



**Université de Poitiers**  
**Faculté de Médecine et de Pharmacie**

Année 2021

**THESE**  
**POUR LE DIPLOME D'ETAT**  
**DE DOCTEUR EN MEDECINE**  
**(Décret du 16 janvier 2004)**

Présentée et soutenue publiquement  
Le 28/09/2021 à Poitiers

**Par Thomas ROXBURGH, né le 27 décembre 1992 à Birmingham**

**Faisabilité et efficacité de la réalité virtuelle  
pendant l'ablation de fibrillation atriale**

**Composition du Jury :**

**Président** : Monsieur le Professeur Luc-Philippe CHRISTIAENS

**Membres** : Madame la Professeure Claire BOULETI  
Monsieur le Docteur Bruno DEGAND

**Directeur** : Monsieur le Docteur Rodrigue GARCIA



**Université de Poitiers**  
**Faculté de Médecine et de Pharmacie**

Année 2021

**THESE**  
**POUR LE DIPLOME D'ETAT**  
**DE DOCTEUR EN MEDECINE**  
**(Décret du 16 janvier 2004)**

Présentée et soutenue publiquement  
Le 28/09/2021 à Poitiers  
Par **Thomas ROXBURGH**, né le 27 décembre 1992 à Birmingham

**Faisabilité et efficacité de la réalité virtuelle  
pendant l'ablation de fibrillation atriale**

**Composition du Jury :**

**Président** : Monsieur le Professeur Luc-Philippe CHRISTIAENS

**Membres** : Madame la Professeure Claire BOULETI  
Monsieur le Docteur Bruno DEGAND

**Directeur** : Monsieur le Docteur Rodrigue GARCIA



Le Doyen,

Année universitaire 2020 - 2021

## LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

### Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- BOULETI Claire, cardiologie
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- ISAMBERT Nicolas, cancérologie
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation (**en disponibilité**)
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
- LECLERE Franck, chirurgie plastique, reconstructrice
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- MACCHI Laurent, hématologie
- MCHEIK Jiad, chirurgie infantile
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT-POCHAT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie
- ROBERT René, réanimation

- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie (**retraite 01/03/2021**)
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- SILVAIN Christine, hépato-gastro-entérologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie
- XAVIER Jean, pédopsychiatrie

### Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY-LLATY Marion, santé publique (**en mission 2020/21**)
- ALLAIN Géraldine, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie (**en cours d'intégration PH**)
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail (**en détachement**)
- BILAN Frédéric, génétique
- BOISSON Matthieu, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire (**en mission 1 an à/c nov.2020**)
- CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
- CAYSSIALS Emilie, hématologie
- COUDROY Rémy, réanimation
- CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GACHON Bertrand, gynécologie-obstétrique
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- JAVAUGUE Vincent, néphrologie
- KERFORNE Thomas, anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
- LAFAY-CHEBASSIER Claire, pharmacologie clinique
- LIUU Evelyne, gériatrie
- MARTIN Mickaël, médecine interne
- PALAZZO Paola, neurologie (**en dispo 1 an**)
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie
- SAPANET Michel, médecine légale
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

### Professeur des universités

- PELLERIN Luc, biochimie et biologie moléculaire

### Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe

#### **Professeurs associés de médecine générale**

- BIRAULT François
- FRECHE Bernard
- MIGNOT Stéphanie
- PARTHENAY Pascal
- VALETTE Thierry
- VICTOR-CHAPLET Valérie

#### **Maîtres de Conférences associés de médecine générale**

- AUDIER Pascal
- ARCHAMBAULT Pierrick
- BRABANT Yann
- JEDAT Vincent

#### **Enseignants d'Anglais**

- DEBAIL Didier, professeur certifié

#### **Professeurs émérites**

- CARRETIER Michel, chirurgie générale (08/2021)
- GIL Roger, neurologie (08/2023)
- GOMES DA CUNHA José, médecine générale (08/2021)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2023)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2023)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (16/02/2021)
- MARECHAUD Richard, médecine interne (24/11/2023)
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire (08/2021)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2022)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2023)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2021)

#### **Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires**

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie
- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ALLAL Joseph, thérapeutique (ex-émérite)
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOT Catherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, oncologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- DORE Bertrand, urologie (ex-émérite)
- EUGENE Michel, physiologie (ex-émérite)
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- POURRAT Olivier, médecine interne (ex-émérite)
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- TOURANI Jean-Marc, oncologie
- VANDERMARCO Guy, radiologie et imagerie médicale

## **Remerciements**

### **A Monsieur le Professeur CHRISTIAENS**

Vous me faites l'honneur de présider et juger cette thèse, veuillez recevoir le témoignage de mon profond respect et de ma profonde reconnaissance.

### **A Madame la Professeure BOULETI**

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse, veuillez recevoir mes sincères remerciements. Vos conseils et votre savoir ont été indispensables pour la réalisation de ce travail.

### **A Monsieur le Docteur Rodrigue GARCIA**

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse, et vous êtes à l'origine de son sujet. Je vous exprime ma profonde reconnaissance pour m'avoir encouragé, dirigé et soutenu tout au long de ce travail. Merci de votre disponibilité, de vos conseils, et de votre bienveillance.

### **A Monsieur le Docteur Bruno DEGAND**

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse. Veuillez recevoir mes sincères remerciements et ma gratitude pour votre aide dans ce travail.

A toute l'équipe médicale et paramédicale de cardiologie du CHU de Poitiers, je vous remercie de votre participation à ma formation et mon évolution professionnelle.

A Corinne Beaufort et Benjamin Alos, je vous remercie de votre enseignement, et j'admire votre passion. Merci pour tout ce que vous m'avez appris.

A Pierre Roumegou, Nicolas Bidegain, et Alexandre Gamet, merci d'avoir partagé votre savoir et votre bienveillance.

A Valentin, merci de m'avoir accompagné pendant ces années d'internat. Un grand plaisir de travailler avec toi.

A Clara, Nadir, Gaël, Arthur, Abdoulaye, Vincent, Elsa, Alexandre, et tous mes co-internes de cardiologie.

A Benjamin, Adrien et Maxime, merci pour ces nombreuses années d'amitié.

A ma mère, à mon père et à ma soeur. A Philippe, Agnès, Julie et Thimoté.

Enfin, à Amélie et mon fils, Noah, vous êtes tous deux mes trésors les plus précieux.

## TABLE DES MATIERES

<b><i>I. INTRODUCTION</i></b> .....	<b>8</b>
<b>A. La fibrillation atriale</b> .....	<b>8</b>
<b>B. L’ablation de la fibrillation atriale</b> .....	<b>14</b>
<b>C. La réalité virtuelle</b> .....	<b>23</b>
<b><i>II. MATERIEL ET METHODES</i></b> .....	<b>26</b>
<b>A. Objectif</b> .....	<b>26</b>
<b>B. Schéma</b> .....	<b>26</b>
<b>C. Population</b> .....	<b>26</b>
<b>D. Critères d’inclusion</b> .....	<b>27</b>
<b>E. Traitements</b> .....	<b>27</b>
<b>F. Évaluation de la douleur et du confort</b> .....	<b>28</b>
<b>G. Critères de jugement</b> .....	<b>29</b>
<b>H. Analyse statistique</b> .....	<b>29</b>
<b><i>III. RESULTATS</i></b> .....	<b>30</b>
<b>A. Caractéristiques de la population</b> .....	<b>30</b>
<b>B. Analyse de l’efficacité</b> .....	<b>33</b>
<b>C. Analyse de la faisabilité</b> .....	<b>38</b>
<b><i>IV. DISCUSSION</i></b> .....	<b>41</b>
<b>A. Résultats principaux</b> .....	<b>41</b>
<b>B. L’efficacité et la faisabilité de la VR</b> .....	<b>41</b>
<b>C. Mécanisme d’action</b> .....	<b>42</b>
<b>D. Perspectives</b> .....	<b>43</b>
<b>E. Limites</b> .....	<b>43</b>
<b><i>V. CONCLUSION</i></b> .....	<b>44</b>
<b><i>VI. VALORISATION</i></b> .....	<b>44</b>
<b><i>VII. BIBLIOGRAPHIE</i></b> .....	<b>45</b>
<b><i>VIII. RESUME</i></b> .....	<b>55</b>

## **ABBREVIATIONS**

3D : Trois dimensionnel  
AOD : Anticoagulants oraux directs  
AVC : Accident vasculaire cérébral  
AVK : Antivitamine K  
BPCO : Bronchopneumopathie chronique obstructive  
CHU : Centre hospitalier universitaire  
ECG : Électrocardiogramme  
ESC: European society of cardiology  
ETT : Échocardiographie transthoracique  
EVA : Échelle visuelle analogique  
FA : Fibrillation atriale  
FEVG : Fraction d'éjection ventriculaire gauche  
HTA : Hypertension artérielle  
IEC : Inhibiteur de l'enzyme de conversion  
LCD : Liquid crystal display  
LED: Light-emitting diode  
NAV : Nœud atrioventriculaire  
NYHA: New York heart association  
RF : Radiofréquence  
SAOS : Syndrome d'apnées obstructives du sommeil  
TAVI : Transcatheter aortic valve implantation  
USA : United states of America (États-Unis)  
VR : Virtual reality (réalité virtuelle)

# **I. INTRODUCTION**

## **A. La fibrillation atriale**

### **1. Définition**

La fibrillation atriale (FA) se définit comme une arythmie d'origine supraventriculaire, avec activation électrique atriale rapide et non coordonnée (1). Par conséquent, la contraction atriale est inefficace, se traduisant par une incompétence hémodynamique atriale.

La fréquence ventriculaire, plus ou moins rapide, est sous dépendance du nœud atrioventriculaire (NAV), lui-même dépendant du système nerveux autonome.

### **2. Diagnostic**

Le diagnostic de FA est habituellement porté sur un électrocardiogramme (ECG) qui réunit les critères suivants :

- Intervalles R-R irréguliers
- Absence d'activité sinusale
- Activation atriale irrégulière, rapide entre 350 et 600/minute, d'amplitude variable.

Le diagnostic de FA peut également être porté par un Holter-ECG, un Holter implantable, ou par des appareils portables personnels. Dans ces cas de figure, un enregistrement de FA pendant plus de 30 secondes est nécessaire pour porter le diagnostic (1).

### **3. Physiopathologie et mécanismes**

La physiopathologie de la FA rejoint les principes de l'arythmogénèse décrit par Coumel en 1991 (2), à savoir une association de trois facteurs : le substrat électrophysiologique, les facteurs modulateurs péjoratifs, et une gâchette (« trigger »).

- Le substrat : un remodelage fibreux atrial, secondaire à une surcharge en pression et/ou en volume de l'oreillette gauche.

De nombreux facteurs et pathologies peuvent être responsable de ce remodelage fibreux atrial. Ils constituent les facteurs de risque de FA. Parmi ceux-ci, on retiendra essentiellement l'âge, l'ethnie, le sexe masculin, la génétique, l'hypertension artérielle (HTA), l'insuffisance rénale, le diabète, les valvulopathies, l'insuffisance cardiaque, la cardiopathie ischémique, la dyslipidémie, le tabac, la consommation d'alcool, la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), le syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS), les pathologies inflammatoires, l'obésité, et la sédentarité (3, 4).

