutôt des prévalences par classe d'âge. Rare chez le sujet jeune (0,1%), elle touche moins de 0,5% des sujets entre 40 et 50 ans puis 5% des sujets de plus de 65 ans. Pour les sujets de plus de 80 ans, la maladie touche 9% à 15% d'entre eux<sup>46</sup>. Sur les 600 000 à 1 million de personnes concernées en France, plus de la moitié est âgées de plus de 75 ans<sup>47</sup>.

À l'échelle mondiale, la prévalence estimée des personnes atteintes de FA en 2010 était de 33,5 millions, avec 20,9 millions d'hommes et 12,6 millions de femmes.<sup>48</sup> En 2016, ce nombre a atteint 43,6 millions d'individus<sup>2</sup>. Selon les plus récentes études datant de 2022, cette prévalence dans la population générale mondiale serait comprise entre 2 et 4% chez les adultes. Il est estimé que, d'ici 2050, au moins 72 millions de personnes seront concernées par la FA<sup>49</sup>.

Au sein de l'Union Européenne, on estimait à 8,8 millions d'adultes âgés de plus de 55 ans atteint de FA en 2010<sup>50</sup>. C'est environ 1,8 millions d'Allemands qui seraient atteints de cette pathologie soit une prévalence de 2,1%<sup>51</sup>, tandis qu'entre 600 000 et 1 million de personnes<sup>50</sup> serait concernées en France (soit une prévalence similaire). Cette pathologie est en constante progression avec une incidence allemande entre 3,9 et 4,4 pour 1000 personnes-années<sup>51</sup> ; à savoir entre 312 000 et 352 000 nouveaux cas par an environ (pour une population de 80 millions d'habitants). L'incidence française estimée est un peu plus faible entre 110 000 et 230 000 nouveaux cas par an, une disparité due à une population française moins à risque de maladies cardiovasculaires<sup>52,53</sup>. Dans un contexte de poursuite de l'« occidentalisation » des modes de vie corrélée à un vieillissement constant de la population générale, la maladie devrait continuer à progresser ; les projections européennes prévoient que le nombre de FA devrait doubler en atteignant 14 à 17 millions de personnes (120 000 à 215 000 nouveaux cas



par an) pour 2030<sup>50</sup> ; les projections françaises anticipent aussi un doublement de la prévalence, soit 1,1 à 2 millions de FA en 2050<sup>47</sup>.

En tant que pays d'Occident développé, les Etats-Unis n'échappent pas à ce constat. En 2010, la prévalence de la FA était comprise entre 1 et 5% de la population, concernant entre 3 et 6 millions d'Américains<sup>54</sup>. Ce nombre devrait aussi continuer de s'accroître, affectant entre 6 et 16 millions d'américains en 2050<sup>49</sup>, voire tripler (18 millions d'individus) selon certaines projections<sup>54</sup>. L'incidence de la FA devrait elle aussi au moins doubler en passant de 1,2 million de cas par an en 2010<sup>54</sup> à 2,6 millions de cas annuels en 2030<sup>54</sup>.

Les autres pays du globe sont encore pour le moment moins affectés par les pathologies et facteurs de risque cardiovasculaires (HTA, diabète, obésité, etc.)<sup>55</sup>, ce qui explique la plus faible prévalence de FA rencontrée en Afrique, en Inde ou en Asie. La Chine estime par exemple que 0,71% de sa population âgée de 35 ans ou plus est atteinte de FA, se confrontant néanmoins à une incidence qui augmente aussi rapidement avec l'âge<sup>56</sup>. Cependant, des disparités persistent dans les projections pour 2050. En Asie ces dernières sont plus stables et bien inférieures à celles de l'Occident, avec 9 millions de cas de FA en Chine (environ 0,7%) et 700 000 cas de FA au Japon (0,6%) ; leur niveau d'industrialisation et de vieillissement sont déjà similaires à ceux de l'Occident sans le défaut des modes de vies pourvoyeurs de maladies cardiovasculaires.

En revanche, l'Inde et l'Afrique entament une tendance globale au vieillissement de leurs populations ; l'âge étant lui-même à l'origine d'une augmentation de l'ensemble des facteurs de risque cardiovasculaires, ce qui devrait là encore entraîner une augmentation des cas de FA<sup>2</sup>.

### **1.2.2. Place dans la médecine de soin**

Une vaste étude d'une durée de dix ans (1990-2000) publiée en 2006 sur la population européenne concluait à une augmentation de 66% du nombre d'hospitalisations pour fibrillation atriale. Cette augmentation était liée au vieillissement de la population, à la prévalence croissante des maladies cardiaques chroniques mais aussi à un diagnostic plus fréquemment posé.<sup>57</sup>

En France, la découverte et la prise en charge de la FA sont également devenues un motif fréquent d'hospitalisation. En 2008, le diagnostic de FA concernait 412 000 patients hospitalisés, avec une tendance nette à l'augmentation si l'on se réfère aux trois années précédentes : +26% de 2005 à 2008<sup>47</sup>.

### **1.2.3. Volet financier**

Cette place dans la médecine de soin s'illustre aussi par son coût qui demeure relativement important.

#### **1.2.3.1. Concernant la France**

En France, il n'existe qu'une enquête<sup>58</sup> publiée en 2004 rapportant les coûts de santé de la fibrillation atriale en France. Celle-ci a estimé que le coût annuel des soins dispensés aux patients atteints de cette pathologie s'évaluait à environ 3 000 euros par patient, soit 2,5 milliards d'euros annuels pour l'ensemble des patients. Plus de la moitié est représentée par les hospitalisations (52%), le reste se partageant entre les médicaments (23%), les consultations (9%), les investigations complémentaires d'imagerie et de biologie (8%), les actes paramédicaux (2%) et enfin les arrêts de travail (6%).

Par ailleurs, l'arrivée des nouvelles thérapeutiques ablatives modifie le coût par individu, qui est en augmentation au cours de la première année de prise en charge thérapeutique. Récemment en 2012, le CHU de Bordeaux présentait son rapport sur le coût par patient traité par ces techniques. Le coût réel du séjour (5 jours en moyenne) était de 7 514 € par patient, comprenant pour une part importante le coût de la procédure évaluée à 5 365 € par patient<sup>59</sup>.

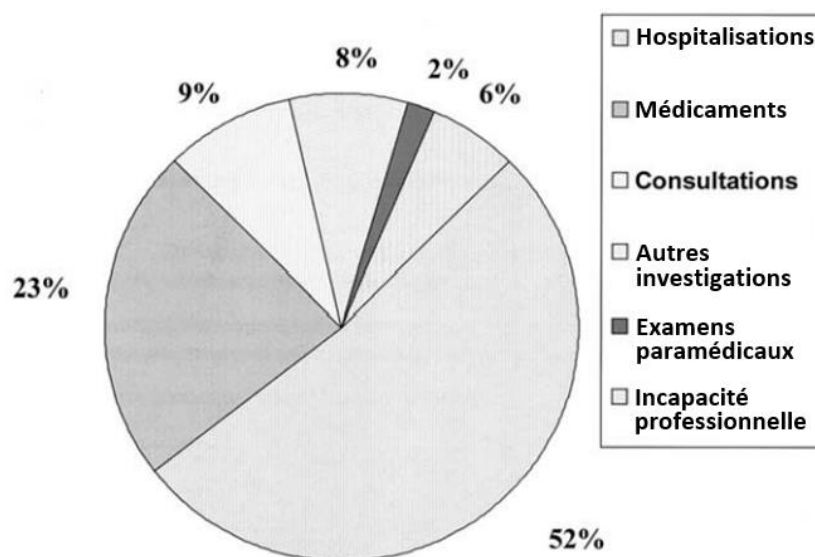


Figure 3 : Distribution du coût de prise en charge d'une fibrillation atriale en France en 2004. (Adaptée de Heuzey J.-Y. et al.<sup>51</sup>)

### 1.2.3.2. Concernant les Etats-Unis d'Amérique

Outre Atlantique, une étude américaine de référence réalisée de 1990 à 2009, a révélé que le coût de la prise en charge des patients atteints de FA est élevé. Cependant, en l'absence d'une assurance maladie universelle qui régule et plafonne les coûts, toute comparaison des dépenses est rendue difficile avec la France. Les coûts médicaux sont en effet soumis aux lois du marché américain et les estimations budgétaires varient de 2 000 à 14 200 dollars par patient-année ; estimation quatre fois plus élevée comparée aux 450 à 3 000 euros par patient-année en Europe. Ceci s'explique de nouveau par la part importante de la couverture universelle imposant un plafonnement des coûts que partagent de nombreux pays européens (Belgique, Allemagne, Autriche, Danemark, Suède, Italie, Espagne, etc.) comme la France. De plus ce budget américain de la FA est en augmentation, estimé entre 15 000 et 40 000 dollars par patient-année lors d'une réévaluation en 2022<sup>60</sup>, ce qui correspond à un budget annuel entre 6 et 26 milliards de dollars. L'importance est telle que ce budget est comparable à celui du diabète par exemple. Pour autant, comme pour le cas français, ce sont les soins autour de l'hospitalisation qui contribuent majoritairement à ces coûts annuels, à hauteur de 50 à 70%<sup>61</sup>.

## 1.3. Physiopathologie

### 1.3.1. Predisposition génétique

Malgré des facteurs de risque déjà sus-décrits et conditionnant un terrain cardiovasculaire favorisant la survenue d'une FA, il est important de préciser que cette pathologie possède néanmoins une forte composante héréditaire indépendante de ces facteurs<sup>62</sup>. Dans le cadre des *genome-wide association studies (GWAS)*, les chercheurs ont identifié 97 variants (impliquant 57 gènes) significativement associés à la FA parmi 33 millions de patients atteints, notamment des sujets jeunes<sup>63</sup> et d'ascendance européenne<sup>64</sup>. Par exemple le variant *rs2200733* situé près du gène *PITX2* sur le chromosome *4q25* a été l'un des premiers identifiés et retrouvé dans toutes les études antérieures. Il présente une fréquence allélique de 21% dans la population européenne et augmente le risque de FA de 84%<sup>65</sup>.

Les conséquences de ces mutations font encore l'objet de nombreuses études, mais les premiers résultats suggèrent qu'elles seraient à l'origine de modifications hydro-électriques et structurelles des cellules atriales, altérant ainsi le potentiel d'action auriculaire et entraînant un remodelage auriculaire.<sup>66</sup>

La perspective d'un dépistage génétique de la FA fait encore débat car il se heurte à des défis et des limites par la complexité de l'interprétation des résultats, le manque de données probantes sur l'efficacité et la sécurité du dépistage, les coûts et les ressources nécessaires, les aspects éthiques, juridiques et psychosociaux, enfin la nécessité d'une éducation et d'un conseil génétique appropriés<sup>67</sup>.

Pour le moment, le seul dépistage génétique effectué par les centres spécialisés est réservé à des cas familiaux de FA précoce ou syndromique, dans le but d'aider à établir parmi les membres d'une famille concernés et à risque, un diagnostic précoce pour orienter leur suivi ou leur prise en charge.

### **1.3.2. Mécanisme structurel**

#### 1.3.2.1. Généralités

La FA résulte d'un processus complexe impliquant des variants génétiques prédisposants, mais surtout d'un remodelage lent et progressif des oreillettes. En effet, c'est l'installation dans le temps des cardiopathies, de l'hypertension artérielle, du vieillissement, voire du diabète qui favorise l'activation des fibroblastes, augmentant ainsi l'inflammation locale du tissu conjonctif et entraînant à terme de la fibrose, une hypertrophie des myocytes, de la nécrose, de l'amylose. Ces caractéristiques histologiques sont retrouvées dans les cœurs des patients malades<sup>68</sup>. À noter que la FA elle-même entretient et favorise ce processus, ce qui explique la propension à l'échappement thérapeutique dans les FA anciennes. Ce remodelage structurel (présent avant même l'apparition de l'arythmie) a pour conséquence une dissociation électrique entre les faisceaux musculaires et des hétérogénéités de conductions locales, favorisant la réentrée et la perpétuation de l'arythmie.

#### 1.3.2.2. Anisotropie

Chez la personne âgée, ce remodelage porte un nom : l'anisotropie. Il s'agit d'une répartition anatomique inhomogène des fibres musculaires du myocarde. Les vitesses de conduction sont alors modifiées par leurs seules orientations longitudinales ou transversales. Une étude expérimentale de 1986 avait montré que cette anisotropie était bien plus marquée dans les tissus myocardiques âgés, ayant pour conséquence des modifications locales des périodes réfractaires<sup>69</sup>.

### **1.3.3. Mécanisme fonctionnel**

#### 1.3.3.1. Généralités

Le mécanisme fonctionnel à l'origine de la FA est encore incertain. Il repose sur trois concepts principaux, probablement co-existants, que l'on nomme « vaguelettes multiples réentrantes », « décharges focales » et « réentrées rapides avec conduction fibrillatoire ». Il existe d'autres mécanismes décrits tel que les réentrées dynamiques fonctionnelles « rotors » et les réentrées avec dissociation entre les couches épicaudique et endocaudique de l'oreillette.

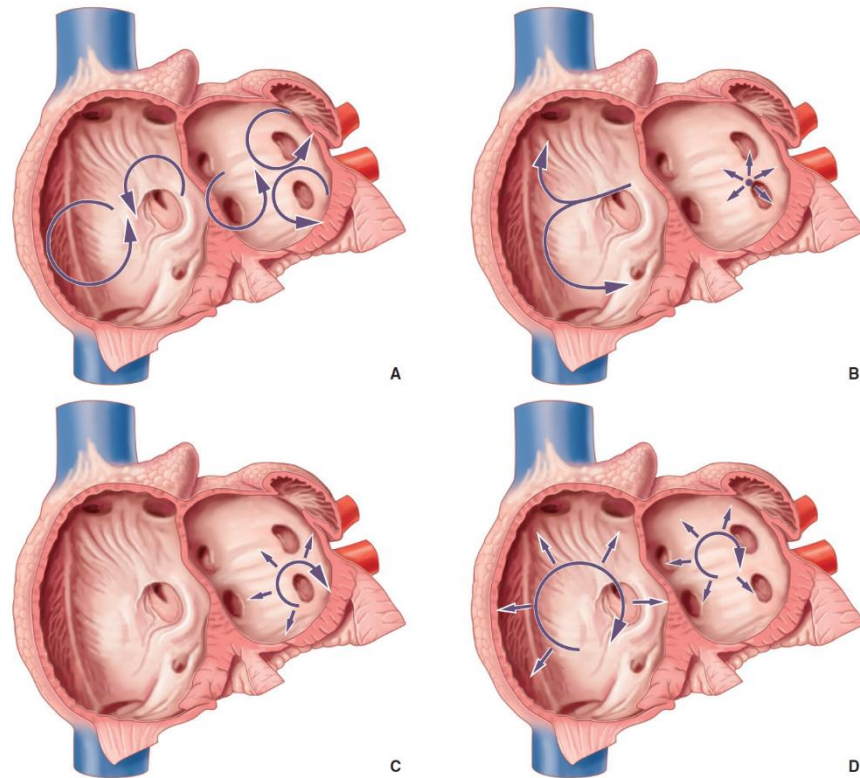


Figure 4 : Différentes théories physiopathologiques de la fibrillation atriale. (Adaptée de Derval N. et al<sup>43</sup>)

- A. « Vaguelettes » réentrantes.
- B. Foyers.
- C. Ré-entrées avec conduction fibrillatoire.
- D. Ré-entrées fonctionnelles (rotors).

Pour autant, ces concepts convergent vers un modèle de réentrées électriques multiples et instables. Ainsi, l'atteinte histologique finale précédemment décrite perturbe la fluidité de la vague de dépolarisation électrique la traversant (blocs fonctionnels, ralentissement des vitesses de conduction) en des points précis de ces structures (veines pulmonaires, ligament de Marshall, sinus coronaire, etc.). Des circuits de réentrée se forment, avec au moins deux voies ayant des vitesses de conduction et des périodes réfractaires différentes, ce qui entraîne des potentiels électriques instables, s'exprimant sur l'ECG par un aspect aléatoire du rythme électrique (trémulation de la ligne de base)<sup>70</sup>. De surcroît, en se pérennisant, une FA majore les zones de fibrose des myocytes, aggravant par la suite la perturbation de l'influx électrique. L'enjeu repose donc sur une prise en charge précoce, avant que les épisodes de FA ne durent trop longtemps, afin d'éviter ce remodelage délétère<sup>71,72</sup>.

### 1.3.3.2. Foyers d'extrasystoles

Sachant qu'il est admis que les extrasystoles supra-ventriculaires trouvent en premier lieu leur origine au niveau des veines pulmonaires, par extension, il est constaté que les circuits de réentrées se multiplient d'abord dans cette zone avant d'atteindre d'autres structures adjacentes<sup>73</sup>. Ceci expliquerait la part plus importante d'échec du traitement ablatif dans les FA persistantes. Régulièrement, on retrouve dans les FA, surtout primitive, un foyer d'extrasystolie auriculaire sous-jacent préférant la voie avec une vitesse de conduction prolongée et une période réfractaire plus courte que le potentiel auriculaire de base. Par conséquent, cette préférence induit une réentrée du potentiel électrique. Ce modèle prend sa source à la suite des travaux de Haïssaguerre et al.<sup>74</sup> (1998) chez des patients atteints de fibrillations auriculaires primitives et paroxystiques. En effet, il est observé une source focale dans les veines pulmonaires pouvant déclencher la FA, et aussi que l'ablation de cette source peut supprimer la récurrence. Dès lors, il est conclu que cette activité focale, située au niveau des veines pulmonaires, peut impliquer à la fois une activité déclenchée (extrinsèque ou intrinsèque) et une réentrée localisée. La guérison passe alors par l'éradication de cette zone.

Ce postulat actuel expliquerait l'efficacité des techniques ablatives dans le cas de la FA paroxystique, puisque cette dernière résulte davantage de simples foyers électriques sous-jacents. Ces foyers seraient donc simplement exclus par destruction directe ou isolement de la zone des veines pulmonaires.

A contrario, le mécanisme serait plus complexe concernant la FA persistante et fait encore l'objet d'études et de débats.

### 1.3.3.3. Persistance dans la durée

Une hypothèse toujours débattue suppose que la persistance dans la durée de l'arythmie serait due à un nombre plus important de ces potentiels électriques de réentrée, couplé à leur stabilisation. Cela mène à la formation de circuits autonomes, indépendants de tout potentiel électrique entrant, générant ainsi des arythmies plus organisées, comme les flutters<sup>75</sup>.

### 1.3.4. Particularité du sportif

#### 1.3.4.1. Constat

Bien que de nombreuses études aient démontré les effets bénéfiques d'une activité physique modérée sur la santé cardiovasculaire<sup>76</sup>, il est rapidement suspecté que son excès pourrait être arythmogène.

Les premières études explorant la relation entre la fibrillation atriale et la pratique sportive intensive remontent aux années 1970. À cette époque, des chercheurs ont commencé à examiner les effets de l'activité physique sur le cœur et à étudier les risques de FA chez les athlètes. Depuis lors, de nombreuses études ont été menées pour approfondir notre compréhension de cette relation complexe. Au tournant des années 2000, les études s'intéressent surtout à la relation entre FA du sujet jeune et la pratique d'une activité physique d'endurance. Pour cela les recherches se concentrent initialement sur les marathoniens ou les athlètes d'endurance.

Une étude de cohorte rétrospective réalisée en 2008 sur un groupe de coureurs de marathon<sup>77</sup> avait pour objectif de déterminer l'incidence de la fibrillation atriale isolée (FAI) chez les hommes selon le niveau de pratique sportive, mais aussi d'en identifier les marqueurs cliniques sous-jacents. Les résultats concluaient déjà que le marathonien avait 8,8 fois plus de risque (IC à 95% : 1,26-61,29) de déclarer une FA que le « non-marathonien » à âge et antécédents équivalents. Il était identifié que ce risque était associé à une augmentation du diamètre et du volume auriculaires gauches chez les sujets physiquement actifs.

Une autre étude de cohorte s'intéressant à 78 skieurs de fond masculins pendant 28 à 30 ans montrait que FAI était plus fréquente chez les skieurs de fond de longue durée que dans la population générale masculine. L'examen des différences électro et échocardiographiques révélait un intervalle PQ long, une bradycardie et de nouveau une dilatation de l'oreillette gauche comme facteurs de risque importants de FAI isolée chez ces athlètes.<sup>39</sup>

Le sport d'endurance apparaît alors comme le type de sport pourvoyeur de FA. Toutefois, il était aussi question d'une comparaison avec d'autres pratiques sportives. Déjà en 2002, paraît dans l'ESC<sup>40</sup> une méta-analyse qui conclut que la pratique d'un sport d'endurance augmente de 2 à 10 fois la probabilité de souffrir de FA, en comparaison à la population sédentaire ou pratiquant un autre sport (après ajustement sur d'autres facteurs de risque). Plus tard en



2009, une méta-analyse de 6 études cas-témoins, portant sur des athlètes pratiquant un exercice d'endurance intense, vient confirmer les résultats précédant établissant un risque de FA cinq fois plus élevé par rapport à la population générale (pratiquant d'autres sports ou sédentaire<sup>78</sup>).

Plus récemment, une revue systématique parue en 2021 sur une méta-analyse de 13 études publiées entre 1990-2020<sup>42</sup> s'est intéressée à la corrélation entre la FA et le type de sport. L'objectif de ce travail était, au-delà d'établir à nouveau le risque de FA chez les athlètes par rapport aux non-athlètes, de tenir compte du mode d'exercice (sports d'endurance ou mixtes) et de l'âge comme co-variables. Sans surprise, les auteurs concluent que les athlètes ont effectivement un risque significativement plus élevé de développer une FA (OR : 2,46 ; IC 95% : 1,73 à 3,51 ;  $p < 0,001$ ), en précisant néanmoins l'existence d'un risque plus élevé de FA pour les sports mixtes versus les sports d'endurance. En pratique, ce risque de FA est significativement plus élevé chez les athlètes jeunes (<55 ans) versus les athlètes plus âgés ( $\geq 55$  ans). Ce risque accru chez les jeunes est souvent déclenché par des poussées adrénurgiques pendant l'exercice, alors qu'il est généralement induit par le système vagal après l'exercice chez les athlètes plus âgés. Cet article récent estime pour autant que des études prospectives seront nécessaires pour mieux quantifier le poids de l'exercice physique dans la FA, en prenant notamment en compte l'historique de l'entraînement et de la compétition, ce qui pourraient permettre d'identifier les athlètes à haut risque.

En somme, toutes les études sur le sujet convergent vers les faits suivants : une FA idiopathique, majoritairement paroxystique et apparaissant principalement dans des contextes vagues, se développe surtout chez des sujets masculins, de 40-50 ans, après plusieurs décennies de pratique sportive intensive et régulière, avec pour facteurs prédictifs indépendants une grande taille du patient et une dilatation de l'oreillette gauche. L'incidence de la maladie serait également en lien avec l'intensité de la pratique sportive reflétée par une pratique d'exercice totale au cours de la vie dépassant les 1500 - 2000 heures<sup>38</sup>.

#### 1.3.4.2. Mécanismes et Triangle de Coumel

En 1993, Phillipe Coumel, un pionnier de l'électrophysiologie moderne souvent considéré comme l'un des pères fondateurs de l'arythmologie moderne, dévoile à l'aide d'enregistrement Holter le rôle du système nerveux autonome dans le déclenchement d'une FA. Cela a

abouti au concept du triangle d'arythmogenèse de Coumel<sup>79</sup>. Ce mécanisme physiopathologique s'intègre par la suite pleinement dans le lien entre une pratique sportive régulière et la survenue d'une FA. Néanmoins, une grande partie de ce mécanisme demeure encore méconnue puisque véritablement plus complexe dans son déroulé.

Ainsi, selon l'hypothèse de Coumel, la FA chez le sportif résulterait de l'interaction d'un substrat anatomique, d'un modulateur et d'un déclencheur (ou *trigger*).

- Le substrat correspond à la dilatation et/ou fibrose de l'oreillette gauche déjà connue dans la population générale pour être un facteur indépendant prédictif de la survenue de FA<sup>80,81</sup>. Cette dilatation s'expliquerait par les amples variations de débit cardiaque, répétées à chaque effort, créant une surcharge en volume et en pression. Ceci modifierait à terme la structure même des oreillettes, potentiellement visualisable par un dosage de marqueurs biochimiques sanguins reflétant une augmentation de synthèse de collagène<sup>82</sup>.
- Le modulateur correspond à un déséquilibre du système nerveux autonome dont fait déjà état Coumel dès 1978. Les connaissances physiologiques sur les sportifs d'endurance permettent d'affirmer que cette population possède un tonus vagal plus important que la population sédentaire. Sur ce principe, les découvertes concernant l'implication du tonus vagal s'appliquent de fait aux sportifs d'endurance. Au début des années 2000, il est observé, seulement quelques minutes avant le début de l'arythmie, une augmentation de la fréquence cardiaque initiale (décharge sympathique) suivie d'une bradycardie (décharge parasympathique) suggérant que cette combinaison de décharge (« sympathico-vagale ») serait l'événement initial d'une FA paroxystique<sup>83,84</sup>. De plus, la réentrée du ou des potentiels électriques, impliquée dans le mécanisme de la FA, serait aussi favorisée par la stimulation vagale (via l'acétylcholine) en induisant une hétérogénéité de la période réfractaire au niveau atrial<sup>85,86</sup>, hétérogénéité inducible également lors de l'élévation de la pression dans l'oreillette gauche)<sup>87</sup>.
- Le déclencheur (ou *trigger*) correspond à un ou des foyers atriaux ectopiques principalement retrouvés au niveau des veines pulmonaires. Aucune étude à ce jour n'a permis d'affirmer que les sportifs d'endurance présenteraient davantage d'ectopies atriales. Le *trigger* mis en cause serait plutôt secondaire à un mécanisme d'étirement atrial (*stretch atrial*) répété, engendré par la pratique sportive, induisant une augmentation de l'automaticité et un raccourcissement du potentiel d'action au niveau des veines

pulmonaires (*early after depolarisation*). Il coexisterait aussi des extrasystoles atriales par un mécanisme d'apparition de nouvelles dépolarisations juste avant la fin de la phase de repolarisation (*delayed after depolarisation*).

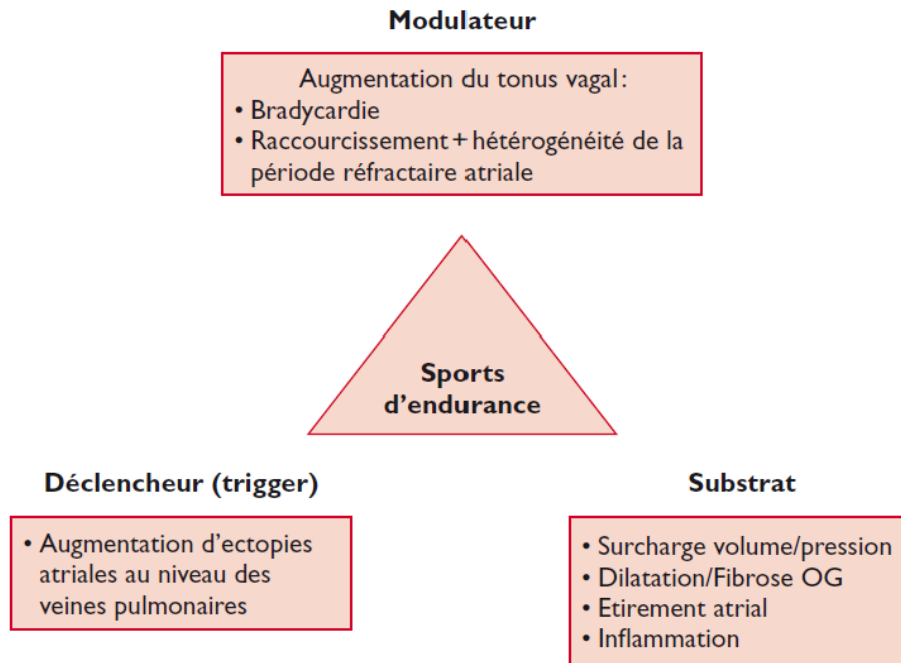


Figure 5: Le Triangle selon Coumel (Adaptée de Vaziri et al.<sup>75</sup>)

D'autres éléments pourraient s'intégrer aux mécanismes de survenue de FA chez le sportif. L'histologie des zones de fibrose dans la paroi de l'oreillette gauche (souvent présente chez le sportif d'endurance) a révélé des infiltrats lymphocytaires pariétaux pouvant être secondaires à des myocardites passées inaperçues, responsables d'un état d'immunodépression. Selon certaines études<sup>88</sup>, ces infiltrats sont supposées être en relation avec un état inflammatoire systémique chronique secondaire à l'endurance et au surentraînement excessif. Bien que, sur la base de cet état inflammatoire chronique, il ait parfois été constaté une prévalence plus faible de FA parmi les sportifs prenant régulièrement des anti-inflammatoires non-stéroïdiens, il est néanmoins admis que ce traitement augmente aussi le risque de reflux gastro-œsophagien (RGO), une pathologie récemment mise en cause dans la FA. En effet, un sportif est souvent sujet aux RGO<sup>89</sup>, et serait davantage susceptible, en raison de son état d'immunodépression, de contracter des infections (de type œsophagites). Cette infection locale présenterait un risque de propagation par continuité à l'oreillette gauche et au pourtour des veines pulmonaires<sup>90</sup>.

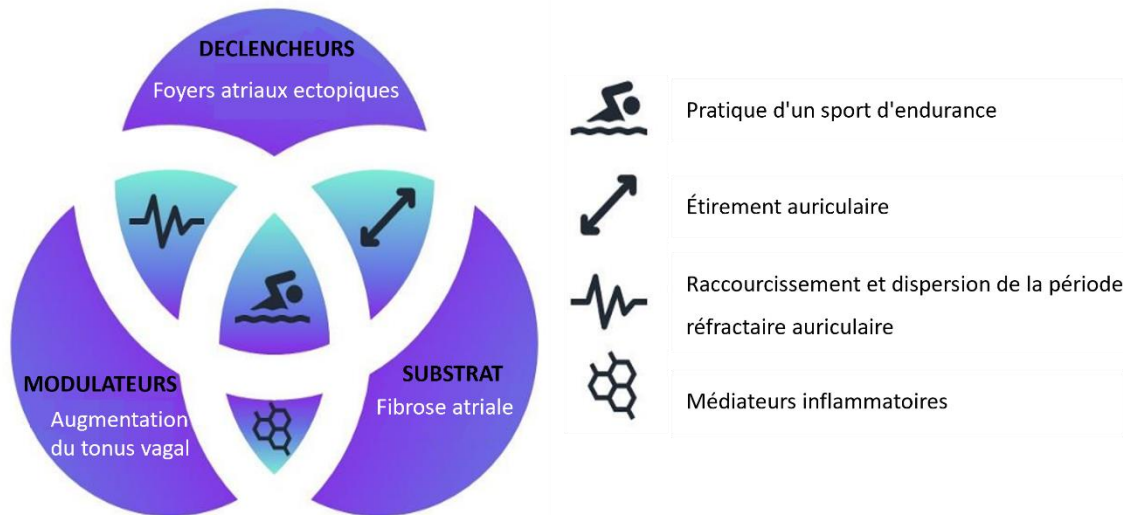


Figure 6: Triangle de Coumel suggérant des facteurs étiopathogéniques possibles influençant le développement de la fibrillation atriale chez les athlètes. (Adaptée de Tatangelo M. et al.<sup>29</sup>)

### 1.3.4.3. Recommandations

En prenant en compte l'ensemble de ces données, pour prévenir l'incidence ou la récurrence de la FA, l'ESC maintient en 2020 l'encouragement à la pratique d'exercice d'intensité modérée pour un état « physiquement actif ». À l'inverse, elle émet une certaine réserve quant à la pratique d'exercices d'endurance chroniques excessifs (marathons, triathlons de longue distance, cyclisme, etc.) qui devraient être déconseillée, en particulier pour les patients âgés de plus de 50 ans, afin de limiter le risque de survenue d'une FA<sup>2</sup>.

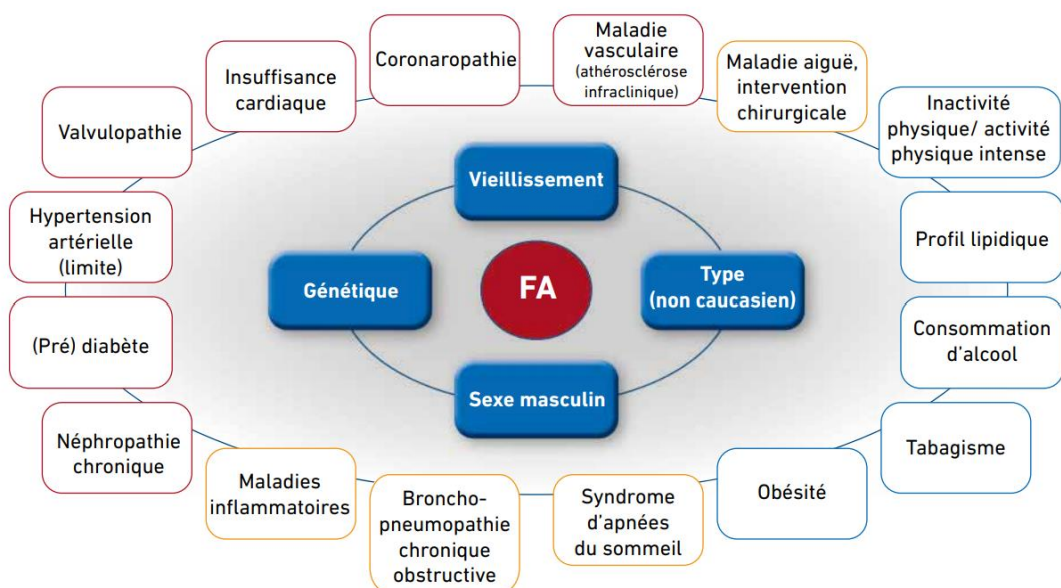


Figure 7 : Illustration générale de l'ensemble des facteurs de risque, facteurs prédisposants et facteurs déclenchant d'une FA. (Adaptée de Hindricks G. et al.<sup>2</sup>)

### 1.3.5. Complications

Les évènements thrombo-emboliques artériels sont les complications bien connues et redoutées de la fibrillation atriale. D'autres complications existent et peuvent également être un mode de révélation de la maladie.

#### 1.3.5.1. L'appendice auriculaire gauche et la FA

Vestige du développement embryonnaire de l'oreillette gauche primitive, l'appendice auriculaire gauche (AAG ou auricule gauche) est une petite excroissance de la paroi musculaire située sur la face antérieure de l'oreillette gauche. Bien que sa structure générale ressemble à une petite poche, il existe une grande variabilité de sa morphologie (en aile de poulet, en cactus, en manche à air, en chou-fleur)<sup>91</sup>. Sa fonction principale n'est pas totalement définie, mais elle joue un rôle dans le stockage temporaire du sang avant éjection dans le ventricule gauche, sans être pour autant essentiel pour la fonction cardiaque (par rapport aux autres structures du cœur). Ainsi elle contribue aux fonctions mécaniques du cœur en augmentant la précharge et en servant de chambre de décompression. Il a également été observé une action de modulation neuroendocrine (impliquant notamment le système rénine-angiotensine-aldostérone) via une libération depuis l'AAG du peptide natriurétique auriculaire et du peptide natriurétique cérébral, entraînant des répercussions sur l'hémodynamique générale<sup>92,93</sup>.

Cependant, en raison de sa structure et de la stagnation du flux sanguin en son sein, il s'agit d'un site propice à la formation de thrombus, en particulier chez les patients atteints de FA. Ce risque thrombogène varie également en fonction de la morphologie de l'appendice auriculaire<sup>91</sup>. Dans les faits, l'AAG est impliqué dans 90% des cas de thrombi liés à la FA non valvulaire (paroxystique, persistante, permanente)<sup>94</sup>.

#### 1.3.5.2. Accident vasculaire cérébral et thrombo-embolie systémique

L'appendice auriculaire gauche n'est pas le site exclusif de la formation de thrombi. Le processus pro-thrombotique est plus large au sein de l'oreillette gauche. Il implique plus précisément une cascade partant des lésions du myocarde auriculaire induite par l'arythmie, entraînant l'expression de facteurs pro-thrombotiques à la surface de l'endothélium auriculaire et aboutissant à l'activation des plaquettes et des cellules inflammatoires<sup>95</sup>.

La complication thrombo-embolique principale de la FA reste l'accident vasculaire cérébral (AVC)<sup>96</sup>, à tel point que 5% des patients ont un AVC comme première manifestation de leur FA<sup>97</sup>. L'AVC se manifeste par la migration d'un thrombus nouvellement formé dans l'oreillette ou l'auricule gauche au niveau de la vascularisation cérébrale (appelé embole).

Les thrombi peuvent également obstruer d'autres artères périphériques, on parle alors de thrombo-embolie systémique. Lorsque les emboles atteignent par exemple les artères des membres inférieurs, cela engendre une douleur aiguë, des troubles de la circulation et des lésions tissulaires (ulcérations). En outre, bien que moins fréquente dans la FA, une embolie pulmonaire peut survenir si un thrombus se déplace vers les poumons. Une attention particulière est accordée aux fibrillations atriales d'apparition récente, qui semblent être associées à des taux plus élevés d'embolie systémique<sup>98</sup>, indépendamment des symptômes et du risque thrombo-embolique sous-jacent du patient.

S'il était initialement admis que le risque thrombotique apparaissait après 24 heures d'arythmie, il est désormais remis en question en faveur d'un risque dès 1 minute de FA. D'autre part, ce risque dépendrait du type de FA, avec une prévalence de 4,2% pour la forme permanente, 3,0% pour la forme persistante et 2,1% pour la forme paroxystique. Ainsi les FA anciennes seraient à risque d'AVC avec un facteur pouvant aller de 5,6 (en l'absence de cardiopathie) à 17,5 (en présence d'une valvulopathie)<sup>80</sup>.

#### 1.3.5.3. Insuffisance cardiaque

Un patient atteint de FA a 5 fois plus de risque d'insuffisance<sup>99</sup>, de même que la FA et l'insuffisance cardiaque sont deux maladies cardiovasculaires qui s'influencent mutuellement. La FA peut engendrer l'insuffisance cardiaque par la diminution chronique du débit cardiaque (d'au moins 15%) provoquée par une baisse du remplissage ventriculaire (d'au moins 30%). A terme, il en résulte une augmentation des pressions de remplissage, initialement à gauche, altérant le tissu myocardique et aggravant ainsi le remodelage atrial ainsi que la fibrose myocardique provoquée par la FA<sup>2</sup>. Cette affection prend alors le nom de cardiomyopathie rythmique si le patient ne présentait pas d'insuffisance cardiaque avant la maladie rythmique ; autrement, on parlera de poussée d'insuffisance cardiaque. L'apparition peut être progressive voire très rapide sur plusieurs jours de FA rapide, l'association tachyarythmie et perte de systole auriculaire altérant les capacités de remplissage ventriculaire diastolique<sup>100</sup>.

L'insuffisance cardiaque aiguë sur FA est la première cause de décompensation cardiaque du sujet âgé à fonction systolique préservée<sup>101</sup>.

#### 1.3.5.4. Infarctus du myocarde

Les patients atteints de FA présentent plus fréquemment une cardiopathie ischémique que les patients en rythme sinusal avec un risque multiplié par 1,5<sup>102</sup>, tandis que la prévalence de la FA de novo chez les patients atteints de maladie coronarienne est faible, estimée entre 0,2% et 5%<sup>103</sup>. Néanmoins l'incidence de la FA de novo reste élevée parmi les sujets atteints de syndrome coronarien aigu (SCA), variant de 2 à 23%<sup>104</sup>. En ce qui concerne les récurrences de l'arythmie chez les patients atteints de FA, ce risque est majoré de 60 à 77%<sup>105</sup> après un SCA.

Trois mécanismes sont en cause dans l'apparition d'un SCA, eux même pouvant se superposer ou se compléter. Tout d'abord, le premier mécanisme est le détachement et la migration du thrombus néoformé dans l'auricule gauche vers les artères coronaires, ce qui peut être à l'origine de leur obstruction. Deuxièmement, il peut s'agir d'un infarctus de type 2, qui se définit par une inadéquation entre la demande et l'apport en oxygène pour les tissus du myocarde, liée ici à la tachyarythmie et l'hypertension artérielle qui s'ensuit. Enfin, les patients atteints de FA et sans cardiopathie connue seraient davantage sujets à l'athérome coronarien (jusqu'à 13,1% avec une sténose coronarienne <50%) par rapport à la population générale<sup>106</sup>. Il peut en résulter un SCA par fissure de plaque associée à une cascade de la coagulation.

Ainsi, chez tout patient présentant un infarctus du myocarde aigu, une FA sous-jacente ou de novo est un facteur de mauvais pronostic, avec une augmentation de la mortalité globale et un risque majoré d'accident vasculaire cérébral.

#### 1.3.5.5. Troubles cognitifs et démence

Cette pathologie peut être à l'origine de troubles cognitifs légers (perte de mémoire, désorientation, troubles du langage, du raisonnement ou du comportement) jusqu'à une démence<sup>107</sup> avec un risque multiplié par 1,5<sup>108</sup>. Bien qu'appartenant au groupe des démences vasculaires, le mécanisme demeure hypothétique. Cela pourrait être la conséquence d'accident(s) vasculaire(s) cérébral(aux) cliniquement apparent(s) ou silencieux tel qu'il a été observé sur des IRM cérébrales de patients malades<sup>109</sup>. *A contrario*, il pourrait aussi s'agir d'un mécanisme sans lien avec l'accident vasculaire cérébral mais encore insuffisamment compris, notamment chez les patients anti-coagulés au long court<sup>110</sup>. Logiquement, selon certaines

études récentes, la stratégie de contrôle du rythme serait efficace pour réduire l'incidence de la démence<sup>111</sup>.

#### 1.3.5.6. Mort subite

Enfin, la mort subite d'origine cardiaque est une complication rare mais redoutée. Ce risque est multiplié par deux lorsqu'il est comparé aux patients sans FA<sup>112</sup>.

Cette complication extrême peut souvent faire l'objet d'une association de la maladie avec un syndrome de Wolff-Parkinson-White, une cardiomyopathie hypertrophique obstructive ou toute autre cardiopathie pouvant être à l'origine de phénomènes ischémiques et/ou hypovolémiques<sup>113</sup>. Le mécanisme aboutissant à la mort subite passe par une fibrillation ventriculaire (30% des arythmies ventriculaires graves traitées par un défibrillateur automatique implantable sont secondaires d'une arythmie supraventriculaire)<sup>114</sup>.

Une étude européenne comprenant des données issues de la France, des Pays-Bas, de la Suède et du Danemark conclut que la FA est un facteur de risque important de mort subite cardiogénique et d'arrêt cardiaque extrahospitalier en Europe. Les chercheurs estiment la présence d'une FA dans 11,4% des cas d'arrêt cardiaque extrahospitalier et dans 13,9% des cas de mort subite cardiogénique. De plus, il a été observé que la FA létale était associée à un âge plus avancé, à une proportion plus élevée de femmes, à un lieu d'arrêt cardiaque extrahospitalier non public, à un rythme initial non choquable et à un taux plus faible de réanimation par les témoins<sup>115</sup>.

## 1.4. Symptomatologie

### 1.4.1. Signes fonctionnels

Les symptômes sont variables et dépendent notamment en premier lieu du patient et de son sexe. Les signes fonctionnels correspondent surtout à la qualité de vie ; on parle alors de tolérance de la FA, directement liée à la fréquence cardiaque lors de l'épisode arythmique et/ou à la présence d'une cardiopathie sous-jacente<sup>116</sup>. L'ensemble de ces symptômes peut aller de l'absence totale de signe à l'invalidité dont le retentissement plus graves influence directement les stratégies et décisions thérapeutiques relatives au contrôle du rythme. Pour caractériser cela, il existe une échelle européenne de l'état des symptômes nommée score EHRA pour *European Heart Rhythm Association* (Tableau 1). Ce score a pour objectif de mettre



en relation l'ensemble des symptômes qui peuvent être engendrés par une FA, d'autant plus qu'indépendamment, ils sont parfois non spécifiques et/ou pas toujours présents (palpitations, dyspnée, asthénie, gêne thoracique, etc.). Lorsque ce score est recalculé après instauration d'un traitement, il permet de quantifier son efficacité. À noter qu'en l'absence de symptômes liés à la FA, celle-ci est appelée « *FA silencieuse* ».

Score	Symptômes	Description
1	Absents	La FA ne cause aucun symptôme
2a	Légers	L'activité quotidienne normale n'est pas affectée par des symptômes liés à la FA
2b	Modérés	L'activité quotidienne normale n'est pas affectée par des symptômes liés à la FA, mais le patient est gêné par les symptômes
3	Sévères	L'activité quotidienne normale est affectée par des symptômes liés à la FA
4	Invalidants	L'activité quotidienne normale doit être interrompue

Tableau 1 : Score symptomatique de l'European Heart Rhythm Association pour la FA.

#### 1.4.1.1. « *FA silencieuse* »

L'absence de symptôme dans cette pathologie concernerait entre 30 et 40% des patients<sup>117</sup>. L'arythmie est d'autant moins ressentie si la fréquence cardiaque est proche de celle observée en rythme sinusal, ce qui en fait des FA diagnostiquées seulement fortuitement ou au décours d'une complication tels que l'AVC ou l'insuffisance cardiaque.

Les mécanismes expliquant l'absence de symptomatologie sont encore incertains, mais les données suggèrent que les facteurs favorisant l'absence de symptômes sont le sexe masculin, l'âge avancé, les antécédents de maladie coronarienne et l'absence d'activité physique régulière<sup>117</sup>. Pour autant, l'enjeu de son dépistage est majeur chez une population avec comorbidités pour lequel la FA asymptomatique serait associée à une plus grande mortalité<sup>117</sup>. Si l'ESC en 2016 ne recommandait pas de stratégie de contrôle du rythme chez les patients asymptomatiques, justifiée par l'absence de données montrant une amélioration de la mortalité en comparaison à une stratégie de contrôle de la fréquence cardiaque<sup>118</sup>, les lignes directrices de l'ESC encouragent, cette fois-ci en 2020, le recours à la stratégie de contrôle du rythme chez les patients atteints de fibrillation atriale (FA), qu'ils soient symptomatiques ou asymptomatiques. Cette stratégie peut impliquer l'utilisation de tous les types de traitements (médicaments antiarythmiques, cardioversion électrique, ablation par cathéter). Toutefois, il n'existe toujours pas de preuve solide selon laquelle le contrôle du rythme permet

une réduction de la mortalité chez les patients asymptomatiques. Il existe cependant des données suggérant que le contrôle du rythme précoce peut améliorer le pronostic en réduisant les hospitalisations chez les patients présentant au moins une insuffisance cardiaque ou un syndrome coronarien aigu sous-jacent, même s'ils sont asymptomatiques. Ces données proviennent de l'essai EAST-AFNET 4 de 2020<sup>119</sup> qui a montré une réduction de 20% du risque d'événement cardiovasculaire majeur chez les patients asymptomatiques et symptomatiques tout confondus traités précocement par un antiarythmique, par rapport aux soins habituels. L'essai a inclus des patients asymptomatiques et symptomatiques, mais n'a pas différencié spécifiquement les résultats selon le statut symptomatique. Ainsi, selon une analyse post hoc<sup>120</sup>, il y aurait donc un bénéfice du contrôle du rythme similaire que l'on soit avec ou sans symptôme.