- Les facteurs modulateurs péjoratifs : des variations du système nerveux autonome, comme une hypertonie sympathique ou vagale.
- La gâchette (« trigger ») : une extrasystole, ou tachycardie atriale. Dans la FA, cette gâchette est le résultat de nombreux circuits de micro-réentrée en rapport avec de multiples foyers ectopiques et/ou plages de fibrose atriale situés dans les oreillettes, douées d'automatisme anormal (5).

En 1998, Haïssaguerre et al. ont montré que, pour la FA, ces foyers ectopiques sont majoritairement localisés dans l'oreillette gauche, au niveau des veines pulmonaires (6).

Sur le plan cellulaire, les cardiomyocytes des veines pulmonaires ont une période réfractaire plus courte comparativement à celle de l'atrium gauche, avec une augmentation de potentiels déclenchés. Les brins myocardiques à la jonction des veines pulmonaires forment un maillage anisotrope susceptible à la micro-réentrée (7).

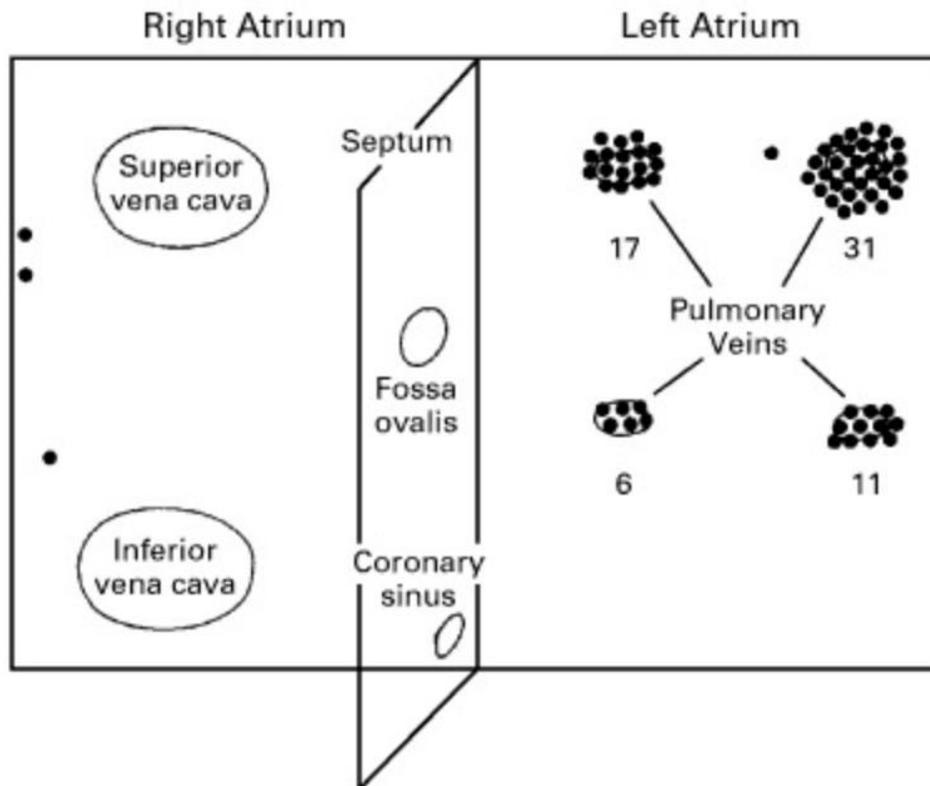


Figure 1 : Sites de 69 foyers ectopiques déclenchant une fibrillation atriale  
 Haïssaguerre, M et al. "Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins." *The New England journal of medicine* vol. 339,10 (1998): 659-66. doi:10.1056/NEJM199809033391003 (6)

#### 4. Épidémiologie

La FA est le trouble du rythme cardiaque le plus fréquent. Sa prévalence mondiale chez les adultes est entre 2% et 4%, et jusqu'à 10% après 80 ans (1,8). Elle est plus fréquente chez l'homme (9).

Son incidence est la plus importante dans les pays occidentaux dont le risque cumulé de développer la FA pendant la vie d'un sujet est de 1 sur 3 (10).

De plus, la prévalence de la FA est en augmentation, avec une multiplication par 2 à 3 estimée d'ici 2030 (11). Cette augmentation est secondaire au vieillissement de la population, à l'augmentation de l'incidence des facteurs de risque de la FA, ainsi qu'à l'amélioration du dépistage de la FA.

## **5. Morbidité et mortalité**

Le risque relatif de présenter un accident vasculaire cérébral (AVC) chez les patients en FA est de 5 (12,13). Bien que la prévention et la prise en charge de l'AVC aient été l'objectif principal des recommandations concernant la FA, de nombreuses études montrent le lien entre la FA et une gamme de maladies cardiovasculaires différentes. Effectivement, une méta-analyse de 2016 concernant plus de 9 millions de patients a montré que la FA est associée à une augmentation significative du risque de cardiopathie ischémique (risque relatif de 1.61), d'insuffisance rénale (risque relatif de 1.64), et d'insuffisance cardiaque (risque relatif de 4.99). Il existait dans cette étude une augmentation significative de la mortalité toute cause avec un risque relatif de 1,46 pour une médiane de suivi de 3.1 ans. (14)

S'ajoute à cela l'augmentation significative du risque de détérioration des fonctions cognitives et de la qualité de vie (15-17).

## **6. Classification**

Plusieurs classifications de la FA ont été proposées. La plus rependue est celle figurant dans les recommandations de la société européenne de cardiologie (ESC) datant de 2020. Il s'agit d'une classification en 5 catégories, selon la présentation clinique (1) :

- Premier diagnostic, une FA nouvellement diagnostiquée.
- Paroxystique, une FA avec retour en rythme sinusal dans les 7 jours suivant le diagnostic, que ce soit spontanément ou sous traitement.
- Persistante, une FA qui dure depuis plus de 7 jours.
- Persistante longue durée, une FA qui dure depuis plus de 1 an pour laquelle il a été décidé de contrôler le rythme.
- Permanente, une FA qui est « acceptée », dont il est convenu qu'il n'y aura pas de projet de cardioversion.

On appelle « cardioversion » les actions médicales visant à restaurer le rythme sinusal.

AF pattern	Definition
<b>First diagnosed</b>	AF not diagnosed before, irrespective of its duration or the presence/severity of AF-related symptoms.
<b>Paroxysmal</b>	AF that terminates spontaneously or with intervention within 7 days of onset.
<b>Persistent</b>	AF that is continuously sustained beyond 7 days, including episodes terminated by cardioversion (drugs or electrical cardioversion) after $\geq 7$ days
<b>Long-standing persistent</b>	Continuous AF of $>12$ months' duration when decided to adopt a rhythm control strategy.
<b>Permanent</b>	AF that is accepted by the patient and physician, and no further attempts to restore/maintain sinus rhythm will be undertaken. Permanent AF represents a therapeutic attitude of the patient and physician rather than an inherent pathophysiological attribute of AF, and the term should not be used in the context of a rhythm control strategy with antiarrhythmic drug therapy or AF ablation. Should a rhythm control strategy be adopted, the arrhythmia would be re-classified as 'long-standing persistent AF'.

Figure 2 : Recommandations ESC 2020 sur la classification de la fibrillation atriale (1)

*AF = Fibrillation atriale*

## 7. Traitement

Le traitement de la FA repose sur trois principes : la prévention de l'évènement thrombo-embolique, le contrôle de la fréquence, et le contrôle du rythme

### a) *Prévention de l'évènement cardio-embolique*

La stase sanguine dans l'oreillette gauche, et plus particulièrement dans l'auricule gauche, peut avoir comme conséquence la formation d'un thrombus intracardiaque, responsable par son embolisation d'évènements ischémiques tel que l'AVC.

Tout patient à risque thromboembolique significatif doit donc recevoir une anticoagulation curative. Ce risque est estimé avec un score de risque : le score CHA2DS2-VASc. L'indication à une anticoagulation curative est retenue de manière formelle lorsque le score de CHA2DS2-VASc est supérieur à 1 chez l'homme et 2 chez la femme (1).

L'anticoagulation est réalisée par des anticoagulants oraux directs (AOD) en première intention, tel que l'apixaban ou le rivaroxaban. Les antagonistes de la vitamine K (AVK) ou les dérivés de l'héparine (héparine non fractionnée, héparine de bas poids moléculaire) peuvent également être utilisés dans certains cas où les AOD n'ont pas encore fait leur preuve d'efficacité (1).

### ***b) Contrôle de la fréquence***

Le contrôle de la fréquence doit être appliqué à tout patient souffrant de FA. Il consiste à maintenir la fréquence cardiaque inférieure à 110 battements par minute. Il est obtenu surtout grâce aux thérapies médicamenteuses tel que les bêtabloquants, les inhibiteurs calciques, voire la digoxine. L'ablation du nœud atrio-ventriculaire, avec implantation au préalable de pacemaker, peut être envisagée en cas de fréquence cardiaque mal contrôlée sous traitement médicamenteux (1).

### ***c) Contrôle du rythme***

Le contrôle du rythme comprend toute thérapie visant à restaurer et à maintenir un rythme cardiaque sinusal.

L'obtention d'un rythme sinusal peut être obtenue avec des traitements pharmacologiques antiarythmiques (amiodarone, flécaïnide, dronedarone...), par choc électrique, ou par ablation.

Aujourd'hui, le contrôle du rythme occupe une place intégrale dans le traitement de la FA. Effectivement, Kirchhof et al. ont montré en 2020 la supériorité d'une stratégie de contrôle de rythme versus traitement standard à 5 ans, avec diminution du critère de jugement composite comprenant mortalité cardiovasculaire, hospitalisation pour insuffisance cardiaque, AVC, ou syndrome coronaire aigue (18).

Selon les dernières recommandations de l'ESC de 2020, le contrôle du rythme constitue une recommandation de classe IA dans le traitement de la FA symptomatique, pour l'amélioration des symptômes et de la qualité de vie (1).

Recommendations	Class <sup>a</sup>	Level <sup>b</sup>
Rhythm control therapy is recommended for symptom and QoL improvement in symptomatic patients with AF. <sup>551–553</sup>	I	A

Figure 3 : Recommandations ESC 2020 pour le contrôle du rythme dans le traitement de la FA (1)

*AF = fibrillation atriale ; QoL = qualité de vie*

## **B. L'ablation de la fibrillation atriale**

### **1. Généralités**

En tant que la thérapie visant à contrôler le rythme cardiaque, l'ablation de la FA consiste à détruire ou isoler les zones de tissu cardiaque dans les oreillettes à l'origine de l'arythmie.

Par voie percutanée, l'accès aux oreillettes est obtenu par voie veineuse, et l'ablation réalisée avec des cathéters endovasculaires. En développement depuis une vingtaine d'années, l'ablation percutanée est aujourd'hui une procédure établie et efficace dans le traitement de la FA paroxystique et persistante.

### **2. L'ablation percutanée, aspects techniques et résultats cliniques**

L'ablation percutanée de la FA repose avant tout sur le principe d'isolation des veines pulmonaires. En détruisant le tissu cardiaque autour des veines pulmonaires, les foyers veineux sont isolés électriquement et ne pourront plus faire passer les oreillettes en fibrillation. Cette technique est également appelée la « déconnexion » des veines pulmonaires.

Il existe aujourd'hui deux techniques principales permettant d'isoler les veines pulmonaires, l'ablation par radiofréquence (RF) et la cryoablation.

### *a) L'ablation par radiofréquence*

L'ablation par radiofréquence (RF) était la première méthode à être utilisée en pratique clinique. Il s'agit d'une technique de « point par point », utilisant un cathéter d'ablation irrigué. L'ablation est réalisée en utilisant une énergie radiofréquence basse tension, haute fréquence (300 à 750 Mégahertz) transmise par cathéter trans-veineux. La sonde d'ablation est déplacée autour des veines pulmonaires de façon à les encercler. Cette énergie brûle et nécrose le tissu myocardique. La lésion de radiofréquence va aboutir à une cicatrice fibreuse inerte.

Un système de cartographie électro-anatomique est fréquemment utilisé, permettant une diminution de la durée de fluoroscopie, et une meilleure navigation dans l'oreillette gauche (19,20).

Nombreux travaux ont montré la supériorité de l'ablation par RF par rapport à un traitement antiarythmique pharmacologique dans le traitement de la FA paroxystique (21-24) et persistante (25,26), avec une diminution significative des récurrences de FA.

D'autres sites que les veines pulmonaires peuvent être la cible d'ablation par RF, comme l'isolation de l'auricule gauche, des lignes d'ablation sur le toit de l'oreillette gauche, une ligne mitrale (entre la veine pulmonaire inférieure gauche et l'anneau mitral), ou encore la défragmentation (27-29).

Ces techniques augmentent les temps de procédure et de fluoroscopie, ainsi que le risque de perforation, et le bénéfice de leur utilisation en première ligne n'est pas consensuel (1).

### *b) La cryoablation*

La cryoablation de FA, ou ablation par cryothérapie, est apparue secondairement.

Il s'agit d'une technique en « single-shot ». L'énergie est obtenue par le froid grâce à un ballon gonflé à l'azote, qui est appliqué de manière circulaire à la jonction des veines pulmonaires dans l'atrium gauche.

L'application d'une température entre -30°C et -60°C pendant deux à quatre minutes est nécessaire pour une lésion définitive (30,31).

Il n'est alors pas réalisé de cartographie de l'oreillette, ni de traitement d'éventuels autres foyers arythmogènes.

De la même manière que pour la RF, nombreux travaux ont montré la supériorité de la cryoablation versus traitement pharmacologique antiarythmique, dans la FA paroxystique et persistante, avec une diminution significative des récurrences de FA (32-34).

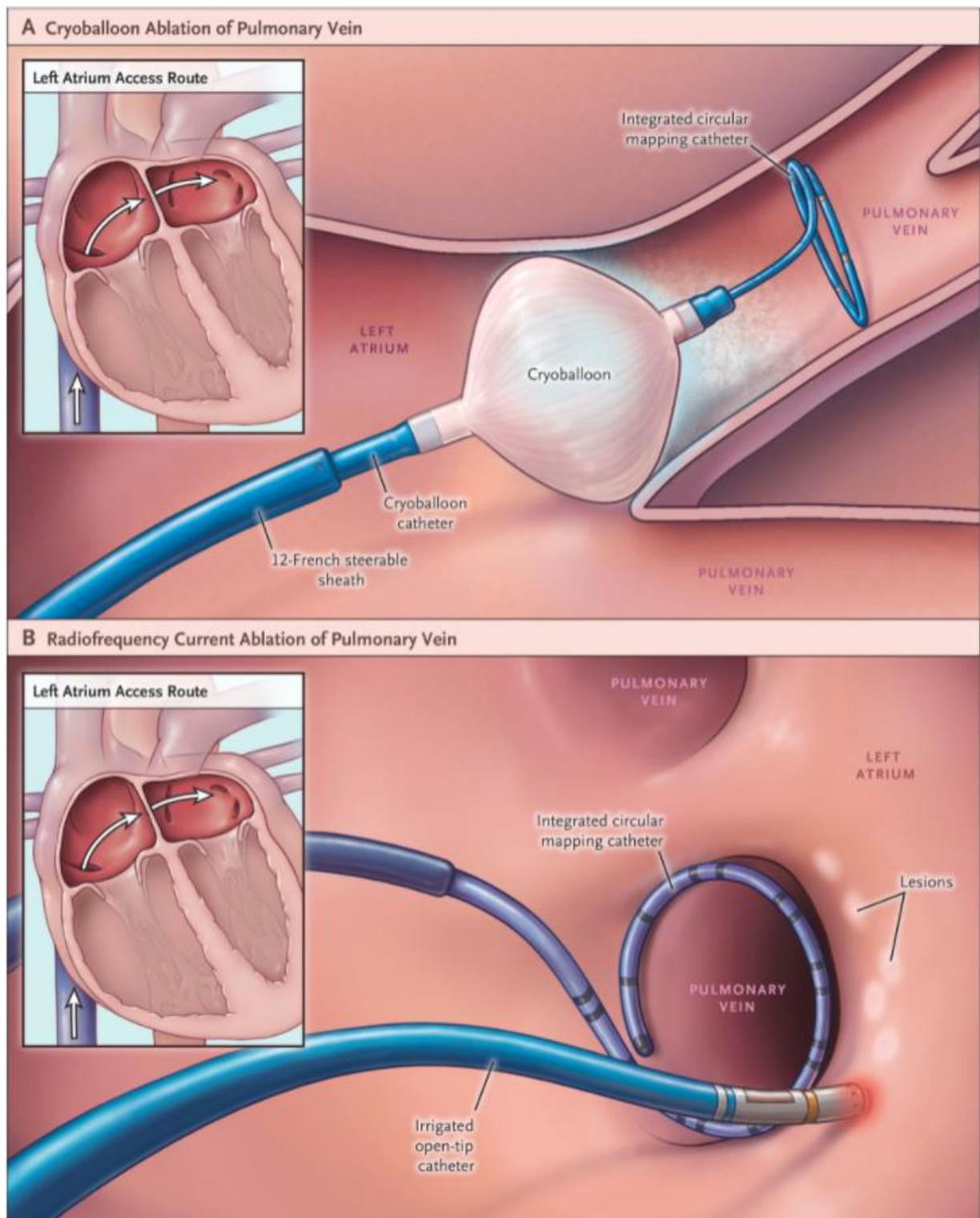


Figure 4 : Le panneau A montre le système de cryoablation, le panneau B montre le système d'ablation par radiofréquence

Kuck, Karl-Heinz et al. "Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation." *The New England journal of medicine* vol. 374,23 (2016): 2235-45.

doi:10.1056/NEJMoa1602014 (35)

c) **Résultats cliniques de l'ablation**

Le taux de réussite de l'ablation de la FA par isolation des veines pulmonaires, défini comme l'absence de récurrence de FA, est de 80% à 5 ans pour la FA paroxystique, et de 60% pour la FA persistante (36-38).

Les deux techniques, ablation par RF et cryoablation, sont équivalentes en terme d'efficacité, avec une survie sans récurrence et des taux de complications similaires pour les deux techniques (39,40).

L'ablation de la FA permet, quelle que soit la technique, une amélioration significative de la qualité de vie des patients (41).

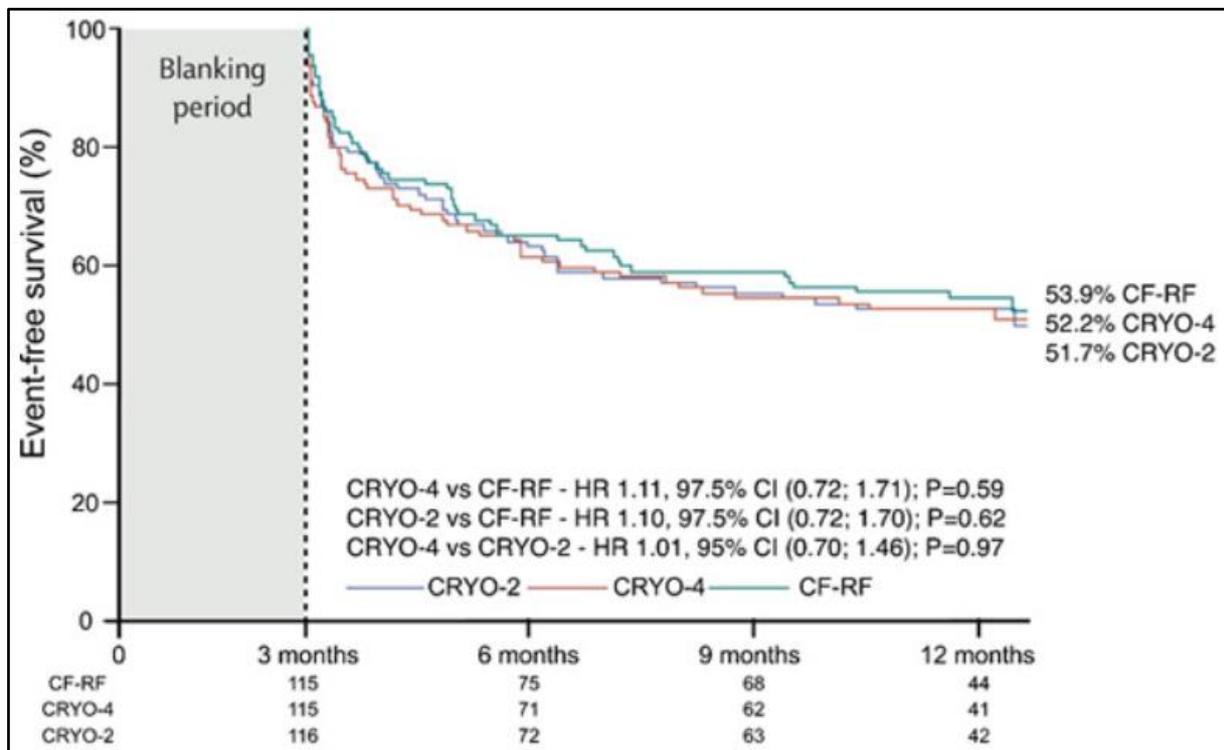


Figure 5 : Courbes de Kaplan-Meier de l'absence de toute tachyarythmie atriale après une seule procédure d'ablation. CRYO-4 correspond à une cryoablation d'une durée de 4 minutes pour chaque veine pulmonaire. CRYO-2 correspond à une cryoablation d'une durée de 2 minutes pour chaque veine pulmonaire. CF-RF correspond à une ablation par radiofréquence

Andrade, Jason G et al. "Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Atrial Fibrillation Assessed by Continuous Monitoring: A Randomized Clinical Trial." *Circulation* vol. 140,22 (2019): 1779-1788. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.119.042622 (39)

### **3. Indications**

Selon les dernières recommandations de l'ESC de 2020, l'ablation de la FA par isolation des veines pulmonaires est recommandée (1) :

- Pour la FA paroxystique pour laquelle le traitement pharmacologique antiarythmique a été un échec (grade 1A).
- Pour la FA persistante pour laquelle le traitement pharmacologique antiarythmique a été un échec et dont il n'existe pas de facteur de risque majeur de récurrence (grade 1A).
- Pour la FA persistante pour laquelle le traitement pharmacologique antiarythmique a été un échec et dont il existe un ou plusieurs facteurs de risque majeur de récurrence (grade 1B).
- En première ligne pour la FA paroxystique (grade IIaB).
- En première ligne pour la FA persistante sans facteur de risque majeur de récurrence (grade IIbC).
- En première ligne lorsqu'il existe une insuffisance cardiaque avec altération de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG), et que celle-ci est probablement secondaire à la FA (grade 1B).
- En première ligne lorsqu'il existe une insuffisance cardiaque avec altération de la FEVG, pour réduire les hospitalisations et améliorer les symptômes (grade IIaB).
- En première ligne pour éviter l'implantation de pacemaker lorsqu'il existe une bradycardie induite par la FA ou des pauses post-réductionnelles (grade IIaC).