#### 1.4.1.2. Palpitations

Cette symptomatologie est généralement décrite comme des sensations désagréables de battements cardiaques rapides, irréguliers ou forts. Elles sont parfois ressenties plus spécifiquement à l'effort, surtout chez les sujets sportifs avec un fort tonus adrénergique, ou au repos, notamment la nuit dans un contexte de calme et donc de perception des battements du cœur.

#### 1.4.1.3. Dyspnée

La dyspnée est la sensation inconfortable ou la conscience de respirer voire d'avoir besoin de respirer. Elle peut être aiguë ou chronique. En pratique, elle se caractérise par diverses sensations à savoir : se sentir à bout de souffle, avoir une sensation d'oppression thoracique, avoir envie d'air ou être incapable de respirer profondément. Elle peut volontiers s'accompagner de palpitations, d'une respiration sifflante ou d'une toux. Ce symptôme étant la résultante d'une mauvaise adaptation de la fréquence ventriculaire et donc du débit cardiaque à l'effort, la dyspnée peut particulièrement se manifester en cas de changements rapides de position (comme le passage de la position assise à la position debout), à l'effort physique ou en altitude dans le contexte d'hypoxie.

Ainsi, la dyspnée aiguë est volontiers présente chez le sportif. Il s'agit d'une dyspnée à l'effort plutôt isolée, c'est-à-dire pendant une période adrénergique (en dehors de signes congestifs d'insuffisance cardiaque). Celle-ci est secondaire à une tachycardie inappropriée

sur un tissu cardiaque très conducteur (valable pour tout patient atteint de FA) entraînant une diminution du temps de remplissage diastolique, ne permettant pas l'augmentation adaptée du débit cardiaque. A contrario, dans ce déséquilibre sympathico-vagal, l'augmentation du tonus vagal en période de repos est à l'origine de la bradycardie réputée du sportif<sup>121</sup>.

Concernant la dyspnée chronique, elle est le reflet d'une insuffisance cardiaque et se caractérise par une dyspnée au moindre effort, une asthénie et des œdèmes déclives.

La clef du traitement de la FA ne se limite donc pas au traitement du rythme mais aussi au contrôle de la fréquence cardiaque, avec pour objectif final l'amélioration de la fonction cardiaque. Pour cela, il est souvent prescrit des thérapeutiques opérant sur cette fréquence cardiaque plus ou moins directement (bêta-bloquants, digoxine, inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II, diurétiques).

#### 1.4.1.4. Syncope

La syncope est un symptôme fréquent chez les patients atteints de fibrillation atriale et se caractérise par une perte de connaissance soudaine et transitoire, due à une diminution du débit sanguin cérébral. L'absence d'un rythme cardiaque efficace pendant l'épisode de FA (parfois appelé « pause rythmique ») en est la principale origine, elle débute par la perte de la systole auriculaire puis la chute du débit cardiaque et donc du débit cérébral.

La syncope est plus fréquente parmi les fibrillations auriculaires paroxystiques, volontiers sur terrain de cardiomyopathie hypertrophique<sup>122</sup>. La pause est dite « post-réductionnelle » c'est-à-dire lorsque le rythme cardiaque normal (sinusal) est rétabli après un épisode d'arythmie atriale. Il s'agit d'un arrêt temporaire de l'activité électrique du nœud sinusal (qui est le *pacemaker* naturel du cœur), pouvant durer de quelques secondes à plusieurs minutes.

Une pause électrique peut également être engendrée par un trouble de la conduction atrioventriculaire, volontiers chez les sujets âgés au tissu atrial très altéré par de la fibrose.

Enfin, une syncope peut survenir, par une réaction vagale en cas d'épisode de tachyarythmie soutenue. Une tachyarythmie soutenue peut parfois s'observer lors d'une FA sur voie accessoire très permissive appelé super-Wolff-Parkinson-White (5% des cas)<sup>123</sup>.

#### 1.4.1.5. Angor fonctionnel

Tel qu'énoncées précédemment, les conséquences de la FA conduisent à une hausse de la charge de travail du cœur et a fortiori de ses besoins en oxygène, surtout à fréquence cardiaque très élevée. Ainsi, à un certain stade, les artères coronaires ne sont plus capables de perfuser suffisamment le cœur étant donné sa quasi-perte de diastole. On obtient alors un angor fonctionnel, avec un risque plus élevé en présence de facteurs de risque cardiovasculaire (hypertension artérielle, diabète, tabagisme, hypercholestérolémie notamment)<sup>124</sup>. Ce mode de présentation a pour avantage d'être un repère pour évaluer la fréquence et la durée des crises. Ainsi, la persistance ou l'aggravation des symptômes guide la stratégie thérapeutique et devient un élément fort pour proposer une stratégie ablative afin d'enrayer l'enracinement du processus fibrillatoire.

Un angor fonctionnel qui persiste trop longtemps peut entraîner une souffrance ischémique majeure, avec des symptômes correspondant à ceux d'un infarctus du myocarde (comme la complication thrombotique sur une artère coronaire). La présentation comprendra au même titre une douleur ou une oppression thoracique complétée(s) d'une irradiation dans le bras gauche, le cou ou la mâchoire, des nausées, des sueurs ou un malaise.

#### 1.4.2. Signes cliniques

Le signe clinique attendu mais aspécifique repose sur l'irrégularités des battements cardiaques ; ressentis sous forme de palpitations, néanmoins présents aussi lors d'extrasystoles.

Les autres signes cliniques (et paracliniques) se concentrent sur les déclencheurs de la FA qui peut être épisodique donc curable. Entrent dans cette liste la présentation clinique d'une hyperthyroïdie ou d'une péricardite, le souffle d'une valvulopathie, un syndrome infectieux en cours.

L'interrogatoire et l'examen clinique permettent d'évaluer et prendre en charge les signes d'éthylisme chronique ou de sevrage alcoolique, de dépister les affections cardiaques ischémiques (syndrome coronarien aigu) et inflammatoires aiguës (myocardite, péricardite), la pneumopathie infectieuse, les signes d'embolie pulmonaire, la recherche de signes d'insuffisance cardiaque congestive (souvent gauche en phase aiguë puis globale si chronique), etc.

Concernant l'hyperthyroïdie, il s'agit de la recherche de signes de thyrotoxicose (manifeste et subclinique) restant un facteur de risque modifiable de FA (risque relatif de 3,3)<sup>67</sup>. Les mécanismes de l'hyperthyroïdie comprennent une augmentation du tonus sympathique, une diminution de la période réfractaire atriale, une fibrose et une dilatation atriale. La thyrotoxicose se manifeste cliniquement par une tachycardie constante, une asthénie musculaire avec amyotrophie, une thermophobie accompagnée d'une hypersudation, un tremblement des extrémités, des troubles digestifs (amaigrissement sans anorexie, diarrhées), une nervosité et anxiété anormale, une émotivité et une agitation.

L'investigation biologique a tout son intérêt pour révéler et traiter rapidement les anomalies électrolytiques aiguës, en particulier l'hyponatrémie et l'hypokaliémie<sup>125,126</sup>.

Il est important de noter que la plupart des données ne soutiennent pas l'idée que la fibrillation atriale est définitivement guérie lorsque la pathologie précipitante est traitée. La fibrillation atriale peut ainsi réapparaître<sup>127</sup>.

## **1.5. Traitements**

Le traitement de la FA présente un triple objectif : prévenir les complications thromboemboliques, contrôler le rythme ou la fréquence cardiaque, améliorer la qualité de vie des patients. Pour répondre à cet enjeu, les nouvelles recommandations de l'ESC de 2020 intègrent un nouveau concept : l'approche ABC<sup>2</sup>. Ce modèle comprend trois composantes : A pour *Anticoagulation/Avoid stroke* (anticoagulation/éviter l'AVC), B pour *Better symptom control* (meilleur contrôle des symptômes), et C pour *Cardiovascular risk factors and concomitant diseases* (facteurs de risque cardiovasculaire et maladies concomitantes). Selon ce schéma, la prise en charge s'échelonne sur différents niveaux de soin en débutant par la médecine de ville.

La composante A renvoie à une évaluation clinique structurée du risque thromboembolique individuel, en utilisant le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc, première étape de prise en charge du risque thromboembolique en situation de FA. Si le score révèle un risque significatif d'AVC, le médecin doit envisager l'introduction d'un traitement par anticoagulant à visée préventive. Néanmoins, avant d'instaurer un traitement anticoagulant, il est recommandé en parallèle une évaluation structurée du risque hémorragique selon le score HAS-BLED. Cette évaluation doit se répéter tout au long du suivi médical puisque variable dans le temps, l'objectif étant d'aider à identifier les facteurs de risque hémorragique non modifiables et

modifiables, ayant pour conséquence une surveillance plus étroite. L'instauration d'un traitement anticoagulant peut nécessiter une surveillance très étroite si le risque hémorragique est accru malgré un risque d'AVC établi.

Ensuite la lettre B fait référence au contrôle de la fréquence cardiaque ainsi qu'à toutes les stratégies de restauration et de maintien du rythme sinusal, partie intégrale de la prise en charge d'une FA. Cette stratégie peut généralement s'avérer suffisante pour améliorer les symptômes liés à l'arythmie. L'objectif principal de l'ensemble des thérapeutiques à visée rythmique (cardioversion, antiarythmiques et/ou ablation percutanée) est de réduire les symptômes et d'améliorer la qualité de vie.

Enfin, la lettre C concerne l'identification et la gestion des facteurs de risque et des maladies concomitantes, comme décrit précédemment. L'élément nouveau de ces recommandations concerne le syndrome coronaire aigu faisant l'objet de la mise en place d'un stent sans complication. Dans ce cas précis, l'ESC recommande d'arrêter précocement l'aspirine au profit d'un double traitement antithrombotique (un anticoagulant oral et un inhibiteur du P2Y12). Dans ce volet, une surveillance renforcée des fibrillations atriales fréquentes est indiquée, car elles présentent un risque de progression clinique rapide et de modifications du score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc.

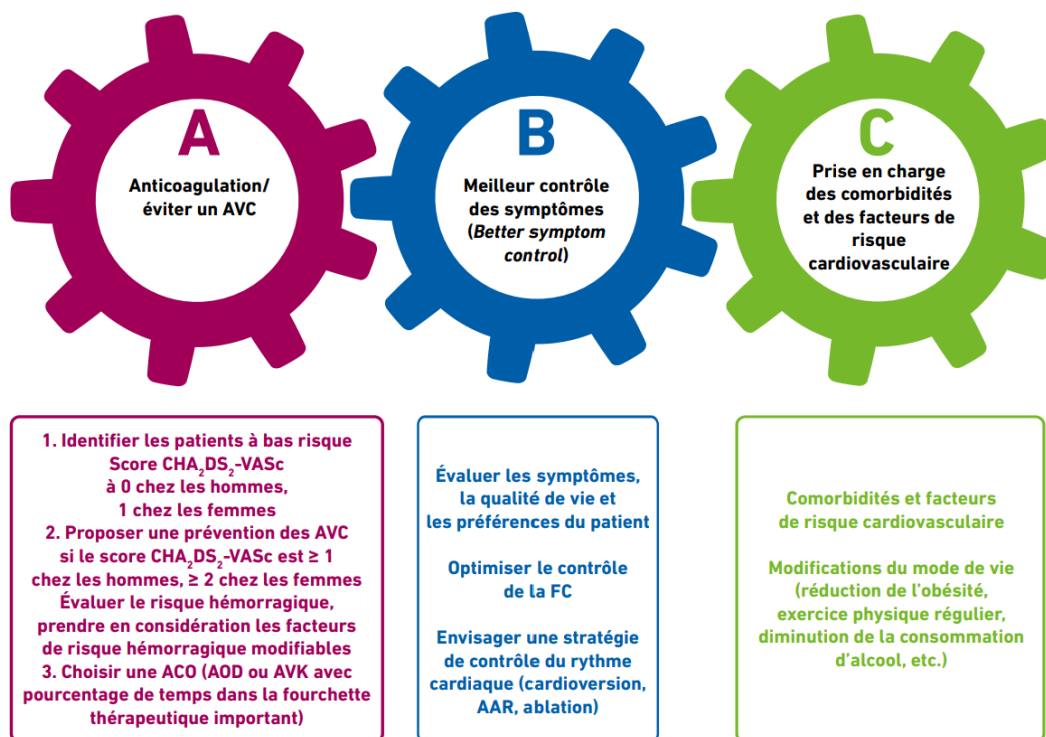


Figure 8 : Illustration de l'approche ABC dans le traitement de la fibrillation atriale selon les recommandations de l'ESC de 2020. (Adaptée de Hindricks G. et al.<sup>2</sup>)

### 1.5.1. Thérapeutique antithrombotique

Il existe différents types d'anticoagulants, principalement classés en deux grandes familles : les antagonistes de la vitamine K (AVK) et les anticoagulants oraux directs (AOD). Les recommandations des sociétés savantes internationales s'accordent à privilégier les AOD aux AVK<sup>2,67</sup>. Il existe également d'autres médicaments antithrombotiques, tels que les associations Aspirine-Clopidogrel, ainsi qu'une technique chirurgicale à visée antithrombotique, visant l'occlusion ou l'exclusion de l'appendice auriculaire gauche.

L'anticoagulation varie en fonction des objectifs ou des événements associés à la FA. Tout d'abord, il s'agit de prévenir les accidents vasculaires cérébraux et plus généralement les événements thrombo-emboliques. L'introduction et le maintien de l'anticoagulation se basent sur le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc. L'avantage des AOD réside dans leur efficacité équivalente ou supérieure à celle des AVK pour prévenir les accidents thrombo-emboliques en contexte de fibrillation atriale, tout en présentant un risque hémorragique moindre ou comparable<sup>128</sup>. De plus, les AOD ont une posologie fixe, sans surveillance biologique régulière nécessaire, et présentent moins d'interactions médicamenteuses ou alimentaires par rapport aux AVK. Cela améliore l'observance thérapeutique et la qualité de vie des patients anticoagulés. Quant aux autres traitements antithrombotiques, ils n'ont pas montré une efficacité supérieure à celle des AVK pour la prévention des accidents vasculaires cérébraux, des embolies systémiques, des infarctus du myocarde et des décès d'origine vasculaire, avec un taux d'hémorragie majeure similaire<sup>129</sup>. En dehors de l'indication pour la FA, les AVK sont également recommandés en cas de prothèse valvulaire mécanique ou de rétrécissement mitral modéré à sévère.

Néanmoins, en cas de contre-indication à une anticoagulation, l'ajout de Clopidogrel à l'Aspirine peut réduire le risque de complications thrombo-emboliques, mais augmente significativement le risque d'hémorragies majeures. En outre, l'aspirine en monothérapie s'est avérée inefficace pour la prévention des accidents vasculaires cérébraux par rapport à l'absence de traitement antithrombotique<sup>130</sup>.

Une autre indication pour le traitement antithrombotique est la gestion du risque d'accident vasculaire cérébral péri-cardioversion. Avant toute procédure de cardioversion, il est nécessaire d'évaluer le risque d'embolie systémique à l'aide du score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc. Ensuite, une cardioversion peut être réalisée sans anticoagulation préalable si la FA est

détectée très précocement, c'est-à-dire dans les moins de 48 heures, ou si le patient est déjà sous anticoagulation à long terme (deux situations où le risque de thrombus est presque nul). En dehors de ces situations, l'administration d'une anticoagulation orale efficace est recommandée pendant au moins 3 semaines avant la procédure puis poursuivie pendant au moins 4 semaines après l'intervention. L'anticoagulation peut être réalisée avec un antivitamine K ou un anticoagulant oral direct en première intention dans la fibrillation atriale non valvulaire, mais doit toujours s'effectuer par AVK en cas de prothèse valvulaire mécanique ou de rétrécissement mitral modéré à sévère. Néanmoins, si le patient présente une contre-indication à l'anticoagulation, une inobservance d'un antithrombotique ou dans le cadre d'une urgence thérapeutique, une échocardiographie transoesophagienne (ETO) doit être réalisée avant la cardioversion pour exclure la présence d'un thrombus dans l'oreillette gauche ou l'appendice auriculaire gauche. Si un thrombus est mis en évidence à l'ETO, il faut s'assurer que le thrombus est résorbé après anticoagulation efficace, faute de quoi la procédure de cardioversion doit être reportée.

En outre, une anticoagulation est requise dans la gestion du risque d'accident vasculaire cérébral péri-ablation par cathéter. L'ESC recommande de maintenir une anticoagulation orale continue chez les patients à haut risque thrombo-embolique, et de réaliser une héparinisation intraveineuse pendant la procédure pour atteindre un temps de céphaline activée (TCA) cible de 300 à 400 s. Il n'existe pas de consensus international sur la durée optimale du traitement anticoagulant après une ablation de la fibrillation atriale. Il est cependant conseillé de maintenir une anticoagulation efficace pendant au moins 2 mois<sup>67</sup> à 3 mois<sup>2</sup> après la procédure, et de poursuivre le traitement en fonction du risque thromboembolique individuel du patient (évalué par le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc). Toutefois, l'arrêt de l'anticoagulation est déconseillé après l'ablation par cathéter si le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc du patient est supérieur ou égal à 2, ou en présence d'antécédents d'accident vasculaire cérébral ou d'embolie systémique<sup>67</sup>.

Enfin, l'anticoagulation orale postopératoire après une ablation chirurgicale de la FA doit être instaurée dès que possible après la chirurgie, en tenant compte du risque de saignement et de la fonction rénale. L'ESC préfère généralement l'AOD aux AVK mais les deux stratégies sont validées en post-opératoire. En ce qui concerne les procédures chirurgicales telles que l'occlusion ou l'exclusion chirurgicale de l'appendice auriculaire gauche, il est également nécessaire d'administrer un anticoagulant oral en postopératoire, car l'efficacité



de ces procédures n'est pas garantie<sup>2</sup>. Dans les deux cas, le traitement doit être maintenu pendant au moins 3 mois après la chirurgie (sauf contre-indication), sans qu'une durée optimale d'anticoagulation postopératoire ne soit établie (l'anticoagulation doit être évaluée en fonction d'une balance individuelle entre le risque thromboembolique et le risque hémorragique). Après ablation chirurgicale de la FA, le rythme cardiaque postopératoire conditionne également l'anticoagulation. En effet, les recommandations américaines (AHA/ACC/HRS) incitent à poursuivre au-delà de 3 mois l'anticoagulation, s'il y a la présence d'au moins un épisode d'arythmie post-opératoire<sup>67</sup>. Cependant, le Collège Américain des Médecins Thoraciques (*The American College of Chest Physicians*) suggère plutôt de peser ces recommandations en fonction du risque hémorragique présent dans ce contexte post-opératoire. Selon eux, l'anticoagulation doit être introduite en fonction de la durée de l'épisode de FA post-opératoire, généralement transitoire et autolimitée, en recommandant de commencer un traitement anticoagulant seulement si la FA persiste plus de 48 heures<sup>131</sup>.

#### 1.5.2.1. Objectifs et intérêts du score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc

Le choix de l'anticoagulation préventive est guidé par l'évaluation du risque d'AVC ischémique (ou plus généralement d'embolie artérielle) chez les patients atteints de fibrillation atriale à l'aide du score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc. Ce dernier prend en compte divers facteurs prédisposants bien décrits dans la littérature : insuffisance cardiaque, hypertension artérielle, âge ≥ 75 ans, diabète, antécédents d'AVC, maladies vasculaires, âge compris entre 65 ans et 74 ans, et sexe féminin.

Les recommandations de l'ESC indiquent qu'une anticoagulation orale peut être envisagée dès que le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc est équivalent à 1 (un score de 1 est souvent défini comme « risque intermédiaire »). Au-delà de ce score, il est recommandé d'instaurer un traitement anticoagulant.

L'intérêt de ce score, comme guide pour l'instauration d'une anticoagulation, a pu être confirmé à de multiples reprises, notamment dans une vaste étude danoise portant sur des patients atteints de FA entre 2000 et 2021 et sans traitement anticoagulant oral. Ces patients ont pu être catégorisés en plusieurs sous-groupes selon les différents critères du score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc. Les conclusions ont montré une incidence plus faible d'embolie artérielle pour les sous-groupes avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 1, par rapport aux sous-groupes avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 2 (principalement âgés de plus de 75 ans), mais restant néanmoins plus

élevée par rapport aux sous-groupes avec un CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc nul. En ce qui concerne la comparaison entre les sous-groupes avec un CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 1, aucune différence significative n'a été observée en termes de risque thrombo-embolique, ce qui soutient les recommandations actuelles : les patients en FA avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 1 ont un risque similaire d'embolie artérielle, laissant le choix d'une anticoagulation orale en fonction de la balance bénéfico-risque et des préférences des patients<sup>132</sup>.

La littérature continue pour autant à étudier les individus au score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc intermédiaire de 1 afin de formuler des recommandations plus strictes. C'est l'objet d'une vaste cohorte nationale norvégienne qui conclut qu'en excluant le sexe comme critère pouvant conduire à un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc intermédiaire, les patients atteints de FA avec un risque intermédiaire d'AVC ont un bénéfice à recevoir une anticoagulation orale. Selon l'étude, les patients souffrant de FA et non anticoagulés avaient un risque plus élevé d'AVC ischémique que la population générale sans FA présentant le même profil de risque<sup>133</sup>.

La Société Européenne de Cardiologie, en tenant compte de l'ensemble des études d'envergure sur le sujet, recommande ainsi d'instaurer un traitement anticoagulant pour les patients ayant un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc supérieur ou égal à 2, quel que soit leur sexe. Pour les patients ayant un score de 1, le traitement anticoagulant peut être envisagé en fonction des facteurs impliqués et du risque hémorragique. Ces recommandations précisent que le sexe féminin n'est pas un facteur suffisant pour justifier un traitement anticoagulant si le score est de 1 (bien que le risque annuel d'AVC soit de 1,3% chez les hommes et 2,2% chez les femmes), sauf si la patiente présente d'autres facteurs de risque non pris en compte par le score. En pratique, les hommes ayant un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 1 peuvent être traités par AOD, selon leur risque de saignement et leur préférence. Les femmes ayant un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 1 peuvent être traitées par AOD si elles présentent un autre facteur de risque, ou rester sans traitement anticoagulant si elles n'en ont pas. Parmi ces autres facteurs de risque thromboembolique, non pris en compte par le score mais pouvant aider à la décision, figurent l'obésité, une fonction rénale altérée (insuffisance rénale ou protéinurie), une oreillette gauche dilatée, une vitesse de vidange de l'appendice auriculaire gauche lente et une fibrillation atriale persistante. Toutefois, l'ESC met en garde sur le traitement anticoagulant, qui peut exposer les femmes à un risque de saignement plus élevé que celui des hommes, notamment en cas de comorbidités, d'âge avancé, ou de mauvais contrôle de l'INR. En l'absence de critère unique pour s'abstenir de traitement chez la femme, il faut s'assurer de

prendre en compte plusieurs facteurs, notamment le risque hémorragique, les préférences de la patiente, et le type de FA.

La Société Américaine de Cardiologie suggère d’initier un traitement anticoagulant oral dès qu’un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc est ≥ 2 chez les hommes, et ≥ 3 chez les femmes. Concernant les risques intermédiaires, l’objectif reste le même : réduire le risque d’AVC bien qu’il n’existe pas de preuve issue d’essais randomisés pour guider cette décision. Selon cette société, les patients avec un risque intermédiaire d’AVC constituent une population hétérogène et le risque thromboembolique doit être précisé en tenant compte d’autres critères, tels que les caractéristiques de la FA, les facteurs de risque non modifiables, et les facteurs dynamiques ou modifiables (comme la pression artérielle). En plus de tenir compte des mêmes autres facteurs de risque thromboembolique non pris en compte par le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc, cette société recommande également de considérer le niveau de biomarqueurs sériques<sup>67</sup>.

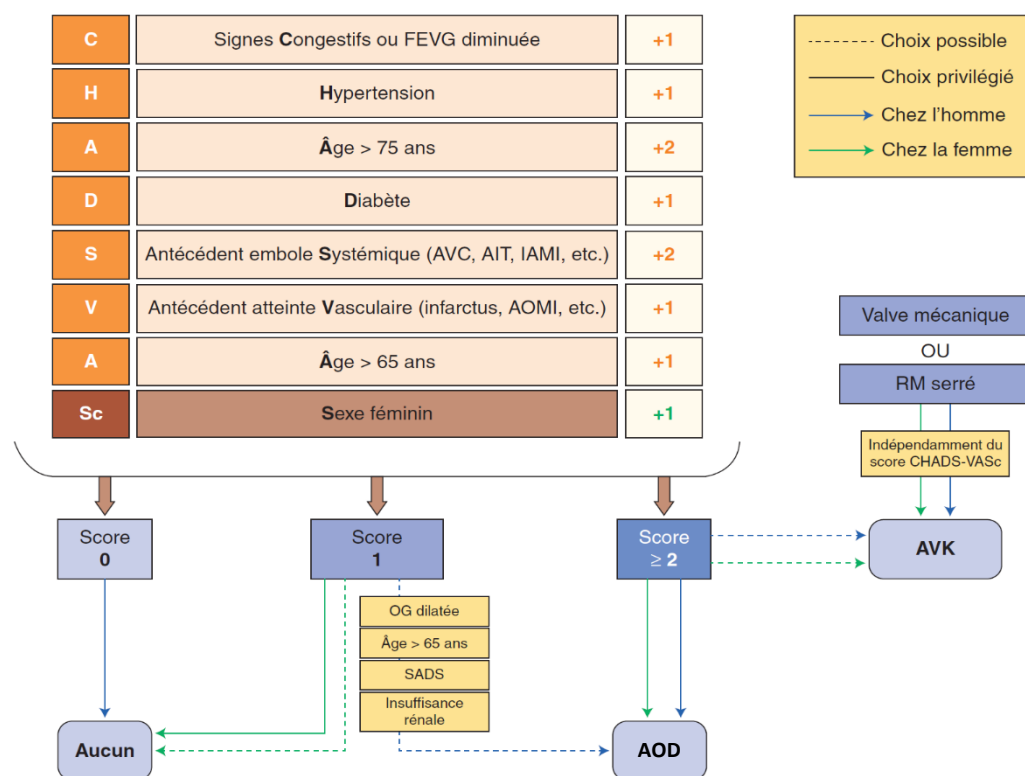


Figure 9 : Exemple d’algorithme de prise en charge de la prévention du risque cardio-embolique\*. (Adaptée de Pambrun T. et al.<sup>6</sup>)

\*En cas de score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc égal à 1, les critères incitant à l’anticoagulation sont laissé à l’appréciation du médecin qui évalue la balance bénéfice-risque propre à chaque patient.

FEVG : fraction d’éjection du ventricule gauche ; AVC : accident vasculaire cérébral ; AIT : accident ischémique transitoire ; IAMI : insuffisance artérielle des membres inférieurs ; AOMI : artériopathie oblitérante des membres inférieurs ; SAHOS : syndrome d’apnées obstructives du sommeil ; RM : rétrécissement mitral ; AOD : anticoagulant oral direct ; AVK : antivitamine K.

#### 1.5.2.1. Limites du score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc

Dans ces dernières recommandations de 2023<sup>67</sup>, la Société Américaine de Cardiologie juge trop simpliste le concept d'évaluation du risque basé sur un point notamment pour tous les patients avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 1. En effet, l'ampleur du risque pour chaque facteur amenant à un score de 1 est hétérogène. Tel est l'exemple du poids très important de l'hypertension artérielle seule sur le risque d'AVC ischémique, évaluée dans l'essai ARISTOTLE<sup>134</sup> et dont une seule mesure de tension artérielle élevée pendant l'étude est associée à une augmentation de 50% du risque d'AVC ischémique. C'est pourquoi, des facteurs de risque spécifiques au patient font l'objet d'études sur le risque d'AVC ischémique, comme certains biomarqueurs (par exemple, le proBNP), la fonction et l'anatomie de l'oreillette gauche ou de l'auricule gauche, ou encore des caractéristiques électrocardiographiques. Les premiers résultats montrent que ces facteurs influencent à différents degrés le risque d'AVC.

D'ailleurs, faisant suite aux deux grandes cohortes ARISTOTLE et STABILITY<sup>135</sup>, un nouveau score évaluant le risque d'AVC ischémique ou d'embolie systémique est étudié : Le score de risque ABC (Age, Biomarqueurs, antécédents Cliniques)<sup>136</sup>. Ce score, combine l'âge, le NT-proBNP (un marqueur de stress myocardique), la troponine cardiaque mesurée avec une méthode de haute sensibilité (un marqueur de lésion myocardique) et les antécédents d'AVC ou d'AIT pour estimer le risque d'AVC annuel des patients en fibrillation atriale. Les premières données évoqueraient une meilleure performance de celui-ci comparativement au score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc sans pour autant être supérieur pour estimer le risque d'AVC chez les patients atteints de FA. Cette performance s'explique par sa simplicité, son dynamisme (marqueurs biologiques pouvant varier dans le temps), sa plus grande hiérarchisation du risque thrombo-embolique permettant peut-être à terme une personnalisation du traitement.

Cependant, il n'a pas encore été intégré dans les recommandations de l'ESC en 2020, qui continuent de préconiser l'utilisation du score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc pour évaluer le risque d'AVC et adapter le traitement anticoagulant.

#### 1.5.2.1. Score du risque hémorragique : HAS-BLED

Le choix de l'anticoagulant ou le choix de la surveillance du patient traité est effectué en parallèle de l'évaluation du risque de saignement. L'ESC recommande également l'utilisation d'un score appelé HAS-BLED. Celui-ci prend en compte l'hypertension artérielle, l'insuffisance

rénale, l'insuffisance hépatique, l'âge supérieur à 65 ans, l'alcoolisme, l'utilisation de médicaments antithrombotiques et les antécédents de saignement.

L'ESC met en garde sur l'utilité de ce score pour identifier les patients à haut risque hémorragique (score  $\geq 3$ ) et non pour exclure les patients de l'anticoagulation orale. Les patients à risque bénéficieront d'une surveillance étroite et d'une correction des facteurs de risque modifiables, car le bénéfice de la prévention des accidents vasculaires cérébraux l'emporte sur le risque hémorragique dans la plupart des cas.

De plus, au même titre que le risque d'AVC ischémique, le risque hémorragique est une évaluation dynamique, comprenant des facteurs de risque se modifiant avec le temps et nécessitant une réévaluation à intervalles réguliers.

Il n'est pas rare qu'un patient atteint de FA déclare un antécédent de saignements actifs sous anticoagulants. Après gestion de l'hémorragie, il est de rigueur d'évaluer le risque de récurrence hémorragique. En effet, celui-ci est plus élevé dans les premiers jours ou semaines qui suivent l'épisode, mais il s'agit aussi de réévaluer le risque d'accident thrombo-embolique (davantage élevé dans les fibrillations atriales persistantes ou permanentes), le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VAsc, les antécédents thrombo-emboliques. À noter que le risque de récurrence hémorragique varie suivant le type, la localisation et la sévérité de l'hémorragie. À titre d'exemple, une hémorragie intracrânienne expose à un risque de récurrence hémorragique plus élevé qu'une hémorragie gastro-intestinale. En outre, une hémorragie majeure expose à un risque thrombo-embolique plus élevé qu'une hémorragie mineure.

De fait, la reprise d'un traitement anticoagulant doit être envisagée le plus tôt possible après un accident hémorragique, sauf en cas de contre-indication absolue ou de risque hémorragique très élevé. Le délai optimal de reprise varie selon les études, mais il est généralement compris entre 7 et 30 jours après l'hémorragie<sup>2</sup>.

### **1.5.2. Thérapeutiques de contrôle du rythme et de la fréquence cardiaque**

Les antiarythmiques sont les médicaments ayant des stratégies de restauration et de maintien d'un rythme sinusal, s'opposant à une stratégie seule de contrôle de la fréquence cardiaque même si certains d'entre eux peuvent avoir cette action alors complémentaire. Toutefois, leur efficacité est controversée dans la FA selon de nombreuses études dont les plus récentes montrent des taux de récurrences d'arythmie allant de 35% pour l'amiodarone<sup>137</sup> jusqu'à 50%<sup>138</sup> ou plus<sup>119</sup> après un an de traitement avec d'autres antiarythmiques. Par ailleurs l'efficacité

des antiarythmiques diminue avec le temps et la progression de la FA. Du reste, leur tolérance est parfois très mauvaise avec de nombreux effets secondaires graves (en particulier paradoxalement, un effet pro-arythmique induit<sup>138</sup>).

Les médicaments antiarythmiques sont catégorisés, en fonction de leur mécanisme d'action sur le cœur, au nombre de cinq classes, qui comprennent parfois des sous-classes.

#### 1.5.2.1. Les bloqueurs de canaux sodiques

Selon cette classification de Vaughan Williams, les bloqueurs de canaux sodiques appartiennent à la Classe I des antiarythmiques. Ils sont souvent utilisés pour les épisodes courts de FA (moins d'une semaine). Leur mode d'action se concentre sur le ralentissement de la conduction cardiaque. Ils sont subdivisés en trois sous-classes selon leur effet sur la durée du potentiel d'action, dont on retrouve la quinidine en classe Ia, la lidocaïne en classe Ib, la flécaïnide et le propafénone en classe Ic.

Plus précisément, il existe une indication pour chaque sous-classe :

- Classe Ia : Elle est indiquée pour la cardioversion pharmacologique de la FA. Son utilisation est privilégiée chez les patients présentant une cardiopathie sous-jacente. Cette classe demeure néanmoins à risque pro-arythmique, en particulier torsades de pointes.
- Classe Ib : Son utilisation est plus spécifique à la FA post-infarctus ou à la FA associée à un syndrome de Wolff-Parkinson-White. Toutefois, cette classe est à risque de toxicité neurologique et cardiaque.
- Classe Ic : Elle a un intérêt chez les patients sans cardiopathie sous-jacente après cardioversion réussie pour le maintien du rythme sinusal. Cette classe est contre-indiquée en cas d'insuffisance cardiaque ou de dysfonction ventriculaire gauche. Cependant, l'effet arythmogène dont l'aggravation de la FA font partie des effets secondaires potentiels.

#### 1.5.2.2. Les bloqueurs de canaux potassiques

Cette catégorie correspond à la classe III de Vaughan Williams et comprend l'amiodarone, la dronédarone, le dofetilide et le sotalol. Leur effet consiste à prolonger la durée du potentiel d'action et la période réfractaire au sein des cardiomyocytes, ce qui provoque un effet stabilisateur du rythme cardiaque. Ils sont plutôt instaurés parmi les sujets atteints d'une cardiopathie structurelle ou d'une insuffisance cardiaque pour les FA persistantes ou

récidivantes. L'objectif est de réaliser une cardioversion et un maintien du rythme sinusal chez ces patients. Pour autant, cette classe demeure contre-indiquée en cas d'allongement du QT, de bloc auriculo-ventriculaire ou de dysfonction thyroïdienne. Ces traitements ne sont pas sans risque, puisqu'ils peuvent être à l'origine d'effet arythmogène, de dysthyroïdie, d'hépatotoxicité et de photosensibilité, etc.

#### 1.5.2.3. Les bloqueurs de canaux calciques

Cette catégorie appartient à la classe IV des antiarythmiques, incarnée principalement par le vérapamil et le diltiazem. Le mécanisme consiste à inhiber le courant calcique entrant dans les cardiomyocytes. Par conséquent, ces thérapeutiques provoquent un effet négatif sur la conduction auriculo-ventriculaire et la contractilité. Ils sont utilisés pour le contrôle de la fréquence cardiaque parmi les sujets atteints de FA persistante ou permanente dite « rapide », voire dans une FA associée à un syndrome de Wolff-Parkinson-White. Il subsiste des contre-indications telles que l'insuffisance cardiaque, le bloc auriculo-ventriculaire ou la bradycardie, et des effets secondaires tels que la constipation, les œdèmes des membres inférieurs et les céphalées.

#### 1.5.2.4. Les bêtabloquants

Au même titre que la classe IV, les bêtabloquants ont également une action de réduction de la fréquence cardiaque, de la contractilité et de la conduction auriculo-ventriculaire. Le moyen diffère car il consiste en une inhibition du système nerveux sympathique sur le cœur. Cette catégorie est incarnée principalement par le propranolol, le métoprolol et le bisoprolol.

De même, ils sont indiqués chez les patients atteints d'une FA persistante ou permanente, et ils s'adressent en particulier aux terrains de cardiopathie ischémique, d'insuffisance cardiaque ou d'hypertension artérielle. Cependant, en cas d'asthme, de bloc auriculo-ventriculaire ou de bradycardie, ils sont contre-indiqués. Leurs effets indésirables s'illustrent en particulier par l'asthénie, la baisse des performances sportives et la dysfonction érectile.

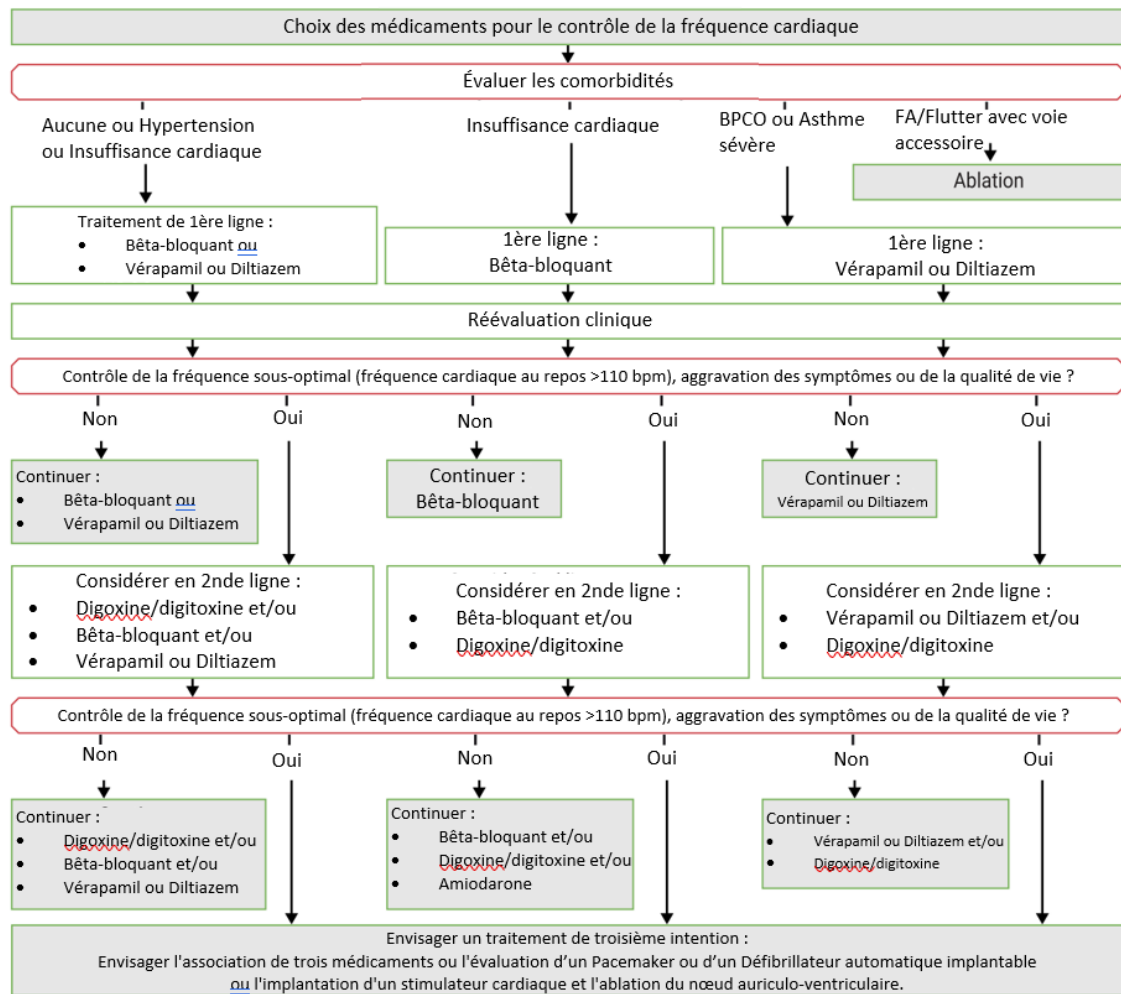


Figure 10 : Algorithme de choix d'antiarythmiques pour le contrôle du rythme cardiaque selon les recommandations 2020 de l'ESC. (Adaptée de Hindricks G. et al.<sup>2</sup>)

### 1.5.3. Cardioversions

Tel qu'abordé précédemment, les liens entre les antiarythmiques et la cardioversion sont parfois étroits. La cardioversion consiste à restaurer un rythme sinusal soit par un choc électrique, soit par une prise médicamenteuse. L'ESC préconise davantage une cardioversion (électrique ou pharmacologique) dans un contexte d'arythmie symptomatique et notamment persistante. Néanmoins, cette stratégie thérapeutique doit être systématiquement envisagée devant toute FA inaugurale, récente et/ou asymptomatique.



#### 1.5.3.1. Cardioversion électrique

Cette stratégie est la plus efficace des cardioversions, mais nécessite préalablement une échographie par voie transœsophagienne puis une anesthésie, ainsi qu'une mise sous héparine pour sa réalisation. Elle est indiquée, en première intention, en cas d'urgence (œdème aigu du poumon réfractaire, choc cardiogénique) chez un patient en FA.

La méthode consiste à délivrer par voie transthoracique une décharge électrique variant de 150 à 350 joules (en fonction du type d'appareil, monophasique ou biphasique). La décharge biphasique serait plus efficace avec une énergie délivrée moindre.

En dehors d'un contexte d'urgence, le patient peut être préalablement anticoagulé par AVK ou AOD pendant une durée de trois semaines avant la procédure. Les études sur le sujet ne révèlent pas de délai optimal à partir de la découverte de la FA et sa cardioversion électrique, notamment sur la diminution des risques de rechute après retour en rythme sinusal.

L'ESC propose un prétraitement par amiodarone, flécaïnide, ibutilide ou propafénone comme facilitateur de cardioversion électrique, notamment en cas de FA récente sans cardiopathie sous-jacente. Ce traitement est accessible à tout type de patients, car très peu contre-indiqué<sup>2</sup>.

#### 1.5.3.2. Cardioversion pharmacologique (ou chimique)

Cette stratégie consiste en l'administration, principalement par voie intraveineuse, de certains antiarythmiques, en s'assurant préalablement d'une anticoagulation efficace, avant et après procédure (prévention des complications thromboemboliques). Elle n'est indiquée qu'en cas de FA avec stabilité hémodynamique et présente l'avantage de ne pas nécessiter d'anesthésie pour sa réalisation<sup>2</sup>.

Historiquement, la molécule utilisée était la digoxine afin de réduire l'arythmie, avant une remise en question de son efficacité dans le retour en rythme sinusal<sup>139</sup>.

Par la suite, la quinidine fut à son tour très utilisée pour la cardioversion, cependant les taux de succès des cardioversions étaient modérés, estimés selon les études entre 30 et 90%<sup>140</sup>.

De plus, la quinidine n'est pas sans effets secondaires, certains potentiellement graves, avec une augmentation de la mortalité globale observée de manière significative. En pratique, entre 40% et 60% des patients doivent soit réduire leur dosage, soit arrêter complètement le

traitement.<sup>141</sup> Ceci explique pourquoi cette molécule n'apparaît plus dans les recommandations actuelles.

La propafénone, antiarythmique de classe Ic, est administrée par voie intraveineuse ou per os dans le but d'une cardioversion. Elle nécessite une métabolisation par le foie avant action, à l'origine d'une cardioversion maximale 1h après l'injection intraveineuse. Le succès thérapeutique est meilleur que ses prédécesseurs, entre 40-90% par voie intraveineuse, entre 45-55% par voie orale 3 heures après la prise, et entre 69-78% par voie orale 8 heures après la prise<sup>142</sup>.

La flécaïnide, antiarythmique également de classe Ic, a un taux de cardioversion sensiblement similaire selon qu'il est administré per os ou par voie intraveineuse<sup>143,144</sup>.

Dans la limite de leurs contre-indications, ces deux antiarythmiques de classe Ic font encore partie des molécules recommandées par l'ESC pour la cardioversion pharmacologique, notamment chez les patients présentant une cardiopathie structurale sévère<sup>2</sup>.

L'amiodarone, administrée par voie intraveineuse, est la molécule la plus utilisée en France et en Europe pour la cardioversion médicamenteuse. Concernant le taux de cardioversion en phase aiguë, elle reste comparable aux antiarythmiques de classe Ic, néanmoins elle présente une meilleure efficacité sur l'absence de récurrence d'arythmie à moyen terme, notamment par un plus fort métabolisme hépatique qui fait perdurer l'action dans le temps<sup>145</sup>. Le succès de ce traitement réside dans la quasi-absence de contre-indication en phase aiguë de prise en charge d'accès de FA. Elle a même pour avantage d'avoir un effet inotrope négatif, via un solvant présent dans sa forme intraveineuse, faisant d'elle une molécule intéressante dans les cas d'insuffisance cardiaque systolique ou de cardiopathie structurale. C'est pourquoi l'ESC recommande ce traitement pour le contrôle aigu de la fréquence cardiaque chez les patients en FA avec instabilité hémodynamique<sup>2</sup>.

L'ibutilide, non commercialisée en France, est un autre antiarythmique (de classe III) d'efficacité comparable à l'amiodarone dans la cardioversion en phase aiguë de FA<sup>146</sup>.

Plus récemment, le vernakalant, autre antiarythmique bloqueur de canaux sodiques est rentré dans les recommandations. Cette molécule est seulement contre-indiquée en cas d'insuffisance cardiaque sévère ou dans un contexte de syndrome coronarien aigu. Son efficacité, par voie intraveineuse<sup>147</sup>, s'explique par son mécanisme spécifique sur une fréquence cardiaque élevée, donc adaptée à la FA. Ce traitement permet une cardioversion dans 50% des cas, 8 minutes après l'injection avec une stabilité de l'efficacité

d'au minimum 24 heures (avant son élimination). Parfois, le maintien du rythme sinusal après cardioversion peut nécessiter un relais par d'autres antiarythmiques.

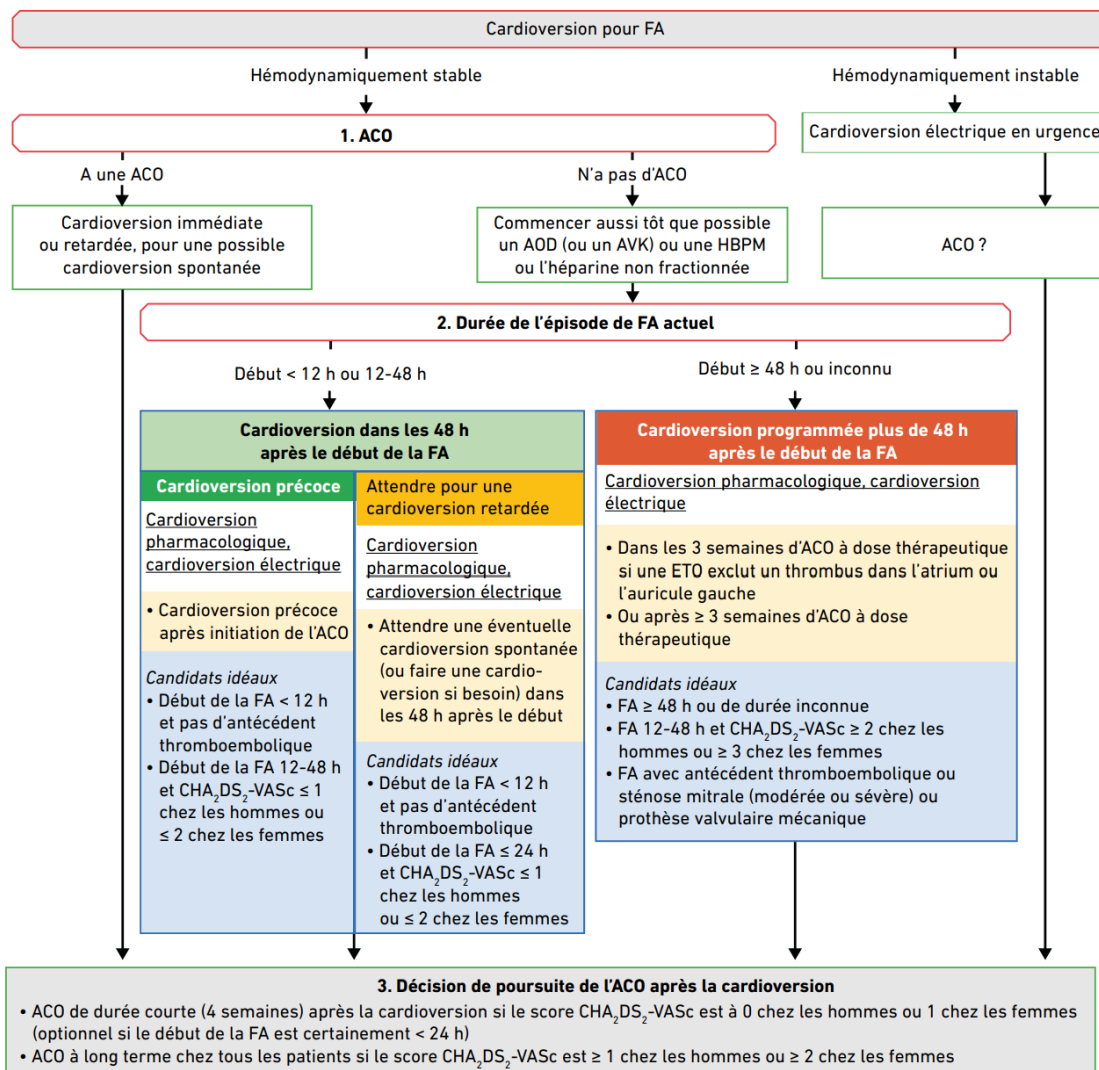


Figure 11 : Algorithme de décisions thérapeutique incluant les stratégies de cardioversion pour le contrôle du rythme cardiaque selon les recommandations 2020 de l'ESC. (Adaptée de Hindricks G. et al.<sup>2</sup>)

ACO : Anticoagulant Oral

#### 1.5.4. Ablation chirurgicale de la fibrillation atriale

L'intervention de Cox/Maze III fut introduite au tout début des années 1990, et reste maintenant considérée comme le « gold standard » du traitement chirurgical efficace de la fibrillation atriale. Cette procédure a pour objectif une isolation chirurgicale des veines pulmonaires. Elle

consiste à réaliser plusieurs lignes de section/suture dans les parois des oreillettes afin d'obliger le courant de dépolarisation à se diriger du nœud sinusal vers le nœud auriculo-ventriculaire. Cette chirurgie est complétée par l'exclusion de l'auricule gauche.

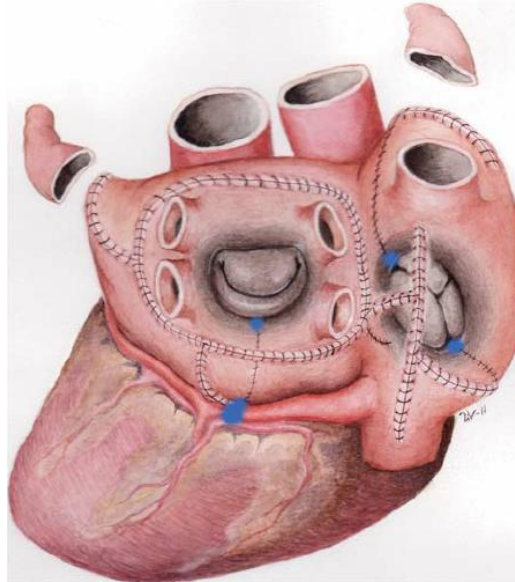


Figure 12: Schématisation de la procédure d'ablation chirurgicale de la fibrillation atriale et isolation des veines pulmonaires (intervention Cox/Maze III). (Reproduite de Ahlsson A. et al<sup>140</sup>)

### 1.5.5. Ablation par radiofréquence ou par cryothérapie

#### 1.5.5.1. Principe

La procédure dite « d'ablation de la FA » consiste à isoler électriquement les cardiomyocytes défectueux (à l'origine de l'arythmie) du tissu sain de l'oreillette gauche (OG). L'isolement de ces cellules cardiaques passe par la création d'un tissu cicatriciel qui jouera un rôle de barrière à la propagation des flux électriques arythmogènes. Pour obtenir ce résultat, une destruction thermique est réalisée, par le chaud ou par le froid, via un cathéter intra-cardiaque avec échoguidage au contact de la zone à traiter. Il existe donc deux stratégies : l'ablation par radiofréquence ou l'ablation par cryothérapie, avec une efficacité similaire dans l'indication de la FA paroxystique<sup>148</sup>.

Les données actuelles recommandent l'usage de ces deux techniques pour traiter ce pour quoi elles ont été développées initialement, c'est-à-dire la FA paroxystique (70% à 80% d'efficacité). Les études ont prouvé au moins une non-infériorité (si ce n'est une supériorité) de l'ablation dans la FA persistante (40% d'efficacité)<sup>149</sup>. L'efficacité du traitement est jugée à

3 mois de la procédure (temps de cicatrisation du tissu traité). Un renouvellement du geste est parfois nécessaire pour garantir une pleine efficacité du traitement.

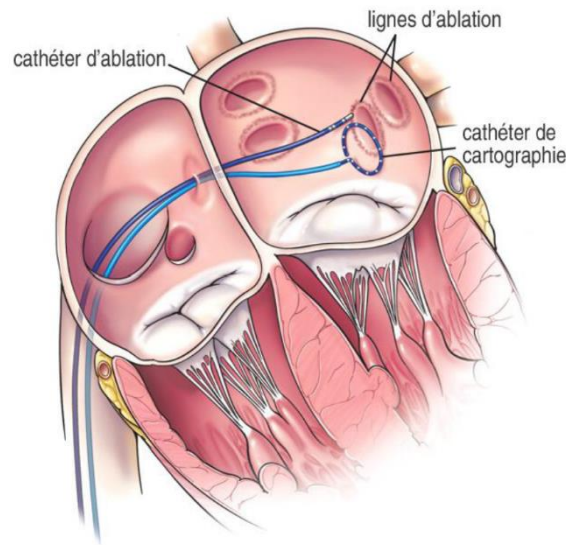


Figure 13: Schématisation de la procédure d'ablation par radiofréquence et isolation des veines pulmonaires. (Reproduite de info-consult.info<sup>142</sup>)

#### 1.5.5.2. Efficacité

Selon une méta-analyse de trois essais randomisés qui comparait l'efficacité de l'ablation par radiofréquence par cathéter (RFCA) versus les médicaments antiarythmiques chez des adultes souffrant de fibrillation atriale non paroxystique, le taux de succès de la RFCA sur 12 mois de suivi est supérieur à l'efficacité des traitements antiarythmiques pour obtenir un retour en rythme sinusal, réduire le besoin de cardioversion et réduire les hospitalisations cardiaques<sup>150</sup>. L'efficacité se définit également en termes de récurrence de la maladie. L'essai RAAFT-2 montrait une supériorité de la RFCA sur les traitements antiarythmiques à ce sujet. Après deux années de suivi, les résultats montrent un taux de récurrence de la FA paroxystique ou de la tachycardie atriale de 55% pour le RFCA contre 72% pour la stratégie médicamenteuse<sup>151</sup>. Toutefois, d'autres études tendent à montrer que de nombreux patients nécessitent des interventions répétées et qu'une récurrence tardive n'est pas rare<sup>152-154</sup>.

Cependant, les données actuelles restent encore insuffisantes pour affirmer que la RFCA diminue significativement la morbi-mortalité des patients atteints. Pour autant, certaines études (ex. CASTLE-AF) tentent de démontrer, malgré un effectif limité de patients, l'intérêt de l'ablation dans la diminution de la morbi-mortalité dans le sous-groupe des patients porteurs d'insuffisance cardiaque<sup>155</sup>. C'est d'ailleurs plus précisément chez les

patients atteints d'insuffisance cardiaque avancée et de FA symptomatique que le très récent essai clinique randomisé CASTLE-HTx de 2023 montre un bénéfice de la technique ablatrice dans la réduction de la mortalité toutes causes, la nécessité d'implantation d'un dispositif d'assistance ventriculaire gauche ou encore la transplantation cardiaque en urgence<sup>156</sup>.

#### 1.5.5.3. Complications

Progressivement la technique ablatrice occupe une place significative dans le traitement de la FA et donc un recul suffisant était nécessaire pour connaître les complications de cette technique invasive qui restent rares, mais potentiellement graves. A ce titre, on dénombrait aux Etats-Unis une incidence globale de 6,29% de complications entre 2000 et 2010<sup>157</sup>, actualisée à 5.46% entre 2011 et 2014<sup>158</sup>. L'essai RAAFT-2 (2014) révèle un taux de complication de cette technique ablatrice de seulement 2 à 3%<sup>151</sup>.

Les principales complications décrites sont la péricardite et la tamponnade, l'AVC ou l'AIT, la paralysie permanente du nerf phrénique, la fistule œsophagienne, les complications vasculaires et l'hypo-motilité gastrique.

Au regard de ces risques, en pratique, le traitement ablatif est davantage réservé aux patients symptomatiques dont les antiarythmiques sont inefficaces ou mal tolérés.

### 1.5.6. Perspective thérapeutique future : Ablation par électroporation

#### 1.5.6.1. Principe

Annoncée comme une « véritable révolution thérapeutique » dans le traitement de la FA, l'électroporation en rythmologie apparaît dans un premier essai clinique en 2019<sup>159</sup>. Sa première utilisation en France a eu lieu au CHU de Bordeaux en mars 2021, dès lors à partir de 2023 cette technique équipe peu à peu les services de rythmologie des hôpitaux français. La stratégie est différente mais la finalité reste la même que la RFCA ou la cryothérapie, c'est-à-dire un isolement des veines pulmonaires. Au lieu de générer une « brûlure » par le chaud ou par le froid, l'électroporation consiste à appliquer (via un cathéter intravasculaire) des impulsions électriques (*Pulsed Field Ablation System*) afin de provoquer des « micro-chocs » à une cadence très répétée sur les cardiomyocytes altérés à l'origine de l'arythmie cardiaque. Cette technique a pour avantage premier d'être plus simple et plus rapide que les autres techniques ablatives.

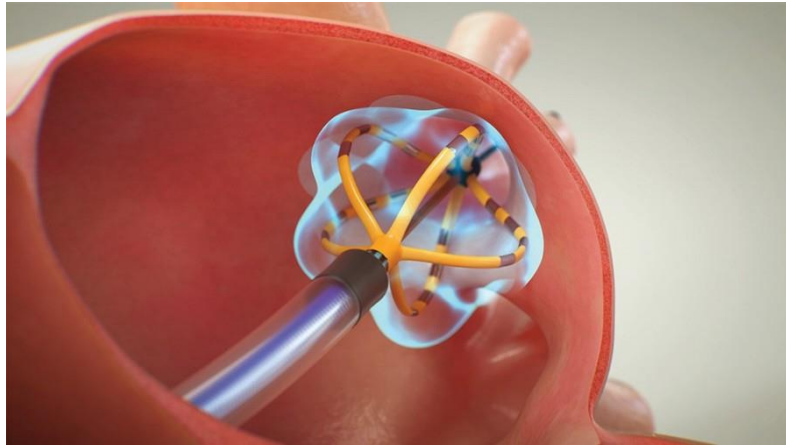


Figure 14: Représentation tri-dimensionnelle de la procédure d'électroporation (*Pulsed Field Ablation System*).  
(Reproduite de Boston Scientific<sup>152</sup>)

#### 1.5.6.2. Efficacité

Le Collège Américain de Cardiologie (*American College of Cardiology*) présentait en 2023 un essai multicentrique non randomisé sur l'ablation de FA par électroporation (PULSED-AF ; 300 patients inclus et suivis pendant 12 mois)<sup>160</sup>. L'objectif était d'obtenir des résultats probants sur l'efficacité et la sécurité de cette technique ablatrice. Les résultats révèlent un taux d'événements indésirables inférieur à 1%. Ce faible risque d'événements indésirables expliqué par une puissance nécessaire d'énergie très inférieure à celle nécessaire pour endommager des nerfs, des veines ou des tissus, réduisant donc considérablement le risque de toucher d'autres organes (en particulier l'œsophage et le nerf phrénique). Les résultats sont très encourageants en terme d'efficacité, comparable à la RFCA ou la cryothérapie. Conformément à l'étude préliminaire (consensus international), les objectifs d'efficacité à 12 mois préalablement fixés à plus de 50% d'efficacité pour la FA paroxystique et à plus de 40% pour la FA persistante ont été atteints. En effet, on retrouve 66,2% d'efficacité pour les patient atteint de FA paroxystique et 55,1% d'efficacité pour ceux atteint d'une FA persistante<sup>160</sup>. Ces données encourageantes doivent pour autant être confirmées par des essais randomisés, comparant cette technique aux techniques thermiques classiques.

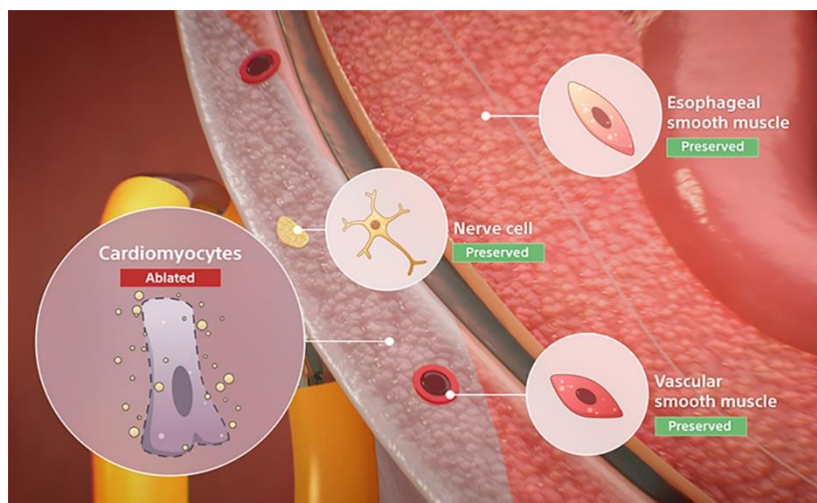


Figure 15: Représentation schématique de l'atteinte sélective des cardiomyocytes par la procédure d'électroporation (*Pulsed Field Ablation System*) préservant les éléments adjacents. (Reproduite de Boston Scientific<sup>153</sup>)

## 1.6. Stratégie thérapeutique chez le sujet jeune et sportif

La littérature ne contre-indique pas la pratique de l'activité physique ou du sport pour un patient atteint de FA paroxystique ou permanente ayant fait l'objet d'un bilan. Aucune donnée ne suggère un effet néfaste à long terme des fréquences cardiaques élevées chez des sujets asymptomatiques. Notons que le problème du contrôle de la fréquence cardiaque à l'effort touche davantage le patient en FA permanente dont une restriction temporaire à l'exercice intense peut être nécessaire (le temps d'un retour en rythme sinusal). Les seules restrictions définitives peuvent être liées à l'existence d'une cardiopathie sous-jacente à la FA<sup>161</sup>.

L'ESC ne fournit pas de recommandations claires sur la prise en charge des FA parmi les sujets jeunes et sportifs. Les seules indications ou contre-indications émises sont issues des données de la population générale, adaptées aux spécificités d'un terrain jeune et/ou sportif. A titre d'exemple, on peut citer la contre-indication à la pratique de sports de contact ou à risque traumatique dans le cas d'une anticoagulation nécessaire, l'inefficacité reconnue de la digoxine et du vérapamil parfois utilisés pour contrôler la fréquence cardiaque à l'effort chez les sportifs atteints de FA, ou encore la mauvaise tolérance à l'effort des bêta-bloquants.

En effet, la prescription d'antiarythmiques est souvent plus délicate. L'effet chronotrope négatif qu'ils engendrent est souvent mal toléré par l'athlète qui cherche aussi à minimiser les effets secondaires potentiels comme la fatigue ou la diminution de la performance physique que peuvent engendrer les bêtabloquants par exemple. D'autre part,



même s'il est admis comme dangereux de pratiquer une activité physique après la prise d'un antiarythmique, comme la flécaïnide ou la propafénone, dès lors que des palpitations sont ressenties<sup>162</sup>, toutes les options thérapeutiques peuvent être envisagées chez ces patients<sup>163</sup>. Ainsi, le choix final revient au patient qui s'adapte à ses besoins spécifiques et préférences. Certains d'entre eux préfèrent des options thérapeutiques ne nécessitant pas d'observance quotidienne avec le moins d'effets secondaires possibles tandis que d'autres privilégient les traitements les moins invasifs possibles.

Les procédures ablatives bénéficient d'un certain engouement parmi les sportifs en offrant une solution durable avec la perspective d'une absence de traitement médicamenteux ou d'une gestion d'épisodes de récurrence de FA. L'objectif est d'éviter les interruptions du mode de vie actif de ces patients. Certaines études suggèrent que l'ablation par cathéter de la FA s'est avérée aussi efficace parmi les populations sportives et non sportives<sup>164,165</sup>. Il est constaté une amélioration significative de leur qualité de vie<sup>166</sup> bien que la technique entraîne fréquemment des modifications de la balance sympatho-vagale cardiaque à l'origine de plainte du sportif concernant une fréquence cardiaque de repos plus élevée.

C'est d'ailleurs sur cette base que l'ESC admet la possibilité de proposer en première intention, avant même l'emploi de traitements médicamenteux, l'ablation de FA par cathéter (radiofréquence ou cryoablation). Cette proposition tient compte d'un consensus de l'usage de l'ablation par radiofréquence déjà énoncé précédemment, à savoir sur des FA paroxystiques, symptomatiques et/ou réfractaires aux traitements antiarythmiques pouvant être prédominantes chez les sujets jeunes, actifs et/ou sans comorbidité<sup>167</sup>.

En pratique, lorsque l'ablation ou la prise quotidienne d'un traitement médicamenteux n'est pas acceptée par le sportif atteint de FA paroxystique, il lui est préconisé de prendre en cas de symptômes un comprimé dans la poche (« *pill in the pocket* ») s'agissant le plus souvent d'un bêtabloquant (la flécaïnide et la propafénone sont proscrit dans ce contexte, Cf. ci-dessus). En outre, cela ne remplace pas les mesures d'éviction des facteurs favorisants identifiés.

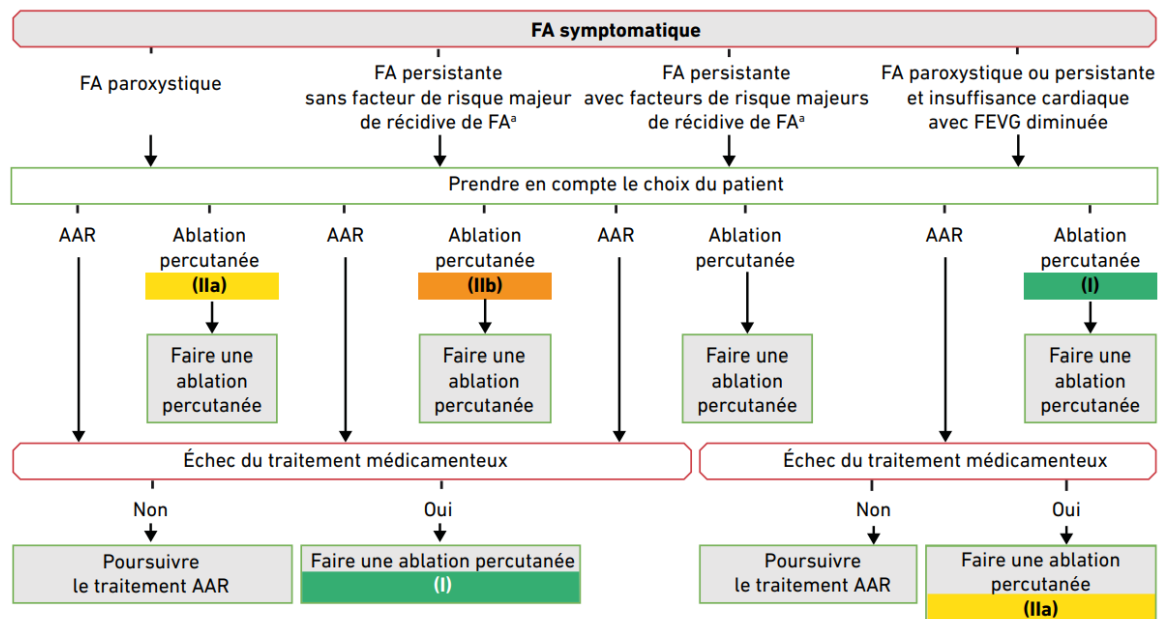


Figure 16: Indications issues des recommandations de l'ESC 2020 pour l'ablation par cathéter de la FA symptomatique. (Adaptée de Hindricks G. et al.<sup>2</sup>)

<sup>a</sup>Atrium gauche significativement dilaté, âge avancé, longue durée de la FA, dysfonction rénale et autres facteurs de risque cardiovasculaire.

AAR = médicament antiarythmique ; FA = fibrillation atriale.

## 1.7. Particularités du milieu aéronautique

La fibrillation atriale est l'arythmie cardiaque soutenue la plus courante observée chez le personnel navigant (PN) lors des examens ECG de routine.<sup>168</sup> L'incidence chez les pilotes militaires est plus faible que dans la population générale, probablement en raison de leur sélection rigoureuse et de leur suivi médical régulier<sup>169</sup>. Si les symptômes demeurent les mêmes pour les PN, il apparaît évident que les palpitations, les vertiges, la syncope, l'essoufflement, l'instabilité hémodynamique et les AVC sont très problématiques en milieu aéronautique<sup>170</sup>.

### 1.7.1. Les contraintes aéronautiques

Les pilotes et autres personnels navigants soumis au milieu aéronautique répondent à une physiopathologie similaire à celle de la population générale avec de surcroît pour certains les particularités observées chez les sportifs. En effet, les PN sont concernés par le concept du Triangle selon Coumel, dont les parties *trigger* et *modulateur* renvoient volontiers à l'ensemble des contraintes aéronautiques.

Globalement, les conditions classiques du transport aérien exposent principalement les PN au stress, aux variations de pressions atmosphériques (entraînant hypoxie et dysbarisme), à la déshydratation et aux perturbations des rythmes circadiens, l'ensemble pouvant être considéré comme un contexte « pro-arythmogène »<sup>171</sup>. Le stress peut exister à tout moment du vol (au décollage, en vol de croisière ou à l'atterrissage) et peut augmenter la stimulation sympathique, ce qui est un modulateur péjoratif dans le Triangle selon Coumel. Les variations de pression atmosphérique peuvent stimuler le système cardiovasculaire pour permettre au navigant de s'adapter à cette contrainte. L'hypoxie se résume à une montée en altitude qui s'accompagne d'une baisse exponentielle de la pression partielle en oxygène dans l'air inspiré, partiellement compensée en présence d'une pressurisation du cockpit et de la cabine puisque proche des conditions d'un séjour en altitude. La déshydratation, en raison de l'air sec dans le cockpit ou la cabine, mais aussi de la tendance à une consommation parfois insuffisante de liquides pendant les longs vols, peut engendrer un déséquilibre électrolytique facilitant ainsi la conductibilité cardiaque et augmentant la sensibilité du substrat (Le Triangle selon Coumel). Le décalage horaire (long et très long courrier), le travail de nuit (vols sur avions cargo), les rythmes de travail alternés (sur un mode on/off), les missions à déclenchement rapide et certaines conditions opérationnelles (PN militaires) entraînent une perturbation des rythmes circadiens, source de dette chronique de sommeil avec fatigue, mais aussi d'altération du système nerveux autonome, favorisant en théorie également le déclenchement de l'arythmie.

### **1.7.2. Spécificité des pilotes**

Les pilotes, tout particulièrement militaires, sont soumis à des conditions de travail plus exigeantes que les autres membres de l'équipage. A l'extrême, les aéronefs militaires de l'aviation chasse sont qualifiés d'aéronefs à « hautes performances » ; ils ajoutent aux précédentes conditions aéronautiques l'exposition en vol aux accélérations +Gz, la pression opérationnelle de la mission avec l'action ennemie éventuelle. Les pilotes de chasse et leurs navigateurs (dits opérationnels système d'armes) nécessitent l'utilisation de masque à oxygène administrant une oxygénation supplémentaire, parfois mise sous une pression accrue dont l'objectif est de contrebalancer les effets des forces gravitationnelles élevées en fonction des évolutions lors du vol<sup>172</sup>. Les accélérations +Gz ont la réputation d'être particulièrement arythmogènes : des troubles du rythme ou de la conduction ont pu être observés lors

d'accélération en centrifugeuse, de type tachycardies, bradycardies, blocs sino-auriculaires, blocs auriculo-ventriculaires, rythmes jonctionnels, extrasystoles supraventriculaires et ventriculaires. Une étude japonaise<sup>173</sup> avait ainsi constaté en centrifugeuse des « réponses physiologiques variables » considérées comme normales, mais aussi des cas de tachycardie ventriculaire, tachycardie supra-ventriculaire et FA paroxystique. Pour ces derniers cas, les investigations cardiologiques s'étaient constamment révélées anormales. Ces conditions extrêmes sont présentes lors de la réalisation de figures acrobatiques que peuvent partager les pilotes civils et militaires<sup>174</sup>

## **2 : LA MEDECINE AERONAUTIQUE : APTITUDE AU VOL**

---

### **2.1. Les personnels navigants professionnels**

#### **2.1.1. Spécialités navigantes civiles professionnelles**

Sur le territoire français, les Personnels Navigants Techniques (PNT) et les Personnels Navigants Commerciaux (PNC) font partie des deux grandes catégories (civiles et professionnelles) que l'on rencontre chez les PN. Étant donné leur rôle à bord, leur différence s'appuie sur l'aptitude au vol professionnelle, qualifiée de classe 1, que possèdent les PNT contrairement aux PNC, qui sont représentés par les hôtesse de l'air et les stewards, lesquels ont une aptitude spécifique et plus souple.

Néanmoins, il existe une autre aptitude chez les PNT civils, non professionnelle, qualifiée de classe 2. Elle concerne uniquement l'activité aéronautique de loisir incluant, outre les avions et hélicoptères, les pilotes de planeurs et de montgolfières.

Tous les PNT professionnels ne sont pas des pilotes. Il existe une diversité d'activités aéronautiques permettant de sous-classer ces PNT en « pilotes » et « non-pilotes ». Une catégorie à part se détache des PNT « non-pilotes » : celle des contrôleurs de la circulation aérienne (ATC), titulaires d'une aptitude qualifiée de classe 3.

##### **2.1.1.1. PNT « pilotes »**

Les PNT « pilotes » les plus connus du grand public sont les pilotes d'avion de ligne. Ces pilotes appartiennent au groupe d'activité du transport public de passagers. D'autres activités relèvent du transport de passagers dont les vols d'affaires ou le transport sanitaire hélicoptéré tel que le SAMU ou la sécurité civile, le travail off-shore sur plate-forme ou encore les baptêmes de l'air.

En dehors de tout transport de passagers, des aéronefs spécifiques peuvent être pilotés pour la réalisation de missions aériennes techniques. Ces pilotes appartiennent au groupe d'activité du travail aérien. À titre d'exemple, cela concerne l'épandage agricole, la lutte contre les incendies, le port de charges lourdes, la surveillance des frontières, le largage

de parachutistes, le remorquage de planeurs, la publicité par banderoles tractées, et la surveillance de lignes électriques.

À cela s'ajoute un autre groupe d'activité : l'instruction au vol. Ces PNT « pilotes » sont alors appelés « *Flight Instructors* ». Leurs champs d'activité se concentrent sur l'enseignement du pilotage de base ou de perfectionnement, ou sur une qualification pour un type d'aéronef donné (QT pour qualification de type : hélicoptère, avion privé, jet, monomoteur, multimoteur, etc.) avec notamment la maîtrise complète de l'instrumentation de bord et de ses multiples pannes possibles.

Enfin, une dernière catégorie, considérée comme à part entière, concerne les essais en vol intéressant les tests de pilotage de prototypes d'aéronefs en toutes conditions pour le compte de constructeurs aéronautiques avant leur mise sur le marché.

#### 2.1.1.2. PNT « non-pilotes »

Dans cette catégorie de PNT, on retrouve parfois les mêmes groupes d'activités. C'est le cas de l'instruction et de l'essai, à la différence que leur mission s'effectue dans d'autres domaines que le pilotage. L'instruction délivrée par ces PNT peut relever de la mécanique ou de l'électronique, prenant alors le titre d'« instructeur mécanique en aéronautique ». L'essai relève davantage de l'ingénierie, avec des emplois spécifiques tels que les ingénieurs navigants d'essais, les expérimentateurs navigants d'essais et les mécaniciens navigants d'essais. Ce sont des pôles d'activités en étroite collaboration avec les pilotes dits d'essais et de réception afin d'optimiser les accessoires de vol, vérifier les performances de l'appareil ainsi que leur utilisation en toute sécurité.

L'autre grand pôle d'activité des PNT « non-pilotes » est assuré par les mécaniciens opérateurs de bord (MOB), qui révisent le moteur et l'alimentation au sol d'un hélicoptère, assurent le treuillage ou l'aérocordage, guident le pilote notamment en conditions nocturnes ou en montagne.

### **2.1.2. Spécialités navigantes militaires**

#### 2.1.2.1. PNT militaires

En milieu militaire, les PNT s'inscrivent théoriquement dans chacune des deux sous-catégories. Cependant, ils relèvent eux-mêmes de classifications à part entière, illustrées par

l'adjonction de certaines spécificités propres à l'armée. On retrouve parmi eux, dans la marine, des spécialisations telles que la « tactique aéronautique » ou TACAÉ (organisation des missions confiées à un équipage d'avion ou d'hélicoptère de combat), le « détecteur navigateur aérien » ou DENAÉ (navigateurs et radaristes), et « l'électronicien de bord » ou ELBOR (transmissions, treuillage, recherche et détection des activités sous-marines, etc.). On retrouve également des instructeurs personnels navigants, spécialisés dans la formation au combat militaire des élèves-pilotes et pilotes confirmés.

### 2.1.2.2. Pilotes de chasse

Il s'agit de pilotes formés pendant 5 et 7 ans à piloter différents types d'avions dits « de haute performance », débutant par l'Alphajet et maintenant le PC21 (avion école qui permet l'obtention du macaron chasse) avant la transformation sur Rafale ou sur Mirage 2000, en ce qui concerne l'Armée Française. Ces aéronefs sont soit biplaces, soit monoplaces, ce qui entraîne des exigences supplémentaires d'aptitudes aéromédicales en fonction du poste occupé (en particulier la mise en jeu facile de la sécurité aérienne en cas d'évènement médical sur avion monoplace).

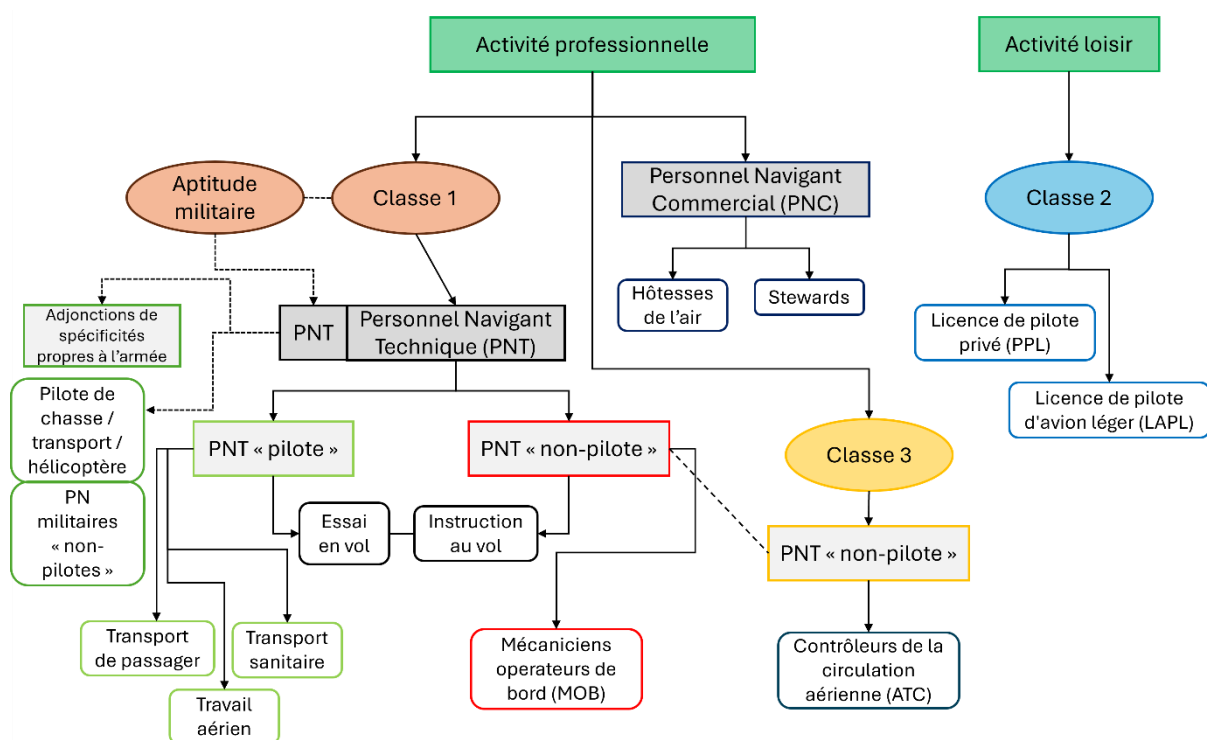


Figure 17: Organigramme des spécialités navigantes

## **2.2. Instances décisionnelles**

### **2.2.1. Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)**

L'Organisation de l'aviation civile internationale ou OACI, fondée en 1944, est une entité spécifique de l'Organisation des Nations Unies (ONU). Elle a pour rôle de fixer un consensus, selon la Convention relative à l'aviation civile internationale (Convention de Chicago), prenant la forme de Normes et Pratiques Recommandées (SARP). Au sein de cette SARP, s'inscrivent précisément les normes et pratiques recommandées sur les conditions d'aptitude physique et mentale applicables aux licences d'aviation. Elles figurent dans l'Annexe 1 intitulée "Licences du personnel". À noter que l'OACI a édité un manuel de médecine aéronautique civile<sup>175</sup>. Ce manuel vise principalement à assister les médecins examinateurs désignés ainsi que les services de délivrance des licences dans l'évaluation de l'aptitude physique et mentale des candidats à une licence de pilote, conformément aux exigences de l'Annexe 1. Ce manuel est également destiné à être utilisé dans le cadre de la formation théorique et pratique post-universitaire en médecine aéronautique. Concrètement, il s'agit d'exigences minimales. Néanmoins chaque État ou groupe d'États signataires peut s'approprier ces directives selon ses standards. Par exemple, en France, c'est l'Europe qui réglemente l'aptitude aéronautique à travers l'EASA (l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne).

### **2.2.2. Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA)**

Dans le domaine de l'aviation civile européenne, les autorités membres de la « *Joint Aviation Authorities* » (JAA) ont joué un rôle crucial dans l'harmonisation des réglementations et des processus de certification fixée par l'OACI au sein de leurs États membres, tout en facilitant la libre circulation des biens, des personnes et des services. Ainsi, elles ont participé à la fondation, en 2003, de l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (EASA), basée à Cologne, en Allemagne. Cette institution de l'Union Européenne a pour mission de garantir la sécurité aérienne en établissant des normes élevées en matière de sécurité et de protection de l'environnement pour les citoyens européens. Elle fonctionne comme une entité unifiée en matière de législation et de conformité aéronautiques, garantissant une application cohérente des règles dans tous les pays membres. Le règlement établi précise également les normes



pour l'obtention d'une licence, ainsi que les normes et pratiques recommandées pour les examens médicaux et les certificats d'aptitude médicale.

### **2.2.3. Direction générale de l'Aviation civile (DGAC)**

En France, depuis le 8 avril 2013, le cadre réglementaire de l'aviation civile est régi par le « Règlement (UE) N°1178/2011 de la Commission, daté du 3 novembre 2011 », en conformité avec le règlement (CE) n°216/2008 du Parlement européen et du Conseil. Ce règlement (aligné sur les normes et recommandations de l'OACI) établit les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile française.

#### **2.2.3.1. Direction générale de l'Aviation civile (DGAC)**

Au cœur du dispositif réglementaire de l'aviation civile française se trouve la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC), créée en 1945 et établie à Paris, sous l'égide du ministère de la Transition Écologique. En tant qu'autorité de tutelle, la DGAC établit les cadres législatifs et réglementaires régissant tous les aspects de l'aviation, y compris les normes de sécurité et de santé des personnels navigants. C'est au sein de la DGAC que se situe le Pôle Médical du Personnel Navigant, une entité dédiée à la supervision et à la gestion des aspects médicaux de l'aviation civile, en étroite collaboration avec les autorités aéronautiques et les organismes médicaux.

#### **2.2.3.2. Pôle Médical du Personnel Navigant (PM)**

Le Pôle Médical du Personnel Navigant, principalement composé de médecins spécialisés dans la médecine aéronautique, est le superviseur de l'aspect santé et de la sécurité des vols concernant les membres d'équipage et les passagers. En tant qu'entité intégrée à la DGAC, son rôle est de veiller à ce que les personnels navigants répondent aux normes médicales d'aptitude établies par la réglementation européenne, voire nationale.

Au quotidien, le Pôle Médical assure l'agrément des médecins examinateurs et des centres de médecine aéronautique, garantit la qualité des services médicaux fournis, et prend toutes les décisions réglementaires exigées pour l'aptitude médicale des navigants en fonction de leurs problèmes de santé. En pratique, un grand nombre d'affections chroniques, notamment dans le domaine de la cardiologie, nécessitent un passage du dossier par le Pôle médical avant la

reprise des vols pour un pilote professionnel ou même privé. Le Pôle médical a également la charge de la formation continue des médecins agréés et il participe à la gestion des dossiers médicaux.

#### 2.2.3.3. Conseil Médical de l’Aéronautique Civile (CMAC)

Le CMAC, entité autonome mais étroitement liée à la DGAC et au Pôle Médical, intervient en tant qu'instance d'appel et de décision en matière d’aptitude médicale du personnel de l'aviation civile. Composé d'experts en médecine aéronautique, le CMAC est chargé de réétudier à la demande des navigants des cas souvent complexes ou à contentieux en vue de récupérer une aptitude. Il est aussi l’instance qui statue sur les inaptitudes médicales à caractère définitif chez les professionnels, et sur l’éventuelle imputabilité de cette inaptitude au service aérien. Ainsi, son recours entraîne des décisions finales en matière d'aptitude médicale pour les navigants.

En tant qu'instance indépendante mais collaborative avec le Pôle médical, le CMAC assure une cohérence et une uniformité dans l'interprétation et l'application des normes médicales, contribuant ainsi à maintenir un haut niveau de sécurité dans l'aviation civile française.

À noter que le Pôle Médical prépare les séances du CMAC en instruisant les dossiers et en assurant le secrétariat général de cette instance.

### 2.2.4. Armée Française

#### 2.2.4.1. Le Service de Santé des armées

Pour toute incorporation ou visite d’aptitude médicale du personnel navigant militaire, le médecin PN dans les unités navigantes et le médecin expert dans les CEMPN se réfèrent aux critères d’aptitude énoncés dans l’instruction ministérielle (IM) n°800<sup>176</sup>, actualisée sous forme d’arrêté en 2021<sup>177</sup>, et pour l’armée de l’air et de l’espace, l’IM n°4000<sup>178</sup> également actualisée en 2021<sup>179</sup>. En effet, le Service de Santé établit des normes en fonction de critères médicaux, et chaque armée les adapte en fonction des possibilités d’emploi. Dans certaines situations, les instructions et arrêtés ministériels laissent une certaine latitude d’appréciation pour des pathologies données, ce qui justifie d’autant plus l’intérêt de l’expertise, voire d’une sur-expertise par les médecins, ou d’un passage du dossier en commission médicale dont revient au final la responsabilité des décisions d’aptitude.

#### 2.2.4.2. Commission Médicale de l'Aéronautique de Défense (CMAD)

La Commission Médicale de l'Aéronautique de Défense (CMAD) est une entité spécialisée dans le domaine de la médecine aéronautique militaire. Elle est chargée d'évaluer l'aptitude médicale des PN présentant une pathologie significative, et de prescrire d'éventuelles limitations et une surveillance plus rapprochée. La CMAD veille à ce que les normes médicales les plus strictes soient respectées pour garantir la sécurité des vols et la santé des individus impliqués dans les opérations aériennes militaires.

Lorsque nécessaire, des dossiers médicaux de PN sont adressés à la CMAD, qui effectue une analyse collégiale des aspects médicaux, opérationnels et réglementaires de la situation afin de trancher en faveur d'une aptitude ou d'une inaptitude médicale temporaire ou définitive. Cette décision est rendue sous la forme d'un avis d'aptitude par dérogation ou d'inaptitude qui doit être validé par décision ministérielle (ministre des armées, en passant par la chaîne de commandement du PN).

### **2.3. Aptitude médicale des personnels navigants**

Chaque PN doit acquérir un diplôme validant à l'issue de sa formation technique initiale que l'on nomme le brevet. Ce dernier est à différencier de la licence, qui a pour principe d'autoriser officiellement, par l'Aviation Civile, d'exercer les fonctions à bord d'un aéronef pour lesquelles le brevet a été obtenu. Afin de s'assurer du maintien des compétences, cette licence doit être régulièrement renouvelée en tenant compte, outre son aspect technique, d'un volet médical d'aptitude physique et mentale. Ce suivi concerne aussi des personnels non navigants tels que les contrôleurs aériens, lesquels détiennent une licence de contrôle en raison de leur rôle crucial dans les activités de vol et la sécurité aérienne.

#### **2.3.1. Médecins aéronautiques**

En milieu civil, la partie médicale de l'aptitude physique et mentale, essentielle au renouvellement de licence, est réservée aux médecins compétents en médecine aéronautique, lesquels ont été agréés par la DGAC à l'issue d'une formation initiale puis avancée, leur agrément étant renouvelé tous les trois ans. Ces médecins peuvent exercer, depuis la mise en place de l'EASA, tant au sein de centres aéromédicaux (AeMC) que de

manière isolée dans un cabinet médical en tant qu'examineurs aéromédicaux (AME). Ils assurent ainsi la chaîne de sécurité des vols.

En milieu militaire en France, il s'agit d'un médecin militaire soumis aux règles de déontologie propres aux praticiens des armées<sup>180</sup> et titulaire du brevet de médecine aéronautique (BMAD), également valide pour 3 ans, à faire renouveler. Ce statut lui confère le triple rôle de soignant, d'expert et de conseiller du commandement. Ce praticien, appelé « médecin PN » est en lien avec un Centre d'Expertise Médical du Personnel Navigant (CEMPN) où exercent des experts spécialistes en médecine aéronautiques, qui jouent un rôle de suivi des PN, de conseil auprès des médecins PN, et de surexpertise aéromédicale, jusqu'à d'éventuelles inaptitudes au vol ou des restrictions ordonnées ou conseillées par les autorités en vigueur, telles que la Commission Médicale de l'Aéronautique de Défense (CMAD) ou le Pôle médical pour les aptitudes de Classe 1 dont ont besoin les PN militaires<sup>181</sup>.

Ainsi, outre son rôle de soignant, le médecin PN assure un rôle d'expertise pouvant s'apparenter à une forme de médecine du travail qui vérifie l'aptitude au poste du PN concerné<sup>182</sup>. Ce médecin militaire respecte ses obligations de secret médical que lui confère son statut où seules les conclusions d'aptitude se doivent d'être portées à la connaissance du commandement ou de la chaîne aéronautique « dans l'intérêt du service ou dans celui du patient, des actions de médecine préventive ou curative, individuelle ou collective ». Néanmoins, il existe une exception concernant le partage d'informations avec l'autorité responsable. Celui-ci reste exceptionnellement possible en cas de mise en jeu de l'intégrité des personnes ou de la sécurité d'une mission. Dans ce cadre, l'autorité est soumise au secret médical partagé<sup>180</sup> et sera capable de mettre en œuvre les mesures de prévention nécessaires.

### **2.3.2. Fibrillation atriale et aptitude au vol**

En se référant aux nombreuses publications concernant les passagers aériens ayant eu des événements cardiovasculaires lors d'un vol commercial, il est possible de retrouver quelques recommandations issues de cardiologues<sup>183</sup> traitant spécifiquement des troubles du rythme. Ainsi, un voyage aérien est strictement contre-indiqué chez les passagers atteints de troubles rythmiques et de conduction non contrôlés, tels que les tachycardies ventriculaires, les extrasystolies ventriculaires potentiellement menaçantes ou encore les blocs auriculoventriculaires de haut grade symptomatique ou de 3<sup>ème</sup> degré non appareillé (une exception existe chez les porteurs de stimulateurs cardiaques ou d'un défibrillateur

automatique implantable après vérification d'un bon fonctionnement de l'appareil avant le vol notamment lors du passage sous les portiques de détection des aéroports).