<b>AF catheter ablation after failure of drug therapy</b>		
AF catheter ablation for PVI is recommended for rhythm control after one failed or intolerant class I or III AAD, to improve symptoms of AF recurrences in patients with <sup>235–238,247,605–609,612,613,615–617,654,677,678,680,682,685,758,779,780,815</sup> .	I	A
● Paroxysmal AF, or		A
● Persistent AF without major risk factors for AF recurrence, or		B
● Persistent AF with major risk factors for AF recurrence.		
AF catheter ablation for PVI should be considered for rhythm control after one failed or intolerant to beta-blocker treatment to improve symptoms of AF recurrences in patients with paroxysmal and persistent AF. <sup>246</sup>	IIa	B
<b>First-line therapy</b>		
AF catheter ablation for PVI should/may be considered as first-line rhythm control therapy to improve symptoms in selected patients with symptomatic:		
● Paroxysmal AF episodes, <sup>240–242,614,615</sup> or	IIa	B
● Persistent AF without major risk factors for AF recurrence. <sup>253–255,264,598–601,609,610,633,636,641,724,745,746,832</sup>	IIb	C
as an alternative to AAD class I or III, considering patient choice, benefit, and risk.		
AF catheter ablation:		
● Is recommended to reverse LV dysfunction in AF patients when tachycardia-induced cardiomyopathy is highly probable, independent of their symptom status. <sup>666,675,676</sup>	I	B
● Should be considered in selected AF patients with HF with reduced LVEF to improve survival and reduce HF hospitalization. <sup>612,659,662–666,668–671,817–826</sup>	IIa	B
AF catheter ablation for PVI should be considered as a strategy to avoid pacemaker implantation in patients with AF-related bradycardia or symptomatic pre-automaticity pause after AF conversion considering the clinical situation. <sup>816–818</sup>	IIa	C

**Figure 6 : Recommandations ESC 2020 sur les indications d’ablation percutanée de la fibrillation atriale (1)**

*AF = fibrillation atriale, LV = ventricule gauche, PVI = Isolation des veines pulmonaires, LVEF = fraction d’éjection ventriculaire gauche, AAD = drogue anti-arythmique, HF = insuffisance cardiaque*

Concernant la technique, les recommandations de 2020 stipulent que l’isolation électrique complète des veines pulmonaires est recommandée pour toutes les ablations de FA percutanées (grade 1A). Il n’existe pas à ce jour de recommandations concernant le choix de la technique entre RF et cryoablation, qui dépend surtout de la préférence de l’opérateur et du patient, de la disponibilité de la technique, et de l’expertise du centre (1).

<b>Techniques and technologies</b>		
Complete electrical isolation of the pulmonary veins is recommended during all AF catheter-ablation procedures. <sup>235–237,239,606,608–610,613,614,678,679,681,683,684,686,713,731,759,780</sup>	I	A
If patient has history of CTI-dependent AFL or if typical AFL is induced at the time of AF ablation, delivery of a CTI lesion may be considered. <sup>731–733,819–821</sup>	IIb	B
Use of additional ablation lesions beyond PVI (low voltage areas, lines, fragmented activity, ectopic foci, rotors, and others) may be considered but is not well established. <sup>677,680,708,711–730</sup>	IIb	B

**Figure 7 : Recommandations ESC 2020 pour les techniques d’ablation percutanée de la fibrillation atriale (1)**

*AF = fibrillation atriale ; AFL = flutter atrial ; CTI = isthme cavotricuspidé ; PVI = isolation des veines pulmonaires*

#### **4. Ablation percutanée et douleur**

Plusieurs étapes d'une procédure d'ablation de FA peuvent être source de douleur, quelle que soit la technique d'ablation utilisée, telles que la ponction et dilatation fémorale, la ponction trans-septale, et l'application de courant de radiofréquence ou de cryothérapie au tissu cardiaque. Effectivement, une étude d'Alaeddini et al. a montré que 85% des patients ressentent de la douleur pendant une ablation de FA réalisée en vigile (42).

Il est impératif d'identifier et de traiter efficacement cette douleur, puisqu'on sait que la douleur est responsable d'inconfort et de retard à la cicatrisation (43). De plus, les mouvements d'un patient algique pourraient diminuer la qualité des lésions myocardiques.

Dans un premier temps, l'ablation de la FA était réalisée sous anesthésie générale. Toutefois, le nombre de procédures augmente d'année en année et la disponibilité de l'anesthésie générale ne suit pas forcément la demande. De plus, l'anesthésie générale est associée à une augmentation de la durée d'intervention et à des complications telles que des blessures liées à l'intubation, et l'anaphylaxie associée aux curares (44).

Avec le raccourcissement des temps de procédure en lien avec à une amélioration technique, l'antalgie a pu être obtenue par sédation vigile, qui consiste à administrer une combinaison de sédatifs et d'antalgiques ayant pour but de réduire la douleur et l'anxiété sans avoir recours à une anesthésie générale.

Aujourd'hui l'emploi de la sédation vigile pendant une ablation de FA est de pratique courante, notamment pour la cryoablation. Elle est efficace et bien tolérée, avec un taux de succès de procédure comparable à l'anesthésie générale (45).

Toutefois, il n'existe pas de recommandations sur les modalités de la sédation vigile, et bien que les complications et le recours à une assistance urgente soient rares, l'utilisation de sédatifs et d'opioïdes peut être responsable d'effets indésirables respiratoires, digestifs et neurologiques même à des doses considérées comme faibles (46,47). De ce fait, les opérateurs ont recours à des méthodes antalgiques non-pharmacologiques.

Une de ces méthodes est l'hypnose, qui possède une longue histoire dans le traitement de la douleur. Il s'agit d'un ensemble de techniques conçu pour améliorer la concentration, minimiser les distractions habituelles et accroître la réactivité aux suggestions (48).

Les mécanismes physiologiques de l'antalgie induite par l'hypnose comprennent des processus de dissociation et d'état de conscience altéré. L'hypnose tente d'induire une dissociation de la douleur, ainsi qu'un découplage de l'intensité et du désagrément de celle-ci (49).

Les preuves de l'efficacité de l'hypnose à visée antalgique se sont accumulées depuis une vingtaine d'années (50,51). Pendant les interventions médicales, l'hypnose diminue de manière significative le ressenti de la douleur, le besoin en antalgiques et sédatifs, et les durées d'hospitalisation (52).

L'équipe de rythmologie du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Poitiers a montré l'efficacité de l'hypnose pendant les procédures d'ablation de flutter atrial commun, avec une diminution significative du ressenti de la douleur, ainsi qu'une diminution en consommation de morphine (53).

Bien qu'efficace, l'utilisation généralisée de l'hypnose est limitée par des facteurs tels que l'expertise avancée, le temps, et l'utilisation de ressource médicale ou paramédicale supplémentaire pour délivrer l'hypnose.

Avec les avancées informatiques, la technologie de réalité virtuelle est apparue, permettant de rendre possible la simulation et diffusion d'un environnement trois-dimensionnel. L'utilisation de la réalité virtuelle permettrait d'obtenir ce même effet dissociatif, sans les limitations rencontrées avec l'hypnose. Son utilisation à visée thérapeutique fait donc l'objet de nombreux travaux récents.

## C. La réalité virtuelle

### 1. Généralités

La « réalité virtuelle » (VR) fait référence à une technologie informatique qui simule la présence physique d'un utilisateur dans un environnement artificiellement généré. Elle reproduit artificiellement une expérience sensorielle pour plonger l'utilisateur dans un environnement immersif et dynamique avec lequel il peut interagir.

Le premier prototype de réalité virtuelle remonte à 1962 (54). La technique a connu de nombreuses améliorations au fur des décennies et maintenant nombreuses sont les entreprises fabriquant leur propre dispositif de réalité virtuelle à usage professionnel et personnel.

Aujourd'hui, des dizaines de marques de casque de réalité virtuelle sont disponibles. Cela a pour conséquence l'élargissement des champs d'application tel que la communication, le divertissement, la pédagogie, et la médecine.

### 2. Fonctionnement

Un casque de VR utilise un ou deux écrans, fonctionnant avec une technologie LCD (Liquid Crystal Display) ou LED (Light-Emitting Diode). Des images deux-dimensionnelles, légèrement différentes, sont affichées devant chaque œil. Des lentilles correctrices, placées entre l'œil et l'image, font la mise au point et remodelent l'image, créent une image trois dimensionnelle (3D) stéréoscopique.

Le mouvement est simulé grâce à des capteurs intégrés au casque, qui sont l'accéléromètre, le gyroscope et le magnétomètre. L'accéléromètre détecte le mouvement 3D, le gyroscope détecte les mouvements angulaires, et le magnétomètre identifie la position du casque VR par rapport à la Terre. Ces systèmes suivent les mouvements de la tête de l'utilisateur, et le logiciel adapte l'image en fonction de ceux-ci, donnant l'illusion d'être complètement entouré par un monde virtuel.

Le son, synchronisé avec le visuel, renforce l'environnement virtuel. Il est délivré soit par un casque audio, ou par des enceintes situées sur le casque.



Figure 8 : Patient porteur d'un casque de réalité virtuelle

### **3. Réalité virtuelle comme traitement de la douleur**

Un nombre croissant de preuves soutient l'efficacité antalgique de la VR.

**Dans le traitement de douleur chronique**, l'utilisation de la VR a montré une diminution significative de la douleur chez les patients souffrant de fibromyalgie (55) et de migraines chroniques (56,57). En oncologie, l'utilisation de la VR pendant les séances de chimiothérapie a permis de rendre celles-ci plus tolérables, où il est décrit une altération de la perception du temps avec la VR (58).

**Dans le traitement de la douleur aigue**, la VR peut être employée dans le traitement des patients blessés par brûlure. Une étude expérimentale portant sur 62 sujets menée par Demeter et al. a montré que la tolérance à la douleur thermique était significativement plus élevée lorsque les sujets utilisaient un dispositif VR (59).

Ces résultats sont retrouvés en pratique clinique, où la VR associée à un traitement pharmacologique est supérieure au traitement pharmacologique seul dans le traitement antalgique des patients brûlés (60,61).

Dans une étude expérimentale de Weeth et al., la VR était également efficace dans le traitement des douleurs par stimulation électrique, les patients porteurs de VR ayant une perception significativement diminuée de la douleur (62).

**Pendant les procédures invasives**, la VR commence à faire ses preuves d'efficacité, soutenant la VR comme un complément aux antalgiques.