Néanmoins, le voyage aérien reste autorisé pour les voyageurs atteints de fibrillation atriale paroxystique ou permanente. En ce qui concerne la FA paroxystique, les conditions sont d'être soit traité par un ralentisseur de la fréquence cardiaque, soit d'avoir en possession une quantité suffisante d'amiodarone en cas d'un accès de FA (*Pills in the pocket*). En ce qui concerne la FA permanente, il suffit que l'arythmie soit bien contrôlée avec l'assurance d'une anticoagulation efficace selon le score de CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc.

A propos du PN, la signification et la gestion aéromédicale des maladies cardiovasculaires présentent de nombreuses différences avec les recommandations dans la population générale. Ces différences de recommandations se justifient par leur rôle plus large dans la sécurité du public et dans la sécurité aérienne. Par exemple, des médicaments courants en cardiologie peuvent avoir des effets secondaires négatifs sur la tolérance aux accélérations +Gz (bêtabloquants) ou présenter un risque d'hémorragie (anticoagulants).

Selon les instances aéronautiques, il y a une tendance à l'augmentation de l'âge de départ à la retraite des équipages aériens, fixée à 65 ans pour le transport public de passagers<sup>184</sup>. Cependant, en lien avec nos propos précédents, le risque cardiovasculaire augmente de façon croissante avec l'âge, sur le plan structurel (coronaropathies) comme fonctionnel (arythmies ou troubles de conduction). On conçoit donc la nécessité d'assurer un suivi cardiovasculaire régulier des pilotes et autres PN (surtout de plus de 40 ans) afin de détecter et de prendre en charge le plus précocement possible les facteurs de risque arythmogènes<sup>172</sup>.

En effet, une FA non détectée engendre une altération de la performance cardiaque avec une perte estimée de 5 à 15% du débit cardiaque, ayant pour conséquence un risque plus ou moins immédiat d'incapacité en vol. Cette incapacité en vol peut être « subite » ou « subtile ». La première se révèle de façon évidente aux autres membres d'équipage, soudainement, sur le plan symptomatologique (palpitations, douleur) ou fonctionnel (dyspnée, collapsus, choc), affectant les fonctions exécutives du PN atteint (avec à l'extrême la mort subite du pilote, hantise du médecin PN). La seconde se caractérise par une symptomatologie ou des signes fonctionnels peu visibles donc échappant à l'équipage proche (lipothymie, douleur peu intense), volontiers d'installation insidieuse, affectant plutôt la

performance aéronautique du PN atteint, pouvant s'avérer particulièrement problématique en contexte militaire opérationnel<sup>175</sup>.

### **2.3.3. Sécurité des vols**

Dans le cadre d'une arythmie, la décision concernant d'éventuelles restrictions de l'activité de vol dépend de plusieurs facteurs, y compris l'arythmie elle-même, la pathologie éventuelle sous-jacente, le risque global d'incapacité subite et subtile, le type d'aéronef opéré et la spécificité du rôle de l'individu au sein de l'équipage<sup>185</sup>. Cela concerne plus encore les pilotes et les navigateurs de combat au sein d'avions militaires de haute performance, auquel s'ajoute le risque théorique de déclenchement d'un épisode de FA. Les réglementations aéromédicales ont pour objectif de gérer cette pathologie en fixant des conditions destinées à garantir la sécurité des vols et la santé des navigants atteints quand ils sont en fonction, tout en reculant au maximum l'inaptitude.

### **2.3.4. Aptitude par dérogation et aptitude par décision de l'autorité**

Lorsque le PN retrouve son aptitude au vol et reprend sa fonction à bord sans modification de son statut ni de son activité, il lui est délivré une aptitude médicale « complète » qui signifie « sans restriction », si ce n'est la mention « *par dérogation aux normes médicales* » en milieu militaire. Cette mention, qui peut parfois donner l'impression d'une stigmatisation par certains PN (la « double peine »), a été bannie dans l'aviation civile française depuis sa soumission aux normes européennes de l'EASA.

À l'inverse, le PN peut récupérer une aptitude au vol avec un retour à sa fonction mais selon certaines conditions, ou moyennant un changement de spécialité en milieu militaire ; il obtient alors une aptitude « avec restriction(s) » se rapportant à un certificat médical assorti d'une ou plusieurs limitations. Ainsi, les limitations d'aptitude pour le PN, qu'il soit militaire ou civil, s'articulent autour de plusieurs axes principaux, en fonction des caractéristiques de la fibrillation atriale observée, des thérapeutiques passées et actuelles, ainsi que de la fonction à bord.

#### 2.3.4.1. Les limitations selon l'EASA

Lorsqu'un PNT est déclaré inapte et son dossier présenté au Pôle médical, il doit attendre de recevoir la décision avant de reprendre les vols. Les principales limitations que peut être amené à délivrer le Pôle médical dans le cadre de pathologies telles que la FA sont :

- La limitation OML : elle accompagne une aptitude qui peut être accordée seulement pour le pilotage en équipage multiple. Cette limitation n'est attribuée qu'aux pilotes professionnels (Classe 1). Le pilote est autorisé à poursuivre ses vols en tant que copilote ou commandant de bord, à condition qu'il se trouve dans un cockpit avec au moins deux pilotes, y compris lui-même. Certaines activités sont compatibles avec cette limitation (pilote de ligne ou d'affaire par exemple), tandis que d'autres activités ne le sont pas (pilote instructeur avec élèves, pilote SAMU ou Sécurité civile, toutes situations fréquemment en monopilote tel que le travail aérien par exemple).
- La limitation OSL : elle impose la présence d'un pilote de sécurité pour un vol dit « en double-commande ». Limitation réservée uniquement pour les pilotes en licence Classe 2 ou LAPL. Le pilote est astreint à une activité de pilotage d'aéronefs exclusivement équipés de doubles commandes, et en présence d'un autre pilote, capable de reprendre le contrôle en cas d'évènement médical soudain et invalidant.
- La limitation OPL ou vol sans passager à bord : limitation réservée uniquement pour la Classe 2 et la LAPL, le pilote n'ayant donc pas le droit d'emporter un ou plusieurs passagers.
- La limitation ORL : un vol en solo est autorisé, mais la présence d'un pilote de sécurité à bord ainsi qu'un aéronef équipé de doubles commandes sont requis si des passagers sont transportés. Cette limitation, également réservée à la Classe 2 et la LAPL, soulève des questions éthiques, car elle revient à protéger la vie des passagers sans considérer celle du pilote (selon le point de vue du médecin). À noter que c'est pour cette raison de réflexion éthique que cette limitation n'est pas utilisée par le Pôle médical.
- La limitation SSL « Voltige exclue » : par le libellé qui accompagne le trigramme SSL, cette limitation permet de mentionner de façon explicite une limitation non prévue par la réglementation européenne. Appliquée à la cardiologie et en particulier à la FA, une exclusion de la Voltige (SSL « Voltige exclue ») devient ainsi possible pour des raisons de sécurité et de santé du navigant. Les pilotes atteints de FA ayant bénéficié

d'une ablation par cathéter ou ceux sous antiarythmiques spécifiques tel que le Sotalol ou l'Amiodarone, peuvent se voir interdire la participation à des activités de voltige aérienne en raison des risques accrus que ces activités représentent.

- L'imposition d'un suivi aéromédical spécifiquement dédié : en effet, une autre utilisation de la limitation SSL peut permettre d'ajouter des conditions de surveillance par un médecin agréé attitré ou dans un centre d'expertise. Ainsi peut-on lire : SSL « Suivi chez un même AME », SSL « Suivi dans un AeMC », SSL « Suivi à l'AeMC de l'HNIA Percy », par exemple.
- La limitation TML suivie d'une durée en mois : l'aptitude peut être assortie d'une obligation de suivi médical plus régulier, impliquant des visites périodiques plus rapprochées (3, 6, 12 mois) auprès de centres d'expertise ou de médecins agréés. Dans le cas de la FA, ce suivi inclut typiquement l'interrogatoire sur les symptômes, l'examen clinique, l'ECG de repos et la vérification de fréquents Holter ECG sur 24 heures.
- La limitation SIC : conceptuellement, elle correspond à un ou plusieurs examen(s) médical(aux) régulier(s) spécifique(s) en lien avec l'autorité chargée de délivrer les autorisations et pointe ainsi la nécessité d'une attention particulière sur un antécédent médical (la FA par exemple) par le médecin examinateur qui devra contacter l'autorité délivrant la licence avant quelconque renouvellement de certificat médical. En France, la limitation SIC impose le médecin aéronautique à représenter au Pôle Médical le dossier d'un PN déclaré apte selon une échéance prédéfinie (« SIC 24 mois » par exemple).

#### 2.3.4.2. Les limitations selon la CMAD

La réglementation militaire a certaines particularités qui la différencient du milieu civil. En premier lieu, au regard de la complexité et du nécessaire maintien des missions effectuées par les PN militaires d'une part, et à la lenteur administrative du processus de dérogation d'autre part, il est possible de maintenir dans l'emploi un PN, avec des limitations si besoin, en attendant que lui soit accordée une dérogation aux normes médicales, pour assurer une continuité des missions. Ceci sous-tend que la sécurité des vols ne soit pas compromise et que l'octroi de la dérogation ultérieure ne soit pas incertain. Ainsi, cette procédure peut être utilisée pour certains pilotes après un diagnostic de FA paroxystique, non invalidante, sans traitement médicamenteux au long cours.



Une fois le maintien au poste par dérogation aux normes médicales accordé, il sera alors précisé dans la décision ministérielle le libellé des limitations, lesquelles peuvent être pour certaines proches de celles du Pôle Médical, ou plus spécifiques aux conditions d'exercice du militaire pour d'autres. On peut alors retrouver dans ces limitations les suivantes :

- Aptitude par dérogation « sous réserve d'un second pilote qualifié à bord » : cela signifie que le pilote techniquement qualifié sur un aéronef ne peut poursuivre le vol sur ce même appareil qu'à la condition de doubles commandes et de la présence à bord d'un autre pilote (de sécurité). Cet autre pilote doit également être qualifié techniquement sur le même aéronef. En pratique le pilote concerné par la limitation peut prendre la fonction de Copilote ou de Commandant de bord, et, en cas d'incapacité d'origine médicale, le pilote de sécurité doit pouvoir poser l'appareil en toute sécurité. À noter qu'il n'est pas exigé le même degré de qualifications pour le pilote de sécurité (souvent inapproprié et rendant la gestion difficile).
- Aptitude « en complément d'équipage » : il s'agit d'une limitation spécifique aux militaires et peut concerner aussi bien un pilote qu'un navigateur opérateur de systèmes d'armes (NOSA). Elle signifie que l'intéressé garde son statut de PN sans aucune fonction à bord. Cela l'oblige à réaliser le minimum d'heures de vol requis annuellement pour garantir ce statut (ex : 15 h/an dans l'AAE, 30 h/an dans l'ALAT). Dans le cas extrême d'incapacité subite de vol des pilotes, un ancien pilote apte « en complément d'équipage » pourrait intervenir dans le pilotage de l'appareil.
- Aptitude avec des restrictions opérationnelles : il s'agira surtout de vols limités en amplitude (vols de moins de 6 heures dans la maladie veineuse thrombo-embolique), en quantité cumulée (activité limitée au nombre d'heures minimales annuelles réglementaires), ou d'une interdiction de projection, signifiant que le PN est limité à exercer son activité sur le territoire national mais est exempt de toute activité de vol en opération extérieure (OPEX), en mission de courte durée (MCD), en séjour long outre-mer (OM) ou en poste permanent à l'étranger (PPE).
- Aptitude avec « surveillance annuelle/bisannuelle/semestrielle en CEMPN » signifiant que le PN a l'obligation de visites de contrôle sur un rythme imposé et sur l'un des deux centres d'expertise militaires de Clamart ou Toulon pour maintenir son aptitude au vol. Parfois, la surveillance est imposée au CPEMPN de l'HNIA Percy de par la richesse de son plateau technique d'explorations fonctionnelles de cardiologie, et de

son Service Médical de Psychologie Clinique Appliquée à l'Aéronautique (SMPCAA), ce service ne concernant cependant pas les PN avec FA.

À noter qu'*in fine*, la décision ministérielle est signée par la Direction des Ressources Humaines du corps d'armée de rattachement. Il peut donc en théorie être signée une décision d'inaptitude au vol malgré un avis initialement favorable de l'octroi d'une dérogation aux normes médicales émis par la CMAD, ce qui n'arrive quasiment jamais. A l'inverse, et de façon spécifique à l'armée de l'air et de l'espace, il peut être décidé d'octroyer une dérogation en opposition à un avis défavorable de la CMAD. Cette procédure spéciale (moyennant une Commission Spéciale du Personnel Navigant) passe cependant par un avis consultatif, et indépendant de la CMAD, demandé auprès du Directeur du CPEMPN de l'HNIA Percy. Cela montre qu'en milieu militaire les médecins conseillent tandis la décision de l'aptitude revient au commandement. Tandis qu'en milieu civil les médecins prennent la décision de l'aptitude.

## **2.4. Réglementation sur la fibrillation atriale selon les instances**

### **2.4.1. Selon l'OACI**

#### **2.4.1.1. Règle « des 1% »**

À l'instar du groupe des pathologies cardiaques, la fibrillation atriale peut s'intégrer à un modèle mathématique (initialement créé pour les coronaropathies) sur la base d'une relation entre le taux d'événements cardiovasculaires parmi les équipages et le taux d'accidents d'aviation. L'OACI prévoit donc dans ce modèle une règle dite « des 1% ». Le PN est apte de principe si le risque de mortalité cardiovasculaire prédite ne dépasse pas environ 1% par an. Dans ce cas, il est possible d'estimer un « très faible » risque d'accident d'avion à équipage multiple dû à une incapacité cardiovasculaire (du pilote), ce qui correspond à un risque inférieur à un par milliard d'heures de vol<sup>175</sup>.

Après cela, l'OACI prévoit plus spécifiquement pour l'aptitude médicale du PN ayant présenté une FA que celui-ci ne présente pas de symptômes, soit en rythme sinusal, ait une pression artérielle normale, soit en euthyroïdie, ait une fonction hépatique normale, ne présente pas d'antécédents d'AIT ni de facteurs de risque d'évènement ischémique cardiaque (ou à risque de récurrence), ait un cœur sans valvulopathie avec des dimensions structurelles normales (diamètre interne de l'oreillette gauche < 4,5 cm), un test d'effort (> 10 minutes), le tout en

présence de deux enregistrements ECG Holter sur une période de deux à trois mois sans récurrence de fibrillation atriale.

Si toutes ces conditions sont réunies, le PN pourra être déclaré apte avec une restriction pour des vols avec équipage multiple uniquement. Si aucune récurrence n'est constatée après deux ans, la levée de la restriction pourra être envisagée en fonction des résultats de l'examen médical.

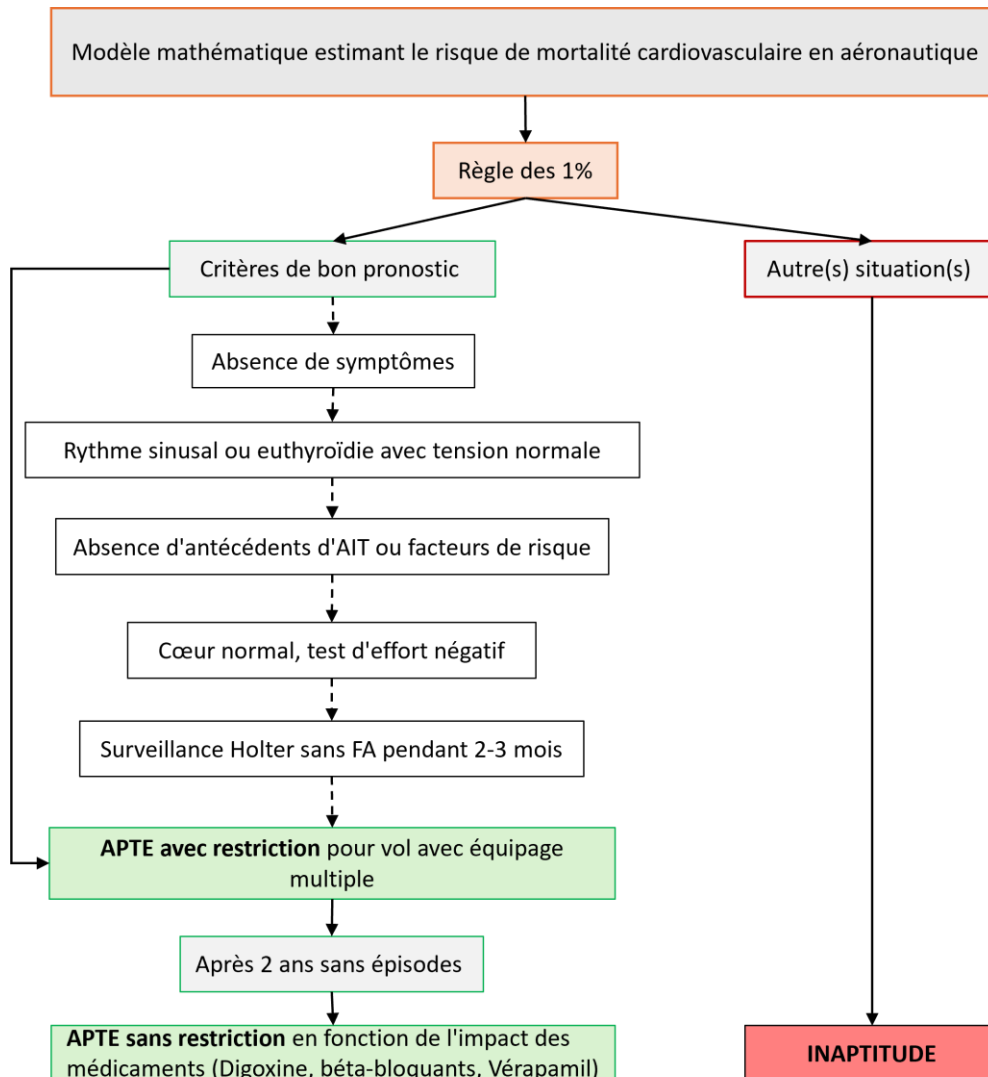


Figure 18 : Diagramme décisionnel de l'aptitude aéromédicale au vol selon l'OACI chez les PN ayant présenté une fibrillation atriale

Cependant, les conditions établies par l'OACI, telles que la « règle des 1% » sont initialement destinées aux opérations commerciales de courte durée et ne prennent pas en compte d'autres conditions aéronautiques plus spécifiques aux militaires ou à d'autres PNT professionnels. Ces spécificités peuvent influencer le contrôle du facteur déclencheur de FA.

#### 2.4.1.2. Anticoagulation

Concernant l'anticoagulation, l'OACI ne donne pas de consignes spécifiques et laisse les États ou groupes d'États appliquer leur réglementation. Toutefois, l'instance invite ces États à régulièrement s'interroger sur la balance bénéfice-risque. En effet, elle rappelle les caractéristiques des AVK comme la Warfarine, qui, bien qu'efficace à 70% pour réduire le risque d'AVC, est malheureusement associée à un risque d'hémorragie d'environ 1% par an. De plus, la fenêtre thérapeutique est étroite, avec une relation dose-réponse restant imprévisible, sans oublier de multiples interactions médicamenteuses et alimentaires surajoutées.

L'OACI se contente de rappeler la position de certains États sur l'usage de l'anticoagulation, notamment en Europe et aux États-Unis. En Europe, sur la base d'une conférence de concertation européenne de 2003 sur la fibrillation atriale en aéronautique, il avait alors été établi que l'anticoagulation était nécessaire chez les PN de plus de 65 ans et/ou en présence d'une anomalie structurelle du cœur, d'une hypertension ou d'une hypertrophie de l'atrium gauche. À cette époque, la Warfarine, ainsi que toute autre forme d'anticoagulation, n'était pas autorisée chez les PN européens, contrairement aux États-Unis, où la *Federal Aviation Administration* avait permis l'usage de la Warfarine dans des cas très spécifiques. Toutefois, la réglementation européenne a récemment évolué sur ce sujet.

#### 2.4.1.3. Aspirine et Clopidogrel

En regard des dernières recommandations de l'ESC sur l'inefficacité avérée de l'aspirine en monothérapie pour la prévention des accidents vasculaires cérébraux chez les patients non éligibles à l'anticoagulation, il est néanmoins possible de l'administrer pour les PN au score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASC égal à 1. De même, pour cette même catégorie de patients, mais avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASC supérieur à 1, il est envisageable d'ajouter du Clopidogrel à l'aspirine, ce qui permet de réduire le risque de complications thrombo-emboliques, bien qu'il y ait une augmentation significative des hémorragies majeures<sup>130</sup>. L'OACI ne contre-indique pas l'aptitude au vol sous ces deux classes thérapeutiques à condition que les mêmes critères pour l'évaluation du risque annuel d'évènement (règle des 1%) soient respectés (Figure 18).

#### 2.4.1.4. Antiarythmiques

Enfin, l'OACI se positionne précisément sur une liste d'antiarythmiques autorisés pour le vol, bien que d'efficacité partielle à long terme sur la FA<sup>175</sup>. Ainsi, il est possible de voler sous Digoxine, Aténolol, Bisoprolol, Vérapamil ou Diltiazem. Concernant le Sotalol, deux conditions sont spécifiées : il reste autorisé s'il n'est pas mis en évidence d'effet pro-arythmique, mais il est interdit chez les PN qui pratiquent la voltige aérienne, en raison de la nécessité d'augmenter la fréquence cardiaque pour compenser la baisse du débit sanguin cérébral sous accélérations.

#### 2.4.2. Selon l'EASA et le Pôle Médical

Tel qu'évoqué précédemment, la DGAC et plus précisément le Pôle Médical appliquent la réglementation de l'EASA pour ce qui concerne l'aptitude des PNT civils.

##### 2.4.2.1. Examens nécessaires

La réalisation d'un électrocardiogramme (ECG) n'est pas systématique à chaque visite d'aptitude mais dépend de la classe de la licence médicale et de l'âge du pilote<sup>186</sup>. En effet, pour les pilotes classe 1, un ECG est requis tous les 5 ans avant l'âge de 30 ans, tous les 2 ans entre 30 et 40 ans, puis chaque année au-delà de 40 ans. Pour les titulaires d'une classe 2, un ECG est requis tous les 4 ans avant 50 ans, puis tous les 2 ans après cet âge.

Sur le plan de la pathologie rythmique stricto-sensu, l'EASA stipule qu'un candidat pilote peut être déclaré apte s'il a présenté un seul épisode isolé d'arythmie, considéré comme peu susceptible de récidiver. Dans tous les cas, à l'instar des autres troubles du rythme significatifs, une évaluation cardiologique doit être réalisée et s'avérer satisfaisante et, pour la FA, le risque d'accident vasculaire cérébral doit être suffisamment faible. Des examens complémentaires sont donc nécessaires pour évaluer le risque de récurrence et déterminer l'aptitude à voler. Cette évaluation cardiaque doit comprendre en premier lieu :

- Un ECG d'effort selon le protocole de Bruce au stade 4 ou équivalent, qui ne doit révéler ni arythmie, ni trouble de conduction, ni signe d'ischémie sur un test normalement démaquillé.
- Un enregistrement ECG des 24 heures par méthode Holter qui ne doit pas montrer de perturbation significative du rythme ou de la conduction cardiaque (absence de

récidive de FA ou de rythme chaotique dû à des extrasystoles supraventriculaires profuses).

- Une échocardiographie Doppler qui doit montrer des cavités cardiaques de dimensions normales, sans anomalie structurelle ou fonctionnelle significative, et une fraction d'éjection ventriculaire gauche d'au moins 50%.

Des examens complémentaires peuvent être ajoutés si nécessaire, tels que des enregistrements ECG par méthode Holter répétés, une étude électrophysiologique, une imagerie de perfusion myocardique, une IRM cardiaque ou encore une coronarographie.

#### 2.4.2.2. Anticoagulation

Avant 2013, la réglementation française s'appliquait, et l'anticoagulation était interdite en vol, quelle que soit son indication. L'arrêté de 1988 en vigueur stipulait : « *L'utilisation de médicaments anticoagulants entraîne l'inaptitude* ». À partir de 2013, avec l'application des normes EASA, l'anticoagulation a été abordée dans des contextes précis, notamment pour les événements thrombo-emboliques, la chirurgie valvulaire et les arythmies, comme la fibrillation atriale.

En particulier, il est stipulé que les personnes sous anticoagulant par AVK pour traiter des thromboses artérielles ou veineuses, ou des embolies pulmonaires, sont généralement inaptes au vol temporairement. Après une période de six mois, l'anticoagulation prophylactique doit être stable, c'est-à-dire avec au moins 5 valeurs d'INR documentées, dont au moins 4 sont dans la plage cible de l'INR (« Règle des 6-5-4 »). Si cette stabilité est démontrée, une évaluation favorable de l'aptitude peut être envisagée pour un pilote professionnel de classe 1 avec une limitation OML (travail en équipage multiple), et pour un pilote privé de classe 2 avec une limitation OSL (présence obligatoire d'un second pilote qualifié aux commandes) ou ORL (vol sans passager ou second pilote qualifié imposé), après examen du dossier par l'autorité délivrant la licence<sup>187</sup>. Cependant, en lien avec l'évolution des recommandations, les sujets peuvent être dorénavant traités par AOD, ce qui est le cas la plupart du temps chez les PNT, traitement qui ne nécessite pas de surveillance de l'INR (confort des patients) mais dont la preuve de la prise au long cours auprès du médecin aéronautique n'est plus apportée *de facto*. Ces PN peuvent être évalués comme aptes après une période de stabilisation de 3 mois, avec les mêmes limitations pour un pilote professionnel (OML) mais éventuellement sans limitation pour un pilote privé.

En ce qui concerne l'anticoagulation dans le cadre d'une FA, l'EASA permet depuis avril 2013 à un PNT civil d'être apte au vol malgré une anticoagulation au long cours. En effet, les PN peuvent être déclarés aptes au vol si leur évaluation cardiaque est satisfaisante et si le risque d'accident vasculaire cérébral est jugé suffisamment faible. Néanmoins, une limitation OML/OSL/ORL sera maintenue après une période d'anticoagulation prophylactique stable, au même titre que pour les événements thrombo-emboliques. Si l'anticoagulation se fait par AVK, la règle est inchangée pour estimer la stabilité de l'anticoagulation. De la même façon, si un AOD est utilisé, une évaluation de l'aptitude classe 1 avec une limitation OML peut être envisagée par l'autorité délivrant la licence après une période de stabilisation de trois mois, une aptitude sans limitation est possible en classe 2<sup>188</sup>.

Deux points importants sont à noter : D'une part, le Pôle médical peut choisir de ne pas accorder une aptitude sans limitation en cas d'anticoagulation. D'autre part, il n'utilise jamais la limitation ORL, jugée non éthique.

#### 2.4.2.3. Autres thérapeutiques

La réglementation de l'EASA<sup>188</sup> ne donne pas d'élément très clair en cas de thérapeutiques médicamenteuses ou de cardioversion. On pourrait donc considérer que la réglementation les concernant relève naturellement de celle de l'OACI. En revanche, elle émet des recommandations concernant l'évaluation de l'aptitude au vol après une ablation par cathéter. Il est écrit que les PN ayant bénéficié de cette intervention sont initialement considérés comme inaptes. Par la suite, une évaluation de l'aptitude est possible mais doit être prudente en comprenant certaines conditions ci-après :

- Si l'ablation par cathéter est considérée comme un succès, une limitation OML/OSL pendant au moins un an sera décidée, avec la possibilité de réduire cette période si une étude électrophysiologique, réalisée au moins deux mois après l'ablation, montre des résultats satisfaisants.

- Si le résultat à long terme de l'ablation est incertain après des tests invasifs ou non invasifs, un allongement de la période de limitation OML/OSL peut être nécessaire. Il convient de remarquer que ces conditions d'aptitude post-ablation ne sont pas spécifiques de la FA mais concernent plus généralement les troubles du rythme.

#### 2.4.2.4. Limites d'âge

Il est intéressant de noter qu'à l'heure actuelle, d'un point de vue réglementaire, l'EASA<sup>189</sup> établit pour les PNT « pilotes » appartenant au groupe d'activité du transport public de passagers (TPP) en équipage multiple (pilote de ligne ou d'aviation d'affaires) un âge limite de 65 ans. Cet âge est ramené à 60 ans chez les PNT en activité monopilote avec TPP (comme c'est le cas pour les pilotes du SAMU). En dehors de cette activité de TPP, il n'y a pas de limite d'âge pour les pilotes professionnels. On imagine bien que ces dispositions relèvent de deux craintes : le déclin neurocognitif d'une part, et l'apparition de pathologies cardiovasculaires volontiers arythmogènes d'autre part.

### 2.4.3. Selon le Service de Santé des Armées

#### 2.4.3.1. PN militaires

Comme déjà mentionné, les PN des forces armées relèvent de textes spécifiques des conditions d'aptitude selon leur fonction à bord<sup>176</sup>. Les expertises révisionnelles d'aptitude médicale pour le personnel navigant des forces armées ont lieu de manière périodique dans un centre d'expertise médicale de l'aéronautique militaire (CEMPN de Clamart ou CEMPN de Toulon). Cette périodicité d'expertise est déterminée par des instructions ministérielles<sup>176</sup> (actualisées sous forme d'arrêtés<sup>177</sup>) propres à chaque armée, spécialités et modalités spécifiques (départ en outre-mer ou séjour en poste permanent à l'étranger). En ce qui concerne l'armée de l'air et de l'espace cette même périodicité était encore très récemment déterminée selon la spécialité d'appartenance du PN (arrêté du 12 février 2021<sup>179</sup>), mais cette périodicité s'est dorénavant harmonisée à 24 mois pour l'ensemble des PN. En effet, l'armée de l'air et de l'espace a modifié sa périodicité début 2024 pour ses pilotes de chasse et navigateurs de combat (arrêté du 25 janvier 2024<sup>190</sup>). En plus de ces expertises, des examens médicaux codifiés, dits de « contrôle à l'unité », réalisés par un médecin PN (titulaire d'un BMAD en cours de validité), restent obligatoires et ont une périodicité semestrielle. Ils sont essentiels au maintien de l'aptitude médicale octroyée par les centres d'expertise.

Initialement, devant la découverte d'une FA, le PN est déclaré inapte. Toutefois, il est possible de solliciter une aptitude par dérogation aux normes médicales, après réévaluation du dossier auprès de la Commission Médicale de l'Aéronautique de Défense, ce qui pourra



aboutir à une récupération d'aptitude à un emploi PN donné (idéalement le même) assortie éventuellement de limitations.

Les cas d'inaptitudes définitives incluent des situations telles que la FA permanente, une cardiopathie sous-jacente, ou l'utilisation de certains médicaments comme un anticoagulant (AVK ou AOD) ou l'amiodarone (particulièrement chez les pilotes de chasse ou l'Equipe de Voltige de l'Armée de l'Air).

À l'inverse, des dérogations peuvent être accordées dans les cas de FA paroxystique ou persistante, idiopathiques ou liées à des étiologies corrigées voire des facteurs favorisants évitables, chez un patient asymptomatique, en rythme sinusal stable depuis au minimum 3 mois, sans anticoagulant, et éventuellement traité par des médicaments antiarythmiques de classe Ia ou Ic. Chez les pilotes, une limitation à une activité de vol avec la présence d'un second pilote qualifié à bord sera exigée, en raison du taux très élevé de récurrence, en particulier durant les premières années (Cf. 1.1.2).

#### 2.4.3.2. Examens nécessaires

L'interrogatoire doit être rigoureux et s'intéresser au contexte d'apparition de la FA, surtout si cette dernière est idiopathique. Le médecin PN s'assure alors de rechercher d'abord des antécédents de troubles du rythme préexistants ainsi que des signes fonctionnels évocateurs d'épisodes antérieurs de FA (Cf. 2.3.2). Plus spécifiquement pour le pilote de chasse ou le navigateur de combat sur avion de chasse, il doit rechercher un déclenchement de ces signes fonctionnels au cours d'un vol. En l'absence de toute symptomatologie, ce qui concerne une part importante des FA<sup>117</sup>, il convient de rechercher l'existence de facteurs déclenchants et/ou favorisants. En somme, il faut rechercher dans les jours précédents la découverte de l'arythmie : une fatigue excessive, une infection récente (virale), une prise d'excitant inhabituelle (caféine principalement, alcool, toxique illicite, boisson énergisante, médicament, etc.), une activité physique intense, et une période particulièrement stressante (choc psycho-affectif) incluant le vécu des vols précédents.

Ensuite, des examens complémentaires seront nécessaires. Notons que le CPEMPN fait le choix d'un ECG systématique à chaque visite d'aptitude pour tous les PN. En cas de découverte de FA, la liste des examens complémentaires répond sensiblement aux mêmes recommandations de l'EASA, avec des différences cependant : des enregistrements par méthode Holter utilisés sur une période de 24 heures à plusieurs jours mais répétés

mensuellement pendant les 3 premiers mois pour détecter une récurrence, une échocardiographie (recherche d'une cardiopathie, notamment valvulaire, et appréciation de la taille des oreillettes), et un ECG d'effort. En effet, bien que l'ECG d'effort présente une faible sensibilité et spécificité pour le dépistage de la maladie coronaire chez le sujet asymptomatique et à faible risque, il fournit en aéronautique des informations utiles sur la capacité cardiovasculaire et les arythmies induites par l'effort<sup>185</sup>. Il est systématiquement vérifié que des analyses de laboratoire ont été pratiquées, telles qu'une numération de la formule sanguine, un bilan inflammatoire, un ionogramme complet ( $K^+/Ca^{2+}$ ) et un dosage des hormones thyroïdiennes. Des tests supplémentaires peuvent être nécessaires, comme une radiographie thoracique ou des analyses d'urine à la recherche de toxiques urinaires (cannabis, cocaïne, amphétamines).

En cas d'épisode de FA discutable, la surveillance ECG télémétrique peut être utile pour l'objectiver<sup>185</sup>. Enfin, de plus en plus de PN ont une montre connectée (tracé rythmique ECG) avec enregistreurs d'événements ou de boucles ECG, ce qui devient une aide pour l'expert même si pour le moment de façon non officialisée.

#### 2.4.3.3. Pilote de chasse

Tel que précédemment abordé, le pilotage dans l'aviation chasse ou la voltige aérienne, ne sont généralement pas compatibles avec une restitution d'aptitude en cas de découverte de FA, en raison du risque théorique élevé de récurrence d'arythmies. Une autre raison est le caractère majoritairement monopilote de ces activités. Toutefois, les pilotes ou élèves pilotes de chasse (ou navigateur combat) peuvent être réorientés vers les avions de transport ou les hélicoptères si leur âge et leur statut le permettent.

De façon exceptionnelle, si la découverte d'une FA en lien avec une étiologie ou un facteur déclenchant très particulier (réputée ne pas récidiver) chez un pilote de chasse ou un navigateur combat que l'on voudrait réhabiliter, il peut être proposé un test en centrifugeuse humaine. En l'absence de récurrence après ce test, il peut être réalisé, au préalable d'une mission, un enregistrement en vol via Holter sur un avion à haute performance, mais à condition de la présence d'un pilote de sécurité à bord (vol en double commande).

## 2.5. Etudes de réhabilitation au vol de PN militaires étrangers

### 2.5.1. PN militaires Allemands

#### 2.5.1.1. Epidémiologie de la FA

Une étude allemande de 2023<sup>169</sup>, portant sur une période de 34 ans, a examiné le personnel navigant militaire et a comptabilisé 42 sujets ayant présenté au moins un épisode de FA. Tous les participants étaient de sexe masculin, avec un âge médian de 47 ans au moment du diagnostic initial. La durée médiane de suivi était de 5,35 ans. L'étude a révélé principalement des épisodes de FA uniques ou paroxystiques, avec peu de cas de FA persistante ou permanente.

#### 2.5.1.2. Réhabilitation après ablation par cathéter

Une autre étude de 2022<sup>191</sup>, portant sur une période de 17 ans, a analysé 36 cas d'ablation par cathéter pour divers troubles du rythme chez le PN militaire allemand, incluant 25 pilotes ou candidats pilotes et 11 PN « non pilotes ». Au sein de cette cohorte, seulement 8 PN étaient concernés par une ablation par cathéter dans le cadre d'une FA. L'étude s'est intéressée à la récurrence des différentes arythmies ainsi qu'aux complications secondaires à la procédure ablatrice. Parmi les 8 PN, certains ont nécessité une ablation de FA supplémentaire : 3 PN pour des récurrences de FA sur différents intervalles de temps, tandis qu'un autre PN pour la découverte d'une voie accessoire (nécessitant l'ablation d'un faisceau de Kent). Les résultats ont montré 3 cas de récurrence de FA sur 8 (37,8%), considérés comme des échecs thérapeutiques initiaux, ce qui peut questionner sur l'efficacité de l'ablation.

Concernant les 8 PN ablatés pour une FA, tous ont récupéré leur aptitude au vol : 5 d'entre eux sans limitation (1 pilote et 4 PN non-pilotes), 1 seul PN avec une limitation OML temporaire de 7 mois, et 2 autres PN avec une limitation OML permanente (tous pilotes).

À noter que, sur la base de plusieurs études montrant la nécessité d'ablations répétées et un nombre de récurrences pas si rare<sup>152-154</sup>, l'étude justifie qu'une restriction permanente en équipage multiple (OML) pour les pilotes est généralement nécessaire après une ablation pour la FA<sup>191</sup>.

## 2.5.2. PN militaires Américains

Une récente étude observationnelle de 2022<sup>192</sup>, portant sur une période de 15 ans, a examiné 27 pilotes militaires en service actif (au sein de l'Armée de l'air, de l'Armée de terre et de la Marine des États-Unis) ayant eu un diagnostic de FA. L'objectif principal était de caractériser la réhabilitation au vol et l'aptitude aux missions opérationnelles (notamment en déploiement hors des États-Unis) selon les stratégies thérapeutiques utilisées, qu'elles soient médicales ou ablatives.

### 2.5.2.1. Caractéristiques de la FA

La plupart des individus étaient jeunes, avec une moyenne d'âge de 37 ans, et présentaient une FA paroxystique dans 93 % des cas. Aucun des pilotes n'a présenté de FA permanente. Environ 26% des pilotes étaient hypertendus et 19% souffraient d'apnée obstructive du sommeil. Aucun pilote n'était diabétique et aucun n'avait d'antécédent de maladie cardiovasculaire, d'accident ischémique transitoire (AIT), d'accident vasculaire cérébral (AVC) ou de coronaropathie. Le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc moyen était de 0,29 et le score HAS-BLED moyen était de 0,74 (Tableau 2). Un traitement anticoagulant (AVK ou AOD) a été introduit chez 17 pilotes, bien que la durée du traitement ne soit pas précisée.

	All (n = 27)	No medical therapy (n = 5)	Rate control (n = 11)	Rhythm control (n = 11)	p value
Age, years	37.3 ± 7.9	29.2 ± 6.2	40.3 ± 7.2	38.0 ± 7.1	0.0147
Male, no. (%)	27 (100%)	5 (100%)	11 (100%)	11 (100%)	N/A
BMI, kg/m <sup>2</sup>	27.3 ± 3.1	25.0 ± 3.8	28.8 ± 3.1	26.9 ± 1.8	0.1408
Caucasian, no. (%)	23 (85%)	5 (100%)	7 (64%)	11 (100%)	N/A
African American, no. (%)	1 (4%)	0 (0%)	1 (9%)	0 (0%)	N/A
Other race/unknown race, no. (%)	3 (11%)	0 (0%)	3 (27%)	0 (0%)	N/A
Hypertension, no. (%)	7 (26%)	1 (20%)	3 (27%)	3 (27%)	0.9431
Obstructive sleep apnea, no. (%)	5 (19%)	1 (20%)	2 (18%)	2 (18%)	0.9956
History of heart failure, no. (%)	1 (4%)	0 (0%)	1 (9%)	0 (0%)	0.3961
Glucose, mg/dL	92.1 ± 11.5	93.8 ± 15.4	92.5 ± 8.5	91.1 ± 13.3	0.3401
Total cholesterol, mg/dL	187.5 ± 27.0	194.2 ± 17.6	189.5 ± 34.9	182.5 ± 22.2	0.2335
LDL, mg/dL	117.8 ± 22.7	108.3 ± 21.1	123.3 ± 27.8	115.8 ± 17.7	0.3409
HDL, mg/dL	47.7 ± 9.9	57.1 ± 13.7	45.2 ± 5.8	46.0 ± 2.9	0.0612
Triglycerides, mg/dL	115.6 ± 82.2	148.0 ± 156.7	110.9 ± 69.6	105.5 ± 47.3	0.8181
CHA <sub>2</sub> DS <sub>2</sub> -VASc score	0.29 ± 0.47	0.20 ± 0.45	0.36 ± 0.50	0.27 ± 0.47	0.5732
HAS-BLED score	0.74 ± 0.53	0.80 ± 0.45	0.64 ± 0.67	0.82 ± 0.40	0.3706

Tableau 2: Caractéristiques des pilotes militaires actifs avec un diagnostic de fibrillation atriale selon la stratégie médicamenteuse reçue (Reproduit de Keithler A.N. et al<sup>185</sup>)

Les valeurs sont des nombres (%), des moyennes (± 1 écart-type).

AF : fibrillation atriale, BMI : indice de masse corporelle (calculé comme kg divisé par mètres au carré), CVA : accident vasculaire cérébral, HDL : lipoprotéine de haute densité, LDL : lipoprotéine de basse densité, N/A : non applicable, TIA : accident ischémique transitoire

#### 2.5.2.2. Réhabilitation générale au vol et aptitude opérationnelle

Parmi les 27 pilotes militaires pris en charge pour leur FA, 25 (93%) ont récupéré leur aptitude au vol, et 12 (44%) ont même pu récupérer une aptitude opérationnelle (équivalente à l'aptitude OPEX-OM-MCD). En ce qui concerne les pilotes ayant perdu leurs aptitudes opérationnelles, deux d'entre eux souffraient de FA persistante (restant néanmoins aptes au vol). À noter que 2 pilotes ont été déclarés inaptes au vol « pour des raisons non liées à leur diagnostic de fibrillation » sans qu'il y ait de mention précise de celles-ci.

#### 2.5.2.3. Réhabilitation selon la stratégie médicamenteuse

Dans cette étude, 22 pilotes militaires (82%) ont reçu à part égale des médicaments de contrôle du rythme (11) et de la fréquence (11), les 5 autres n'ayant pas reçu de traitement. L'étude suggère l'absence de différence significative entre une stratégie médicamenteuse contre une autre contre l'absence de traitement pour la récupération d'une aptitude au vol ( $p=0.15$ ) comme pour la récupération d'une aptitude opérationnelle ( $p=0.65$ ) (Tableau 3).

#### 2.5.2.4. Réhabilitation en cas de traitement par ablation

Dans cette étude, 16 pilotes militaires (59%) ont bénéficié d'un traitement par isolation des veines pulmonaires (IVP) sans complication. Une récurrence de FA a concerné 6 pilotes (38%) qui ont dû être de nouveau ablatés. L'étude montre que cette stratégie thérapeutique contre son absence n'influe ni sur la réhabilitation au vol ( $p=0.78$ ), ni sur la récupération d'une aptitude opérationnelle ( $p=0.38$ ) (Tableau 3).

#### 2.5.2.5. Réhabilitation en fonction du traitement anticoagulant

Un peu plus de la moitié (60%) des pilotes ont reçu un anticoagulant après le diagnostic de FA, principalement de la warfarine (11 pilotes, soit 41%), tandis que 5 d'entre eux (19%) ont été traités avec un AOD. Tel que déjà énoncé, la durée du traitement est inconnue. Étant donné le faible score moyen CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc, la motivation d'une anticoagulation systémique est suspectée plutôt en lien avec des interventions procédurales, telles que les cardioversions et les ablations, plutôt que dans le cadre de la prévention des AVC. À noter qu'aucun accident vasculaire cérébral n'a été signalé dans ce groupe d'étude, ni de complications hémorragiques chez les pilotes ayant été traités par anticoagulant. L'étude fait état d'une récupération

d'aptitude au vol pour 87% des pilotes ayant été traités par anticoagulant, sans révéler de lien entre la décision d'aptitude et le fait d'être anticoagulé (par AVK ou AOD) ou non ( $p=0.28$ ). Ce constat est le même pour la récupération d'une aptitude opérationnelle ( $p=0.41$ ) (Tableau 3).

	All (n = 27)	Retained (n = 25)	Discharged (n = 2)	Deployed (n = 12)	Non-deployed (n = 15)
Medical therapies for AF					
No medical therapy	5 (19%)	5 (20%)	0 (0%)	5 (42%)	0 (0%)
Rate control agent	11 (41%)	9 (36%)	2 (100%)	4 (33%)	7 (47%)
Rhythm control agent	11 (41%)	11 (44%)	0 (0%)	3 (25%)	8 (53%)
Rates of PVI for AF					
No PVI	11 (41%)	10 (40%)	1 (50%)	6 (50%)	5 (33%)
PVI	16 (59%)	15 (60%)	1 (50%)	6 (50%)	10 (67%)
Anticoagulation management for AF					
No anticoagulation	11 (41%)	11 (44%)	0 (0%)	6 (50%)	5 (33%)
Warfarin	11 (41%)	10 (40%)	1 (50%)	5 (42%)	6 (40%)
Direct oral anticoagulants	5 (19%)	4 (16%)	1 (50%)	1 (8%)	4 (27%)

Tableau 3: Comparaison des stratégies thérapeutiques médicales et ablatives selon les taux d'aptitude au vol et d'aptitude opérationnelle des pilotes militaires actifs avec un diagnostic de fibrillation atriale. (Reproduit de Keithler A.N. et al. <sup>185</sup>)

Les valeurs sont des nombres (%), des moyennes ( $\pm 1$  écart-type).

AF : fibrillation atriale, PVI : isolation des veines pulmonaires

## 3 : TRAVAIL DE THESE

---

### 3.1. Objectifs de l'étude

#### 3.1.1. Principal

L'objectif principal de cette étude est de décrire de manière actualisée la population de PN ayant présenté un ou plusieurs épisodes de FA, ainsi que les éléments déterminants pour leur réhabilitation aéronautique, et d'évaluer l'impact sur l'activité de vol et la carrière.

#### 3.1.2. Secondaires

Cette étude a pour objectifs secondaires de comparer les types de prise en charge médicale des PN avec ceux de la population générale et de mesurer l'impact des nouvelles thérapeutiques sur la récupération de l'aptitude aéronautique. Une analyse des thérapeutiques mises en œuvre chez les personnels navigants permettra de discuter de l'efficacité de l'ablation par radiofréquence sur la récurrence de la FA. Il sera également possible d'évaluer le choix de l'anticoagulation dans ce contexte.

### 3.2. Matériel et méthodes

#### 3.2.1. Méthodologie

Il s'agit d'une étude observationnelle descriptive et de cohorte rétrospective, réalisée au sein du Centre Principal d'Expertise Médicale du Personnel Navigant (CPEMPN) situé à l'Hôpital National d'Instruction des Armées Percy (101 Avenue Henri Barbusse, 92140 Clamart). Cette étude est donc monocentrique. Le choix de ce centre a été facilité par le fait que la consultation d'expertise au CPEMPN est ouverte à tout personnel navigant, quel que soit le secteur d'activité aéronautique ou géographique. Le CPEMPN reçoit d'ailleurs davantage de PN civils que militaires (environ 55% contre 45%). Les données étudiées sont anonymisées et extraites à partir des dossiers médicaux papier ainsi que des dossiers informatiques sur réseau local. L'étude se concentre sur les expertises médicales réalisées entre avril 2013 et décembre 2022, soit une durée d'étude de 9,5 ans. Le point de départ choisi pour ce travail est lié à la

date précise (8 avril 2013) du début d'application des normes européennes de l'EASA pour la classe 1, normes qui autorisaient dès lors l'utilisation des anticoagulants en vol.

### **3.2.2. Population étudiée**

La population étudiée inclut tous les personnels navigants et assimilés, qu'ils soient professionnels ou privés, civils ou militaires (pilotes et autres PNT, PNC, contrôleurs aériens) ayant réalisé leur visite au CPEMPN entre avril 2013 et décembre 2022, dans le cadre d'une visite d'aptitude à la suite du diagnostic d'un épisode de FA.

Il s'agit d'une population très spécifique dont l'inaptitude au vol est souvent mal vécue, tant au niveau personnel qu'au sein de l'équipe aéronautique qui fonctionne comme une chaîne (« la chaîne aéronautique »). La survenue d'une FA chez un PN entraîne une interruption immédiate des vols, qui peut être préjudiciable pour la chaîne aéronautique, en particulier dans le milieu militaire opérationnel. L'objectif pour le PN est donc une récupération de cette aptitude, le plus rapidement possible. Le dépistage d'un tel épisode peut résulter de l'apparition de symptômes (prise en charge initiale via le médecin traitant échappant souvent au médecin aéronautique qui le verra à distance) ou d'un dépistage systématique dans le cadre d'une visite au CPEMPN ou d'une visite à l'unité auprès du médecin PN. Il convient de rappeler que l'ECG de repos est systématique en milieu militaire. Bien qu'il ne le soit pas en milieu civil (classes 1 ou 2, périodicité réglementaire spécifique de l'EASA – Cf. 2.4.2.1), le CPEMPN a fait le choix de le rendre systématique.

Dans notre recueil, nous distinguons quatre grandes catégories de PN : les pilotes professionnels (militaires ou civils de classe 1), les pilotes privés (classe 2), les PNT « non-pilotes », ainsi que les contrôleurs aériens et les PNC, tous soumis à des exigences d'aptitude au vol (Figure 17).

### **3.2.3. Recueil de données**

Le CPEMPN de Clamart recense tous les dossiers médicaux des PN civils ou militaires ayant soumis une demande de « dérogation médicale d'aptitude ». Nous distinguons parmi ces demandes les présentations de dossiers à la Commission Médicale de l'Aéronautique de Défense (CMAD) pour les PN militaires et les renvois ou concertations de dossiers auprès du Pôle Médical (PM) de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) pour les PN civils à partir d'avril 2013. Avant cette date, les demandes étaient adressées au Conseil Médical de



l'Aéronautique Civile (CMAC). Il est important de noter que depuis avril 2014, date d'application des normes européennes pour les PNC, les médecins examinateurs n'ont plus l'obligation de soumettre un dossier auprès de l'autorité civile, en cas de problème de santé, si l'aptitude est évaluée positivement. En conséquence, nous nous attendons à un faible nombre de dossiers de PNC, à l'exception des inaptitudes prononcées et contestées, ou des demandes d'inaptitude définitive (compétence du CMAC).

Les données sont extraites des dossiers médicaux, en partie informatisés (observation médicale rédigée par l'expert et destinée à la commission compétente) et en partie sous format papier. L'étude a nécessité environ 4 mois pour le recueil de données.

#### **3.2.4. Charte éthique et réglementations**

Ce protocole de recherche a été approuvé par la DFRI (Direction de la Formation Recherche et Innovation) du Service de Santé des Armées et par la DCSSA (Direction Centrale du Service de Santé des Armées). Conformément au Règlement général sur la protection des données et à la loi n° 78-17 modifiée, le traitement des données s'inscrit dans la méthodologie de référence « MR04 », dont le fondement juridique est intitulé « Exécution d'une mission d'intérêt public ».

Les patients et le public, anonymisés, n'ont pas été directement impliqués dans le processus de recherche en raison du caractère rétrospectif et observationnel de l'étude. Les personnes concernées ont préalablement consenti collectivement et de manière éclairée à l'utilisation éventuelle de leurs dossiers à des fins d'étude. Néanmoins, ces mêmes personnes peuvent exercer leurs droits ou obtenir des informations complémentaires sur le traitement des données, même si la recherche n'impliquait qu'un risque minimal pour les participants, et que la renonciation n'affectait pas négativement leurs droits et leur bien-être.

#### **3.2.5. Grille de saisie**

Le recueil des données s'est effectué à l'aide d'une grille d'extraction comprenant tout d'abord, pour chaque personnel navigant, des paramètres intrinsèques tels que l'âge, le sexe, le statut professionnel ou privé, l'aéronef piloté, le type de poste, les heures de vol, la quantité d'activité physique, le stress opérationnel, les incidents de vol, le type de FA, les facteurs connus favorisant ou déclenchant la FA, ainsi que les circonstances de survenue, si elles étaient présentes. Ensuite, la grille d'extraction comprenait des facteurs extrinsèques au PN

ou à sa FA, tels que les traitements utilisés, le type de suivi réalisé, la récurrence de la FA, l'aptitude initiale puis finale après avis des instances, la présence ou l'absence de « dérogation médicale d'aptitude » au vol, l'évolution de la carrière aéronautique après prise en charge, ainsi que l'impact professionnel et/ou privé.

### **3.2.6. Critères d'inclusion et d'exclusion**

Les critères d'inclusion concernaient l'ensemble des personnels navigants civils et militaires en activité de vol ayant consulté le CPEMPN d'avril 2013 à décembre 2022 dans le cadre d'une ou plusieurs demandes d'aptitude à la suite d'un premier épisode de FA ou lors d'une récurrence d'une FA déjà traitée. Les critères d'exclusion concernaient les personnels navigants non réellement en exercice tels que les candidats PN militaires et les candidats élèves pilotes civils (par exemple les candidats à l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile). Ont également été exclus les personnels non navigants, liés à une cessation d'activité de vol antérieure (ex-PN retraité mais bénéficiant encore d'un suivi au CPEMPN de par son grade de général) ou lié à l'absence d'activité aéronautique en fonction (tels que les moniteurs simulateurs de vol ou les mécaniciens sur avion au sol, les CEMPN assurant pour ces personnels des visites d'aptitude pour des vols occasionnels sur aéronefs munis de siège éjectable, activité sans fonction mais à visée d'acculturation). Les arythmies cardiaques suspectes de FA initialement, mais se révélant être une autre arythmie comme un flutter auriculaire, n'ont pas été incluses dans cette étude.

Notre effectif initial était de 67 sujets ayant présenté une FA (premier épisode ou récurrence) mais 5 sujets ont été exclus de l'étude selon les critères décrits ci-dessus.

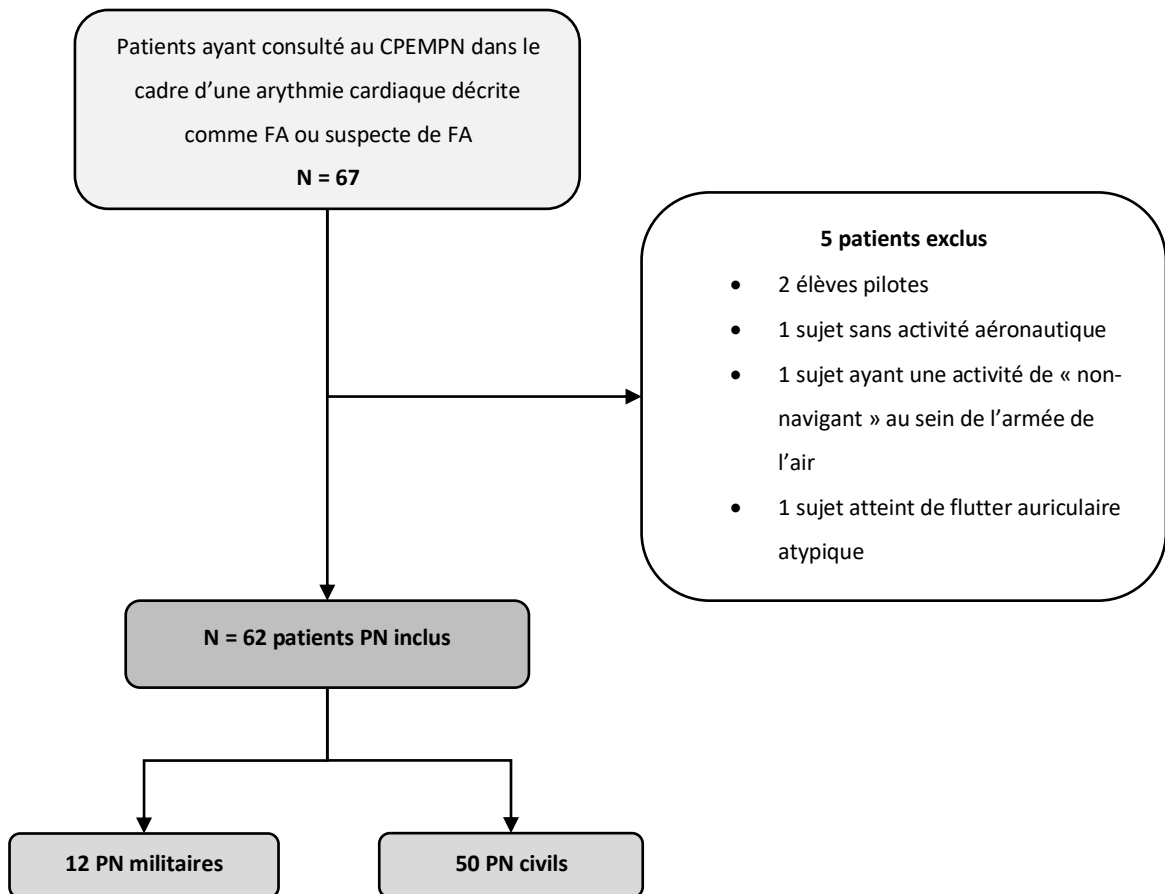


Figure 19 : Diagramme de flux

### 3.2.7. Méthode d'analyse des résultats

Nous avons une première idée des critères pouvant influencer la réhabilitation aéronautique professionnelle ou privée : le type de FA, l'étiologie sous-jacente, les facteurs de récurrence dessinant les contours d'un terrain médical personnel, ainsi que le traitement réalisé et/ou en cours, plus ou moins en lien avec les exigences de la classe aéronautique, de la spécialité et de l'activité réelle du PN. Nous avons constitué une liste non exhaustive qui servira de grille de test que nous appliquerons à l'étude des dossiers. Nous avons complété cette liste par d'autres critères jugés pertinents et rencontrés dans les dossiers, auxquels nous n'avons pas pensé préalablement. Ces critères engendrent des variables continues discrètes, des variables binaires, ainsi que des variables discrètes à plusieurs niveaux. Ainsi, les associations entre les caractéristiques de la population étudiée, les différentes prises en charge médicale et les aptitudes ont été analysées à l'aide du *test du chi-deux* et du *test exact de Fisher* pour les variables catégorielles. Le *test T de Student* a été utilisé pour la comparaison des variables

continues. Le *test T de Welch* a été utilisé pour la comparaison des moyennes de plusieurs délais indépendants en présence de défauts d'homogénéité des variances. En raison de la taille de l'échantillon, nous nous sommes appuyés sur le théorème de la limite centrale et n'avons pas testé l'hypothèse de normalité.

L'analyse des données a été effectuée à l'aide du logiciel d'analyse statistique R.

### **3.3. Résultats**

#### **3.3.1. Etude de la population**

##### **3.3.1.1. Etude générale de la population**

Notre étude porte sur 62 personnels navigants actifs dont 2 de sexe féminin, répartis entre 12 militaires et 50 civils. L'âge moyen au moment du premier épisode de FA est de  $54,5 \pm 11,1$  ans, restant similaire entre les deux sexes. Les pilotes représentent la majorité des PN (53 PN, soit 85,5%), dont une grande partie sont des pilotes privés (classe 2). Les PN « non-pilotes » ne sont qu'au nombre de 9 PN (14,5%). La répartition des heures de vol au moment du diagnostic de la FA, dans cette population majoritairement composée de pilotes, apparaît plutôt homogène dans notre étude, avec, selon trois catégories : 21 PN (34,4%) ayant effectué moins de 1000 heures, 24 PN (39,3%) ayant effectué entre 1000 et 10 000 heures et 16 PN (26,2%) ayant effectué plus de 10 000 heures de vol. Bien que l'hypertension artérielle et l'obésité concernent 1/3 des PN et 16% des PN respectivement (jusqu'à 2/3 en situation de surpoids ou d'obésité cependant), la population des PN se révèle être pour autant en bon état général. En effet, nos PN sont majoritairement non-fumeurs (37 PN, soit 60,7%) ou sevrés du tabac (18 PN soit 29,5%), et sportifs dans l'ensemble (38 PN, soit 62,3%). Ce bon état général est confirmé par la rareté des PN diabétiques (seulement 4 PN diabétiques de type 2) et des PN atteints d'autres pathologies chroniques (7 PN). En dehors des pathologies cardiovasculaires et du diabète sucré, nous constatons essentiellement, en lien avec les 1/3 de sujets hypertendus, des syndromes d'apnée obstructives du sommeil (6 PN) (Tableau 4).

Variable	Personnel Navigant	
N	62	
Age moyen de détection	54.53	SD : 11,09
Femme	53.00	SD : 1,41
Homme	54.58	SD : 11,28
Militaire	44.42	SD : 5,70
Civil	56.96	SD : 10,72
Sexe		
Femme	2	3,23%
Homme	60	96,77%
Statut		
Militaire	12	19,35%
Civil	50	80,65%
Fonction		
Pilote classe 1	24	38,71%
Pilote classe 2	29	46,77%
Non-pilote	9	14,52%
Heure de vol (en h)		
< 1000	21	34,43%
1000 – 10 000	24	39,34%
> 10 000	16	26,23%
NC	1	
HTA		
OUI	23	37,1%
NON	39	62,9%
IMC		
Normal	23	37,10%
Surpoids	29	46,77%
Obésité	10	16,13%
Diabète		
OUI	4	6,45%
NON	58	93,55%
Tabagisme		
Actif	6	9,84%
Sevré	18	29,51%
Non-fumeur	37	60,66%
Activité sportive		
Faible	23	37,70%
Moyenne	19	31,15%
Elevée	9	14,75%
Très élevée/Compétition	10	16,39%
Autres pathologies chroniques associées hors CV et hors diabète		
OUI	7	11,29%
SAHOS*	6	
LLC**	1	
NON	55	88,71%

\*Syndrome d'Apnée Obstructive du Sommeil \*\*Leucémie Lymphoïde Chronique

Tableau 4: Caractéristiques démographiques des Personnels Navigants civils et militaires ayant réalisés leur visite au CPMPN entre avril 2013 et décembre 2022, dans le cadre d'au moins un épisode de fibrillation atriale.

### 3.3.1.2. Etude comparative de la population

En se référant aux résultats figurant sur l'Annexe 1.1, l'étude comparative des populations civiles et militaires montre une différence significative concernant l'âge de diagnostic de la FA, lequel est en moyenne 12,5 ans plus jeune chez les PN militaires ( $44,4 \pm 5,7$  ans) en comparaison avec les PN civils ( $57,0 \pm 10,7$  ans). La répartition des heures totales de vol entre les PN civils semble homogène. Cette répartition diffère significativement chez les PN militaires, qui effectuent principalement entre 1000 et 10 000 heures de vol au total (9 PN sur 12).

Sur le plan cardiovasculaire, l'absence d'hypertension artérielle dans la population militaire marque une différence significative ( $p=0,02$ ) par rapport à la population civile, même si cette pathologie n'est pas majoritaire parmi les PN civils (23 PN, soit 46%). De même, un IMC pathologique ( $> 25 \text{ kg/m}^2$ ) a tendance à être plus marqué chez cette même population civile puisqu'il représente 2/3 des PN civils, tandis que l'IMC pathologique n'est présent que chez la moitié des PN militaires. De plus, les PN militaires ont environ deux fois moins d'obésité en comparaison avec les PN civils (8% contre 18%). A cela s'ajoute relativement plus de sportifs de bon niveau parmi la population militaire (42% contre 28%).

### 3.3.2. Fonctions et postes aéronautique occupés

Le groupe des 12 PN militaires comprend 7 pilotes en fonction, 1 pilote en complément d'équipage et 4 PN « non-pilotes ». Parmi les pilotes en fonction, 3 sont pilotes de chasse au sein de l'Armée de l'Air et de l'Espace (AAE), 2 sont pilotes de transport au sein de l'AAE et 2 sont pilotes d'hélicoptères au sein de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT).

Concernant les 3 pilotes de chasse, ils sont tous de sexe masculin, dont l'âge au moment du diagnostic de l'épisode de FA est respectivement de 37 ans, 39 ans et 51 ans, et avec un nombre d'heures de vol supérieur à 10 000 heures pour l'un d'entre eux, entre 1 000 et 10 000 heures pour les deux autres. Par ailleurs, ils ne présentent aucune comorbidité et, parmi eux, 2 pratiquent une activité physique très élevée avec un statut d'athlète de compétition (le troisième a une activité physique moyenne).

Concernant, le pilote en complément d'équipage, il s'agit d'un pilote de transport de l'armée de l'air dont un accident de ski a entraîné une séquelle fonctionnelle devenant incompatible avec le pilotage quelques années auparavant.

Ensuite, le mécanicien navigant de l'ALAT ne présente comme seuls facteurs de risque cardiovasculaire qu'un tabagisme actif et une sédentarité. Son nombre d'heures de vol est compris entre 1 000 et 10 000 heures.

Enfin, des contrôleurs de la circulation aérienne de l'armée de l'air (dont l'un d'entre eux est embarqué sur l'avion radar de type AWACS) complètent le groupe des PN « non-pilotes ». Ils ne présentent pas de comorbidités et 2 d'entre eux pratiquent une activité physique considérée comme de haut niveau.

Le groupe des 50 PN civils se répartit majoritairement entre les pilotes professionnels détenteurs d'une aptitude de classe 1 (17 PN) et les pilotes de loisirs détenteurs d'une aptitude de classe 2 (29 PN). À noter qu'une grande majorité des pilotes professionnels sont aussi des pilotes loisirs détenteurs également d'une classe 2. Pour cette étude, les pilotes professionnels ne seront catégorisés qu'en tant que pilote classe 1 lorsqu'il s'agira d'étudier l'aptitude de classe 1 et classe 2. Précisons cependant que le Pôle médical statue systématiquement sur les aptitudes classe 1 et 2 pour ces pilotes professionnels, de sorte qu'un pilote classe 1 pourra avoir la limitation SSL Voltige exclue, qui concerne en réalité sa classe 2.

Concernant les PN civils professionnels titulaires d'une classe 1, la majorité est composée de pilote de ligne (11 PN) contre quelques pilotes professionnels (6 PN) destinés à l'aviation d'affaire, aux douanes, ou ont le statut d'inspecteur voire d'examineur. Une très grande majorité des PN titulaires d'une classe 2 est composée de pilote de petits avions privés monoplaces ou biplaces (25 PN). Pour le reste, il s'agit d'un pilote d'hélicoptère de loisir, d'un pilote de planeur et d'un pilote de ballon libre. Au sein de ce groupe, seuls 2 pilotes civils pratiquent la voltige aérienne (Tableau 5).

Pour finir, les PN « non-pilotes » sont minoritaires au sein du groupe des PN civils. Ils sont au nombre de 4 comprenant 1 ingénieur navigant comptabilisant plus de 10 000 heures de vol, 2 PNC à la fonction de chef de cabine totalisant également chacun plus de 10 000 heures de vol et 1 ingénieur du contrôle de la navigation aérienne (ICNA) (Figure 20).

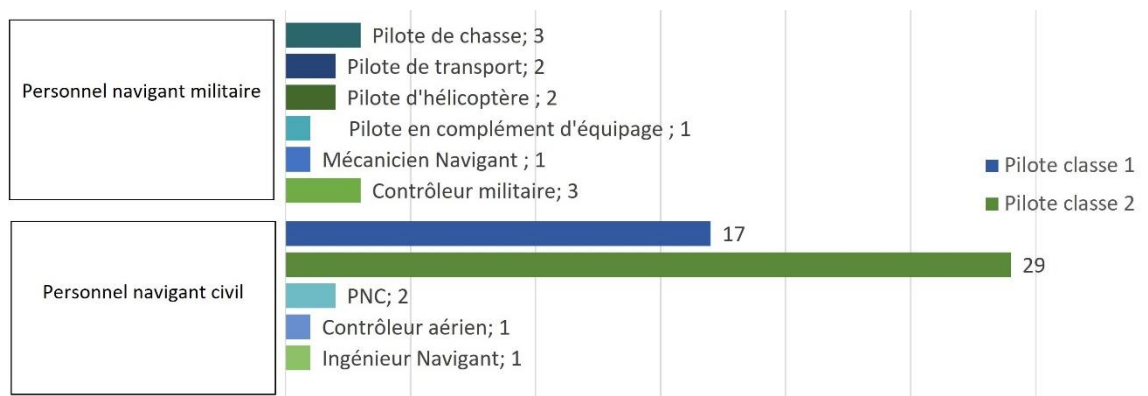


Figure 20: Répartition selon la fonction aéronautique des Personnels Navigants civils et militaires ayant réalisé leur visite au CPEMPN entre avril 2013 et décembre 2022, dans le cadre d'au moins un épisode de fibrillation atriale.

Statut	Fonction	Poste	Effectif
Personnel Navigant militaire	Pilote	Chasse	3
		Transport	2
		Hélicoptère	2
	Non Pilotes	Mécanicien Navigant	1
		Complément d'équipage	1
		Contrôleur	3
Personnel Navigant civil	Classe 1	Ligne	11
		Autres	6
	Classe 2	Avion	26
		Hélicoptère	1
		Planeur	1
		Ballon libre	1
	Non Pilotes	Mécanicien Navigant	1
		Contrôleur	1
		PNC	2
			Pratiquant la Voltige

Tableau 5: Caractéristiques démographiques détaillées des types de postes occupés par les Personnels Navigants civils et militaires ayant réalisé leur visite au CPEMPN entre avril 2013 et décembre 2022, dans le cadre d'au moins un épisode de fibrillation atriale.



### 3.3.3. Caractéristiques de la fibrillation atriale

Dans plus de la moitié des cas (53%), le diagnostic de FA est concomitant d'une symptomatologie, mais d'intensité variable selon une échelle atteignant les stades II à IV de la classification EHRA. La présence de ces différents signes fonctionnels au moment du diagnostic de FA concerne autant les PN civils que militaires. Une symptomatologie sévère à invalidante est observée dans 26% des cas (16 PN) (Annexe 1.2).

Cependant, les PN sont en grande partie concernés par l'absence de symptomatologie (stade I) au moment du diagnostic de FA (29 PN, soit 47%). De plus, les circonstances de survenue de l'épisode d'arythmie se manifestent essentiellement au repos (52 PN contre 9 PN à l'effort). Notons que seul un pilote civil privé (classe 2), ne pratiquant pas de voltige, a présenté un épisode de FA en plein vol.

Le lieu de découverte de la maladie est en médecine de soins traditionnels (de ville ou hospitalière) pour la majorité des cas (60%). Autrement, il se fait par le biais de l'expertise aéronautique (40%) néanmoins avec une différence significative de ce mode de découverte par la chaîne aéromédicale (centre d'expertise ou médecin aéronautique agréé) entre les PN civils (36%) et les PN militaires (58,3%).

La FA est majoritairement paroxystique (40 PN, soit 64,5%) et une fois sur deux idiopathique (50%). Dans les autres cas, la FA était persistante (22 PN soit 35,5%), la FA n'étant jamais devenue permanente.

Concernant le risque thrombo-embolique de notre population, le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASC est pour 66% (35 PN) supérieur ou égal à 1, avec une différence significative entre les PN civils et militaires ( $p=0,003$ ). En effet, 10 PN militaires (83,3%) affichent un score nul, tandis que les PN civils montrent une tendance opposée, avec 33 PN (66%) présentant un score égal ou supérieur à 1, dont 21 PN (42%) ayant un score strictement supérieur à 1.

Enfin, la majorité des PN (55%) présentent une oreillette gauche de taille normale, mais la proportion d'oreillettes dilatées est plus élevée chez les PN militaires que chez les PN civils (66,7% contre 40%, bien que cette différence ne soit pas significative).

### 3.3.4 Stratégies de prises en charge et traitements

#### 3.3.4.1. Stratégies thérapeutiques

Le rythme sinusal est spontanément rétabli chez 7 PN (11,3% des cas), mais une récurrence survient ultérieurement chez 3 d'entre eux.

Dans les autres cas, une première stratégie thérapeutique est mise en œuvre. Ainsi, à la phase initiale, chaque PN a bénéficié d'un type de traitement : une stratégie du contrôle du rythme à l'aide d'antiarythmiques (20 PN, soit 32,3%), une cardioversion chimique à l'aide d'une dose de charge d'amiodarone (14 PN soit 22,6%), une cardioversion électrique à l'aide d'un choc électrique externe (8 PN soit 12,9%), une stratégie de contrôle de la fréquence à l'aide de bêtabloquants (8 PN soit 12,9%), ou une ablation par radiofréquence (5 PN soit 8,1%). Nous précisons qu'aucune autre technique ablatrice, autre que la radiofréquence, n'a été utilisée dans cette étude.

En cas de récurrence de FA, la prise en charge initiale est considérée comme un échec thérapeutique, nécessitant l'instauration d'une stratégie secondaire. Ainsi, 38 PN (61,3%) ont présenté une récurrence de FA. Une deuxième stratégie thérapeutique est alors envisagée pour ces PN : 21 PN (33,9%) ont bénéficié d'une ablation par radiofréquence, 7 PN (11,3%) ont bénéficié d'une cardioversion électrique, 6 PN (9,7%) ont été traités par antiarythmiques, 2 PN (3,2%) ont bénéficié d'une cardioversion chimique, et enfin 2 PN (3,2%) ont été traités par bêtabloquants.

En somme, la stratégie thérapeutique initiale privilégie le rétablissement et le maintien du rythme sinusal à l'aide d'antiarythmiques (32,3%) ainsi que la cardioversion chimique (22,6%). L'ablation par radiofréquence est réservée en dernier recours pour les deux sous-populations (8,1%). En revanche, en cas de récurrence de FA, la stratégie thérapeutique secondaire est largement dominée par l'ablation par radiofréquence, avec une proportion plus élevée chez les militaires (50%) par rapport aux civils (30%). Au total, l'ablation par radiofréquence a concerné 24 PN de l'étude soit 38,7% de l'effectif. Cela comprend son usage pour 7 PN militaires (58,3%) et 17 PN civils (34%) ; 2 PN civils ont bénéficié de cette stratégie en première et deuxième intention en raison d'une récurrence de l'arythmie (*Figure 21*).

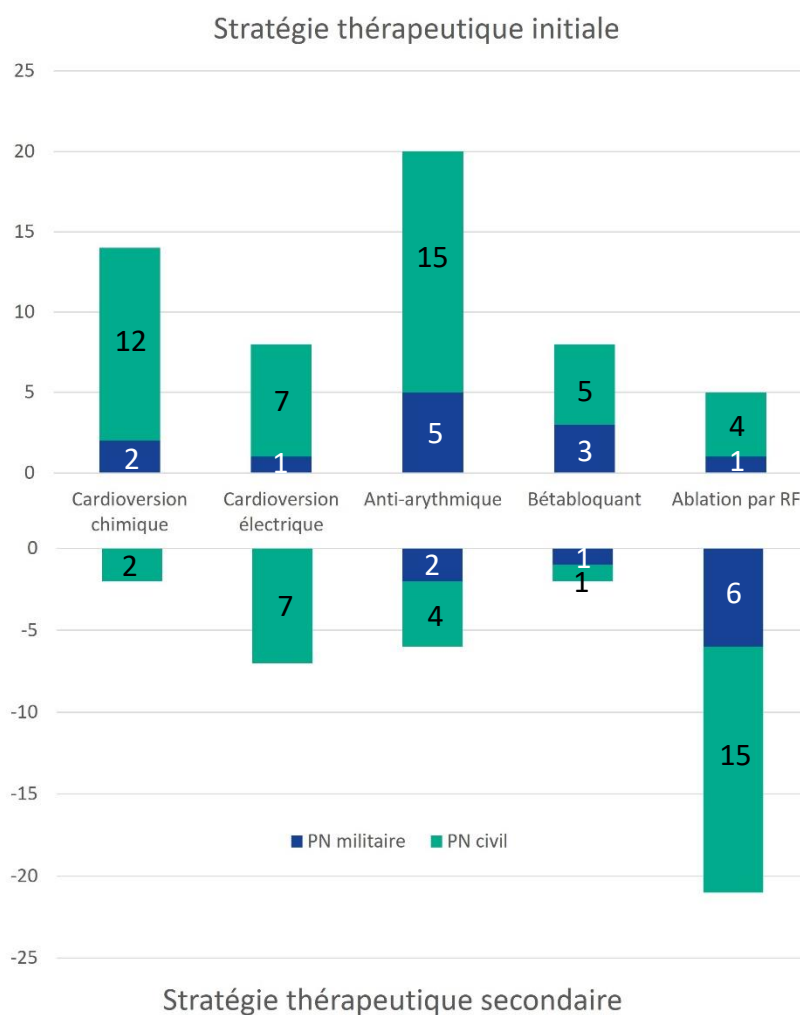


Figure 21 : Répartition des prises en charge thérapeutiques suivant leur utilisation en première ou deuxième intention en fonction des populations militaires et civiles

A noter : 2 PN civils ont bénéficié par deux fois d'une ablation par radiofréquence à la suite d'une récurrence de FA

### 3.3.4.2. Anticoagulation au long cours

Une anticoagulation est maintenue jusqu'à la fin de notre suivi dans 41,9% des cas (26 PN). Les PN ne sont traités que par deux classes d'anticoagulants : les AOD et les AVK. Les AOD sont les anticoagulants les plus courants de notre étude (18 PN soit 69,2% des patients anticoagulés). En se référant à l'Annexe 2, nous avons tenté de comprendre si des éléments cardiovasculaires avaient pu guider le choix de l'anticoagulant, en raison de l'absence de précision dans les données recueillies. Nous remarquons seulement un nombre plus important d'utilisations des AVK dans les cas de FA récurrentes ou persistantes (4 PN). Les AVK ont également été choisis pour un PN ayant un stent coronarien et pour un autre

souffrant de cardiomyopathie dilatée. Les AOD, quant à eux, semblent avoir été prescrits principalement pour des scores CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc élevés de 3 à 4 (3 PN), une valvulopathie associée (3 PN) et un antécédent d'AVC récent (2 PN). De même, ils ont été choisis chez un PN porteur d'un pacemaker et un PN avec une cardiomyopathie hypertrophique.

Le tableau en Annexe 3, illustre la proportion de PN sous anticoagulants à long terme, selon qu'ils aient ou non bénéficié d'une ablation par radiofréquence de leur FA. On constate que 29,2% (7 PN) des PN ayant été ablatés sont maintenus anticoagulés, un chiffre nettement inférieur à la proportion de PN sous anticoagulants après d'autres stratégies thérapeutiques (19 PN, soit 50 % des PN non ablatés). De plus, les données indiquent que les AOD sont les seuls anticoagulants utilisés chez les PN ayant bénéficié d'une ablation par radiofréquence.

À noter qu'il est possible qu'il y ait une surestimation du nombre de PN sous anticoagulants après une procédure d'ablation, en raison de la présence d'un PN ablaté qui reste sous anticoagulants à 6 mois de sa thérapie, n'ayant pas encore eu l'occasion de bénéficier d'une réévaluation de son traitement.

#### 3.3.4.3. Succès thérapeutique

Pour évaluer l'efficacité d'un traitement à la fin de notre suivi, nous avons comptabilisé les stratégies thérapeutiques ayant conduit à une guérison complète et celles considérées comme échouées (Annexe 4). Nous avons pris en compte le dernier traitement ayant permis de constater ou non une guérison, c'est-à-dire un retour permanent au rythme sinusal sans récurrence ultérieure de la FA. Il peut s'agir soit de la stratégie thérapeutique initiale, soit de celle utilisée en cas de récurrence.

Les résultats montrent une prédominance du retour au rythme sinusal pour 82,3% des PN (51 PN). La proportion des guérisons est plus élevée (mais non significative) chez les PN militaires (11 PN, soit 91,7 %) par rapport aux civils (40 PN, soit 80 %). Une réduction spontanée de l'arythmie et sans récurrence ultérieure concerne 4 PN (7,8%). Pour le reste, le taux de guérison diffère en fonction de la stratégie thérapeutique employée. L'efficacité de la stratégie ablatrice par radiofréquence est évaluée à 96 % de guérison et l'ablation est sous-représentée dans le groupe des échecs thérapeutiques (9%). Cela diffère significativement ( $p=0,04$ ) des taux combinés de l'ensemble des autres stratégies thérapeutiques ; les stratégies hors ablation ont permis 73% d'absence de récurrence mais elles sont surreprésentées dans le groupe des échecs thérapeutiques (91%). Parmi les 11 cas d'échecs thérapeutiques, la

proportion des stratégies de contrôle du rythme par antiarythmiques ou de la fréquence par bêtabloquants est de 55% (non significatif). Cette proportion dans le groupe des échecs thérapeutiques atteint un taux de 64% dès qu'un traitement par bêtabloquant est initié, parfois en complément de la FA dans le cadre d'autres situations cardio-rythmiques ( $p=0,04$ ). Enfin, la cardioversion électrique est proportionnellement plus importante (non significative) dans le groupe des récives de la maladie (Figure 22).

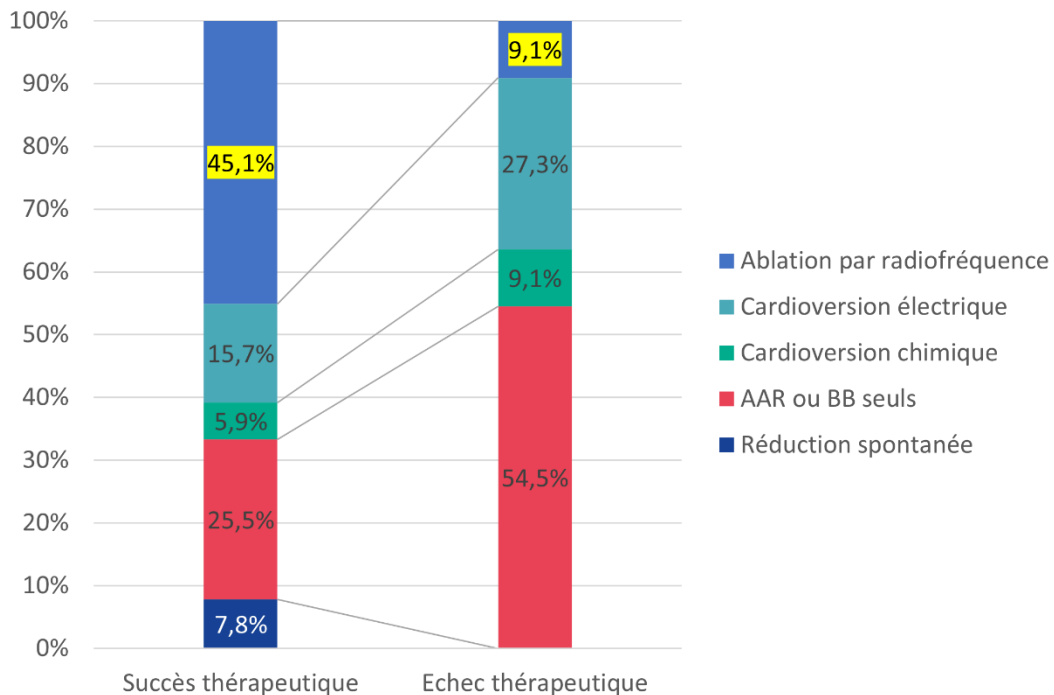


Figure 22 : Part des stratégies thérapeutiques impliquées dans un succès ou un échec thérapeutique global parmi les PN

**En surligné** : présence d'une différence significative entre les 2 groupes

#### 3.3.4.4. Délai avant récive

Le délai moyen sans récive de FA après la première stratégie thérapeutique était de 43 mois. Après une deuxième stratégie thérapeutique, ce délai moyen est réduit à 29 mois (Annexe 5).

Nous observons un délai moyen avant récive de FA plus court (non significatif) chez les PN traités par une cardioversion chimique (34 mois), une stratégie de contrôle du rythme par un antiarythmique ou de la fréquence cardiaque par un bêtabloquant (39,9 mois), comparé à la technique ablative (55,2 mois) ou à la cardioversion électrique (58 mois).

En outre, la durée moyenne de suivi au CPEMPN varie selon la deuxième stratégie thérapeutique employée pour traiter une récurrence de FA, bien que cette différence ne soit pas statistiquement significative. En effet, nous observons une tendance à un prolongement de la durée de suivi moyenne après la procédure ablatrice (32,8 mois) par rapport aux autres thérapeutiques utilisées, jusqu'à observer un arrêt de suivi plus précoce pour les PN ayant bénéficié d'une cardioversion chimique (20,5 mois) ou électrique (21,3 mois).

### **3.3.5. Aptitude aéronautique et caractéristiques descriptives initiales**

#### **3.3.5.1. Aptitude et caractéristiques de la population**

Dans cette étude, 14 PN (22,6%) sont déclarés inaptes définitifs, soit 2 militaires (16,7% des PN militaires) et 12 civils (24% des PN civils). Les données montrent que l'hypertension artérielle, le diabète et le syndrome d'apnées hypopnée obstructives du sommeil (SAHOS) sont significativement surreprésentés chez les PN inaptes par rapport aux aptes (Annexe 6.1). D'ailleurs, l'odds ratio d'être inapte au vol en cas d'HTA, de diabète sucré et de SAHOS, est respectivement de 6,5, de 12 et 5,8.

L'activité physique fait l'objet également d'une différence (non significative -  $p=0,07$ ) en matière d'aptitude. En effet, la sédentarité et l'activité physique très élevée sont surreprésentées chez les PN inaptes définitifs au vol.

#### **3.3.5.2. Aptitude et caractéristique de la fibrillation atriale**

Concernant la FA elle-même, il n'y a pas de surreprésentation de sa symptomatologie, des circonstances d'apparition (repos, effort, vol), de son lieu de découverte ou de ses caractéristiques et étiologies propres (y compris la taille de l'oreillette gauche) chez les PN inaptes définitifs au vol par rapport aux PN ayant récupéré leur aptitude (Annexe 6.2). Cependant, chez les PN aptes, une proportion plus importante (non significative) de FA avec un facteur favorisant évitable a été identifiée (35,4% contre 28,6% chez les PN inaptes), ainsi qu'une oreillette gauche non dilatée (58,3% contre 42,9% chez les PN inaptes). À l'inverse, chez les PN inaptes, nous observons une plus grande proportion (non significative) d'oreillette gauche dilatée (57,1% des PN inaptes contre 41,7% des aptes) et de cardiopathie sous-jacente à la FA (29% des PN inaptes contre 19% des aptes).

Néanmoins, la répartition des scores CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VAsC au moment du diagnostic diffère de manière significative entre les PN aptes et inaptes au vol. En effet, nous observons une surreprésentation significative ( $p=0,04$ ) des PN avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VAsC strictement supérieur à 1 chez les PN inaptes.

#### 3.3.5.3. Aptitude selon la classe aéronautique

Entre 70% et 80% des pilotes sont déclarés aptes, contre 20% à 30% d'inaptes, et ce, de manière identique en milieu militaire, en classe 1 et en classe 2. Les 5 PN « non-pilotes » militaires sont tous aptes, tandis que la moitié des 4 PN « non-pilotes » civils sont inaptes (Annexe 7).

#### 3.3.5.4. Aptitude au vol avec limitations par classe aéronautique

Parmi les PN ayant récupéré leur aptitude au vol, il existe néanmoins des limitations aéronautiques délivrées par les instances aéromédicales, comme décrit précédemment. Le détail de ces limitations, octroyées en milieu civil ou militaire, est présenté dans l'Annexe 8.

La totalité des PN ayant récupéré leur aptitude au vol dans les suites d'un épisode de FA sont astreints à un suivi régulier dans un centre aéromédical spécifié.

En milieu militaire, la récupération d'une aptitude au vol chez les pilotes et les PN « non-pilotes » implique, dans 80% des cas, un suivi plus rapproché, et 80% des pilotes sont soumis à la limitation d'un second pilote confirmé à bord. En particulier, un seul pilote de chasse (exception de cette étude) a pu récupérer son aptitude monopilote (après un test réussi à la centrifugeuse), essentielle pour la poursuite de son activité chasse. Enfin, 60% des pilotes et 60% des PN « non-pilotes » récupèrent leur aptitude opérationnelle (40% d'inaptitude OPEX-OM).

En milieu civil, environ 90% des pilotes classe 1 et 2 sont astreints à un suivi plus régulier dans le temps (TML). Nous constatons une limitation OML (travail en équipage multiple) chez 78,9% des pilotes classe 1 et une limitation OSL (second pilote à bord) chez 59,1% des pilotes classe 2. Enfin, bien qu'un pilote sur deux soit soumis à la restriction aéronautique « voltige exclue », il est important de préciser que les 2 pilotes pratiquant cette activité ont été concernés par cette limitation.

### 3.3.5.5. Limitation « double commande »

Pour un pilote, la perte de l'aptitude monopilote peut remettre en jeu un poste professionnel ou obliger à se séparer d'un aéronef privé monoplace. Nous avons cherché à déterminer si, parmi nos 41 pilotes aptes toutes classes confondues, des éléments relatifs à la fibrillation atriale étaient surreprésentés dans le groupe avec une limitation « double commande » (Annexe 9).

Nos résultats révèlent que les pilotes avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 1 ou plus sont significativement plus nombreux parmi ceux ayant une limitation « double commande » (67,9% contre 30% -  $p=0,04$ ).

Nous n'observons pas de différence significative dans la répartition des comorbidités et du type de FA entre les groupes de pilotes avec ou sans limitation « double commande. Néanmoins, nous notons une oreillette gauche de taille normale chez environ 77% des pilotes ayant récupéré leur aptitude monocommande (contre 50% des pilotes avec limitation « double commande », bien que cette différence ne soit pas significative).

### 3.3.6. Aptitude aéronautique et prise en charge thérapeutique

#### 3.3.6.1. Aptitude et anticoagulation au long cours

Les résultats en Annexe 10.1 montrent que l'anticoagulation au long cours concerne les PN à hauteur de 25% pour les pilotes classe 1, 55% pour les pilotes classe 2 et 44% pour les PN « non-pilotes ». Nous observons donc une proportion moindre de PN anticoagulés chez les pilotes classe 1 (non significative –  $p=0,08$ ).

Dans le milieu militaire, aucun des 2 pilotes traités par anticoagulant au long cours (AOD ou AVK) n'a pu récupérer une aptitude au vol (conformément aux textes militaires en vigueur). À l'inverse, les 5 autres pilotes non anticoagulés ont récupéré leur aptitude au vol. En revanche, tous les « non-pilotes » (5 PN) ont récupéré leur aptitude au vol, dont 2 sous AOD au long cours (1 PN en complément d'équipage et 1 contrôleur de la circulation aérienne).

Dans le milieu civil, nous rappelons qu'un pilote (classe 1 ou 2) peut prétendre récupérer une aptitude au vol sous anticoagulant au long cours (selon la législation européenne de 2013). Dans ce contexte, les résultats en Annexe 10.2 montrent une différence de proportion de PN sous anticoagulant selon la décision d'aptitude. En effet, les données



révèlent peu de pilotes classe 1 aptes sous anticoagulant (15,8%) tandis que ce taux est plus élevé (40,9%) chez les pilotes classe 2 (Figure 23).



Figure 23 : Proportion de l’anticoagulation en fonction des classes aéronautiques ayant récupéré une aptitude au vol

Parmi les pilotes sous anticoagulant, 50% des pilotes classe 1 (3 PN sur 6) et 44% des pilotes classe 2 (7 PN sur 16) se voient attribuer une inaptitude au vol (Figure 24).

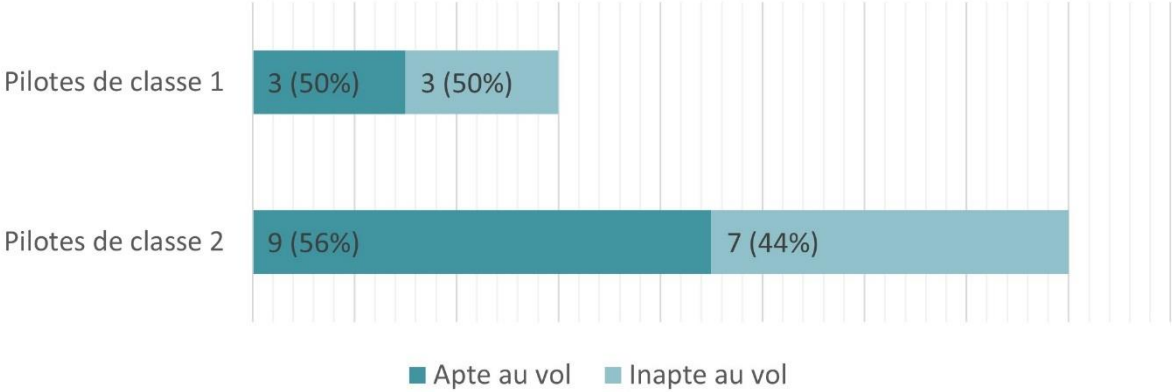


Figure 24 : Décision d’aptitude au vol civil parmi l’ensemble des pilotes anticoagulés au long cours par AOD ou AVK

### 3.3.6.2. Aptitude et stratégies thérapeutiques

Notre étude s'intéresse aussi à la répartition des différents traitements parmi les PN aptes ou inaptes au vol. Les résultats en Annexe 11 montrent de manière très significative ( $p=0,00035$ ) la surreprésentation de l'anticoagulation au long cours chez les PN inaptes par rapport aux PN aptes au vol. De plus, l'odds ratio de déclaration d'inaptitude au vol en cas d'anticoagulation au long cours est de 13,9. Nous observons également que la présence d'un bêtabloquant apparaît significativement sur-représentée chez les PN inaptes définitifs » ( $p=0,0027$ ).