- En gynécologie, des différences significatives de niveaux de douleur et d'anxiété ont été observées en faveur de la VR lors de la réparation par épisiotomie, entre un groupe de femmes utilisant la VR et un groupe recevant des soins standards (63,64).
- En orthopédie, une tendance à une moindre utilisation de sédation pharmacologique en chirurgie orthopédique a été enregistrée dans un groupe de patients adultes recevant la VR par rapport à un groupe de soins conventionnels (65).
- En dentaire, la VR s'est avérée capable de réduire la douleur chez les enfants et les adultes subissant des interventions dentaires (66-69).
- En urologie, la VR a pu réduire les niveaux de douleur et d'anxiété lors d'une thérapie par micro-ondes transurétrale (70).
- En cardiologie, Bruno et al. ont montré en 2020 l'efficacité de la VR dans le traitement de la douleur et de l'anxiété pendant l'implantation de valve aortique par voie percutanée (71).

Alors que les preuves de l'efficacité clinique de la VR dans le traitement de la douleur s'accumulent, son utilisation pendant une ablation de FA n'a jamais été étudiée.

L'étude suivante que nous avons menée s'est donc intéressée à l'efficacité et la faisabilité de la réalité virtuelle pendant les procédures d'ablation de FA.

## **II. MATERIEL ET METHODES**

Cette étude rétrospective monocentrique a été menée dans le service de cardiologie du CHU de Poitiers en France.

### **A. Objectif**

L'objectif de cette étude était de déterminer la faisabilité et l'efficacité de la réalité virtuelle pendant une ablation de fibrillation atriale.

### **B. Schéma**

Notre étude était rétrospective et mono centrique. Elle comparait l'utilisation de la réalité virtuelle versus un traitement antalgique standard seul, pendant la cryoablation de fibrillation atriale. Cette étude a fait l'objet d'une autorisation auprès du CNIL (Comité nationale informatique et libertés).

### **C. Population**

Tous les patients ayant une cryoablation de FA (Arctic Front Advance ; Medtronic) entre le 04 juillet 2019 et le 13 août 2020 ont été analysés. Nous avons choisi la cryoablation puisque toutes les procédures d'ablation de FA par cryothérapie sont réalisées sous sédation vigile dans notre centre, contrairement à l'ablation par radiofréquence.

L'indication d'ablation de FA avait été posée chez des patients symptomatiques qui présentaient une FA paroxystique ou persistante. Le choix d'une technique de cryoablation était décidé en accord avec le cardiologue traitant, la préférence du patient, et l'anatomie cardiaque au scanner cardiaque.

Pour chaque patient inclus, les caractéristiques cliniques, les antécédents, les consommations en antalgiques, les données échographiques et scanographiques, ont systématiquement été collectées dans une base de données.

En pratique courante, les patients ont tous bénéficié d'une consultation avec un examen clinique, un ECG, un scanner cardiaque et une échocardiographie transthoracique (ETT) avant l'intervention.

#### **D. Critères d'inclusion**

Tous les patients ayant eu une cryoablation de FA entre le 04 juillet 2019 et 13 août 2020 ont été analysés.

#### **E. Traitements**

Les patients ont été analysés en fonction du traitement reçu pendant l'ablation :

- Un traitement antalgique standard
- Un traitement par réalité virtuelle (VR)

##### **1. Traitement antalgique standard**

Ces patients recevaient un traitement antalgique pharmacologique en début d'intervention, avant la ponction fémorale.

Le protocole pharmacologique, administré par voie intraveineuse, était le suivant : 1 gramme de paracétamol, 20 milligrammes de néfopam, 1 milligramme de midazolam et 3 milligrammes de morphine chlorhydrate.

En cas de douleur ou d'inconfort signalé pendant l'intervention, le patient recevait des doses supplémentaires de morphine et/ou de midazolam.

##### **2. Réalité virtuelle (VR)**

Ces patients recevaient, en plus du traitement antalgique standard, un traitement par réalité virtuelle (VR). La VR était débutée 5 minutes avant la ponction fémorale, et était poursuivie jusqu'à la fin de l'intervention.

Le traitement par VR a été réalisé avec le dispositif Deepsen®.

Le dispositif Deepsen® comporte trois éléments :

- Un casque visuel
- Un casque audio
- Un appareil portable qui réalise le traitement de données numériques et le rendement de l'image et du son.

A l'installation le patient choisit un scénario parmi 8 disponibles : la Camargue, la montagne en été, la montagne en hiver, l'Inde, le Spitzberg (sur un voilier), au fil de l'eau (sur un canoé), en montgolfière, et pique-nique en montagne.

Les séances ont une durée de 20 à 45 minutes, avec possibilité de renouveler ou de démarrer une nouvelle séance en cas de besoin.

Le casque Deepsen® projette une vidéo avec un angle de vue allant de 180° à 360°, à une cadence de 90 à 120 images par seconde. Le patient pouvait interagir avec l'environnement en mobilisant la tête pour naviguer dans la simulation.

Via le casque audio, en plus des sons correspondants au scénario, le patient est accueilli par un narrateur (homme ou femme au choix), incitant à réaliser des manoeuvres de respiration profonde.

En cas de douleur ou d'inconfort pendant l'intervention, le patient recevait des doses supplémentaires de Morphine et/ou de Midazolam.

## **F. Évaluation de la douleur et du confort**

La douleur a été quantifiée avec une échelle visuelle analogique (score EVA) allant de 0 à 10, dont un score de 0 correspond à aucune douleur, et un score de 10 à une douleur insupportable.

Le confort a été évalué avec une échelle visuelle analogique (score EVA) allant de 0 à 10, dont un score de 0 correspond à « très inconfortable », et un score de 10 correspond à « très confortable ».

Les scores EVA pour la douleur et le confort ont été recueillis pour chaque patient 45 minutes après la fin de l'intervention, selon les pratiques habituelles du centre.

### **G. Critères de jugement**

Le critère de jugement principal était la douleur moyenne ressentie pendant l'intervention, évaluée par EVA.

Les critères de jugement secondaires étaient la douleur maximale ressentie pendant l'intervention évaluée par EVA, le confort pendant l'intervention évaluée par EVA, la consommation en antalgiques pendant l'intervention, et la consommation en sédatifs pendant l'intervention.

La faisabilité a été évaluée avec le nombre de patients refusant la technique, la tolérance du VR, le temps d'installation du dispositif, la durée de l'intervention et la durée de fluoroscopie.

### **H. Analyse statistique**

Les analyses statistiques ont été réalisées via le logiciel SPSS® (IBM Corp).

Les données qualitatives sont présentées en pourcentage et ont été comparées à l'aide du test du Chi<sup>2</sup>.

Les données quantitatives sont présentées en moyennes et écart type, et ont été comparées à l'aide d'un test de Mann-Whitney U.

Le seuil de significativité retenu était  $p < 0,05$  pour l'ensemble des analyses.

### **III. RESULTATS**

#### **A. Caractéristiques de la population**

99 patients ont bénéficié d'une procédure de cryoablation de FA sur la période d'observation définie dans notre protocole au CHU de Poitiers. 48 patients ont reçu un traitement par VR en plus du traitement antalgique standard, 51 patients ont reçu un traitement antalgique standard seul.

Les différentes caractéristiques démographiques et cliniques des patients sont rapportées dans le **Tableau 1**.

L'âge moyen était de 64 ans. 72% des patients étaient des hommes.

46% des ablations étaient réalisées pour de la FA paroxystique, 54% pour de la FA persistante.

Il n'existait pas de différence significative entre les deux groupes en terme de facteurs de risque cardiovasculaire. Notamment, il n'existait pas de différence significative de diabète de type 2, une pathologie pouvant atténuer la douleur chez les patients souffrant de neuropathie diabétique.

Il n'existait pas de différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne la consommation habituelle d'antalgiques de deuxième palier (codéine, tramadol). Aucun patient des deux groupes ne consommait d'antalgiques morphiniques ou d'anti-inflammatoires non-stéroïdiens.

Il n'existait pas de différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne la consommation habituelle de benzodiazépines.

Il n'existait pas de différence significative entre les deux groupes en ce qui concerne l'opérateur principal pendant l'intervention.

	<b>Groupe réalité virtuelle n = 48</b>	<b>Groupe traitement standard n = 51</b>	<b>p value</b>
<b>Age</b>	63.0 ± 10.9	64.5 ± 10.4	0.58
<b>Sexe masculin</b>	32 (67)	39 (76)	0.39
<b>IMC</b>	28.0 ± 4.6	27.4 ± 4.9	0.69
<b>Classe NYHA</b>			
<b>Class I-II</b>	30 (83)	33 (89)	0.15
<b>Class III-IV</b>	6 (17)	4 (11)	
<b>Hypertension artérielle</b>	19 (40)	17 (53)	0.18
<b>Diabète de type 2</b>	5 (10)	2 (3)	0.21
<b>Fibrillation atriale</b>			
<b>Paroxystique</b>	19 (40)	27 (53)	0.23
<b>Persistante</b>	29 (60)	24 (47)	
<b>Persistante longue durée</b>	0 (0)	0 (0)	
<b>Score CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc</b>			
<b>0-1</b>	15 (32)	15 (29)	0.66
<b>2-3</b>	29 (60)	29 (57)	
<b>≥4</b>	4 (8)	7 (14)	
<b>Cardiopathie ischémique</b>	4 (8)	11 (22)	0.06
<b>Pression artérielle systolique</b>	137 ± 18	136 ± 23	0.77
<b>Électrocardiogramme</b>			
<b>Fréquence cardiaque, battements par minute</b>	72 ± 19	74 ± 22	0.62
<b>Rythme sinusal</b>	30 (63)	35 (69)	0.79
<b>Échocardiographie</b>			
<b>FEVG, %</b>	59 ± 9	59 ± 10	0.74

(Continue sur la prochaine page)

<b>Volume de l'oreillette gauche, ml/m<sup>2</sup></b>	76 ±28	70 ±23	0.23
<b>NT-proBNP, ng/l</b>	656 ± 956	760 ± 1127	0.25
<b>Créatinine (µmol/L)</b>	86.5 ± 18.2	96.2 ± 27.5	0.11
<b>Médicaments</b>			
<b>Anticoagulant</b>	47 (98)	50 (98)	0.72
<b>Bétabloquant</b>	44 (92)	46 (90)	0.8
<b>Inhibiteur de l'enzyme de conversion</b>	23 (48)	22 (43)	0.63
<b>Antiagrégant plaquettaire</b>	2 (4)	5 (10)	0.23
<b>Amiodarone</b>	19 (40)	29 (57)	0.36
<b>Antalgique de palier 2</b>	1 (2)	1 (2)	0.53
<b>Antalgique de palier 3</b>	0 (0)	0 (0)	
<b>AINS</b>	0 (0)	0 (0)	
<b>Benzodiazépine</b>	5 (10)	6 (12)	0.36
<b>Opérateur 1</b>	40 (83)	35 (69)	0.88
<b>Opérateur 2</b>	8 (17)	16 (31)	

Tableau 1 : Caractéristiques des patients.

*Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart type ou en nombre (%).*

*Une classe fonctionnelle NYHA a été exprimée pour les patients souffrant d'insuffisance cardiaque (n = 36 dans le groupe de réalité virtuelle et n = 37 dans le groupe témoin).*

*Abréviations : IEC : inhibiteur de l'enzyme de conversion de l'angiotensine ; FEVG : fraction d'éjection ventriculaire gauche ; NT-proBNP : Peptide natriurétique de type N-terminal pro B*

*NYHA : New-York Heart Association; IMC : Indice de masse corporelle*

## B. Analyse de l'efficacité

### 1. Évaluation de la douleur moyenne ressentie

L'EVA de la douleur moyenne ressentie était significativement moins élevée dans le groupe VR versus le groupe traitement antalgique standard, l'EVA moyenne étant de  $3.5 \pm 1.5$  dans le groupe VR et  $4.3 \pm 1.6$  dans le groupe traitement standard ( $p = 0.004$ )

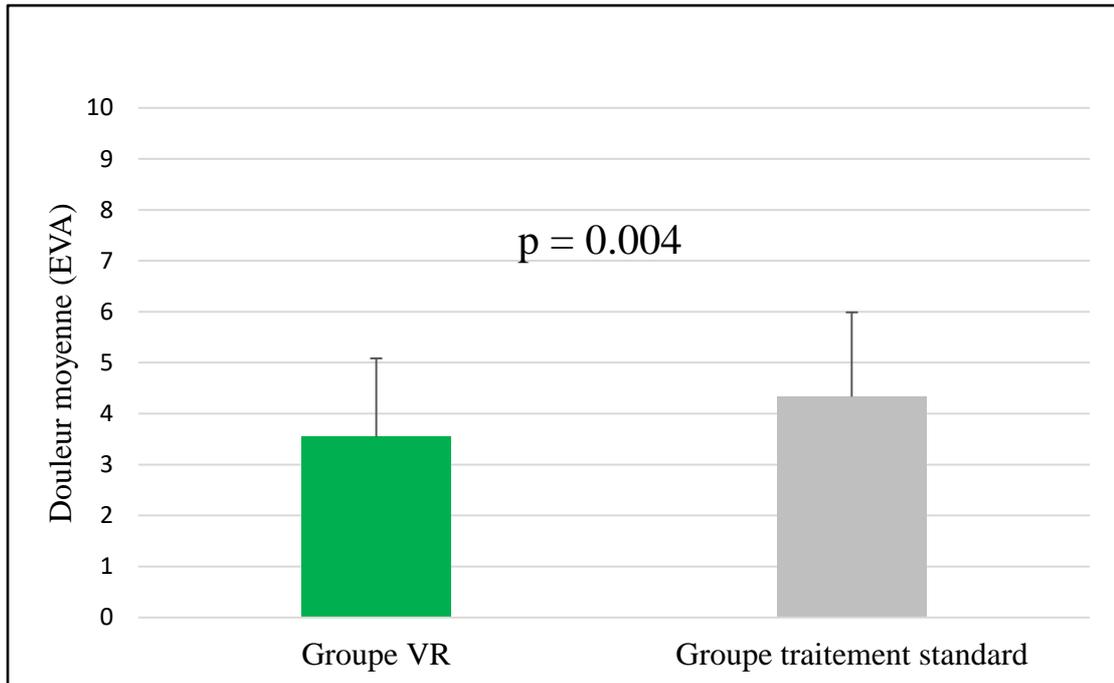


Figure 9 : Douleur moyenne ressentie pendant une cryoablation de fibrillation atriale, traitement par réalité virtuelle (VR) versus traitement antalgique standard, évaluée par échelle visuelle analogique (EVA).

## 2. Évaluation de la douleur maximale ressentie

L'EVA de la douleur maximale ressentie était également significativement moins élevée dans le groupe VR versus le groupe traitement antalgique standard, l'EVA maximale étant de  $5.1 \pm 1.9$  dans le groupe VR et  $6.1 \pm 2.0$  dans le groupe traitement antalgique standard ( $p = 0.003$ ).

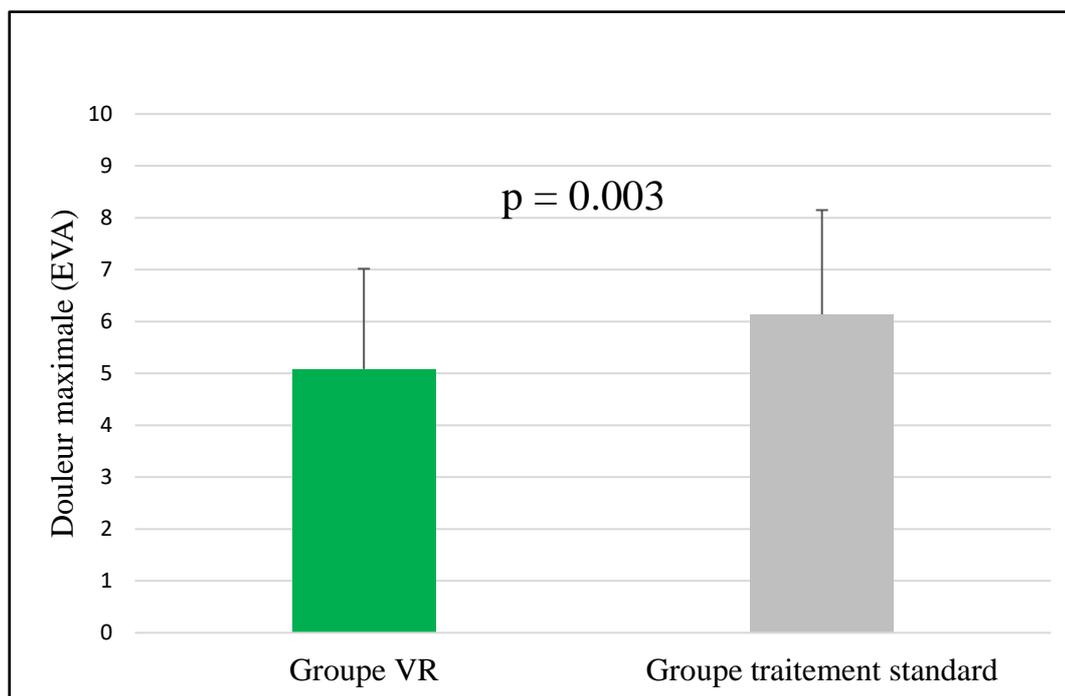


Figure 10 : Douleur maximale ressentie pendant une cryoablation de fibrillation atriale, traitement par réalité virtuelle (VR) versus traitement antalgique standard, évaluée par échelle visuelle analogique (EVA).

### 3. Évaluation du confort

L'EVA du confort était significativement plus élevée dans le groupe VR versus le groupe antalgique standard, l'EVA confort étant de  $7.5 \pm 1.6$  dans le groupe VR versus  $6.8 \pm 1.7$  dans le groupe traitement antalgique standard ( $p = 0.031$ ).

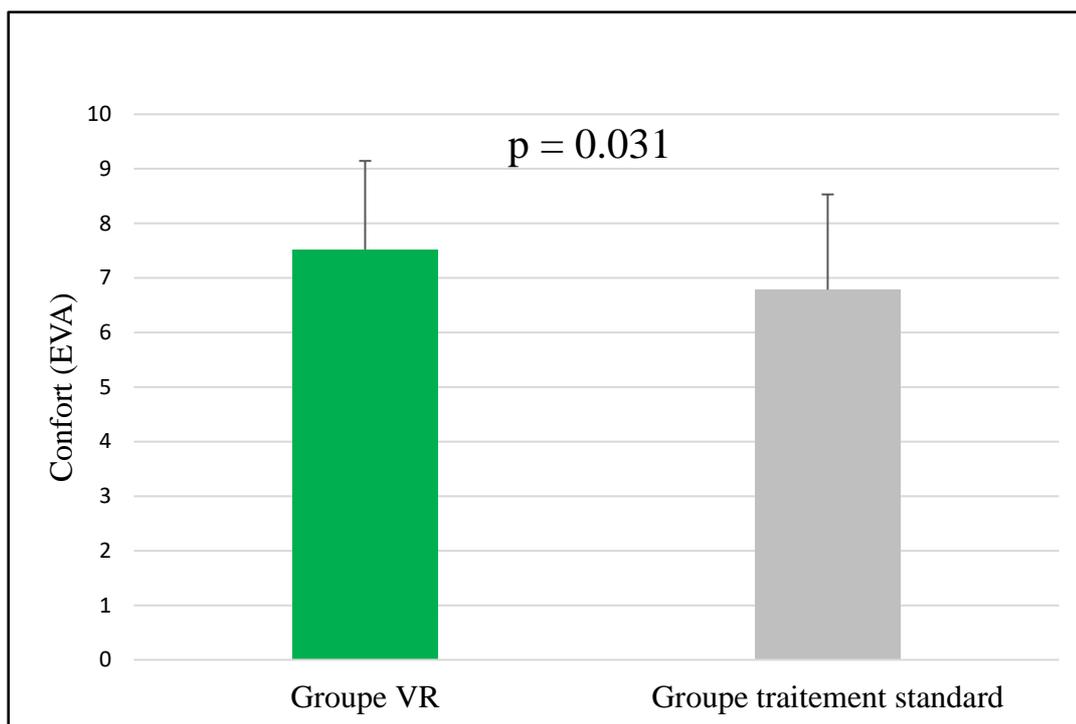


Figure 11 : Confort pendant une cryoablation de fibrillation atriale, traitement par réalité virtuelle (VR) versus traitement antalgique standard, évaluée par échelle visuelle analogique (EVA).

#### 4. Consommation en antalgiques

Il n'existait pas de différence significative de consommation d'antalgiques ou de sédatifs pendant l'intervention entre les deux groupes.

La consommation moyenne en morphine chlorhydrate était de  $4.2 \pm 1.3$ mg dans le groupe VR et de  $4.1 \pm 1.5$ mg dans le groupe traitement antalgique standard ( $p = 0.726$ ).

La consommation moyenne en midazolam était de  $2.0 \pm 1.2$ mg dans le groupe VR et de  $2.0 \pm 1.6$ mg dans le groupe traitement antalgique standard ( $p = 0.697$ ).

Même après soustraction de la dose administrée en début de procédure (3mg de morphine chlorhydrate et 1mg de midazolam), il n'existait pas de différence significative de consommation d'antalgiques entre les deux groupes ( $1.23 \pm 1.26$ mg vs  $1.22 \pm 1.29$ mg ;  $p = 0.904$  pour la morphine,  $1.0 \pm 1.3$ mg vs  $1.1 \pm 1.5$ mg ;  $p = 0.653$  pour le midazolam).