En revanche, les résultats ne montrent pas de différence significative entre la récupération de l'aptitude et le choix d'une cardioversion, d'un contrôle du rythme ou de la fréquence, ou d'une ablation par radiofréquence. Concernant les PN ayant bénéficié de l'ablation, nous constatons qu'ils récupèrent leur aptitude en proportion plus élevée que les PN non ablatés (83% contre 74%). Cette proportion est encore plus élevée en l'absence de maintien d'une anticoagulation chez les PN ablatés (88 % d'aptitude, bien que cette différence ne soit également pas significative). Aucune différence statistiquement significative n'est observée quant à la récupération de l'aptitude selon que l'ablation par radiofréquence soit utilisée en première ou en deuxième intention.

### 3.3.6.3. Limitations spécifiques aux pilotes et stratégies thérapeutiques

Notre étude examine également la place de chaque traitement chez les pilotes aptes mais ayant une limitation spécifique, notamment la double commande imposée et l'exclusion de la voltige, comme indiqué dans l'Annexe 12. L'analyse des données recueillies montre une nouvelle fois la prépondérance significative ( $p=0,039$ ) de l'anticoagulation chez les pilotes ayant la limitation « double commande » avec un odds ratio de 7,7. Cependant, l'anticoagulation ne s'avère pas prédictive de la limitation « voltige exclue », pour laquelle 71,4% des pilotes concernés n'étaient pas anticoagulés.

En ce qui concerne toutes les autres stratégies thérapeutiques, il n'y a pas de différence significative entre les pilotes avec ou sans limitations de vol solo et/ou de pratique de voltige. Aucune tendance n'est observée parmi les stratégies thérapeutiques en ce qui concerne la récupération de l'aptitude monocommande, en particulier pour l'ablation par radiofréquence (35% d'aptitude monocommande contre 65% d'aptitude double commande).

#### 3.3.6.4. Autres limitations et stratégies thérapeutiques

En ce qui concerne l'ensemble de nos PN, l'analyse statistique présentée en Annexe 13 ne révèle pas de différence significative entre les limitations de suivi temporel en général, ou raccourcis à 12 ou 6 mois, et le mode de traitement effectué. Nous remarquons seulement une tendance ( $p=0,09$ ) à un suivi plus rapproché des PN ayant bénéficié d'une stratégie de cardioversion chimique ou électrique (75% des cas), sans qu'il y ait de préférence pour un suivi annuel ou semestriel. De plus, ni l'anticoagulation au long cours ni l'ablation par radiofréquence ne semblent influencer le choix d'une limitation de suivi plus régulier.

#### 3.3.7. Impact sur l'activité professionnelle

Nous avons souhaité évaluer l'impact du diagnostic de la FA sur l'activité professionnelle des PN ayant récupéré leur aptitude au vol (Annexe 14). Pour cela, nous nous sommes intéressés à l'ensemble des PN militaires (10 PN) et à 17 PN civils exerçant une activité professionnelle en lien avec leur aptitude. Parmi ces PN civils, on trouve 14 pilotes classe 1, un pilote classe 2 (instructeur en aéroclub), et 2 PN « non-pilotes » (1 PNC avec la fonction de chef de cabine et 1 ICNA).

Pour chaque PN professionnel, les dossiers étudiés précisaient l'activité aéronautique professionnelle selon trois catégories : inchangée, réduite, ou reconversion. À l'extrême, les limitations imposées ou le vécu de la maladie pouvaient finalement contraindre le PN à se reconverter dans un autre domaine que l'aéronautique. En ce qui concerne les autres catégories, une activité professionnelle inchangée signifiait le maintien de la fonction à bord, de la capacité opérationnelle (pour les militaires) ou de la fréquence de vol, tandis qu'une diminution du nombre d'heures de vol, une restriction de vol en métropole, l'imposition d'un second pilote qualifié à bord, l'impossibilité de voler sur certains aéronefs, voire le passage en réserve opérationnelle (pour les militaires), constituaient une activité professionnelle réduite.

##### 3.3.7.1. Selon la classe aéronautique

Nous observons une différence significative majeure ( $p=0,00006$ ) quant à l'impact professionnel de la maladie entre les PN militaires et civils ayant récupéré leur aptitude au vol. En effet, 80% des PN militaires sont soumis à une réduction de capacité opérationnelle,

contrairement aux PN civils qui conservent majoritairement (94,1%) leur fonction à bord et/ou leur activité professionnelle.

En ce qui concerne les pilotes, les militaires sont de nouveau davantage concernés par la réduction de leurs activités (2 militaires contre aucun civil), avec une proportion plus élevée de reconversion (2 militaires contre 1 civil).

En ce qui concerne les PN « non-pilotes », la maladie entraîne également une réduction importante de leurs capacités opérationnelles, touchant plus de la moitié d'entre eux (57%).

#### 3.3.7.2. Selon la stratégie thérapeutique

Parmi les PN ayant récupéré leur aptitude au vol, l'analyse des résultats ne révèle pas de lien entre un traitement spécifique de la FA et un impact professionnel particulier (Annexe 15). Plus précisément, parmi les 14 PN aptes ayant bénéficié d'une ablation par radiofréquence, 8 conservent une situation professionnelle inchangée, tandis que la maladie entraîne des conséquences professionnelles pour les 6 autres (3 réductions d'activités et 3 reconversions).

### 3.3.8. Impact sur l'activité loisir

Nous avons souhaité évaluer l'impact du diagnostic d'une FA chez les pilotes privés ayant récupéré leur aptitude au vol (Annexe 16). Nous avons évalué, selon ce critère, 41 pilotes de classe 1 ou 2, civils (36 PN) ou militaires (5 PN), pratiquant une activité de vol de loisir. Les dossiers étudiés précisaient pour chaque pilote concerné si l'activité était inchangée, réduite ou, au contraire, si elle avait augmenté (par exemple, achat d'un autre aéronef ou augmentation du nombre d'heures de vol annuel).

#### 3.3.8.1. Selon la classe aéronautique

L'activité de vol loisir est inchangée pour l'ensemble des pilotes militaires (5 PN) et pour plus de la moitié des pilotes civils (19 PN, soit 52%) rapportant pratiquer cette activité. Bien que nous observions une proportion importante de pilotes civils (13 PN, soit 36%) contraints de réduire leur activité de vol loisir, cela ne révèle pas de différence significative entre les deux groupes ( $p=0,24$ ).

En revanche, les données révèlent une différence d'impact très significative selon la classe aéronautique ( $p=0,0005$ ). En effet, 89% des pilotes classe 1 rapportent une absence

d'impact sur leur activité loisir, tandis que, au contraire, la moitié des pilotes classe 2 (50%) décrivent une réduction de leur activité loisir. Dans la majorité des cas, les pilotes classe 2 étaient soit contraints de changer d'aéronef en cas de limitation OSL, soit choisissaient volontairement de réduire leur activité en raison du diagnostic de la FA.

#### 3.3.8.2. Selon la stratégie thérapeutique

Nous avons souhaité évaluer l'influence que pouvaient avoir les différentes stratégies thérapeutiques sur l'activité de vol loisir (Annexe 17). Les résultats mettent en évidence de manière très significative l'influence de l'anticoagulation au long cours ( $p=0,006$ ) ainsi que celle de l'ablation par radiofréquence ( $p=0,005$ ). D'une part, l'anticoagulation influence négativement l'activité de vol : sur les 12 pilotes anticoagulés, 8 (67%) ont une activité réduite tandis que cette réduction ne concerne que 5 des 29 pilotes sans anticoagulant (17%). D'autre part, l'ablation par radiofréquence influence positivement l'activité de vol : parmi les 17 pilotes ablatés, 1 seul (6%) a une activité réduite tandis que cette réduction concerne la moitié des pilotes non ablatés (12 sur 24). Nous remarquons également que parmi les 4 pilotes rapportant une augmentation de leur activité de vol loisir, 3 sont ablatés par radiofréquence et sans anticoagulants (75%).

#### 3.3.9. Cohorte et délais décisionnels

Le suivi des consultations au CPEMPN s'étendait sur une période de 9,5 ans. La durée du suivi était calculée à partir du jour du diagnostic de l'épisode de FA ou de la première prise en charge thérapeutique. Une exception concernait 6 PN qui avaient dissimulé leurs symptômes de FA paroxystique, parfois très anciens (datant de plus de 20 ans), aux médecins aéronautiques, et pour lesquels le suivi débutait à partir du premier avis rendu par le CPEMPN. La fin du suivi était marquée par une décision finale de l'instance aéromédicale, une déclaration d'inaptitude définitive au vol, ou la dernière consultation de suivi enregistrée au CPEMPN. Ces résultats sont présentés en Annexe 18.

#### 3.3.9.1. Délais de suivis de la fibrillation atriale

En moyenne, chaque PN a été suivi par le CPEMPN pendant 55,4 mois avec une médiane de 39 mois (Annexe 18). Le suivi des 48 PN maintenus aptes au vol était en moyenne beaucoup plus long (60,7 mois) que celui des 14 PN ayant perdu leur aptitude au vol (35,8 mois).

La durée sans récurrence de FA correspondait, pour l'ensemble des PN, à la période entre la première prise en charge thérapeutique et la première récurrence de FA ou, en l'absence de récurrence, à la dernière date connue de suivi. Cette durée était de 41,8 mois. Pour les 24 PN ayant bénéficié d'une seconde stratégie thérapeutique après une première récurrence de FA, la durée sans seconde récurrence était de 28,1 mois.

#### 3.3.9.2. Délais décisionnels d'aptitude

Nous avons également étudié le délai entre l'avis du CPEMPN et la décision finale rendue par l'instance aéromédicale. Plus précisément, nous avons calculé le délai entre l'envoi du dossier par le CPEMPN et la décision finale rendue par cette même instance. En effet, ce choix était justifié par les retards fréquents dans l'envoi des dossiers par le CPEMPN, dus à la nécessité d'examen complémentaires ou l'apparition de symptômes, nécessitant de nouvelles investigations et un certain recul. Ainsi, ce délai décisionnel était plus précis, car il correspondait à celui de la commission aéromédicale elle-même. Les dates manquantes (qu'elles soient décisionnelles du CPEMPN ou d'envoi du dossier) ont été exclues des calculs.

Les résultats montrent un délai d'attente moyen de 4,6 mois entre l'avis émis par le CPEMPN en fin de consultation et la décision finale de la commission aéromédicale. Le délai décisionnel attribué uniquement à la commission aéromédicale était en moyenne de 2,4 mois. Aucune différence significative de délai décisionnel n'a été observée entre les PN déclarés aptes et inaptes.

Le calcul des médianes révèle qu'un PN sur deux recevait une décision finale d'aptitude en moins de 3 mois après l'avis du CPEMPN et en moins de 44 jours après l'envoi du dossier par le CPEMPN.

Enfin, bien que les délais décisionnels ne varient pas entre les PN déclarés aptes ou inaptes, nous avons examiné leur variation en fonction de la stratégie thérapeutique employée (Annexe 19).

Les résultats ne révèlent pas de différences significatives, mais montrent certaines tendances : le délai entre l'avis du CPEMPN et la décision de la commission était de 6,1 mois pour les PN traités par radiofréquence, contre un délai plus court pour les thérapies médicamenteuses de contrôle du rythme ou de la fréquence (3,7 mois) et la cardioversion chimique (3,3 mois) (Figure 26). En ce qui concerne le délai de la commission aéromédicale, il était de 98 jours pour les traitements par radiofréquence, nettement plus long que pour la cardioversion chimique (45,8 jours) mais plus court que pour la réduction spontanée de la FA (105 jours) (Figure 25).

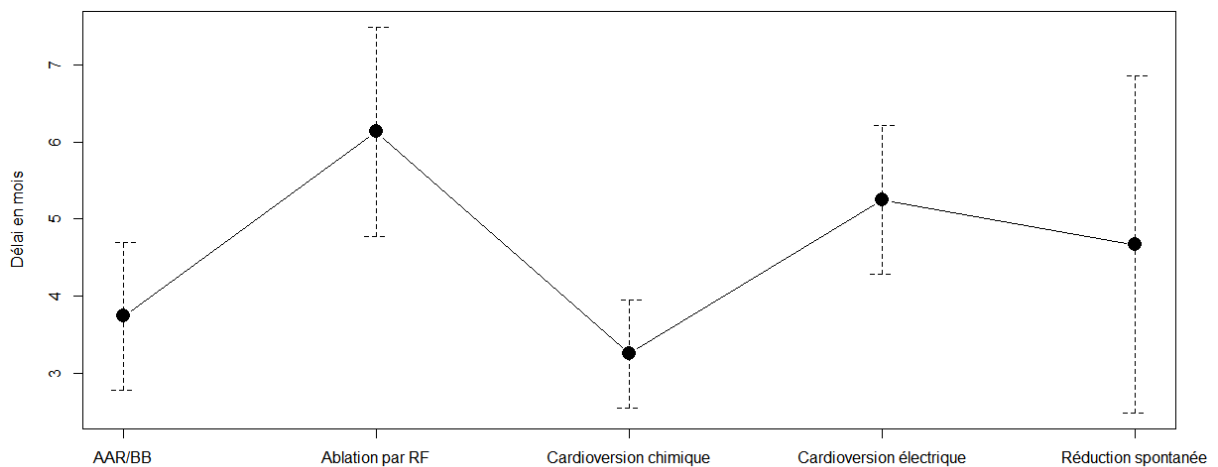


Figure 26 : Délais décisionnels moyens en mois entre l'avis du CPEMPN et la décision de la commission aéromédicale en fonction de la stratégie thérapeutique.

AAR/BB : contrôle médicamenteux du rythme ou de la fréquence (bêtabloquant ou antiarythmique)  
Ablation par RF : Ablation par cathéter avec radiofréquence

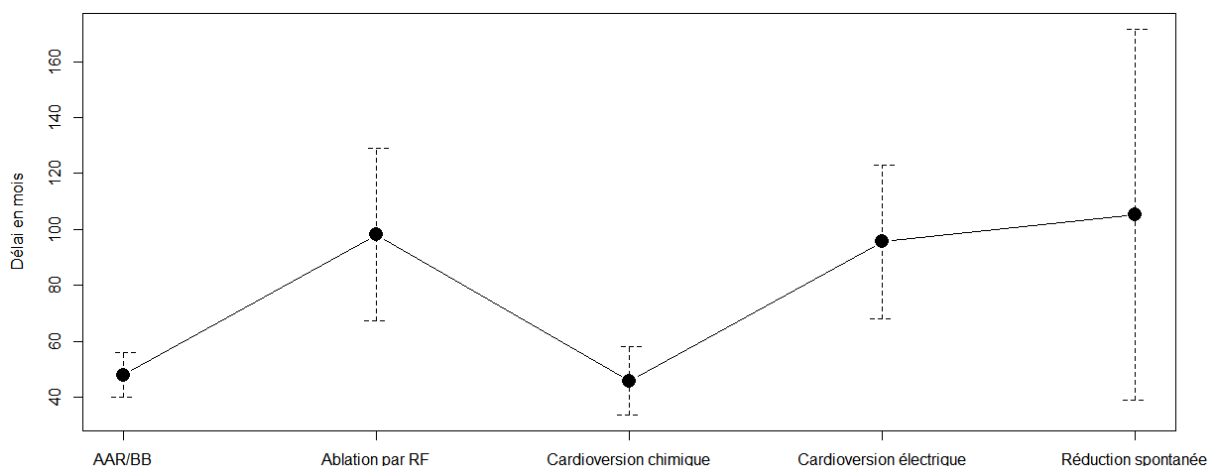


Figure 25 : Délais décisionnels moyens en jours de la commission aéromédicale en fonction de la stratégie thérapeutique.

AAR/BB : contrôle médicamenteux du rythme ou de la fréquence (bêtabloquant ou antiarythmique)  
Ablation par RF : Ablation par cathéter avec radiofréquence

## 3.4. Discussion

### 3.4.1. La FA chez le personnel navigant

Il s'agit d'une des rares études s'intéressant à la fibrillation atriale chez le personnel navigant français comprenant 50 PN civils (pilotes et PN « non-pilotes ») et 12 PN militaires (pilotes et PN « non-pilotes »). Ce travail décrit aussi bien les caractéristiques démographiques des PN atteints de fibrillation atriale que les modalités de la prise en charge de cette maladie.

La FA est diagnostiquée en moyenne autour de 54 ans. Nous considérons que cet âge est précoce par rapport à la population générale, c'est-à-dire une dizaine d'années avant l'âge de 65 ans où la prévalence de la FA est de 5% (restant rare entre 40 et 50 ans - Cf. 1.2.1). Il est d'autant plus notable que cet âge de diagnostic est significativement plus précoce, de 12 ans en moyenne, chez le PN militaire (44 ans) par rapport au PN civil (56 ans).

Concernant les PN militaires, ils sont exclusivement de sexe masculin et majoritairement plus sportifs que les PN civils (83% contre 58%). Déjà en 2008 paraissait une étude de Ben Dhia I. et al. réalisée à l'HNIA Percy<sup>3</sup> et évaluant sur une période de 23 ans les caractéristiques de ce trouble du rythme, les particularités de la prise en charge, le suivi évolutif ainsi que la gestion d'aptitude de 36 PN militaires français. Après une décennie, nous observons les mêmes caractéristiques : un âge de survenue moyen similaire chez le PN militaire (41 ans) et une expérience de vol moyenne également autour de 5000 heures de vol. D'autres études étrangères retrouvent des résultats similaires : un âge de diagnostic moyen de 47 ans pour des PN militaires allemands<sup>169</sup> exclusivement de sexe masculin, voire un âge de diagnostic moyen de 37 ans en ce qui concerne la catégorie des pilotes militaires américains<sup>192</sup> (contre 42 ans en moyenne chez nos pilotes militaires).

Notre population n'est pas exempte des facteurs de risque cardiovasculaires et pourvoyeurs de FA habituellement rencontrés dans la littérature. Nous avons cependant constaté des différences avec la population générale. En effet, notre population est sportive (61%), non tabagique (62%), quasiment non diabétique et quasiment sans SAHOS. Bien que ces PN bénéficient de la promotion régulière d'un mode de vie sain au cours de leur carrière, une situation de surpoids ou d'obésité est observée chez 2/3 des PN (dont 16% d'obésité) et une hypertension artérielle chez 1/3 des PN. Nous constatons pour autant que ces proportions restent en deçà de celles décrites dans la littérature chez la population générale atteinte de FA (25 à 35% d'obésité et 70% d'HTA ; Cf. 1.1.2). De plus, le risque estimé d'accident vasculaire



cérébral est faible, avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc compris entre 0 et 1 pour 2/3 des PN (66%). L'âge de diagnostic précoce et l'absence d'hypertension artérielle observée chez les PN militaires est en faveur d'un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc significativement plus faible que les PN civils ( $p=0,02$ ). Ainsi, 83% de nos PN militaires ont un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc nul. Nous ne pouvons pas comparer le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de nos PN à la précédente étude de Ben Dhia I. et al<sup>3</sup> étant donné que ce score n'avait pas été étudié. En revanche, les données issues de PN militaires allemands<sup>169</sup>, montrent une proportion presque négligeable de diabète sucré (1/42), de coronaropathie (4/42) et de SAHOS (2/42). Le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc est nul pour plus de la moitié des PN allemands (52%) et compris entre 0 et 1 pour 92% d'entre eux. De même, l'étude portée sur des pilotes militaires américains<sup>192</sup>, révèle un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc moyen inférieur à 1 (0,29 contre 0,14 chez nos pilotes militaires) favorisé par l'absence de diabète, d'antécédent d'accident vasculaire cérébral et de coronaropathie. L'hypertension artérielle n'est cependant pas absente chez ces PN militaires étrangers puisque présente chez 26% des pilotes américains et chez 29% des PN allemands (témoins d'une ethnopathogénicité différente).

La taille de l'oreillette gauche est un autre facteur prédictif de FA et pronostic de sa récurrence bien décrit dans la littérature, notamment chez les populations sportives (Cf. 1.1.2.6). Nous avons inclus dans notre étude la taille de l'oreillette gauche des PN, ce qui n'était pas pris en compte dans la précédente étude française<sup>3</sup>. Bien que nous observions une taille d'oreillette majoritairement normale (55%) voire modérément dilatée (84%), une dilatation est en proportion (non significative) plus importante chez les PN militaires (67% contre 40% chez les PN civils), et davantage chez les pilotes militaires (71% contre 60% chez les PN « non-pilotes » militaires). Notons que 2 des 3 pilotes de chasse ont une oreillette gauche dilatée. L'explication la plus plausible se réfère au mécanisme du Triangle selon Coumel (Cf. 1.3.4.2). L'activité physique élevée ou très élevée observée chez les PN militaires (42% contre 28% chez les PN civils) suggère probablement un tonus vagal plus important (modulateur). Cela reste une hypothèse sachant que lors du constat d'une dilatation, il n'a pas été recherché de signes échographiques spécifiques en faveur d'un cœur d'athlète.

D'autres éléments, au cas par cas, peuvent également compléter la liste des facteurs prédictifs de FA chez nos PN militaire. D'une part, les pilotes de chasse sont soumis à des accélérations +Gz qui se rattachent au concept de « *trigger* » (du Triangle selon Coumel). D'autre part, des facteurs favorisant de FA sont identifiés chez la moitié de nos PN militaires, et comprennent

pour certains d'entre eux un épisode documenté de stress « opérationnel » couplé d'une surconsommation de caféine. Nous manquons cependant de données comparatives claires avec les PN civils concernant les facteurs de stress « professionnel » et la tendance à la surconsommation de caféine.

La FA est une fois sur deux idiopathique, majoritairement paroxystique (64,5%), et survenant au repos (84%), asymptomatique dans presque la moitié des cas (47%). Ce constat est semblable aux données sur la FA issues de la population générale (Cf. 1.1.2). Il est possible que la sélection des PN et leur suivi régulier explique une faible part de cardiopathie sous-jacente (valvulaire ou autre) associée à cette survenue de FA (21%). Bien que la FA soit découverte principalement (60%) en médecine de soins traditionnelle (de ville ou hospitalière), le reste du temps (40%) sa découverte est surtout faite par le médecin aéronautique agréé pour le PN civil (36%) et par le centre d'expertise pour le PN militaires (58,3%). Ce constat montre d'une part, l'importance du suivi par le biais de l'expertise aéronautique et d'autre part, l'intérêt de la réalisation périodique (choix de l'EASA) voire systématique (choix du CPEMPN) d'un ECG pour son dépistage. Ben Dhia I. et al<sup>3</sup> observait également dans son effectif de PN militaire une découverte de FA durant l'expertise dans 40% des cas. De même, la FA diagnostiquée était souvent idiopathique (42% des cas) et majoritairement asymptomatique (58%). Nos résultats s'inscrivent donc dans la continuité de ceux précédemment observés. A l'étranger le constat est similaire : les PN militaires allemands<sup>169</sup> présentent très largement une FA paroxystique ou inaugurale idiopathique (64%) et ce chiffre atteint un taux de 93% de FA paroxystiques chez des pilotes militaires américains<sup>192</sup> (contre 86% chez nos pilotes militaires).

Concernant les spécificités de prise en charge de la population aéronautique, notre étude inclut l'évaluation de l'ablation par radiofréquence, élément jusqu'alors non étudié dans la précédente étude française<sup>3</sup>. Nous constatons que cette procédure a pris une place de choix dans le traitement de la FA (Figure 21), avec une nette préférence chez le PN militaire (58% contre 34% chez le PN civil). Pour autant, cette stratégie ablatrice reste peu utilisée en première intention (8%) malgré la possibilité de la proposer avant même l'emploi de traitements médicamenteux chez les sujets jeunes (Cf. 1.6). Nous l'expliquons par la qualité invasive de cette procédure, un taux de récurrence non négligeable nécessitant donc une deuxième procédure (Cf. 1.5.5.2) et la crainte des complications post-procédure graves bien que rares (Cf. 1.5.5.3). La cardioversion chimique et la stratégie de contrôle du rythme par

antiarythmique restent les principales stratégies de prise en charge initiale (et parmi les moins invasives). Néanmoins, l'ablation par radiofréquence devient le traitement privilégié en cas de récurrences de FA, avec de nouveau une préférence chez le PN militaire (50% contre 30% chez les PN civils). Au total, ce sont 39% des PN qui bénéficient de la procédure ablatrice, faisant d'elle le traitement principal de nos PN, bien avant les stratégies de contrôle du rythme et/ou de la fréquence par exemple (19 PN, soit 31%). Nous supposons qu'après récurrence, les PN sont davantage demandeurs d'une solution potentiellement définitive, d'autant plus lorsqu'ils sont jeunes, afin de maintenir leur aptitude. D'ailleurs, un jeune âge est un critère pronostic favorable de guérison post-ablation ayant aussi motivé ce choix pour les cardiologues. Nous notons que l'ensemble de nos cinq pilotes militaires (3 chasseurs et 2 pilotes d'hélicoptère) ont été ablatés en seconde intention. Cette technique contribue grandement à l'accroissement significatif de l'efficacité thérapeutique, confirmant les résultats observés dans de précédentes études<sup>150</sup>. Ainsi, notre étude montre un taux de guérison définitive de 96% après ablation par radiofréquence, un résultat légèrement supérieur aux 70 à 80% d'efficacité rapportés dans la littérature pour les fibrillations atriales paroxystiques<sup>149</sup>, mais chez une population générale plus âgée et présentant davantage de comorbidités. A partir des taux de guérison de Ben Dhia I. et al., nous pouvons affirmer qu'en une décennie l'arrivée de la procédure ablatrice a contribué à faire passer l'efficacité globale du traitement de la FA chez nos PN de 36% (sur un recul moyen de 4,2 ans)<sup>3</sup> à 82% d'absence de récurrence (sur un recul moyen de 4,6 ans). De plus, les quelques récurrences de FA post-ablation ont des délais de survenue plus longs comparés aux autres stratégies employées. Ceci confirme les données de la littérature suggérant qu'une récurrence tardive n'est pas si rare après une procédure ablatrice (Cf. 1.5.5.2).

La place de l'ablation par cathéter est également croissante chez les PN militaires occidentaux. Cette stratégie a été utilisée dans 59% des cas chez des pilotes militaires américains atteints de FA<sup>192</sup> (71% chez nos pilotes militaires). Nous ne relevons aucune récurrence après ablation parmi nos PN militaires, tandis que les études américaine<sup>192</sup> et allemande<sup>191</sup> comptabilisent chacune à hauteur de 37,5% de récurrence de FA post-procédure.

L'anticoagulation au long cours est courante et concerne 42 % des PN. Ce chiffre augmente pour atteindre la moitié de l'effectif chez ceux qui n'ont pas bénéficié d'une ablation par radiofréquence. Néanmoins, notre étude révèle que la procédure ablatrice ne garantit pas une absence d'anticoagulation au long cours en post-procédure : 29% (7 PN) de

nos 24 PN ablatés sont encore traités par anticoagulant au long cours, exclusivement par AOD. Nous surestimons probablement ce taux en raison de la comptabilisation d'un PN ablaté et encore sous anticoagulant 6 mois après sa thérapie ablatrice, celui-ci n'ayant pas encore bénéficié d'une réévaluation de son traitement. Le choix d'une anticoagulation était motivé par le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASC, par des facteurs de risque de récurrence existants, par un manque de recul pour affirmer une guérison et parfois par une motivation sous-jacente inconnue.

Outre-Atlantique, 59% des pilotes militaires de l'étude américaine<sup>192</sup> ont reçu une anticoagulation, dont majoritairement des AVK (41% contre AOD 19%) mais sans en préciser la durée. Dans notre étude 2 de nos pilotes militaires (29%) sont traités par AOD au long cours.

### **3.4.2. La FA et l'aptitude aéronautique**

Malgré la bonne condition physique et cardiovasculaire globale de notre population de PN, la présence d'un taux non négligeable de sédentarité, d'HTA et de situations de surpoids ou d'obésité dans cette étude nous oblige à mettre l'accent sur le rôle primordial des médecins aéronautiques dans la promotion d'un mode de vie sain lors des visites périodiques. Nous notons que cela est d'autant plus facile grâce au suivi semestriel des PN militaires ; au contraire des PN civils qui sont suivis généralement annuellement (pilotes professionnels) voire tous les 2 à 5 ans (pilotes privés). Il faut aussi souligner le rôle majeur du médecin PN dans la découverte de la FA, qu'il soit en antenne médicale ou dans un CEMPN. En moyenne, chaque PN a été suivi pour sa FA par le CEMPN pendant 4,6 ans. Cette durée du suivi moyenne est assez similaire de celle de l'étude des PN militaires allemands (5,4 ans)<sup>169</sup>.

Notre étude porte un message relativement optimiste pour les PN atteints de FA qui souhaitent récupérer leur aptitude au vol. Ainsi, 77% des PN ont récupéré leur aptitude au vol (23% d'inaptitude définitive). Néanmoins, une telle récupération n'est souvent pas dépourvue de contraintes de suivi qui devient plus régulier (annuel ou semestriel pour les aptitudes civiles) chez 90% de nos PN aptes (chez 80% des PN militaires aptes). Nos résultats montrent qu'un PN a significativement plus de risque de perdre définitivement son aptitude s'il est diabétique (12 fois plus de risque –  $p=0,03$ ), hypertendu (6,5 fois plus de risque –  $p=0,004$ ), avec un SAHOS sous-jacent (5,8 fois plus de risque –  $p=0,04$ ), ou en présence d'une anticoagulation au long cours (environ 14 fois plus de risque –  $p=0,0004$ ). De même, le risque d'inaptitude semble être davantage présent chez les PN sédentaires ou sportifs intensifs (79% d'inaptitude contre 46% d'aptitude). Ces résultats concordent avec les données

physiopathologiques montrant que ces deux situations entraînent des modifications structurelles cardiaques de moins bon pronostic dans la FA (surpoids, obésité, SAHOS, HTA du sédentaire et une dilatation de l'oreillette chez l'athlète) avec des conséquences sur la décision d'aptitude. Dans ce cadre, nous confirmons aussi une tendance à l'inaptitude lorsqu'un PN présente une oreillette gauche dilatée (57% des PN inaptes contre 58% d'oreillettes de taille normale chez le PN apte). Cependant, l'identification d'un facteur déclenchant de la FA et l'absence de cardiopathie sous-jacente à la FA ont tendance à être plus prédictifs d'une récupération d'aptitude (81% d'aptitude pour chacune de ces situations). Enfin, nous estimons qu'un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc strictement supérieur à 1 est significativement un bon facteur prédictif de la décision d'inaptitude selon nos résultats ( $p=0,04$ ).

Après avoir observé un taux significatif de guérison définitive à la suite d'une ablation par radiofréquence, nous retrouvons chez nos PN une tendance (non significative) à la récupération d'une aptitude au vol chez 83% des PN ablatés (contre 74% hors ablation). Il est probable que le manque d'effectifs de notre étude entraîne une absence de significativité de ce résultat. Pour autant, l'étude américaine<sup>192</sup> retrouvait également une absence de lien significatif entre l'ablation par cathéter (de même que les autres stratégies thérapeutiques) et la récupération de l'aptitude au vol. Toutefois, la totalité des 8 PN militaires ablatés de l'étude allemande<sup>191</sup> ont pu récupérer leur aptitude au vol, confirmant ainsi notre tendance (récupération d'aptitude au vol pour nos 7 PN militaires ablatés)

Face à l'utilisation majeure de l'ablation par radiofréquence chez nos PN militaires (70%), alors inexistante il y a une décennie pour une population similaire dans l'étude de Ben Dhia I. et al., nous supposons qu'elle a pu contribuer à la diminution du taux d'inaptitude au vol chez le PN militaire français, soit une baisse de 19%<sup>3</sup> à 14% d'inaptitude définitive. Par ailleurs, nous observons que les PN bénéficiant d'une ablation par radiofréquence ont un délai décisionnel moyen (98 jours) environ deux fois plus allongé que celui des PN bénéficiant d'une cardioversion chimique (46 jours) et des stratégies de contrôles médicamenteux du rythme et/ou de la fréquence (48 jours). Ce délai plus long est également observé en cas de réduction spontanée de FA (105 jours) et après une cardioversion électrique (96 jours). Nous nous interrogeons sur l'existence d'un lien entre ce délai décisionnel allongé et le risque connu de récurrence non négligeable à long terme après ablation par radiofréquence (Cf. 1.5.5.2) ; ces résultats pourraient également être dus à des fluctuations aléatoires.

Certains PN avaient des situations cardio-rythmiques simultanées à leur FA justifiant l'introduction d'un traitement par bêtabloquant (parfois pour une durée limitée). Ce traitement était aussi parfois initié dans l'objectif de prévenir des extrasystoles ventriculaires (ESV). Nous constatons au sein du groupe des inaptes définitifs, une part significative ( $p=0,003$ ) de PN ayant reçu au moins une fois un bêtabloquant dans leur arsenal thérapeutique. Nous interprétons cela comme une forme d'abandon de la recherche exclusive de restauration et/ou de maintien du rythme sinusal à la faveur d'une stratégie de contrôle de la fréquence cardiaque. Cette situation qui, associée à une anticoagulation au long cours pour un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc strictement supérieur à 1, rend difficile la récupération d'une aptitude.

#### 3.4.2.1. Le PN militaire français

Le règlement militaire français interdit en principe toute aptitude au vol pour un pilote militaire traité par anticoagulant. Ceci s'observe dans notre cohorte : 2 de nos 7 pilotes militaires anticoagulés au long cours ont été déclarés inaptes. Par ailleurs, en dehors d'une anticoagulation, le retour à des fonctions de vol sans restriction est possible après un seul épisode de FA sans maladie sous-jacente et sans facteur déclenchant clairement identifié<sup>185</sup>.

Cependant, certaines conditions restent incompatibles avec le vol sans restriction. C'est le cas du pilotage sur avion de chasse et de la voltige aérienne qui sont à haut risque d'arythmies. De même, de nombreux traitements (flécaïnide, propafénone, amiodarone, dronédarone, sotalol) ne permettent pas l'absence de limitation ; certains traitements, comme les bêtabloquants, sont même directement incompatibles avec le pilotage d'aéronefs à haute performance. Bien qu'efficace, l'ablation par radiofréquence n'améliore pas encore le pronostic d'aptitude chez le pilote de chasse, nécessitant bien souvent une reconversion en pilote de transport. Il lui est très souvent maintenu une restriction aux opérations de vol monoplace ou de vol de haute performance. En effet, cette restriction est justifiée par les éventuelles récurrences post-procédure ablatrice, même des années après le traitement d'une FA paroxystique ou persistante. Cependant, parmi les trois pilotes de chasse de notre étude, tous ablatés avec succès et sans anticoagulant au long cours, une exception se distingue. En effet, bien que deux d'entre eux aient dû se reconverter — l'un en pilote de ligne et l'autre en pilote d'affaires — à cause de la perte de l'aptitude monocommande, un seul, un pilote de chasse expérimenté ayant souffert d'une fibrillation atriale paroxystique idiopathique, a pu retrouver

son aptitude au vol solo (et donc reprendre une activité de chasse) après deux ans de suivi sans récurrence et une épreuve de centrifugeuse réussie. Il est toutefois resté non opérationnel avant d'être rapidement affecté à un poste d'état-major.

Pour tous les autres membres du personnel navigant, un retour à des fonctions restreintes peut être envisagé en fonction de leurs symptômes et de la stabilité de leur rythme. Nos cinq PN « non-pilotes » ont récupéré une aptitude à leur fonction, deux d'entre eux en restant traités par AOD au long cours (un pilote en complément d'équipe, ce qui reste une exception, et un contrôleur aérien).

#### 3.4.2.2. Le PN civil

Concernant les pilotes civils, nos résultats montrent que 45% des pilotes anticoagulés sont déclarés définitivement inaptes (Figure 24). Ce taux reste élevé compte tenu de la possibilité pour un PNT civil d'être apte au vol malgré une anticoagulation au long cours dans le cadre d'une FA. En effet, nous rappelons que depuis avril 2013, l'application du guide officiel des normes EASA, les *Acceptable Means of Compliance (AMC)*<sup>193</sup>, conditionne ce retour d'aptitude pour les PN anticoagulés pour un diagnostic de FA. Cela nécessite chez un PN ayant présenté un épisode de FA une évaluation cardiologique satisfaisante et un risque d'AVC suffisamment faible. En cas de traitement anti-thrombotique nécessaire, une stabilité de l'anticoagulation (plus contraignante sous AVK) est requise. Bien qu'une limitation double commande (OML ou OSL) soit exigée pendant une période d'anticoagulation prophylactique stable, la limitation OML reste toutefois maintenue chez les pilotes professionnels (classe 1), tandis qu'une absence de limitation est envisageable pour les pilotes privés (classes 2). L'anticoagulation est donc théoriquement moins un obstacle pour un pilote privé qui souhaite une réhabilitation complète au vol. Nous observons d'ailleurs que l'anticoagulation concerne davantage les pilotes classe 2 (55% contre 24% chez les pilotes classe 1). Nous l'expliquons par un âge et/ou un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc plus élevé(s) chez ces pilotes privés. Aucun pilote professionnel n'est traité par AVK (sous AOD exclusivement), à la différence des pilotes privés qui sont anticoagulés dans environ 1/3 des cas par AVK et 2/3 des cas par AOD. Malgré les contraintes évidentes liées au suivi des AVK, ce choix ne semble pas affecter la récupération de l'aptitude des pilotes de classe 2 sous anticoagulants : 41% des pilotes anticoagulés sont déclarés aptes et traités presque équitablement par AOD ou AVK.

### 3.4.2.3. Aptitude et limitations

L'objectif présumé d'un pilote est de récupérer une aptitude au vol en monopilotage, soit pour l'exercice de son activité professionnelle, soit pour le pilotage d'un aéronef privé (très souvent monoplace). Chez un pilote ayant une FA paroxystique récidivante et souhaitant potentiellement récupérer une aptitude au vol monocommande, nous partions initialement du prérequis minimal stipulant qu'une stratégie de contrôle de la fréquence cardiaque soit optimale, moyennant si besoin l'utilisation de bêtabloquants. Néanmoins, à notre connaissance, il n'existait aucun cas documenté de FA paroxystique ou persistante, récurrente ou en échec thérapeutique, pour lequel un pilote ait été autorisé à reprendre les opérations de vol en monocommande. Par ailleurs, selon nos résultats en Annexe 9, nous ne pouvons pas affirmer, comme Guettler et al<sup>185</sup>, qu'un retour au vol sans restriction est possible à la suite d'un épisode inaugural de FA en présence d'un facteur favorisant identifié et sans cardiopathie sous-jacente.

L'imposition d'une limitation pour le pilotage en équipage multiple (OML) concerne 80% des pilotes professionnels (80% des pilotes militaires) tandis qu'une limitation pour le pilotage en double commande (OSL) ne concerne que 60% des pilotes privés. Nous n'avons pas d'explication claire pour cette différence, d'autant plus que nous observons un nombre plus important de pilotes professionnels avec un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc nul (58% contre 24% chez les pilotes privés). Or, selon notre étude, un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc supérieur ou égal à 1 est un facteur prédictif significatif du risque d'obtenir une limitation double commande ( $p=0,04$ ). De fait, nous ne sommes pas surpris de constater qu'il y ait 7,7 fois plus de risque de perdre son aptitude au vol monocommande en présence d'un traitement anticoagulant ( $p=0,04$ ).

En outre, nous observons une tendance (non significative) à la récupération d'une aptitude monocommande pour les pilotes avec oreillette gauche non dilatée (77% contre 50% des pilotes avec limitation) ce qui pourrait en faire éventuellement un facteur prédictif en ce sens. En ce qui concerne l'ablation par radiofréquence, nous excluons toute influence de ce traitement en faveur d'une récupération d'aptitude monocommande (65% des PN ablatés ont une limitation double commande contre 71% des PN non ablatés).

Les conséquences de la perte d'une aptitude monocommande ne sont pas identiques pour tous les pilotes. Une limitation OML chez les pilotes professionnels civils est souvent peu



impactante puisqu'ils sont constitués d'une majorité de pilotes de ligne ayant déjà une activité de multipilotage. Nous mesurons ce constat par une activité professionnelle inchangée dans 74% des cas. Cependant, une aptitude par dérogation « sous réserve d'un second pilote qualifié à bord » chez le pilote militaire est un obstacle pour 80% d'entre eux, car le vol monopilote est bien plus souvent exigé par rapport au pilote civil. De même, de nombreux pilotes privés apte avec une limitation OSL, sont contraints à vendre leur aéronef monopilote ou à être en mesure de trouver un copilote pour chaque vol. En conséquence, la moitié d'entre eux est amenée à réduire fortement son activité de vol de loisir. Notons qu'une limitation double commande chez les pilotes professionnels affirmant effectuer une activité de vol loisir n'a que peu de conséquence sur leur activité (89% des pilotes ne déclarant pas d'impact). Nous supposons qu'il s'agit d'une population plus jeune, plus active, parfois plus passionnée, capable de s'adapter aux limitations en vigueur.

Concernant les PN militaires, l'aptitude avec des restrictions opérationnelles (comprenant l'inaptitude OPEX-OM) est une limitation spécifique au milieu aéronautique militaire. Un diagnostic de FA entraîne des répercussions importantes sur l'activité opérationnelle de nos PN militaires en raison de cette limitation, imposée dans 70% cas. Aucune stratégie thérapeutique ne semble influencer l'application de cette limitation, au même titre que l'étude américaine<sup>192</sup> qui ne retrouvait pas de lien significatif entre l'ablation par cathéter (ou un autre stratégie thérapeutique) et la récupération de l'aptitude OPEX-OM.

Concernant le milieu civil, il est bien établi que la voltige aérienne est susceptible de favoriser les arythmies. Il n'est pas surprenant d'observer des difficultés pour poursuivre cette activité, qui est d'ailleurs interdite pour un pilote sur deux. Il est à noter que cette exclusion n'est pas systématiquement mentionnée pour l'ensemble des pilotes civils (pour une raison inconnue), mais ceux qui déclarent pratiquer la voltige ont tous été soumis à des restrictions. De même, les contre-indications spécifiques de certains traitements (Sotalol, Amiodarone), restent un obstacle majeur pour certain pilote car ils peuvent entraver l'augmentation de la fréquence cardiaque pour compenser la baisse du débit sanguin cérébral. D'ailleurs, aucune stratégie thérapeutique (y compris les anticoagulants) n'est prédictive d'un maintien ou d'une exclusion de cette activité dans notre étude.

### 3.4.3. Remarques et limites de l'étude

Pour donner suite à l'ensemble de nos observations, nous estimons que le guide officiel des normes EASA, les *Acceptable Means of Compliance (AMC)*, peut manquer d'exhaustivité concernant les recommandations visant à orienter une décision d'aptitude et à appliquer des limitations chez les PN atteints de FA. Une récupération d'aptitude « si l'évaluation cardiologique est satisfaisante et si le risque d'AVC est suffisamment faible » n'inclut pas de caractéristiques cardiovasculaires précises, ni de liste de facteurs prédictifs, ni de seuils de risque thrombo-embolique. De même, le traitement anticoagulant n'étant plus un obstacle à l'aptitude, cela laisse une plus grande latitude d'appréciation pour nos médecins aéronautiques concernant la décision d'aptitude d'un PN atteint d'une FA. Toutefois notre étude montre qu'un traitement anticoagulant reste en pratique un facteur prédictif péjoratif de retour à l'aptitude au vol.

Ce travail nous a permis d'évaluer des caractéristiques cardiovasculaires précises rencontrées en pratique chez nos PN et pouvant se révéler être de potentiels facteurs prédictifs d'orientation décisionnelle. Parmi eux, le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc est un bon reflet pronostic cardiovasculaire du PN atteint de FA pouvant orienter une décision d'aptitude avec ou sans limitations. Selon notre étude, nous considérons qu'à partir d'un score de 2, il serait prédictif de la perte d'aptitude et qu'à partir d'un score de 1, il serait prédictif d'une limitation double commande pour un pilote. La pertinence de ce score s'explique en partie par l'intégration de l'HTA et du diabète qui se révèlent être de forts facteurs prédictifs d'une perte d'aptitude.

En dehors de l'anticoagulation, l'EASA ne traite pas des différentes stratégies thérapeutiques employées dans la FA. Or, à rebours de la place grandissante de l'ablation de la FA par cathéter, avec des guérisons notables observées, les AMC n'intègrent pas ce traitement dans un processus décisionnel clair. Les conseils thérapeutiques en fonction des caractéristiques du PN ou de la FA sont également absents de ces recommandations. Pourtant, l'ESC admet la possibilité de proposer ce traitement en première intention, avant même l'emploi de traitements médicamenteux chez le sujet jeune<sup>2</sup>. De surcroît, certaines études suggèrent déjà que cette technique s'est avérée aussi efficace parmi les populations sportives que non sportives<sup>164,165</sup>, avec une amélioration significative de leur qualité de vie<sup>166</sup>. Enfin, des durées de suivi préconisées et des conditions d'examens complémentaires sont abordées

spécifiquement pour l'anticoagulation dans la FA, sans que ces consignes ne soient étendues aux autres thérapeutiques de cette arythmie.

Bien que l'effectif étudié soit relativement important pour une pathologie peu fréquente chez les sujets jeunes, un échantillon plus large aurait pu rendre certaines tendances statistiquement significatives. Cela inclut, par exemple, la récupération d'aptitude après une ablation par radiofréquence ( $p=0,5$  et  $p=0,2$  sans traitement anticoagulant), ainsi que le risque d'inaptitude lié à la sédentarité ou à une pratique sportive excessive ( $p=0,07$ ). En outre, nous avons peu d'effectif de PN militaires par rapport aux PN civils, ce qui rend les comparaisons statistiques difficiles, en plus des difficultés à comparer une décision civile à une décision militaire (présence du cas spécifique du pilote de chasse).

Le caractère rétrospectif de l'étude n'envisage pas, comme dans une étude prospective, la possibilité d'élaborer des durées de suivis homogènes et une grille de saisie type dédiée au mode de traitement, pouvant être préalablement décidé. Cela aurait garanti une exploitation plus simple et homogène des résultats. Cependant, c'est parce qu'il existait un choix initial possible du cardiologue que cette étude permet de lisser les pratiques courantes et d'en dégager une orientation thérapeutique claire, ici, l'ablation par radiofréquence.

De plus, s'agissant d'une étude sur des navigants de nationalité française, nous avons tenté une comparaison avec d'autres études étrangères similaires mais au *design* différent, ce qui les rend donc non-superposables. D'ailleurs, nous notons qu'à ce jour, nous n'avons pas de données comparatives sur la place de l'ablation par radiofréquence dans la population générale ou dans la population aéronautique.

Enfin, d'autres études de plus grande puissance statistique seraient intéressantes pour confirmer certaines tendances d'orientations thérapeutiques et pour apprécier leurs retentissements sur l'aptitude. Dans l'idéal, il s'agirait d'études prospectives et multicentriques qui seraient menées chez les PN civils et militaires dans les quatre centres d'expertise médicale du personnel navigant existants en France. Nous suggérons qu'elles y intègrent la thérapeutique la plus récente pour le traitement de la FA, décrite<sup>160</sup> comme plus simple, plus rapide, plus sûre (moins de 1% d'effets indésirables) et d'efficacité comparable à la radiofréquence (et cryothérapie) : l'ablation par électroporation.