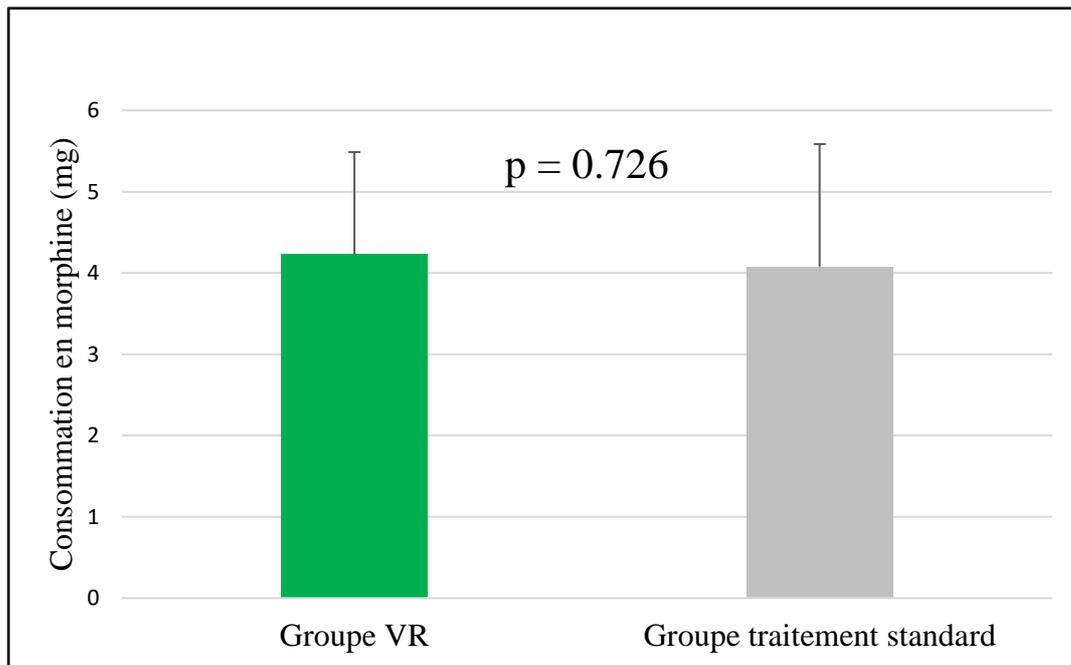


Figure 12 : Consommation en morphine pendant une cryoablation de fibrillation atriale, traitement par réalité virtuelle (VR) versus traitement antalgique standard.

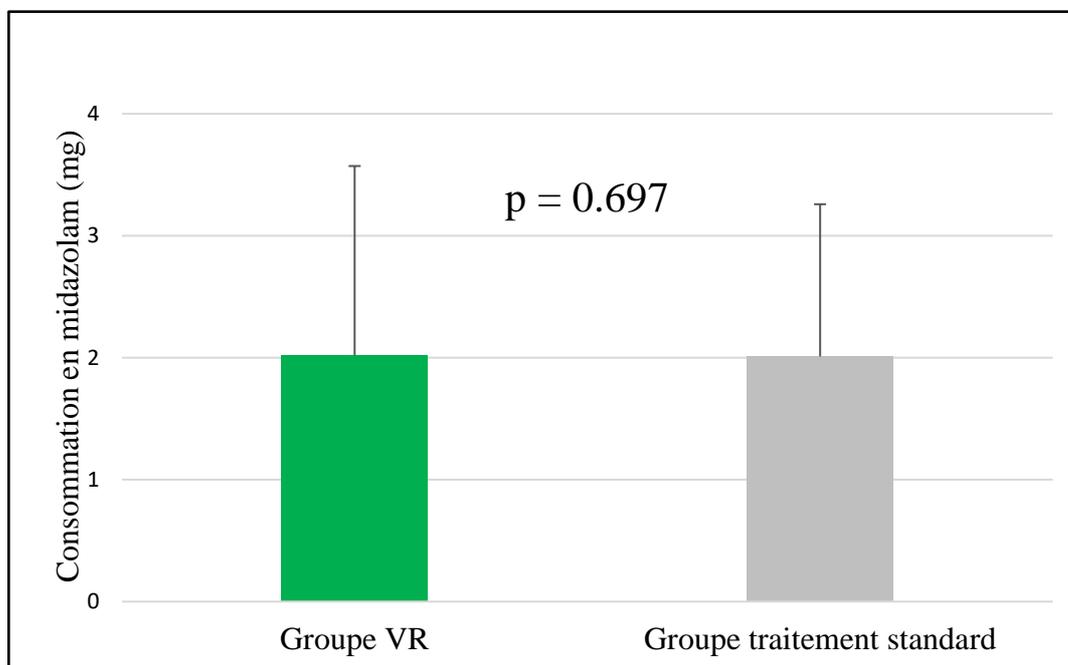


Figure 13 : Consommation en midazolam pendant une cryoablation de fibrillation atriale, traitement par réalité virtuelle (VR) versus traitement antalgique standard.

### C. Analyse de la faisabilité

Sur les 48 patients recevant la VR pendant la procédure de cryoablation, aucun patient n'a refusé l'utilisation de l'appareil.

Le temps d'installation du dispositif était de  $78 \pm 13$  secondes.

7 patients (14.6%) recevant la VR ont arrêtés prématurément la séance. Parmi ceux-ci, 4 patients (8.3%) ont présenté une réaction vasovagale, versus 2 (3.9%) dans le groupe de traitement standard ( $p = 0.358$ ). 3 patients (6.2%) ont présenté des symptômes attribués au « cybersickness » (symptômes causés par l'utilisation d'un appareil électronique à écran, tel que des étourdissements, des nausées, ou de la désorientation).

3 patients (6,2%) ont présenté une paralysie phrénique transitoire dans le groupe VR versus 6 (11,8 %) dans le groupe témoin ( $p = 0,34$ ).

Il n'existait pas de différence significative de temps total de procédure ( $67.5 \pm 11.5$  minutes vs.  $67.9 \pm 12.8$  minutes ;  $p = 0.61$ ) ni de temps de fluoroscopie ( $14.3 \pm 4.4$  minutes vs.  $15.7 \pm 4.3$  minutes ;  $p = 0.119$ ) entre les deux groupes.

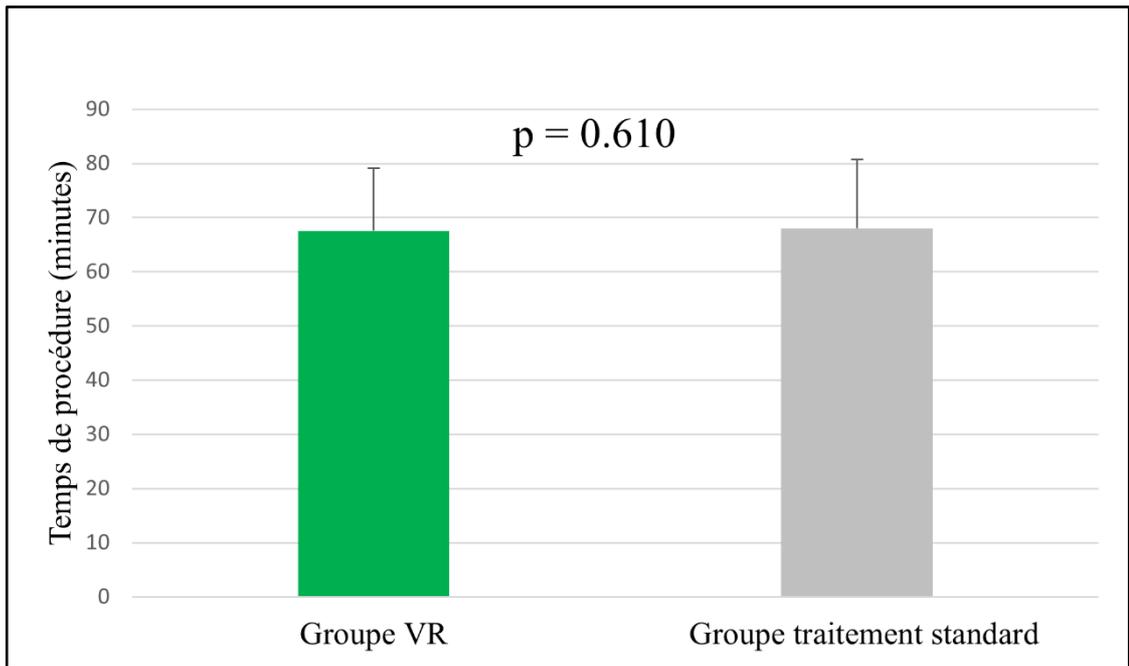


Figure 14 : Temps de procédure de cryoablation de fibrillation atriale, traitement par réalité virtuelle (VR) versus traitement antalgique standard.

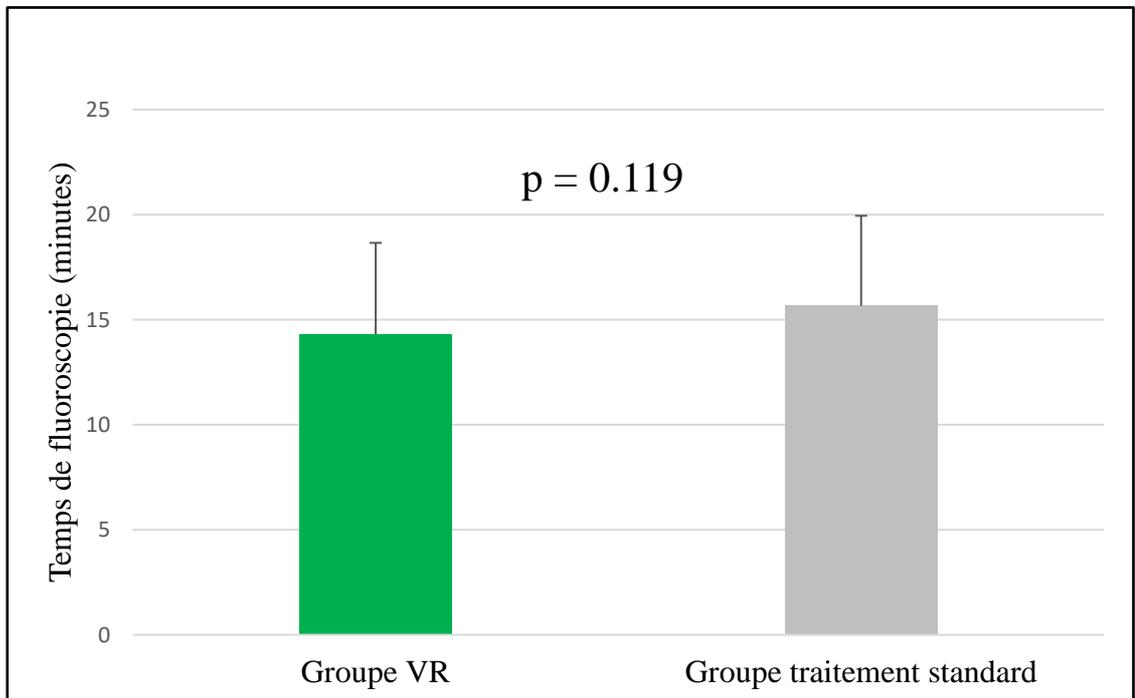


Figure 15 : Temps de fluoroscopie pendant une cryoablation de fibrillation atriale, traitement par réalité virtuelle versus traitement antalgique standard.