## Conclusion

---

Le milieu aéronautique n'est pas épargné par le plus fréquent des troubles du rythme cardiaque soutenu dans le monde : la fibrillation atriale. Notre étude, s'étalant sur 9,5 ans au CPEMPN de Clamart, est singulière puisqu'elle s'intègre dans les rares études du genre qui analysent les caractéristiques et les modalités de prises en charge de la fibrillation atriale chez le personnel navigant (PN) civil et/ou militaire. Ce travail permet d'extraire un profil général de nos PN atteint de fibrillation atriale. Ainsi, la maladie est diagnostiquée à un âge moyen précoce, plus précoce encore si le PN est un militaire. Les facteurs de risque cardiovasculaires ne sont pas majeurs, voire presque absents chez les PN militaires. Le type de fibrillation atriale chez les PN n'a pas évolué depuis une décennie, restant principalement idiopathique et paroxystique. Toutefois, l'existence d'une cardiopathie sous-jacente à la fibrillation atriale entraîne toujours une attitude restrictive ; au mieux une aptitude limitée à la présence de deux pilotes à bord, mais bien plus souvent une inaptitude. A l'inverse, lorsque l'étiologie de la fibrillation atriale est curable ou que le facteur favorisant est identifié, sous couvert de l'absence de récurrence, la réhabilitation au vol est omniprésente sans pouvoir affirmer une absence de limitation dans cette étude. Il est logique que le sort décisionnel d'une fibrillation atriale idiopathique reste plus incertain, même après une récupération durable du rythme sinusal, objectif que permettent différentes stratégies thérapeutiques. Toutefois, une telle décision nécessite un recul suffisant et donc un suivi clinique (signes fonctionnels) et électrique (ECG, Holter ECG). Ce recul suffisant nécessite le plus souvent des limitations (double commande, voltige) pour garantir la sécurité des vols.

Depuis 2013 dans le milieu civil en France, la récupération d'aptitude est possible pour le PN traité par anticoagulant au long cours. Ce traitement, hier restrictif et reflet d'un seuil de gravité de la fibrillation atriale en aéronautique, devient alors un facteur cardiovasculaire parmi d'autres et laisse une certaine latitude d'appréciation à la récupération d'aptitude pour nos médecins aéronautiques. L'ambition de cette étude était de réévaluer les caractéristiques prétendant orienter une décision d'aptitude, avec ou sans limitations. D'autant plus que l'arrivée récente des techniques d'ablation de la fibrillation atriale par cathéter ont permis d'accroître son taux de guérison. L'ablation par radiofréquence a d'ailleurs pris une place

importante dans la prise en charge de nos PN atteints de fibrillation atriale. L'efficacité de ce traitement sur la maladie est également mise en évidence dans notre étude.

En termes de réhabilitation, le message qui en résulte est optimiste pour les PN atteints d'au moins un épisode de fibrillation atriale. Dans la grande majorité des cas, il leur est restitué une aptitude au vol adaptée à leur fonction, c'est-à-dire sous conditions spécifiques comprenant une surveillance médicale plus régulière et l'application de limitations opérationnelles.

Néanmoins, des éléments prédictifs, certains significatifs, semblent annoncer davantage une perte définitive d'aptitude : un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc de 2 ou plus, un traitement anticoagulant au long cours, une HTA ou un diabète, la présence d'un SAHOS, une oreillette gauche dilatée, et toutes les situations cardio-rythmiques où une initiation de traitement par bêtabloquant a été contrainte.

En outre, un score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc nul voire une oreillette gauche de taille normale, semblent être prédictifs d'une récupération d'aptitude monopilote.

Concernant spécifiquement la stratégie d'ablation par radiofréquence, ce travail laisse supposer une meilleure récupération d'aptitude mais sans garantir pour autant l'absence de limitation double commande. Par ailleurs, aucun choix thérapeutique ne se démarque pour la récupération d'une aptitude à la voltige aérienne ou au pilotage d'avions à hautes performances, situations mettant en jeu un trop grand nombre de facteurs pro-arythmiques. Les avancées médicales, telle que l'arrivée de l'ablation par électroporation, laissent entrevoir la possibilité de faire récupérer à terme des aptitudes moins limitatives.

La fibrillation atriale est une pathologie complexe. Malgré de réels progrès avec l'anticoagulation par AOD puis par les procédures ablatives, elle nécessite cependant des recommandations médicales, dont la dernière en date de l'ESC combine sur 85 pages plus de 1490 références. A ce titre, il est raisonnable de se demander si l'EASA n'aurait pas intérêt à produire un *Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM)* spécifiquement dédié à cette pathologie. Un tel document pourrait alors être plus exhaustif sur les caractéristiques et les facteurs prédictifs rencontrés dans la fibrillation atriale du PN. Cela pourrait ainsi orienter plus clairement une décision d'aptitude et de limitations, ces dernières étant mieux définies. L'intérêt d'un tel document pourrait être aussi de traiter des spécificités de la voltige aérienne.

## Serment d'Hippocrate

---



Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont 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.

Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au-dessus de mon travail.

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

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

Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences.

Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.

○...ALLEZ OU LA PATRIE ET L'HUMANITE ○  
VOUS APPELLENT SOYEZ Y TOUJOURS  
PRETS A SERVIR L'UNE ET L'AUTRE ET S'IL  
LE FAUT SACHEZ IMITER CEUX DE VOS  
GENEREUX COMPAGNONS QUI AU MEME POSTE  
SONT MORTS MARTYRS DE CE DEVOUEMENT  
INTREPIDE ET MAGNANIME  
QUI EST LE VERITABLE ACTE DE FOI  
DES HOMMES DE NOTRE ETAT.

---

**BARON PERCY**

CHIRURGIEN EN CHEF DE LA GRANDE ARMÉE  
○ AUX CHIRURGIENS SOUS-AIDES. 1811 ○

## Bibliographie

---

1. Wilke T, Groth A, Mueller S, Pfannkuche M, Verheyen F, Linder R, et al. Incidence and prevalence of atrial fibrillation: an analysis based on 8.3 million patients. *Europace*. 1 avr 2013;15(4):486-93.
2. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, Arbelo E, Bax JJ, Blomström-Lundqvist C, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal*. 1 févr 2021;42(5):373-498.
3. Ben Dhia, I., Manen, O., Dubourdieu, D., Vacher, A., Bisconte, S., Leduc, P.-A., et al. La fibrillation auriculaire dans le personnel navigant des forces armées. Etude rétrospective dans le service de médecine aéronautique de l'HIA Percy. *Médecine Aéronautique et Spatiale [Internet]*. Troisième Trimestre 2008;49(183). Disponible sur: [www.soframas.asso.fr](http://www.soframas.asso.fr)
4. Guettler N, Bron D, Manen O, Gray G, Syburra T, Rienks R, et al. Management of cardiac conduction abnormalities and arrhythmia in aircrew. *Heart*. janv 2019;105(Suppl 1):s38-49.
5. Keithler AN, Wilson AS, Yuan A, Sosa JM, Bush KNV. Characteristics of United States military pilots with atrial fibrillation and deployment and retention rates. *BMC Cardiovasc Disord*. 13 mars 2022;22:100.
6. Lubitz SA, Yin X, Rienstra M, Schnabel RB, Walkey AJ, Magnani JW, et al. Long-Term Outcomes of Secondary Atrial Fibrillation in the Community: The Framingham Heart Study. *Circulation*. 12 mai 2015;131(19):1648-55.
7. Wang EY, Hulme OL, Khurshid S, Weng LC, Choi SH, Walkey AJ, et al. Initial Precipitants and Recurrence of Atrial Fibrillation. *Circ: Arrhythmia and Electrophysiology*. mars 2020;13(3):e007716.
8. Lévy S, Maarek M, Coumel P, Guize L, Lekieffre J, Medvedowsky JL, et al. Characterization of Different Subsets of Atrial Fibrillation in General Practice in France. *Circulation*. 15 juin 1999;99(23):3028-35.
9. Zimpfer D, Gustafsson F, Potapov E, Pya Y, Schmitto J, Berchtold-Herz M, et al. Two-year outcome after implantation of a full magnetically levitated left ventricular assist device: results from the ELEVATE Registry. *European Heart Journal*. 14 oct 2020;41(39):3801-9.
10. Pagnesi M, Lombardi CM, Chiarito M, Stolfo D, Baldetti L, Loiacono F, et al. Prognostic impact of the updated 2018 HFA-ESC definition of advanced heart failure: results from the HELP-HF registry. *European Journal of Heart Failure*. 1 sept 2022;24(9):1493-503.
11. Lip GYH, Coca A, Kahan T, Boriani G, Manolis AS, Olsen MH, et al. Hypertension and cardiac arrhythmias: a consensus document from the European Heart Rhythm



- Association (EHRA) and ESC Council on Hypertension, endorsed by the Heart Rhythm Society (HRS), Asia-Pacific Heart Rhythm Society (APHS) and Sociedad Latinoamericana de Estimulación Cardíaca y Electrofisiología (SOLEACE). *EP Europace*. 1 juin 2017;19(6):891-911.
12. Chung MK, Eckhardt LL, Chen LY, Ahmed HM, Gopinathannair R, Joglar JA, et al. Lifestyle and Risk Factor Modification for Reduction of Atrial Fibrillation: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* [Internet]. 21 avr 2020;141(16). Disponible sur: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000000748>
  13. Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA), Endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), Authors/Task Force Members, Camm AJ, Kirchhof P, Lip GYH, et al. Guidelines for the management of atrial fibrillation: The Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 1 oct 2010;31(19):2369-429.
  14. Bhonsale A, Zhu J, Thoma F, Kancharla K, Voigt A, Estes NA, et al. Impact of Weight Gain on Cardiovascular Outcomes in Patients With Atrial Fibrillation. *JAHA*. 2 juill 2024;13(13):e032550.
  15. Soliman EZ, Prineas RJ, Go AS, Xie D, Lash JP, Rahman M, et al. Chronic kidney disease and prevalent atrial fibrillation: The Chronic Renal Insufficiency Cohort (CRIC). *American Heart Journal*. juin 2010;159(6):1102-7.
  16. Ananthapanyasut W, Napan S, Rudolph EH, Harindhanavudhi T, Ayash H, Guglielmi KE, et al. Prevalence of Atrial Fibrillation and Its Predictors in Nondialysis Patients with Chronic Kidney Disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. févr 2010;5(2):173-81.
  17. Wang TJ. Obesity and the Risk of New-Onset Atrial Fibrillation. *JAMA*. 24 nov 2004;292(20):2471.
  18. Wong CX, Sullivan T, Sun MT, Mahajan R, Pathak RK, Middeldorp M, et al. Obesity and the Risk of Incident, Post-Operative, and Post-Ablation Atrial Fibrillation. *JACC: Clinical Electrophysiology*. juin 2015;1(3):139-52.
  19. Pallisgaard JL, Schjerning AM, Lindhardt TB, Procida K, Hansen ML, Torp-Pedersen C, et al. Risk of atrial fibrillation in diabetes mellitus: A nationwide cohort study. *European Journal of Preventive Cardiology*. 1 avr 2016;23(6):621-7.
  20. Movahed MR, Hashemzadeh M, Mazen Jamal M. Diabetes mellitus is a strong, independent risk for atrial fibrillation and flutter in addition to other cardiovascular disease. *International Journal of Cardiology*. 7 déc 2005;105(3):315-8.
  21. Gami AS, Pressman G, Caples SM, Kanagala R, Gard JJ, Davison DE, et al. Association of Atrial Fibrillation and Obstructive Sleep Apnea. *Circulation*. 27 juill 2004;110(4):364-7.

22. Goudis CA, Ketikoglou DG. Obstructive sleep and atrial fibrillation: Pathophysiological mechanisms and therapeutic implications. *International Journal of Cardiology*. 1 mars 2017;230:293-300.
23. Aune D, Schlesinger S, Norat T, Riboli E. Tobacco smoking and the risk of atrial fibrillation: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Eur J Prev Cardiol*. sept 2018;25(13):1437-51.
24. Brathwaite D, Weissman C. The New Onset of Atrial Arrhythmias Following Major Noncardiothoracic Surgery is Associated with Increased Mortality. *CHEST*. 1 août 1998;114(2):462-8.
25. Seguin P, Signouret T, Laviolle B, Branger B, Mallédant Y. Incidence and risk factors of atrial fibrillation in a surgical intensive care unit\*. *Critical Care Medicine* [Internet]. 2004;32(3). Disponible sur: [https://journals.lww.com/ccmjournal/fulltext/2004/03000/incidence\\_and\\_risk\\_factor\\_s\\_of\\_atrial\\_fibrillation.16.aspx](https://journals.lww.com/ccmjournal/fulltext/2004/03000/incidence_and_risk_factor_s_of_atrial_fibrillation.16.aspx)
26. Seguin P, Laviolle B, Maurice A, Leclercq C, Mallédant Y. Atrial fibrillation in trauma patients requiring intensive care. *Intensive Care Medicine*. 1 mars 2006;32(3):398-404.
27. Fauchier L, Pierre B, de Labriolle A, Grimard C, Zannad N, Babuty D. Antiarrhythmic Effect of Statin Therapy and Atrial Fibrillation: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American College of Cardiology*. 26 févr 2008;51(8):828-35.
28. Seguin P, Launey Y. Atrial fibrillation is not just an artefact in the ICU. *Critical Care*. 22 juill 2010;14(4):182.
29. Haute Autorité de Santé HAS. Guide parcours de soins Fibrillation atriale [Internet]. Saint-Denis La Plaine; 2014. Disponible sur: [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_1741768/fr/guide-parcours-de-soins-fibrillation-atriale](https://www.has-sante.fr/jcms/c_1741768/fr/guide-parcours-de-soins-fibrillation-atriale)
30. O'Keefe EL, Sturgess JE, O'Keefe JH, Gupta S, Lavie CJ. Prevention and Treatment of Atrial Fibrillation via Risk Factor Modification. *The American Journal of Cardiology*. déc 2021;160:46-52.
31. Voskoboinik A, Kalman JM, De Silva A, Nicholls T, Costello B, Nanayakkara S, et al. Alcohol Abstinence in Drinkers with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2 janv 2020;382(1):20-8.
32. Veselá J, Osmančík P, Heřman D, Hassouna S, Raková R, Veselý T, et al. Prediction of post-operative atrial fibrillation in patients after cardiac surgery using heart rate variability. *BMC Cardiovascular Disorders*. 7 juin 2023;23(1):290.
33. Egan S, Collins-Smyth C, Chitnis S, Head J, Chiu A, Bhatti G, et al. Prevention of postoperative atrial fibrillation in cardiac surgery: a quality improvement project. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*. 1 déc 2023;70(12):1880-91.

34. Mont L, Elosua R, Brugada J. Endurance sport practice as a risk factor for atrial fibrillation and atrial flutter. *Europace*. 12 nov 2008;11(1):11-7.
35. Pelliccia A, Maron BJ, Di Paolo FM, Biffi A, Quattrini FM, Pisicchio C, et al. Prevalence and Clinical Significance of Left Atrial Remodeling in Competitive Athletes. *Journal of the American College of Cardiology*. août 2005;46(4):690-6.
36. Tatangelo M, Rebecchi M, Sgueglia M, Colella A, Crescenzi C, Panattoni G, et al. The Complex but Fascinating Relationship between Sport and Atrial Fibrillation: From Pathophysiology to the Clinical Scenario. *JCDD*. 11 juin 2023;10(6):255.
37. Jouko Karjalainen, Urho M Kujala, Jaakko Kaprio, Seppo Sarna, Matti Viitasalo. Lone atrial fibrillation in vigorously exercising middle aged men: case-control study. *BMJ*. 13 juin 1998;316(7147):1784.
38. Baldesberger S, Bauersfeld U, Candinas R, Seifert B, Zuber M, Ritter M, et al. Sinus node disease and arrhythmias in the long-term follow-up of former professional cyclists. *European Heart Journal*. 1 janv 2008;29(1):71-8.
39. Grimsmo J, Grundvold I, Maehlum S, Arnesen H. High prevalence of atrial fibrillation in long-term endurance cross-country skiers: echocardiographic findings and possible predictors — a 28-30 years follow-up study. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. févr 2010;17(1):100-5.
40. Mont L, Sambola A, Brugada J, Vacca M, Marrugat J, Elosua R, et al. Long-lasting sport practice and lone atrial fibrillation. *European Heart Journal*. 1 mars 2002;23(6):477-82.
41. Mont L, Tamborero D, Elosua R, Molina I, Coll-Vinent B, Sitges M, et al. Physical activity, height, and left atrial size are independent risk factors for lone atrial fibrillation in middle-aged healthy individuals. *EP Europace*. 1 janv 2008;10(1):15-20.
42. William Newman, Gemma Parry-Williams, Jonathan Wiles, Jamie Edwards, Sabina Hulbert, Konstantina Kipourou, et al. Risk of atrial fibrillation in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 1 nov 2021;55(21):1233.
43. Schnabel RB, Yin X, Gona P, Larson MG, Beiser AS, McManus DD, et al. 50 year trends in atrial fibrillation prevalence, incidence, risk factors, and mortality in the Framingham Heart Study: a cohort study. *The Lancet*. 11 juill 2015;386(9989):154-62.
44. Kannel WB, Abbott RD, Savage DD, McNamara PM. Epidemiologic features of chronic atrial fibrillation: the Framingham study. *N Engl J Med*. 29 avr 1982;306(17):1018-22.
45. Chugh SS, Blackshear JL, Shen WK, Hammill SC, Gersh BJ. Epidemiology and natural history of atrial fibrillation: clinical implications. *J Am Coll Cardiol*. févr 2001;37(2):371-8.
46. B. Brembilla-Perrot. Fibrillation auriculaire. *Cardiologie* [Internet]. 2017; Disponible sur: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1166-4568\(17\)81724-1](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1166-4568(17)81724-1)

47. Charlemagne A, Blacher J, Cohen A, Collet JP, Diévert F, De Groote P, et al. Epidemiology of atrial fibrillation in France: Extrapolation of international epidemiological data to France and analysis of French hospitalization data. *Archives of Cardiovascular Diseases*. févr 2011;104(2):115-24.
48. Chugh SS, Havmoeller R, Narayanan K, Singh D, Rienstra M, Benjamin EJ, et al. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation*. 25 févr 2014;129(8):837-47.
49. Cui P, Qu Y, Zhang J, Wu J, Zhang J, Shi Y, et al. Comparison of effectiveness and safety of high-power vs. conventional-power radiofrequency ablation for treatment of atrial fibrillation. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*.
50. N. Derval, T. Pambrun, J. Duchateau, R. Chauvel, A. Denis, F. Sacher, et al. Méthodes ablatives de la fibrillation atriale. *Cardiologie* [Internet]. 2020; Disponible sur: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1166-4568\(20\)91312-8](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1166-4568(20)91312-8)
51. Wilke T, Groth A, Mueller S, Pfannkuche M, Verheyen F, Linder R, et al. Incidence and prevalence of atrial fibrillation: an analysis based on 8.3 million patients. *Europace*. 1 avr 2013;15(4):486-93.
52. Cardiovascular diseases statistics [Internet]. Disponible sur: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cardiovascular\\_diseases\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cardiovascular_diseases_statistics)
53. Timmis A, Vardas P, Townsend N, Torbica A, Katus H, De Smedt D, et al. European Society of Cardiology: cardiovascular disease statistics 2021. *European Heart Journal*. 21 févr 2022;43(8):716-99.
54. Colilla S, Crow A, Petkun W, Singer DE, Simon T, Liu X. Estimates of Current and Future Incidence and Prevalence of Atrial Fibrillation in the U.S. Adult Population. *The American Journal of Cardiology*. oct 2013;112(8):1142-7.
55. Murray CJL. The Global Burden of Disease Study at 30 years. *Nat Med*. oct 2022;28(10):2019-26.
56. Wang Z, Chen Z, Wang X, Zhang L, Li S, Tian Y, et al. The Disease Burden of Atrial Fibrillation in China from a National Cross-sectional Survey. *The American Journal of Cardiology*. 1 sept 2018;122(5):793-8.
57. Heeringa J, van der Kuip DAM, Hofman A, Kors JA, van Herpen G, Stricker BHCh, et al. Prevalence, incidence and lifetime risk of atrial fibrillation: the Rotterdam study. *European Heart Journal*. 1 avr 2006;27(8):949-53.
58. Heuzey JYL, Paziaud O, Piot O, Said MA, Copie X, Lavergne T, et al. Cost of care distribution in atrial fibrillation patients: the COCAF study. *American heart journal*. 2004;147 1:121-6.
59. B.Morlet, A.Gresser, G.Pariscoat, V.Philip. Ablation de la fibrillation auriculaire (FA) : Coût réel du séjour / Balance financière [Internet]. Service pharmacie des dispositifs

médicaux - CHU de bordeaux; 2012. Disponible sur: <https://www.euro-pharmat.com/communications-affichees/download/3591/3529/170>

60. Amin A, Billankanty SR, Manocchia M, Braid-Forbes MJ, McCrea MM, Lee RJ, et al. Healthcare Utilization and Costs in Patients with Atrial Fibrillation Before and after Hybrid Ablation. SSRN Electronic Journal [Internet]. 2022; Disponible sur: [https://www.atricure.com/sites/default/files/pdf-doc/PM-US-2420A-1224-G\\_Healthcare\\_Utilization\\_Costs\\_Medicare\\_Patients\\_Article\\_Summary.pdf](https://www.atricure.com/sites/default/files/pdf-doc/PM-US-2420A-1224-G_Healthcare_Utilization_Costs_Medicare_Patients_Article_Summary.pdf)
61. Wolowacz SE, Samuel M, Brennan VK, Jasso-Mosqueda JG, Van Gelder IC. The cost of illness of atrial fibrillation: a systematic review of the recent literature. *EP Europace*. 1 oct 2011;13(10):1375-85.
62. Øyen N, Ranthe MF, Carstensen L, Boyd HA, Olesen MS, Olesen SP, et al. Familial Aggregation of Lone Atrial Fibrillation in Young Persons. *Journal of the American College of Cardiology*. 4 sept 2012;60(10):917-21.
63. Roselli C, Chaffin MD, Weng LC, Aeschbacher S, Ahlberg G, Albert CM, et al. Multi-ethnic genome-wide association study for atrial fibrillation. *Nat Genet*. sept 2018;50(9):1225-33.
64. Marcus GM, Alonso A, Peralta CA, Lettre G, Vittinghoff E, Lubitz SA, et al. European Ancestry as a Risk Factor for Atrial Fibrillation in African Americans. *Circulation*. 16 nov 2010;122(20):2009-15.
65. Paludan-Müller C, Svendsen JH, Olesen MS. The role of common genetic variants in atrial fibrillation. *Journal of Electrocardiology*. 1 nov 2016;49(6):864-70.
66. Bai J, Lu Y, Zhu Y, Wang H, Yin D, Zhang H, et al. Understanding PITX2-Dependent Atrial Fibrillation Mechanisms through Computational Models. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(14).
67. Joglar JA, Chung MK, Armbruster AL, Benjamin EJ, Chyou JY, Cronin EM, et al. 2023 ACC/AHA/ACCP/HRS Guideline for the Diagnosis and Management of Atrial Fibrillation: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*. 2 janv 2024;83(1):109-279.
68. Nguyen BL, Fishbein MC, Chen LS, Chen PS, Masroor S. Histopathological substrate for chronic atrial fibrillation in humans. *Heart Rhythm*. 1 avr 2009;6(4):454-60.
69. Spach MS, Dolber PC. Relating extracellular potentials and their derivatives to anisotropic propagation at a microscopic level in human cardiac muscle. Evidence for electrical uncoupling of side-to-side fiber connections with increasing age. *Circ Res*. mars 1986;58(3):356-71.
70. Ramdat Misier AR, Opthof T, van Hemel NM, Defauw JJAM, de Bakker JMT, Janse MJ, et al. Increased dispersion of “refractoriness” in patients with idiopathic paroxysmal

- atrial fibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*. 1 juin 1992;19(7):1531-5.
71. T. Pambrun, A. Denis, N. Derval, J. Duchateau, N. Klotz, F. Sacher, et al. Troubles du rythme atrial. *AKOS (Traité de Médecine)* [Internet]. 2018; Disponible sur: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1634-6939\(18\)80512-9](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1634-6939(18)80512-9)
  72. Wijffels MCEF, Kirchhof CJHJ, Dorland R, Allessie MA. Atrial Fibrillation Begets Atrial Fibrillation. *Circulation*. 1 oct 1995;92(7):1954-68.
  73. Cohen M, Naccarelli GV. Pathophysiology and Disease Progression of Atrial Fibrillation: Importance of Achieving and Maintaining Sinus Rhythm. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 1 août 2008;19(8):885-90.
  74. Haïssaguerre M, Jaïs P, Shah DC, Takahashi A, Hocini M, Quiniou G, et al. Spontaneous Initiation of Atrial Fibrillation by Ectopic Beats Originating in the Pulmonary Veins. *N Engl J Med*. 3 sept 1998;339(10):659-66.
  75. Hashiba K, Centurion OA, Shimizu A. Electrophysiologic characteristics of human atrial muscle in paroxysmal atrial fibrillation. *American Heart Journal*. 1 avr 1996;131(4):778-89.
  76. Lavie CJ, Thomas RJ, Squires RW, Allison TG, Milani RV. Exercise Training and Cardiac Rehabilitation in Primary and Secondary Prevention of Coronary Heart Disease. *Mayo Clinic Proceedings*. avr 2009;84(4):373-83.
  77. Molina L, Mont L, Marrugat J, Berrueto A, Brugada J, Bruguera J, et al. Long-term endurance sport practice increases the incidence of lone atrial fibrillation in men: a follow-up study. *EP Europace*. mai 2008;10(5):618-23.
  78. Abdulla J, Nielsen JR. Is the risk of atrial fibrillation higher in athletes than in the general population? A systematic review and meta-analysis. *Europace*. 1 sept 2009;11(9):1156-9.
  79. Coumel P. Cardiac Arrhythmias and the Autonomic Nervous System. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 1 juin 1993;4(3):338-55.
  80. Psaty BM, Manolio TA, Kuller LH, Kronmal RA, Cushman M, Fried LP, et al. Incidence of and Risk Factors for Atrial Fibrillation in Older Adults. *Circulation*. 7 oct 1997;96(7):2455-61.
  81. Vaziri SM, Larson MG, Benjamin EJ, Levy D. Echocardiographic predictors of nonrheumatic atrial fibrillation. The Framingham Heart Study. *Circulation*. févr 1994;89(2):724-30.
  82. Lindsay MM, Dunn FG. Biochemical evidence of myocardial fibrosis in veteran endurance athletes. *British Journal of Sports Medicine*. 29 janv 2007;41(7):447-52.
  83. Patterson E, Po SS, Scherlag BJ, Lazzara R. Triggered firing in pulmonary veins initiated by in vitro autonomic nerve stimulation. *Heart Rhythm*. juin 2005;2(6):624-31.

84. Bettoni M, Zimmermann M. Autonomic Tone Variations Before the Onset of Paroxysmal Atrial Fibrillation. *Circulation*. 11 juin 2002;105(23):2753-9.
85. Prystowsky EN, Naccarelli GV, Jackman WM, Rinkenberger RL, Heger JJ, Zipes DP. Enhanced parasympathetic tone shortens atrial refractoriness in man. *The American Journal of Cardiology*. janv 1983;51(1):96-100.
86. Liu L, Nattel S. Differing sympathetic and vagal effects on atrial fibrillation in dogs: role of refractoriness heterogeneity. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 1 août 1997;273(2):H805-16.
87. Ravelli F, Allessie M. Effects of Atrial Dilatation on Refractory Period and Vulnerability to Atrial Fibrillation in the Isolated Langendorff-Perfused Rabbit Heart. *Circulation*. 2 sept 1997;96(5):1686-95.
88. Swanson DR. Atrial fibrillation in athletes: Implicit literature-based connections suggest that overtraining and subsequent inflammation may be a contributory mechanism. *Medical Hypotheses*. 1 janv 2006;66(6):1085-92.
89. Parmelee-Peters K, Moeller JL. Gastroesophageal Reflux in Athletes: Current Sports Medicine Reports. *avr 2004;3(2):107-11*.
90. Linz D, Hohl M, Vollmar J, Ukena C, Mahfoud F, Böhm M. Atrial fibrillation and gastroesophageal reflux disease: the cardiogastric interaction. *Europace*. 31 mai 2016;euw092.
91. Di Biase L, Santangeli P, Anselmino M, Mohanty P, Salvetti I, Gili S, et al. Does the Left Atrial Appendage Morphology Correlate With the Risk of Stroke in Patients With Atrial Fibrillation? *Journal of the American College of Cardiology*. août 2012;60(6):531-8.
92. Tzikas A. Left Atrial Appendage. *JACC: Cardiovascular Interventions*. juin 2023;16(11):1358-9.
93. Benson JM, Keese J, Smith L, Navarro J, Khouzam RN. The left atrial appendage: An enigmatic friend or foe and implications of closure. *Current Problems in Cardiology*. août 2024;49(8):102620.
94. Blackshear JL, Odell JA. Appendage obliteration to reduce stroke in cardiac surgical patients with atrial fibrillation. *The Annals of Thoracic Surgery*. févr 1996;61(2):755-9.
95. Guo Y, Lip GYH, Apostolakis S. Inflammation in Atrial Fibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*. 4 déc 2012;60(22):2263-70.
96. Homoud MK, Estes M. Shedding new light on the pathophysiology of conversion of paroxysmal atrial fibrillation into persistent atrial fibrillation. *American Heart Journal*. nov 2007;154(5):801-4.
97. Lubitz SA, Yin X, McManus DD, Weng LC, Aparicio HJ, Walkey AJ, et al. Stroke as the Initial Manifestation of Atrial Fibrillation: The Framingham Heart Study. *Stroke*. févr 2017;48(2):490-2.

98. Frost L, Engholm G, Johnsen S, Møller H, Henneberg EW, Husted S. Incident Thromboembolism in the Aorta and the Renal, Mesenteric, Pelvic, and Extremity Arteries After Discharge From the Hospital With a Diagnosis of Atrial Fibrillation. *Arch Intern Med.* 22 janv 2001;161(2):272.
99. Oduyayo A, Wong CX, Hsiao AJ, Hopewell S, Altman DG, Emdin CA. Atrial fibrillation and risks of cardiovascular disease, renal disease, and death: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 6 sept 2016;i4482.
100. Gallagher MM, Obel OA, Camm AJ. Tachycardia-Induced Atrial Myopathy: An Important Mechanism in the Pathophysiology of Atrial Fibrillation? *Cardiovasc electrophysiol.* sept 1997;8(9):1065-74.
101. Ahmed A, Perry GJ. Incident atrial fibrillation and mortality in older adults with heart failure. *European J of Heart Fail.* déc 2005;7(7):1118-21.
102. Ruddox V, Sandven I, Munkhaugen J, Skattebu J, Edvardsen T, Otterstad JE. Atrial fibrillation and the risk for myocardial infarction, all-cause mortality and heart failure: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology.* 1 sept 2017;24(14):1555-66.
103. Michniewicz E, Mlodawska E, Lopatowska P, Tomaszuk-Kazberuk A, Malyszko J. Patients with atrial fibrillation and coronary artery disease – Double trouble. *Advances in Medical Sciences.* 1 mars 2018;63(1):30-5.
104. González-Pacheco H, Márquez MF, Arias-Mendoza A, Álvarez-Sangabriel A, Eid-Lidt G, González-Hermosillo A, et al. Clinical features and in-hospital mortality associated with different types of atrial fibrillation in patients with acute coronary syndrome with and without ST elevation. *Journal of Cardiology.* août 2015;66(2):148-54.
105. Krijthe BP, Leening MJG, Heeringa J, Kors JA, Hofman A, Franco OH, et al. Unrecognized myocardial infarction and risk of atrial fibrillation: The Rotterdam Study. *International Journal of Cardiology.* sept 2013;168(2):1453-7.
106. Rottländer D, Saal M, Degen H, Gödde M, Horlitz M, Haude M. Diagnostic role of coronary CT angiography in paroxysmal or first diagnosed atrial fibrillation. *Open Heart.* mai 2021;8(1):e001638.
107. Sepehri Shamloo A, Dargès N, Müssigbrodt A, Stauber A, Kircher S, Richter S, et al. Atrial Fibrillation and Cognitive Impairment: New Insights and Future Directions. *Heart, Lung and Circulation.* janv 2020;29(1):69-85.
108. Papanastasiou CA, Theochari CA, Zareifopoulos N, Arfaras-Melainis A, Giannakoulas G, Karamitsos TD, et al. Atrial Fibrillation Is Associated with Cognitive Impairment, All-Cause Dementia, Vascular Dementia, and Alzheimer's Disease: a Systematic Review and Meta-Analysis. *J GEN INTERN MED.* oct 2021;36(10):3122-35.



109. Conen D, Rodondi N, Müller A, Beer JH, Ammann P, Moschovitis G, et al. Relationships of Overt and Silent Brain Lesions With Cognitive Function in Patients With Atrial Fibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*. mars 2019;73(9):989-99.
110. Graves KG, May HT, Jacobs V, Bair TL, Stevens SM, Woller SC, et al. Atrial fibrillation incrementally increases dementia risk across all CHADS 2 and CHA 2 DS 2 VASc strata in patients receiving long-term warfarin. *American Heart Journal*. juin 2017;188:93-8.
111. Kim D, Yang PS, You SC, Sung JH, Jang E, Yu HT, et al. Association of rhythm control with incident dementia among patients with atrial fibrillation: a nationwide population-based cohort study. *Age and Ageing*. 6 janv 2022;51(1):afab248.
112. Rattanawong P, Upala S, Riangwiwat T, Jaruvongvanich V, Sanguankeo A, Vutthikraivit W, et al. Atrial fibrillation is associated with sudden cardiac death: a systematic review and meta-analysis. *J Interv Card Electrophysiol*. mars 2018;51(2):91-104.
113. Brembilla-Perrot B, Marçon O, Chometon F, Bertrand J, Terrier De La Chaise A, Louis P, et al. Supraventricular tachyarrhythmia as a cause of sudden cardiac arrest. *J Interv Card Electrophysiol*. 6 déc 2006;16(2):97-104.
114. Stein KM, Euler DE, Mehra R, Seidl K, Slotwiner DJ, Mittal S, et al. Do atrial tachyarrhythmias beget ventricular tachyarrhythmias in defibrillator recipients? *Journal of the American College of Cardiology*. juill 2002;40(2):335-40.
115. Empana JP, Lerner I, Valentin E, Folke F, Böttiger B, Gislason G, et al. Incidence of Sudden Cardiac Death in the European Union. *Journal of the American College of Cardiology*. mai 2022;79(18):1818-27.
116. Paquette M, Roy D, Talajic M, Newman D, Couturier A, Yang C, et al. Role of gender and personality on quality-of-life impairment in intermittent atrial fibrillation. *Am J Cardiol*. oct 2000;86(7):764-8.
117. Boriani G, Laroche C, Diemberger I, Fantecchi E, Popescu MI, Rasmussen LH, et al. Asymptomatic Atrial Fibrillation: Clinical Correlates, Management, and Outcomes in the EORP-AF Pilot General Registry. *The American Journal of Medicine*. mai 2015;128(5):509-518.e2.
118. Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, Ahlsson A, Atar D, Casadei B, et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur Heart J*. 7 oct 2016;37(38):2893-962.
119. Kirchhof P, Camm AJ, Goette A, Brandes A, Eckardt L, Elvan A, et al. Early Rhythm-Control Therapy in Patients with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 1 oct 2020;383(14):1305-16.
120. EHRA 2021 : étude EAST AFNET 4 - Analyse complémentaire [Internet]. Disponible sur: <https://www.cardio-online.fr/Actualites/A-la-une/EHRA-2021-EAST-AFNET-4>

121. Fynn SP, Todd DM, Hobbs WJC, Armstrong KL, Garratt CJ. Role of dispersion of atrial refractoriness in the recurrence of clinical atrial fibrillation. A manifestation of atrial electrical remodelling in humans? *European Heart Journal*. 1 oct 2001;22(19):1822-34.
122. Robinson K, Frenneaux MP, Stockins B, Karatasakis G, Poloniecki JD, Mckenna WJ. Atrial fibrillation in hypertrophie cardiomyopathy: A longitudinal study. *Journal of the American College of Cardiology*. mai 1990;15(6):1279-85.
123. Brembilla-Perrot B, Chometon F, Groben L, Tatar C, Luporsi JD, Bertrand J, et al. Are the results of electrophysiological study different in patients with a pre-excitation syndrome, with and without syncope? *Europace*. 21 janv 2008;10(2):175-80.
124. Durand É, Isnard R, Trochu JN. *Médecine cardiovasculaire*. 2e éd. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2022. (Les référentiels des collèges).
125. Balci AK, Koksall O, Kose A, Armagan E, Ozdemir F, Inal T, et al. General characteristics of patients with electrolyte imbalance admitted to emergency department. *World Journal of Emergency Medicine*. 2013;4(2):113.
126. Krijthe BP, Heeringa J, Kors JA, Hofman A, Franco OH, Wittteman JCM, et al. Serum potassium levels and the risk of atrial fibrillation. *International Journal of Cardiology*. oct 2013;168(6):5411-5.
127. January CT, Wann LS, Alpert JS, Calkins H, Cigarroa JE, Cleveland JC, et al. 2014 AHA/ACC/HRS Guideline for the Management of Patients With Atrial Fibrillation: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation* [Internet]. 2 déc 2014;130(23). Disponible sur: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000000041>
128. Connolly SJ, Ezekowitz MD, Yusuf S, Eikelboom J, Oldgren J, Parekh A, et al. Dabigatran versus Warfarin in Patients with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 17 sept 2009;361(12):1139-51.
129. Clopidogrel plus aspirin versus oral anticoagulation for atrial fibrillation in the Atrial fibrillation Clopidogrel Trial with Irbesartan for prevention of Vascular Events (ACTIVE W): a randomised controlled trial. *The Lancet*. juin 2006;367(9526):1903-12.
130. Effect of Clopidogrel Added to Aspirin in Patients with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 14 mai 2009;360(20):2066-78.
131. Alhatemi G, Zghouzi M, Sattar Y, Ahmad B, Ullah W, Alraies MC. Anticoagulation management of post-cardiac surgery new-onset atrial fibrillation. *CCJM*. juin 2022;89(6):329-35.
132. Østergaard L, Olesen JB, Petersen JK, Nielsen LS, Kristensen SL, Schou M, et al. Arterial Thromboembolism in Patients With Atrial Fibrillation and CHA2DS2-VASc 1: A Nationwide Study. *Circulation* [Internet]. 0(0). Disponible sur: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.066477>

133. Anjum M, Ariansen I, Hjellvik V, Selmer R, Kjerpeseth LJ, Skovlund E, et al. Stroke and bleeding risk in atrial fibrillation with CHA2DS2-VASC risk score of one: the Norwegian AFNOR study. *European Heart Journal*. 1 janv 2024;45(1):57-66.
134. Rao MP, Halvorsen S, Wojdyla D, Thomas L, Alexander JH, Hylek EM, et al. Blood Pressure Control and Risk of Stroke or Systemic Embolism in Patients With Atrial Fibrillation: Results From the Apixaban for Reduction in Stroke and Other Thromboembolic Events in Atrial Fibrillation (ARISTOTLE) Trial. *JAMA*. déc 2015;4(12):e002015.
135. The STABILITY Investigators. Dapiladib for Preventing Ischemic Events in Stable Coronary Heart Disease. *N Engl J Med*. mai 2014;370(18):1702-11.
136. Hijazi Z, Lindbäck J, Alexander JH, Hanna M, Held C, Hylek EM, et al. The ABC (age, biomarkers, clinical history) stroke risk score: a biomarker-based risk score for predicting stroke in atrial fibrillation. *Eur Heart J*. 21 mai 2016;37(20):1582-90.
137. Roy D, Talajic M, Dorian P, Connolly S, Eisenberg MJ, Green M, et al. Amiodarone to Prevent Recurrence of Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 30 mars 2000;342(13):913-20.
138. Valembos L, Audureau E, Takeda A, Jarzebowski W, Belmin J, Lafuente-Lafuente C. Antiarrhythmics for maintaining sinus rhythm after cardioversion of atrial fibrillation. *Cochrane Heart Group, éditeur. Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]*. 4 sept 2019;2019(9). Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD005049.pub5>
139. The Digitalis in Acute Atrial Fibrillation (DAAF) Trial Group. Intravenous digoxin in acute atrial fibrillation: Results of a randomized, placebo-controlled multicentre trial in 239 patients. *European Heart Journal*. 2 avr 1997;18(4):649-54.
140. McNamara RL, Tamariz LJ, Segal JB, Bass EB. Management of Atrial Fibrillation: Review of the Evidence for the Role of Pharmacologic Therapy, Electrical Cardioversion, and Echocardiography. *Ann Intern Med*. 16 déc 2003;139(12):1018.
141. Lafuente-Lafuente C, Longas-Tejero MA, Bergmann JF, Belmin J. Antiarrhythmics for maintaining sinus rhythm after cardioversion of atrial fibrillation. In: *The Cochrane Collaboration, éditeur. Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2012. p. CD005049.pub3. Disponible sur: <https://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD005049.pub3>
142. Boriani G, Martignani C, Biffi M, Capucci A, Branzi A. Oral Loading with Propafenone for Conversion of Recent-Onset Atrial Fibrillation: A Review on In-Hospital Treatment. *Drugs*. 2002;62(3):415-23.
143. Villani GQ, Rosi A, Piepoli M, Gandolfini A, Groppi F, Groppi M, et al. [The efficacy of oral treatment with flecainide for paroxysmal atrial fibrillation: correlation with plasma concentration]. *G Ital Cardiol*. juin 1990;20(6):564-8.

144. Capucci A, Lenzi T, Boriani G, Trisolino G, Binetti N, Cavazza M, et al. Effectiveness of loading oral flecainide for converting recent-onset atrial fibrillation to sinus rhythm in patients without organic heart disease or with only systemic hypertension. *The American Journal of Cardiology*. juill 1992;70(1):69-72.
145. Chevalier P, Durand-Dubief A, Burri H, Cucherat M, Kirkorian G, Touboul P. Amiodarone versus placebo and class ic drugs for cardioversion of recent-onset atrial fibrillation: a meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*. janv 2003;41(2):255-62.
146. Kowey PR, VanderLugt JT, Luderer JR. Safety and Risk/Benefit Analysis of Ibutilide for Acute Conversion of Atrial Fibrillation/Flutter. *The American Journal of Cardiology*. oct 1996;78(8):46-52.
147. Roy D, Pratt CM, Torp-Pedersen C, Wyse DG, Toft E, Juul-Moller S, et al. Vernakalant Hydrochloride for Rapid Conversion of Atrial Fibrillation: A Phase 3, Randomized, Placebo-Controlled Trial. *Circulation*. 25 mars 2008;117(12):1518-25.
148. Luik A, Radzewitz A, Kieser M, Walter M, Bramlage P, Hörmann P, et al. Cryoballoon Versus Open Irrigated Radiofrequency Ablation in Patients With Paroxysmal Atrial Fibrillation. *Circulation*. 6 oct 2015;132(14):1311-9.
149. Verma A, Jiang C yang, Betts TR, Chen J, Deisenhofer I, Mantovan R, et al. Approaches to Catheter Ablation for Persistent Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 7 mai 2015;372(19):1812-22.
150. Nyong J, Amit G, Adler AJ, Owolabi OO, Perel P, Prieto-Merino D, et al. Efficacy and safety of ablation for people with non-paroxysmal atrial fibrillation. *Cochrane Database Syst Rev*. 22 nov 2016;11(11):CD012088.
151. Morillo CA, Verma A, Connolly SJ, Kuck KH, Nair GM, Champagne J, et al. Radiofrequency Ablation vs Antiarrhythmic Drugs as First-Line Treatment of Paroxysmal Atrial Fibrillation (RAAFT-2): A Randomized Trial. *JAMA*. 19 févr 2014;311(7):692-9.
152. Wokhlu A, Monahan KH, Hodge DO, Asirvatham SJ, Friedman PA, Munger TM, et al. Long-Term Quality of Life After Ablation of Atrial Fibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*. mai 2010;55(21):2308-16.
153. Gaita F, Scaglione M, Battaglia A, Matta M, Gallo C, Galatà M, et al. Very long-term outcome following transcatheter ablation of atrial fibrillation. Are results maintained after 10 years of follow up? *EP Europace*. 1 mars 2018;20(3):443-50.
154. Ouyang F, Tilz R, Chun J, Schmidt B, Wissner E, Zerm T, et al. Long-Term Results of Catheter Ablation in Paroxysmal Atrial Fibrillation: Lessons From a 5-Year Follow-Up. *Circulation*. 7 déc 2010;122(23):2368-77.
155. Marrouche NF, Brachmann J, Andresen D, Siebels J, Boersma L, Jordaens L, et al. Catheter Ablation for Atrial Fibrillation with Heart Failure. *N Engl J Med*. 1 févr 2018;378(5):417-27.

156. Sohns C, Fox H, Marrouche NF, Crijns HJGM, Costard-Jaeckle A, Bergau L, et al. Catheter Ablation in End-Stage Heart Failure with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 12 oct 2023;389(15):1380-9.
157. Deshmukh A, Patel NJ, Pant S, Shah N, Chothani A, Mehta K, et al. In-Hospital Complications Associated With Catheter Ablation of Atrial Fibrillation in the United States Between 2000 and 2010. *Circulation*. 5 nov 2013;128(19):2104-12.
158. Tripathi B, Arora S, Kumar V, Abdelrahman M, Lahewala S, Dave M, et al. Temporal trends of in-hospital complications associated with catheter ablation of atrial fibrillation in the United States: An update from Nationwide Inpatient Sample database (2011–2014). *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 1 mai 2018;29(5):715-24.
159. Reddy VY, Neuzil P, Koruth JS, Petru J, Funosako M, Cochet H, et al. Pulsed Field Ablation for Pulmonary Vein Isolation in Atrial Fibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*. 23 juill 2019;74(3):315-26.
160. Verma A, Haines DE, Boersma LV, Sood N, Natale A, Marchlinski FE, et al. Pulsed Field Ablation for the Treatment of Atrial Fibrillation: PULSED AF Pivotal Trial. *Circulation*. 9 mai 2023;147(19):1422-32.
161. Myrstad M, Malmo V, Ulimoen SR, Tveit A, Loennechen JP. Exercise in individuals with atrial fibrillation. *Clin Res Cardiol*. avr 2019;108(4):347-54.
162. Alboni P, Botto GL, Baldi N, Luzi M, Russo V, Gianfranchi L, et al. Outpatient Treatment of Recent-Onset Atrial Fibrillation with the “Pill-in-the-Pocket” Approach. *N Engl J Med*. 2 déc 2004;351(23):2384-91.
163. Raju H, Kalman JM. Management of Atrial Fibrillation in the Athlete. *Heart, Lung and Circulation*. sept 2018;27(9):1086-92.
164. Koopman P, Nuyens D, Garweg C, La Gerche A, De Buck S, Van Casteren L, et al. Efficacy of radiofrequency catheter ablation in athletes with atrial fibrillation. *Europace*. 1 oct 2011;13(10):1386-93.
165. Calvo N, Mont L, Tamborero D, Berruezo A, Viola G, Guasch E, et al. Efficacy of circumferential pulmonary vein ablation of atrial fibrillation in endurance athletes. *Europace*. 1 janv 2010;12(1):30-6.
166. Toso E, Gagliardi M, Peyracchia M, Angelini F, Anselmino M, Ferraris F, et al. Long-term efficacy and impact on quality of life of atrial fibrillation catheter ablation in competitive athletes. *J Sports Med Phys Fitness [Internet]*. août 2022;62(9). Disponible sur: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R40Y2022N09A1266>
167. Calkins H, Hindricks G, Cappato R, Kim YH, Saad EB, Aguinaga L, et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 1 oct 2017;14(10):e275-444.
168. Mantziari L, Styliadis C, Kourtidou-Papadeli C, Styliadis I. Arrhythmias, sudden cardiac death and incapacitation of pilots. *Hippokratia*. août 2008;12(Suppl 1):53-8.

169. Guettler N, Sammito S. Management of atrial fibrillation in German military aircrew. *J Occup Med Toxicol*. 24 juill 2023;18(1):13.
170. Air Force Waiver Guide.
171. Cleland J. Travelling with heart disease. *Practitioner*. févr 1998;242(1583):130-3.
172. Nicol ED, Rienks R, Gray G, Guettler NJ, Manen O, Syburra T, et al. An introduction to aviation cardiology. *Heart*. janv 2019;105(Suppl 1):s3-8.
173. Hanada R, Hisada T, Tsujimoto T, Ohashi K. Arrhythmias observed during high-G training: proposed training safety criterion. *Aviat Space Environ Med*. août 2004;75(8):688-91.
174. Marotte H. Physiologie aéronautique: comportement de l'organisme humain dans l'environnement aéronautique et spatial. Lognes: Éd. SEES; 2004.
175. Organisation de l'aviation civile internationale. Manuel de médecine aéronautique civile [Internet]. Organisation de l'aviation civile internationale; 2012 Troisième édition. Report No.: Doc 8984 AN/895. Disponible sur: [https://www.icao.int/publications/Documents/8984\\_cons\\_FR.pdf](https://www.icao.int/publications/Documents/8984_cons_FR.pdf)
176. Bulletin Officiel des Armées. Instruction n° 800/DEF/DCSSA/AST/AME relative à l'aptitude médicale aux emplois du personnel navigant des forces armées. [Internet]. Disponible sur: <https://www.bo.sga.defense.gouv.fr/texte/37095/N%C2%B0%20800/DEF/DCSSA/AST/AME.html>
177. Arrêté du 22 juillet 2021 relatif à la détermination et au contrôle de l'aptitude médicale du personnel navigant des forces armées et formations rattachées.
178. Bulletin Officiel des Armées. Instruction n° 4000/DEF/DRH-AA/SDEPRH-HP/BPECA relative aux normes médicales d'aptitude applicables au personnel militaire de l'armée de l'air et à la définition des standards d'aptitude médicale minimaux à requérir dans les emplois du personnel navigant. [Internet]. Disponible sur: <https://www.bo.sga.defense.gouv.fr/texte/252795/N%25C2%25B0%204000/DEF/DRH-AA/SDEPRH-HP/BPECA.html>
179. Arrêté du 12 février 2021 relatif aux normes médicales d'aptitude applicables au personnel militaire de l'armée de l'air.
180. Décret n° 2008-967 du 16 septembre 2008 fixant les règles de déontologie propres aux praticiens des armées. 2008-967 sept 16, 2008.
181. Beylot V, Tollu I, Coste S, Vitiello L, Turban G, Gras D. Flight surgeons: from Aptitude evaluation to Operational Fatigue Management. *Medécine et armées*. 1 avr 2017;45:177-81.

182. BOC octobre 2021 | Ministère des Armées [Internet]. 2022. Disponible sur: <https://www.defense.gouv.fr/bulletin-officiel/textes-officiels-du-ministere-armees/textes-officiels-du-ministere-armees-2021/boc-octobre-2021>
183. Touze JÉ, Métais P, Zawieja P. Maladie cardiovasculaire et voyage aérien : particularités et enjeux. *La Presse Médicale*. févr 2012;41(2):109-15.
184. Age Limitations for Commercial Air Transport Pilots - EASA\_REP\_RESEA\_2017\_1 | EASA [Internet]. 2019. Disponible sur: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/research-reports/easarepresea20171>
185. Guettler N, Bron D, Manen O, Gray G, Syburra T, Rienks R, et al. Management of cardiac conduction abnormalities and arrhythmia in aircrew. *Heart*. janv 2019;105(Suppl 1):s38-49.
186. Easy Access Rules for Medical Requirements.
187. AMC & GM to Part-MED | EASA [Internet]. 2011. Disponible sur: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/amc-gm-part-med>
188. Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) | EASA [Internet]. Disponible sur: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/group/part-med---medical-requirements-for-aircrew>
189. Règlement (UE) n o 1178/2011 de la Commission du 3 novembre 2011 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile conformément au règlement (CE) n o 216/2008 du Parlement européen et du Conseil Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE [Internet]. OJ L nov 3, 2011. Disponible sur: <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1178/oj/fra>
190. Arrêté du 25 janvier 2024 modifiant l'arrêté du 12 février 2021 relatif aux normes médicales d'aptitude applicables au personnel militaire de l'armée de l'air.
191. Guettler N, Nicol E, Sammito S. Return to Flying After Catheter Ablation of Arrhythmic Disorders in Military Aircrew. *aerosp med hum perform*. 1 oct 2022;93(10):725-33.
192. Keithler AN, Wilson AS, Yuan A, Sosa JM, Bush KNV. Characteristics of United States military pilots with atrial fibrillation and deployment and retention rates. *BMC Cardiovasc Disord*. déc 2022;22(1):100.
193. European Union Aviation Safety Agency. Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Part-MED Medical requirements for air crew [Internet]. 2019 janv p. 113. Report No.: Issue 2. Disponible sur: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/70485/en>

## Table des figures

---

Figure 1 : Classification de la fibrillation atriale (FA), inspirée des recommandations de la Société européenne de cardiologie*. (Reproduite de Pambrun T. et al. <sup>6</sup> ).....	25
Figure 2 : Caractérisation de la FA par le « Schéma 4S-AF ». (Adaptée de 2020 ESC Guidelines Hindricks G. et al. <sup>2</sup> ) .....	26
Figure 3 : Distribution du coût de prise en charge d'une fibrillation atriale en France en 2004. (Adaptée de Heuzey J.-Y. et al. <sup>51</sup> ) .....	35
Figure 4 : Différentes théories physiopathologiques de la fibrillation atriale. (Adaptée de Derval N. et al. <sup>43</sup> ) .....	38
Figure 5: Le Triangle selon Coumel (Adaptée de Vaziri et al. <sup>75</sup> ) .....	43
Figure 6: Triangle de Coumel suggérant des facteurs étiopathogéniques possibles influençant le développement de la fibrillation atriale chez les athlètes. (Adaptée de Tatangelo M. et al. <sup>29</sup> ) .....	44
Figure 7 : Illustration générale de l'ensemble des facteurs de risque, facteurs prédisposants et facteurs déclenchant d'une FA. (Adaptée de Hindricks G. et al. <sup>2</sup> ).....	44
Figure 8 : Illustration de l'approche ABC dans le traitement de la fibrillation atriale selon les recommandations de l'ESC de 2020. (Adaptée de Hindricks G. et al. <sup>2</sup> ) .....	54
Figure 9 : Exemple d'algorithme de prise en charge de la prévention du risque cardio-embolique*. (Adaptée de Pambrun T. et al. <sup>6</sup> ).....	59
Figure 10 : Algorithme de choix d'antiarythmiques pour le contrôle du rythme cardiaque selon les recommandations 2020 de l'ESC. (Adaptée de Hindricks G. et al. <sup>2</sup> ).....	64
Figure 11 : Algorithme de décisions thérapeutique incluant les stratégies de cardioversion pour le contrôle du rythme cardiaque selon les recommandations 2020 de l'ESC. (Adaptée de Hindricks G. et al. <sup>2</sup> ) .....	67
Figure 12: Schématisation de la procédure d'ablation chirurgicale de la fibrillation atriale et isolation des veines pulmonaires (intervention Cox/Maze III). (Reproduite de Ahlsson A. et al. <sup>140</sup> ) .....	68
Figure 13: Schématisation de la procédure d'ablation par radiofréquence et isolation des veines pulmonaires. (Reproduite de info-consult.info <sup>142</sup> ) .....	69



Figure 14: Représentation tri-dimensionnelle de la procédure d'électroporation ( <i>Pulsed Field Ablation System</i> ). (Reproduite de Boston Scientific <sup>152</sup> ) .....	71
Figure 15: Représentation schématique de l'atteinte sélective des cardiomyocytes par la procédure d'électroporation ( <i>Pulsed Field Ablation System</i> ) préservant les éléments adjacents. (Reproduite de Boston Scientific <sup>153</sup> ) .....	72
Figure 16: Indications issues des recommandations de l'ESC 2020 pour l'ablation par cathéter de la FA symptomatique. (Adaptée de Hindricks G. et al. <sup>2</sup> ) .....	74
Figure 17: Organigramme des spécialités navigantes.....	79
Figure 18 : Diagramme décisionnel de l'aptitude aéromédicale au vol selon l'OACI chez les PN ayant présenté une fibrillation atriale.....	91
Figure 19 : Diagramme de flux.....	107
Figure 20: Répartition selon la fonction aéronautique des Personnels Navigants civils et militaires ayant réalisé leur visite au CPEMPN entre avril 2013 et décembre 2022, dans le cadre d'au moins un épisode de fibrillation atriale. ....	112
Figure 21 : Répartition des prises en charge thérapeutiques suivant leur utilisation en première ou deuxième intention en fonction des populations militaires et civiles.....	115
Figure 22 : Part des stratégies thérapeutiques impliquées dans un succès ou un échec thérapeutique global parmi les PN .....	117
Figure 23 : Proportion de l'anticoagulation en fonction des classes aéronautiques ayant récupéré une aptitude au vol .....	121
Figure 24 : Décision d'aptitude au vol civil parmi l'ensemble des pilotes anticoagulés au long cours par AOD ou AVK.....	121
Figure 25 : Délais décisionnels moyens en jours de la commission aéromédicale en fonction de la stratégie thérapeutique. ....	127
Figure 26 : Délais décisionnels moyens en mois entre l'avis du CPEMPN et la décision de la commission aéromédicale en fonction de la stratégie thérapeutique. ....	127

## Table des tableaux

---

Tableau 1 : Score symptomatique de l' <i>European Heart Rhythm Association</i> pour la FA. ....	49
Tableau 2: Caractéristiques des pilotes militaires actifs avec un diagnostic de fibrillation atriale selon la stratégie médicamenteuse reçue (Reproduit de Keithler A.N. et al <sup>185</sup> ) .....	100
Tableau 3: Comparaison des stratégies thérapeutiques médicales et ablatives selon les taux d'aptitude au vol et d'aptitude opérationnelle des pilotes militaires actifs avec un diagnostic de fibrillation atriale. (Reproduit de Keithler A.N. et al. <sup>185</sup> ).....	102
Tableau 4: Caractéristiques démographiques des Personnels Navigants civils et militaires ayant réalisés leur visite au CPEMPN entre avril 2013 et décembre 2022, dans le cadre d'au moins un épisode de fibrillation atriale.....	109
Tableau 5: Caractéristiques démographiques détaillées des types de postes occupés par les Personnels Navigants civils et militaires ayant réalisé leur visite au CPEMPN entre avril 2013 et décembre 2022, dans le cadre d'au moins un épisode de fibrillation atriale. ....	112

# Annexes

## Annexe 1

### Annexe 1.1

Variable	Personnel Navigant militaire	Personnel Navigant civil	P-value
N	12	50	
Age moyen de détection	44.42 (SD 5.70)	56.96 (SD 10.72)	0.00024
Femme	NA	53.00 (SD 1.41)	
Homme	44.42 (SD 5.70)	57.13 (SD 10.91)	
Sexe			1
Femme	0 (0,0%)	2 (100%)	
Homme	12 (20,0%)	48 (80,0%)	
Fonction			0.0001046
Pilote classe 1	7 (58,3%)	17 (34,0%)	
Pilote classe 2	0 (0,0%)	29 (58,0%)	
Non-pilote	5 (41,7%)	4 (8,0%)	
Heure de vol			0.02296
< 1000	2 (16,7%)	19 (38,8%)	
1000 – 10 000	9 (75,0%)	15 (30,6%)	
> 10 000	1 (8,3%)	15 (30,6%)	
NC	1		
HTA			0.002228
OUI	0 (0,0%)	23 (46,0%)	
NON	12 (100%)	27 (54,0%)	
IMC			0.3345
Normal	6 (50,0%)	17 (34,0%)	
Pathologique	6 (50,0%)	33 (66,0%)	
<i>Dont surpoids</i>	5 (41,7%)	24 (48,0%)	
<i>Dont obésité</i>	1 (8,3%)	9 (18,0%)	
Diabète			0.5784
OUI	0 (0,0%)	4 (8,0%)	
NON	12 (100%)	46 (92,0%)	
Tabagisme			0.5087
Actif	2 (16,7%)	4 (8,2%)	
Sevré	4 (33,3%)	14 (28,6%)	
Non-fumeur	6 (50,0%)	31 (63,3%)	
Activité sportive			0.3502
Faible	2 (16,7%)	21 (42,9%)	
Moyenne	5 (41,7%)	14 (28,6%)	
Elevée	2 (16,7%)	7 (14,3%)	
Très élevée/Compétition	3 (25,0%)	7 (14,3%)	
Autres pathologies chroniques associées hors CV et hors diabète			1
OUI	1 (8,3%)	6 (12,0%)	
NON	11 (91,7%)	44 (88,0%)	

## Annexe 1.2

Variable	Personnel Navigant militaire	Personnel Navigant civil	P-value
EHRA <sup>2</sup>			0,5721
Stade I	4 (33,3%)	25 (50,0%)	
Stade IIa	1 (8,3%)	5 (10,0%)	
Stade IIb	4 (33,3%)	7 (14,0%)	
Stade III	2 (16,7%)	8 (16,0%)	
Stade IV	1 (8,3%)	5 (10,0%)	
Apparition			1
Repos	10 (83,3%)	42 (84,0%)	
Effort	2 (16,7%)	7 (14,0%)	
Vol	0 (0,0%)	1 (2,0%)	
Lieu de découverte			0,02966
Médecine conventionnelle/Hôpital	5 (41,7%)	32 (64,0%)	
Médecin Aéronautique	1 (8,3%)	11 (22,0%)	
CPEMPN	6 (50,0%)	7 (14,0%)	
Type FA			0,7396
Paroxystique	7 (58,3%)	33(66,0%)	
Persistante	5 (41,7%)	17(34,0%)	
Caractéristiques FA			
Cardiopathie s/jacente	2 (16,7%)	11 (22,0%)	0,6836
Etiologie curable	1 (8,3%)	4 (8,0%)	0,9696
Facteur favorisant	6 (50,0%)	15 (30,0%)	0,2419
Idiopathique 100%	4 (33,3%)	27 (54,0%)	0,1985
CHA2DS2-VASc			0,02318
0	10 (83,3%)	17 (34,0%)	
1	2 (16,7%)	12 (24,0%)	
2	0 (0,0%)	17 (34,0%)	
3	0 (0,0%)	2 (4,0%)	
4	0 (0,0%)	2 (4,0%)	
CHA2DS2-VASc > 0	2 (16,7%)	33 (66,0%)	0,002929
Oreillette gauche			0,09552
Normal	4 (33,3%)	30 (60,0%)	
Dilatée	8 (66,7%)	20 (40,0%)	
Dont dilatation modérée	6 (50,0%)	12 (24,0%)	
Dont dilatation moyenne	1 (8,3%)	6 (12,0%)	
Dont dilatation importante	1 (8,3%)	2 (4,0%)	

<sup>2</sup>Au moment de la découverte ou sur une récurrence

## Annexe 2

Arguments à l'anticoagulation	AOD (N=18)	AVK (N=8)
Récidive et persistance	1	4
IA	1	0
IM	2	0
PaceMaker	1	0
AVC récent	2	0
Stent actif	0	1
Cardiomyopathie hypertrophique	1	0
Cardiomyopathie dilatée	2	1
Ablation par Radiofréquence récente	1	0
CHA2DS2-VASc 4	1	0
CHA2DS2-VASc 3	2	0
CHA2DS2-VASc 2	1	1
Dilatation bi-atriale	1	0
Hyperexcitabilité permanente	1	0
Pas d'argument retrouvé	1	1

## Annexe 3

	Hors ablation par Radiofréquence (N=38)	Après ablation par Radiofréquence* (N=24)	P-value
Sans anticoagulant au long cours	19 (50,0%)	17 (70,8%)	0,03626
Avec anticoagulant au long cours	19 (50,0%)	7 (29,2%)	
Dont AOD	11 (28,9%)	7 (29,2%)	
Dont AVK	8 (21,1%)	0 (0,0%)	

\*Tous les patients ont reçu une anticoagulation post-ablation pendant une durée de 3 mois.

## Annexe 4

	Succès thérapeutique* (N=51)	Echec thérapeutique (N=11)	P-value
<b>Personnels Navigants</b>			
Dont Militaire	11 (91,7%)	1 (8,3%)	0,6747
Dont Civil	40 (80,0%)	10 (20,0%)	
<b>Réduction spontanée</b>	4 (7,8%)	0 (0,0%)	1
<b>Traitement médical</b>			
Réduction provoquée	11 (21,6%)	4 (36,4%)	0,437
<i>Cardioversion chimique</i>	3 (5,9%)	1 (9,1%)	0,552
<i>Cardioversion électrique</i>	8 (15,7%)	3 (27,3%)	0,3943
Contrôle exclusif rythme / fréquence	13 (25,5%)	6 (54,5%)	0,07694
<b>Total contrôle rythme / fréquence**</b>	27 (52,9%)	9 (81,8%)	0,1006
Antiarythmique	19 (37,3%)	4 (36,4%)	1
Bêtabloquant	16 (31,4%)	7 (63,6%)	0,04453
<b>Ablation par RF</b>			
Aucune	28 (54,9%)	10 (90,9%)	0,03886
Effectuée	23 (45,1%)	1 (9,1%)	
<i>En 1ère intention</i>	5 (9,8%)	0 (0,0%)	0,5752
<i>En 2nde intention</i>	20 (39,2%)	1 (9,1%)	0,08048
<i>Sans anticoagulation***</i>	16 (31,4%)	1 (9,1%)	0,262

\*Retour à un rythme sinusal régulier et sans récurrence de FA

\*\*Le Total contrôle rythme / fréquence correspond au moins à la présence d'un antiarythmique ou d'un bêtabloquant en plus d'une stratégie thérapeutique autre qu'aura reçu le PN

\*\*\*Ablation par Radiofréquence de la FA sans anticoagulation au long cours après intervention

## Annexe 5

	Délai avant récurrence		P-value (Test t de Welch)	Délai de suivi après récurrence		P-value (Test t de Welch)
	Moyenne en mois	Ecart type		Moyenne en mois	Ecart type	
Réduction spontanée	44,0	69,8	0,8486	NA	NA	0,8587
<b>Traitement médical</b>						
Cardioversion chimique	34,0	54,2		20,5	27,6	
Cardioversion électrique	58,0	51,2		21,3	26,7	
Contrôle du rythme / fréquence	39,9	50,2		26,9	24,0	
<b>Ablation par RF</b>	55,2	46,6		32,8	36,0	

## Annexe 6

### Annexe 6.1

Variable	Apte au vol (N=48)	Inapte définitif au vol (N=14)	P-value
Age moyen de détection (années)	53,50	58,07	0,17
Sexe			1
Femme	2 (4,2%)	0 (0%)	
Homme	46 (95,8%)	14 (100%)	
Statut			0,7174
Militaire	10 (20,8%)	2 (14,3%)	
Civils	38 (79,2%)	12 (85,7%)	
Fonction			1
Pilote classe 1	19 (39,6%)	5 (35,7%)	
Pilote classe 2	22 (45,8%)	7 (50,0%)	
Non-pilote	7 (14,6%)	2 (14,3%)	
Heure de vol			0,6386
< 1000	15 (31,9%)	6 (42,9%)	
1000 – 10 000	20 (42,6%)	4 (28,6%)	
> 10 000	12 (25,5%)	4 (28,6%)	
NC	1		
HTA			0,004216
OUI	13 (27,1%)	10 (71,4%)	
NON	35 (72,9%)	4 (28,6%)	
IMC			0,5412
Normal	19 (39,6%)	4 (28,6%)	
Pathologique	29 (60,4%)	10 (71,4%)	
<i>Dont surpoids</i>	22 (45,8%)	7 (50,0%)	
<i>Dont obésité</i>	7 (14,6%)	3 (21,4%)	
Diabète			0,03311
OUI	1 (2,1%)	3 (21,4%)	
NON	47 (97,9%)	11 (78,6%)	
Tabagisme			0,7993
Actif	5 (10,4%)	1 (7,7%)	
Sevré	13 (27,1%)	5 (38,5%)	
Non-fumeur	30 (62,5%)	7 (53,8%)	
Activité sportive			0,07232
Faible	16 (33,3%)	7 (53,8%)	
Moyenne	18 (37,5%)	1 (7,7%)	
Elevée	8 (16,7%)	1 (7,7%)	
Très élevée/Compétition	6 (12,5%)	4 (30,8%)	
Autres pathologies chroniques associées hors CV et hors diabète			0,0401
OUI*	3 (6,2%)	4 (28,6%)	
NON	45 (93,8%)	10 (71,4%)	

\*6 SAHOS et 1 LLC

## Annexe 6.2

Variable au moment du diagnostic	Apte au vol (N=48)	Inapte définitif au vol (N=14)	P-value
EHRA <sup>2</sup>			0,1292
Stade I	23 (47,9%)	6 (42,9%)	
Stade IIa	2 (4,2%)	4 (28,6%)	
Stade IIb	10 (20,8%)	1 (7,1%)	
Stade III	8 (16,7%)	2 (14,3%)	
Stade IV	5 (10,4%)	1 (7,1%)	
Apparition			1
Repos	40 (83,3%)	12 (85,7%)	
Effort	7 (14,6%)	2 (14,3%)	
Vol	1 (2,1%)	0 (0,0%)	
Lieu de découverte			0,8357
Médecine conventionnelle/Hôpital	28 (58,3%)	9 (64,3%)	
Med Aéro	9 (18,8%)	3 (21,4%)	
CPEMPN	11 (22,9%)	2 (14,3%)	
Type FA			0,5391
Paroxystique	32 (66,7%)	8 (57,1%)	
Persistante	16 (33,3%)	6 (42,9%)	
Caractéristiques FA			
Cardiopathie s/jacente	9 (69,2%)	4 (30,8%)	0,427
Etiologie curable	3 (60,0%)	2 (40,0%)	0,3313
Facteur favorisant	17 (81,0%)	4 (19,0%)	0,9837
Idiopathique 100%	24 (77,4%)	7 (22,6%)	1
CHA2DS2-VASc			0,01009
0	23 (47,9%)	4 (28,6%)	
1	12 (25,0%)	2 (14,3%)	
2	13 (27,1%)	4 (28,6%)	
3	0 (0,0%)	2 (14,3%)	
4	0 (0,0%)	2 (14,3%)	
CHA2DS2-VASc > 0	25 (52,1%)	10 (71,4%)	0,2351
CHA2DS2-VASc > 1	13 (27,1%)	8 (57,1%)	0,03653
Oreillette gauche			0,3685
Normal	28 (58,3%)	6 (42,9%)	
Dilatée	20 (41,7%)	8 (57,1%)	
Dont dilatation modérée	5 (10,4%)	2 (14,3%)	
Dont dilatation moyenne	13 (27,1%)	5 (35,7%)	
Dont dilatation importante	2 (4,2%)	1 (7,1%)	

<sup>2</sup>Au moment de la découverte ou sur une récurrence



## Annexe 7

Variable	Apte au vol	Inapte au vol	Total
PN militaire (N=12)			
Pilote	5 (71,4%)	2 (28,6%)	7 (100%)
Non pilote	5 (100%)	0 (0,0%)	5 (100%)
Aptitude civile (N= 50 civils + 7 militaires)			
Classe 1	19 (79,2%)	5 (20,8%)	24 (100%)
Classe 2	22 (75,9%)	7 (24,1%)	29 (100%)
Non pilotes	2 (50,0%)	2 (50,0%)	4 (100%)

## Annexe 8

Variable	Second pilote qualifié à bord	Suivi régulier imposé	Suivi régulier dans un lieu donné	Inapte OPEX-OM	SSL-Voltige exclue
Pilotes militaires (N=5)	4 (80,0%)	4 (80,0%) (TML)	5 (100%) (SSL)	3 (60,0%)	
Pilotes Classe 1 (N=19)	15 (78,9%) (OML)	17 (89,4%) (TML)	19 (100%) (SSL)		11 (57,9%)
Pilotes Classe 2 (N=22)	13 (59,1%) (OSL)	20 (90,9%) (TML)	22 (100%) (SSL)		10 (45,5%)
Non pilote militaire (N=5)		4 (80,0%) (TML)	5 (100%) (SSL)	4 (80,0%)	
Non pilotes civil (N=2)		2 (100%) (TML)	2 (100%) (SSL)		

## Annexe 9

Variable	Aptitude SOLO (N=13)	Aptitude double commande (N=28)	P-value
Type FA			0,4507
Paroxystique	11 (84,6%)	19 (67,9%)	
Persistante	2 (15,4%)	9 (32,1%)	
Caractéristiques FA			
Cardiopathie sous-jacente	3 (23,1%)	6 (21,4%)	1
Etiologie curable	0 (0,0%)	2 (7,1%)	1
Facteur favorisante	2 (15,4%)	12 (42,9%)	0,08431
Idiopathique 100%	8 (61,5%)	13 (46,4%)	0,5055
CHA2DS2-VASc > 0	4 (30,0%)	19 (67,9%)	0,0425
Oreillette gauche			0.1035
Normal	10 (76,9%)	14 (50,0%)	
Dilatée	3 (23,1%)	14 (50,0%)	
Dont dilatation modérée	1 (7,7%)	9 (32,1%)	
Dont dilatation moyenne	1 (7,7%)	4 (14,3%)	
Dont dilatation importante	1 (7,7%)	1 (3,6%)	
Comorbidités (HTA, diabète, surpoids)	4 (30,8%)	11 (39,3%)	0.7337

<sup>2</sup>Au moment de la découverte ou sur une récurrence

## Annexe 10

### Annexe 10.1

Variable	Pilote classe 1	Pilote classe 2	Non pilotes	P-value
Effectif total	24	29	9	
Aucun anticoagulant	18 (75,0%)	13 (44,8%)	5 (55,6%)	0.08216
Anticoagulant	6 (25,0%)	16 (55,2%)	4 (44,4%)	
Dont AOD	5 (20,8%)	10 (34,5%)	3 (33,3%)	
Dont AVK	1 (4,2%)	6 (20,7%)	1 (11,1%)	

### Annexe 10.2

	Pilote classe 1		Pilote classe 2		Non pilotes	
	Apte	Inapte	Apte	Inapte	Apte	Inapte
Effectif total	19	5	22	7	7	2
Aucun anticoagulant	16 (84,2%)	2 (40,0%)	13 (59,1%)	0 (0,0%)	5 (71,4%)	0 (0,0%)
Anticoagulant	3 (15,8%)	3 (60,0%)	9 (40,9%)	7 (100%)	2 (28,6%)	2 (100%)
Dont AOD	3 (15,8%)	2 (40,0%)	5 (22,7%)	5 (71,4%)	2 (28,6%)	1 (50,0%)
Dont AVK	0 (0,0%)	1 (20,0%)	4 (18,2%)	2 (28,6%)	0 (0,0%)	1 (50,0%)

## Annexe 11

	TOTAL (N=62)	Apte au vol (N=48)	Inapte définitif (N=14)	P-value
<b>Réduction spontanée</b>	4 (6,5%)	3 (6,2%)	1 (7,1%)	1
<b>Traitement médical</b>				
Réduction provoquée	15 (24,2%)	12 (25,0%)	3 (21,4%)	1
<i>Cardioversion chimique</i>	4 (6,5%)	3 (6,2%)	1 (7,1%)	1
<i>Cardioversion électrique</i>	11 (17,8%)	9 (18,8%)	2 (14,3%)	1
Contrôle exclusif rythme / fréquence	19 (30,6%)	13 (27,1%)	6 (42,9%)	0,3273
<b>Total contrôle rythme / fréquence</b>	36 (58,1%)	24 (50,0%)	12 (85,7%)	0,02907
Antiarythmique	23 (37,1%)	17 (35,4%)	6 (42,9%)	0,7548
Bêtabloquant	23 (37,1%)	14 (29,2%)	9 (64,3%)	0,02682
<b>Ablation par RF</b>				
Aucune	38 (61,3%)	28 (58,3%)	10 (71,4%)	0,5354
Effectuée	24 (38,7%)	20 (41,7%)	4 (28,6%)	
<i>En 1ère intention</i>	5 (8,06%)	5 (10,4%)	0 (0,0%)	0,579
<i>En 2nde intention</i>	21 (33,9%)	17 (35,4%)	4 (28,6%)	0,7548
<i>Sans anticoagulation**</i>	17 (27,4%)	15 (31,2%)	2 (14,3%)	0,262
<b>Anticoagulation au long cours</b>				
Aucune	36 (58,1%)	34 (70,8%)	2 (14,3%)	0,000353
Présente	26 (41,9%)	14 (29,2%)	12 (85,7%)	
<i>Dont AVK</i>	8 (12,9%)	4 (8,3%)	4 (28,6%)	
<i>Dont AOD</i>	18 (29,0%)	10 (20,8%)	8 (57,1%)	

\*\*Ablation par Radiofréquence de la FA sans anticoagulation au long cours après intervention

## Annexe 12

	TOTAL (N=41)	Aptitude SOLO (N=13)	Aptitude double commande (N=28)	P-value	Voltige exclue (N=21)	P-value
<b>Réduction spontanée</b>	3 (7,3%)	1 (7,7%)	2 (7,1%)	1		
<b>Traitement médical</b>						
Réduction provoquée	10 (24,3%)	2 (15,4%)	8 (28,6%)	0,4577		
<i>Dont cardioversion chimique</i>	2 (4,8%)	0 (0,0%)	2 (7,1%)	1		
<i>Dont cardioversion électrique</i>	8 (19,5%)	2 (15,4%)	6 (21,4%)	1		
Contrôle exclusif rythme / fréquence	11 (26,8%)	4 (30,8%)	7 (25,0%)	0,7186		
<b>Total contrôle rythme / fréquence</b>	21 (51,2%)	4 (30,8%)	17 (60,7%)	0,1001	11 (52,4%)	1
Antiarythmique	14 (34,1%)	3 (23,1%)	11 (39,3%)	0,4815	7 (33,3%)	1
Bêtabloquant	12 (29,3%)	2 (15,4%)	10 (35,7%)	0,2756	6 (28,6%)	1
<b>Ablation par RF</b>				0,7417		1
Aucune	24 (58,5%)	7 (53,8%)	17 (60,7%)		13 (61,9%)	
Effectuée	17 (42,5%)	6 (46,2%)	11 (39,3%)		8 (38,1%)	
<i>En 1ère intention</i>	3 (7,3%)	2 (15,4%)	1 (3,6%)	0,5627	2 (9,5%)	1
<i>En 2nde intention</i>	16 (39,0%)	5 (38,5%)	11 (39,3%)	0,8153	8 (38,1%)	1
<i>Sans anticoagulation**</i>	17 (27,4%)	5 (38,5%)	7 (25,0%)	0,4686	5 (23,8%)	0,5055
<b>Anticoagulation au long cours</b>						
Aucune	29 (70,7%)	12 (92,3%)	17 (60,7%)	0,03855	15 (71,4%)	1
Présente	12 (29,3%)	1 (7,7%)	11 (39,3%)		6 (28,6%)	
<i>Dont AVK</i>	4 (9,8%)	0 (0,0%)	4 (14,3%)		1 (4,8%)	
<i>Dont AOD</i>	8 (19,5%)	1 (7,7%)	7 (25,0%)		5 (23,8%)	

\*\*Ablation par Radiofréquence de la FA sans anticoagulation au long cours après intervention

## Annexe 13

	Pas de suivi régulier imposé (N=5)	Suivi régulier imposé (N=43)	P-value	Suivi régulier imposé /12 mois (N=14)	Suivi régulier imposé /6 mois (N=29)	P-value
<b>Réduction spontanée</b>	0 (0,0%)	3 (7,0%)	1	1 (7,1%)	2 (6,9%)	1
<b>Traitement médical</b>						
Réduction provoquée	3 (60,0%)	9 (20,9%)	0,09181	4 (28,6%)	5 (17,2%)	0,4415
<i>Cardioversion chimique</i>	1 (20,0%)	2 (4,7%)	0,2865	0 (0,0%)	2 (6,9%)	1
<i>Cardioversion électrique</i>	2 (40,0%)	7 (16,3%)	0,2314	4 (28,6%)	3 (10,3%)	0,19
Contrôle exclusif rythme / fréquence	1 (20,0%)	12 (27,9%)	1	4 (28,6%)	8 (27,6%)	1
<b>Total contrôle rythme / fréquence</b>	2 (40,0%)	22 (51,2%)	1	6 (42,9%)	16 (55,2%)	0,5256
Antiarythmique	2 (40,0%)	15 (34,9%)	1	4 (28,6%)	11 (37,9%)	0,7354
Bêta-bloquant	1 (20,0%)	13 (30,2%)	1	4 (28,6%)	9 (31,0%)	1
<b>Ablation par RF</b>						
Aucune	4 (80,0%)	24 (55,8%)	0,3848	9 (64,3%)	15 (51,7%)	0,5229
Effectuée	1 (20,0%)	19 (44,2%)		5 (35,7%)	14 (48,3%)	
<i>En 1ère intention</i>	0 (0,0%)	5 (11,6%)	1	2 (14,3%)	3 (10,3%)	1
<i>En 2nde intention</i>	1 (20,0%)	16 (37,2%)	0,643	14 (28,6%)	12 (41,4%)	0,512
<i>Sans anticoagulation**</i>	1 (20,0%)	14 (32,6%)	1	4 (28,6%)	10 (34,5%)	1
<b>Anticoagulation au long cours</b>						
Aucune	3 (60,0%)	31 (72,1%)	0,6208	11 (78,6%)	20 (69,0%)	0,7199
Présente	2 (40,0%)	12 (27,9%)		3 (21,4%)	9 (31,0%)	
<i>Dont AVK</i>	1 (20,0%)	9 (20,9%)		2 (14,3%)	7 (24,1%)	
<i>Dont AOD</i>	1 (20,0%)	3 (7,0%)		1 (7,1%)	2 (6,9%)	

\*\*Ablation par Radiofréquence de la FA sans anticoagulation au long cours après intervention

## Annexe 14

Variable	Inchangé (N=18)	Réduction des capacités opérationnelles (N=6)	Reconversion (N=3)	P-value
Militaires (N=10)	2 (11,1%)	6 (100%)	2 (66,7%)	0,00005654
Civils (N=17)	16 (88,9%)	0 (0,0%)	1 (33,3%)	
Pilotes militaires (N=5)	1 (5,2%)	2 (33,3%)	2 (50,0%)	
Pilotes Classe 1 (N=19)	14 (77,8%)	2 (33,3%)	3 (100,0%)	
Pilotes Classe 2 (N=1)	1 (5,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0,1159
Non pilote (N=7)	3 (15,8%)	4 (67,7%)	0 (0,0%)	

## Annexe 15

	Inchangé (N=18)	Réduction des capacités opérationnelles (N=6)	Reconversion (N=3)	P-value
<b>Réduction spontanée</b>	1 (5,6%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1
<b>Traitement médical</b>				
Réduction provoquée	4 (22,2%)	1 (16,7%)	0 (0,0%)	1
<i>Cardioversion chimique</i>	0 (0,0%)	1 (16,7%)	0 (0,0%)	
<i>Cardioversion électrique</i>	4 (22,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0,5824
Contrôle exclusif rythme / fréquence	5 (27,8%)	2 (33,3%)	0 (0,0%)	0,6722
<b>Total contrôle rythme / fréquence</b>	10 (55,6%)	2 (33,3%)	1 (33,3%)	0,6146
Antiarythmique	7 (38,9%)	2 (33,3%)	1 (33,3%)	1
Bêtabloquant	6 (33,3%)	1 (16,7%)	1 (33,3%)	0,8263
<b>Ablation par RF</b>				
Aucune	10 (55,6%)	3 (50,0%)	0 (0,0%)	0,3469
Effectuée	8 (44,4%)	3 (50,0%)	3 (100%)	
<i>Sans anticoagulation**</i>	7 (38,9%)	3 (50,0%)	2 (50,0%)	0,6098
<b>Anticoagulation au long cours</b>				
Aucune	16 (88,8%)	4 (66,7%)	2 (66,7%)	0,2192
Présente	2 (11,1%)	2 (33,3%)	1 (33,3%)	
<i>Dont AVK</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	
<i>Dont AOD</i>	2 (11,1%)	2 (33,3%)	1 (33,3%)	

\*\*Ablation par Radiofréquence de la FA sans anticoagulation au long cours après intervention

## Annexe 16

Variable	Aucun impact (N=24)	Augmentation d'activité (N=4)	Réduction d'activité (N=13)	P-value
Militaires	5 (20,8%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0,2443
Civils	19 (79,2%)	4 (100%)	13 (100%)	
<b>Pilotes militaires (N=5)</b>				
Pilotes militaires (N=5)	5 (16,7%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	
<b>Pilotes Classe 1 (N=19)</b>				
Pilotes Classe 1 (N=19)	17 (70,8%)	0 (0,0%)	2 (15,4%)	0,0004952
<b>Pilotes Classe 2 (N=22)</b>				
Pilotes Classe 2 (N=22)	7 (29,2%)	4 (100%)	11 (84,6%)	

## Annexe 17

	Aucun impact (N=24)	Augmentation d'activité (N=4)	Réduction d'activité (N=13)	P-value
<b>Réduction spontanée</b>	2 (8,3%)	0 (0,0%)	1 (7,7%)	1
<b>Traitement médical</b>				
Réduction provoquée	4 (16,7%)	0 (0,0%)	6 (46,2%)	0,1149
<i>Cardioversion chimique</i>	1 (4,2%)	0 (0,0%)	1 (7,7%)	1
<i>Cardioversion électrique</i>	3 (12,5%)	0 (0,0%)	5 (38,5%)	0,1133
Contrôle exclusif rythme / fréquence	5 (20,8%)	1 (25,0%)	5 (38,5%)	0,5288
<b>Total contrôle rythme / fréquence</b>	12 (50,0%)	0 (0,0%)	9 (69,2%)	0,05286
Antiarythmique	9 (37,5%)	0 (0,0%)	5 (38,5%)	0,4263
Bêtabloquant	8 (33,3%)	0 (0,0%)	4 (30,8%)	0,5321
<b>Ablation par RF</b>				
Aucune	11 (45,8%)	1 (25,0%)	12 (92,3%)	0,005048
Effectuée	13 (54,2%)	3 (75,0%)	1 (7,7%)	
<i>Sans anticoagulation**</i>	10 (41,7%)	2 (50,0%)	0 (0,0%)	0,009262
<b>Anticoagulation au long cours</b>				
Aucune	21 (87,5%)	3 (75,0%)	5 (38,5%)	0,006443
Présente	3 (12,5%)	1 (25,0%)	8 (61,1%)	
<i>Dont AVK</i>	3 (12,5%)	1 (25,0%)	4 (30,8%)	
<i>Dont AOD</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4 (30,8%)	

\*\*Ablation par Radiofréquence de la FA sans anticoagulation au long cours après intervention

## Annexe 18

Variable	Moyenne	Médiane	Ecart-type	IC 95%
Durée totale de suivi au CPEMPN (en mois)	55,4	39,0	50,7	42,7 ; 68,1
<i>Dont des PN aptes (en mois)</i>	60,7	43,0	52,3	45,9 ; 75,5
<i>Dont des PN inaptes (en mois)</i>	35,8	20,0	40,0	14,0 ; 57,5
Délais sans récurrence après traitement initial en mois	41,8	16,0	52,6	28,7 ; 54,9
Délais sans récurrence après traitement secondaire en mois	28,1	18,0	31,3	18,2 ; 38,1
Délais entre l'avis du CPEMPN et décision de la commission aéromédicale en mois N=51	4,6	3	4,3	3,5 ; 5,7
<i>Dont des PN aptes (en mois) N=47</i>	4,7	3	4,5	3,5 ; 6,0
<i>Dont des PN inaptes (en mois) N=14</i>	4,1	3	3,6	2,3 ; 6,0
Délai décisionnel de la commission aéromédicale en mois N=51	2,4	1	2,7	1,7 ; 3,2
<i>Dont des PN aptes (en mois) N=40</i>	2,4	1	2,7	1,6 ; 3,3
<i>Dont des PN inaptes (en mois) N=11</i>	2,4	1	2,8	0,7 ; 4,0
Délai décisionnel de la commission aéromédicale en jours N=51	73,3	44	81,0	51,1 ; 95,6

## Annexe 19

Stratégie thérapeutique en lien avec le délai décisionnel	Délai décisionnel en mois entre l'avis du CPEMPN et la décision de la commission aéromédicale			<i>P-value</i> (Test <i>t de Welch</i> )	Délai décisionnel en jours de la commission aéromédicale			<i>P-value</i> (Test <i>t de Welch</i> )
	<i>N</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type</i>		<i>N</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type</i>	
				0,3807				0,3631
Réduction spontanée	3	4,7	3,8		3	105,3	114,9	
<b>Traitement médical</b>								
Cardioversion chimique	8	3,3	1,9		5	45,8	27,4	
Cardioversion électrique	12	5,3	3,3		8	95,5	77,9	
Contrôle du rythme/fréquence	23	3,7	4,6		20	47,9	35,3	
<b>Ablation par RF</b>	15	6,1	5,3		15	98,1	119,4	



## La Fibrillation Atriale chez le Personnel Navigant : Critères de réhabilitation, enjeux d'aptitude et spécificités de prise en charge

### Résumé :

CONTEXTE : La fibrillation atriale (FA) est le trouble du rythme cardiaque soutenu le plus fréquent dans le monde, avec une prévalence en constante progression. Bien que cette pathologie soit souvent associée au vieillissement, elle peut concerner des sujets jeunes et sportifs. Le personnel navigant (PN) n'est pas exempt de cette maladie, avec des conséquences graves si elle survient lors du vol, motivant souvent une anticoagulation préventive. Les avancées thérapeutiques récentes, comme les anticoagulants oraux directs et les procédures d'ablation par cathéter, ont amélioré la prise en charge de la FA. De plus, depuis 2013, la réglementation aéronautique civile européenne, appliquée en France, prévoit la possibilité d'une récupération d'aptitude au vol sous traitement anticoagulant. La réhabilitation des PN français après un épisode de FA est gérée par des commissions aéromédicales nationales, avec des normes spécifiques pour les PN civils et militaires.

OBJECTIF : Cette étude vise à comprendre les leviers de réhabilitation au vol des personnels navigants français atteints de FA.

MÉTHODE : En utilisant la base de données anonymisées des dossiers médicaux papiers et informatiques du Centre Principal d'Expertise Médicale du Personnel Navigant (CPMPN) de l'Hôpital National d'Instruction des Armées (HNIA) Percy (à Clamart), notre étude observationnelle descriptive et de cohorte rétrospective s'intéresse aux expertises médicales de personnels navigants civils et militaires. Nous avons évalué 62 dossiers de patients âgés de plus de 18 ans ayant eu un épisode de fibrillation atriale (FA) entre avril 2013 et décembre 2022. L'étude se concentre sur la récupération d'une aptitude au vol, cruciale pour ces personnels, en fonction des réglementations et du type de personnel navigant (pilotes classe 1 et 2, PN techniques et commerciaux, pilotes et PN militaires). Des tests *du Chi-deux, exact de Fisher et T de Student* ont été réalisés pour évaluer les facteurs prédictifs de réhabilitation au vol.

RÉSULTATS : L'âge de diagnostic de la FA chez le PN est précoce, avec une moyenne de 54 ans, et encore plus précoce chez les PN militaires, avec une moyenne de 44 ans. La population étudiée est principalement jeune et sportive. Les facteurs de risque cardiovasculaires ne sont pas majeurs, voire presque absents chez les PN militaires, et le risque thrombo-embolique est majoritairement faible (un score de CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc entre 0 et 1 concerne 2/3 de l'effectif). Néanmoins, 1/3 des sujets sont hypertendus et 2/3 sont en situation de surpoids ou d'obésité. La FA est une fois sur deux idiopathique, majoritairement paroxystique (65%), et asymptomatique (47%). Elle est fréquemment diagnostiquée au repos (84%) à l'occasion d'une visite d'aptitude périodique (40%). L'ablation par radiofréquence est la stratégie thérapeutique privilégiée par les PN (39%), surtout militaires, permettant une guérison dans 96% des cas, ce qui influe positivement le taux global de récupération d'aptitude au vol (77%). L'anticoagulation concerne 42% des PN, et les déclarations d'inaptitude (ou dans le meilleur des cas d'aptitude avec limitation(s)) restent courantes pour les PN civils anticoagulés (malgré les autorisations récentes de vol sous anticoagulant). Quant aux PN militaires, les récupérations d'aptitudes sont fréquentes, mais les limitations concernent principalement les pilotes. L'étude souligne, d'une part, l'importance du suivi médical régulier des PN pour prévenir et dépister une FA, d'autre part, l'intérêt de nombreux facteurs prédictifs pouvant orienter la décision d'aptitude. L'un de ces facteurs concerne le score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc : un score < 2 ( $p=0,04$ ) semble prédictif d'une récupération d'aptitude au vol et un score < 1 ( $p=0,04$ ) semble prédictif d'une récupération de l'aptitude au pilotage monocommande.

**Spécialité :** [DES de Médecine Générale](#)

### Mots clés français :

[Fibrillations atriale](#) / [Ablation atriale par radiofréquence](#) / [Ablation, Radiofréquence](#) / [Anticoagulant](#) / [Traitements, Anticoagulation](#) / [Traitements antiarythmiques](#) / [Arythmies cardiaques](#) / [Continuité des soins, patients](#) / [Médecine aéronautique](#) / [Médecine, Avion](#) / [Personnel navigant militaire](#) / [Militaire, aviation](#)

### Forme ou Genre :

[fMeSH : Dissertation universitaire](#)

[Rameau : Thèses et écrits académiques](#)

Université Paris Cité  
UFR de médecine  
15 Rue de l'École de Médecine  
75006 Paris