	Groupe VR (n = 48)	Groupe traitement standard (n = 51)	Z- Score	P value
<b>Douleur moyenne (EVA / 10 points)</b>	3.5 ± 1.5	4.3 ± 1.6	2.83	0.004
<b>Douleur maximale (EVA / 10 points)</b>	5.1 ± 1.9	6.1 ± 2.0	2,93	0.003
<b>Confort (EVA / 10 points)</b>	7.5 ± 1.6	6.8 ± 1.7	-2,16	0.031
<b>Consommation en morphine (mg)</b>	4.2 ± 1.3	4.1 ± 1.5	-0.35	0.726
<b>Consommation en midazolam (mg)</b>	2.0 ± 1.2	2.0 ± 1.6	-0.39	0.697
<b>Temps de procédure (minutes)</b>	67.5 ± 11.5	67.9 ± 12.8	0.51	0.61
<b>Temps de fluoroscopie (minutes)</b>	14.3 ± 4.4	15.7 ± 4.3	1,56	0.119

Tableau 2 : Impact de la réalité virtuelle sur la douleur, le confort, la consommation en antalgiques et sédatifs, et les temps de procédure pendant une cryoablation de FA.

*Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart type*

*Abréviations : VR : réalité virtuelle ; EVA : Échelle visuelle analogique ;*

*mg : milligrammes*

## **IV. DISCUSSION**

### **A. Résultats principaux**

A notre connaissance, cette étude est la première à évaluer l'utilisation de la VR pendant l'ablation de la FA. Elle suggère que la VR permet de réduire la douleur tout en améliorant le confort des patients. L'utilisation de la VR est rapide, n'a que peu d'effets indésirables, et n'allonge pas les durées de procédure ou de fluoroscopie. Il n'a toutefois pas été mis en évidence de réduction significative de consommation en antalgiques.

### **B. L'efficacité et la faisabilité de la VR**

La présente étude a montré que les patients n'étaient pas réticents à la VR et ont bien toléré le dispositif. Son effet bénéfique sur la douleur et le confort, associé à un faible taux d'effets indésirables, permettrait l'utilisation de cet appareil en première intention lors des procédures d'ablation de FA effectuées sous sédation vigile.

De plus, la mise en place du dispositif est rapide et peut être réalisée par le médecin opérateur ou une infirmière.

Dans l'ensemble, nos résultats sont en ligne avec la littérature. Dans une revue systématique de 2020, Smith et al ont suggéré que la VR était efficace pour l'antalgie dans une variété de contextes cliniques différents, et que la thérapie par réalité virtuelle a le potentiel de fournir une antalgie péri-procédurale supplémentaire, améliorant ainsi l'expérience et la coopération du patient, tout en étant associé à une faible incidence d'effets secondaires (72).

D'autres techniques non-pharmacologiques telles que la musicothérapie et l'hypnose sont employées en association à la sédation vigile, mais chacune a ses inconvénients et ses avantages (73,74). Contrairement à l'hypnose, la VR ne nécessite pas de personnel supplémentaire, ce qui peut faciliter une adoption généralisée. En revanche, la VR peut provoquer des réactions désagréables tel que le « cybersickness ».

Le « cybersickness » constitue l'effet indésirable principal de la VR, reconnu notamment chez les patients sujets aux vertiges ou au mal de mer (75). Il est le résultat de signaux sensoriels contradictoires. Alors que le patient reçoit des signaux visuels l'informant d'une mobilisation,

aucune information concordante n'est fournie par les organes vestibulaires. Alors que la prévalence a été décrite entre 20 à 80% des cas d'utilisation de la VR (76), seuls 18,8% en souffraient dans la série de Bruno et al. (71). Dans la présente étude, la survenue de cet effet indésirable était encore plus faible (6,3%) et pourrait être due à un âge plus jeune, à moins de comorbidités chez les patients, et à une meilleure stabilité hémodynamique lors de l'ablation de la FA par rapport à la procédure d'implantation valvulaire aortique par voie percutanée (TAVI).

Dans cette étude, la diminution de la douleur n'a pas entraîné de réduction significative de consommation d'antalgiques. Celle-ci pourrait s'expliquer par l'administration systématique d'antalgiques en début de procédure pour tous les patients. Toutefois, il n'existait pas de différence significative même après soustraction de la dose administrée en début de procédure, mais la quantité de médicaments administrée en dehors du protocole habituel était faible.

### **C. Mécanisme d'action**

Les processus neuro-biologiques sous-jacents ne sont pas encore totalement éclaircis. Le principe de Gate-control proposé par Melzack et Wall suggère qu'une stimulation non douloureuse bloquerait la transmission d'une stimulation douloureuse vers le système nerveux central. De plus, des facteurs tels que le niveau d'attention porté à la douleur, l'émotion associée à la douleur et l'expérience passée de la douleur joueraient tous un rôle dans la façon dont la douleur sera interprétée (77).

McCaul et Malott ont élargi cette théorie pour affirmer que les êtres humains ont une capacité d'attention limitée et qu'un individu doit s'occuper d'un stimulus douloureux pour qu'il soit perçu comme douloureux. Par conséquent, si l'individu s'occupe d'un autre stimulus loin des stimuli nocifs, telle que la VR, il percevra le stimulus douloureux comme moins intense. C'est le principe de saturation cognitive (78).

Sur le plan anatomique, Gold et al. ont récemment émis l'hypothèse que l'antalgie du VR provient de la modulation inter-corticale des voies de signalisation de la douleur. L'attention et l'émotion créée par le VR s'accompagne d'une augmentation de l'activité dans le cortex cingulaire antérieur et les régions orbitofrontales du cerveau, des zones responsables d'une modulation de la douleur. L'activation de ces zones aurait pour conséquence une atténuation de la douleur ressentie, et donc une antalgie (79).

## **D. Perspectives**

Le coût de la VR est devenu relativement faible, et son emploi est facile et accessible à tous. Avec que très peu d'effets indésirables réversibles, son utilisation à visée antalgique péri-procédurale pourrait devenir pratique courante.

Avec son utilisation croissante, aussi bien dans le domaine du divertissement, la population générale pourrait s'accoutumer à une stimulation virtuelle, telle qu'elle l'est actuellement pour l'utilisation d'un écran d'ordinateur. On s'attendra dans ce cas à une diminution des effets indésirables comme le « cybersickness ».

Dans le domaine de la cardiologie, l'utilisation de la VR comme thérapeutique antalgique pourrait s'envisager pour de nombreuses procédures telles que les ablations de voie accessoire, les ablations de tachycardie ventriculaire, les implantations de pacemaker, les coronarographies, et les angioplasties coronaires.

## **E. Limites**

Cette étude était une étude monocentrique rétrospective, il n'y a donc pas eu de randomisation. Néanmoins, le nombre de patients était relativement élevé dans chaque groupe et les caractéristiques de la population n'étaient pas différentes entre les groupes.

Secondairement, le nombre de patients ayant bénéficié d'une cryoablation pendant la période définie a été réduit par l'annulation de procédures secondaire à la pandémie de coronavirus (Covid-19).

Finalement, l'expérience passée des patients avec les jeux interactifs peut avoir influencé les conséquences de la VR et les effets secondaires associés. Malheureusement, nous n'avons pas pris en compte ce paramètre dans la présente étude.

## **V. CONCLUSION**

Notre étude démontre que la VR peut être facilement intégrée dans le flux de travail d'une ablation de FA.

Même si elle n'a pas entraîné de réduction de la consommation d'antalgiques, la VR a été associée à une réduction de la perception de la douleur et à une amélioration du confort du patient, en plus de l'antalgie standard.

Son utilisation est facile et rapide, et n'allonge pas les durées de procédure ou de fluoroscopie. Ses effets indésirables sont rares et bénins.

## **VI. VALORISATION**

Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'une publication dans le Journal of Medical Internet Research (JMIR), avec un impact factor de 5,43.

## VII. BIBLIOGRAPHIE

- 1) Hindricks G, Potpara T, Dagres N, Arbelo E, Bax JJ, Blomström-Lundqvist C, Boriani G, Castella M, Dan GA, Dilaveris PE, Fauchier L, Filippatos G, Kalman JM, La Meir M, Lane DA, Lebeau JP, Lettino M, Lip GYH, Pinto FJ, Thomas GN, Valgimigli M, Van Gelder IC, Van Putte BP, Watkins CL; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2021 Feb 1;42(5):373-498. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa612. PMID: 32860505.
- 2) Coumel P, Maison-Blanche P. Complex dynamics of cardiac arrhythmias. *Chaos*. 1991 Oct;1(3):335-342. doi: 10.1063/1.165845. PMID: 12779930.
- 3) Staerk L, Sherer JA, Ko D, Benjamin EJ, Helm RH. Atrial Fibrillation: Epidemiology, Pathophysiology, and Clinical Outcomes. *Circ Res*. 2017 Apr 28;120(9):1501-1517. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.117.309732. PMID: 28450367; PMCID: PMC5500874.
- 4) Allan V, Honarbakhsh S, Casas JP, Wallace J, Hunter R, Schilling R, Perel P, Morley K, Banerjee A, Hemingway H. Are cardiovascular risk factors also associated with the incidence of atrial fibrillation? A systematic review and field synopsis of 23 factors in 32 population-based cohorts of 20 million participants. *Thromb Haemost*. 2017 May 3;117(5):837-850. doi: 10.1160/TH16-11-0825. Epub 2017 Feb 23. PMID: 28229164; PMCID: PMC5442605.
- 5) Markides V, Schilling RJ. Atrial fibrillation: classification, pathophysiology, mechanisms and drug treatment. *Heart*. 2003 Aug;89(8):939-43. doi: 10.1136/heart.89.8.939. PMID: 12860883; PMCID: PMC1767799.
- 6) Haïssaguerre M, Jaïs P, Shah DC, Takahashi A, Hocini M, Quiniou G, Garrigue S, Le Mouroux A, Le Métayer P, Clémenty J. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med*. 1998 Sep 3;339(10):659-66. doi: 10.1056/NEJM199809033391003. PMID: 9725923.
- 7) Stiles MK, John B, Wong CX, Kuklik P, Brooks AG, Lau DH, Dimitri H, Roberts-Thomson KC, Wilson L, De Sciscio P, Young GD, Sanders P. Paroxysmal lone atrial fibrillation is associated with an abnormal atrial substrate: characterizing the "second factor". *J Am Coll Cardiol*. 2009 Apr 7;53(14):1182-91. doi: 10.1016/j.jacc.2008.11.054. PMID: 19341858.
- 8) Benjamin EJ, Muntner P, Alonso A, Bittencourt MS, Callaway CW, Carson AP, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, Das SR, Delling FN, Djousse L, Elkind MSV, Ferguson JF, Fornage M, Jordan LC, Khan SS, Kissela BM, Knutson KL, Kwan TW,

Lackland DT, Lewis TT, Lichtman JH, Longenecker CT, Loop MS, Lutsey PL, Martin SS, Matsushita K, Moran AE, Mussolino ME, O'Flaherty M, Pandey A, Perak AM, Rosamond WD, Roth GA, Sampson UKA, Satou GM, Schroeder EB, Shah SH, Spartano NL, Stokes A, Tirschwell DL, Tsao CW, Turakhia MP, VanWagner LB, Wilkins JT, Wong SS, Virani SS; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2019 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2019 Mar 5;139(10):e56-e528. doi: 10.1161/CIR.0000000000000659. Erratum in: *Circulation*. 2020 Jan 14;141(2):e33. PMID: 30700139.

- 9) Chugh SS, Havmoeller R, Narayanan K, Singh D, Rienstra M, Benjamin EJ, Gillum RF, Kim YH, McAnulty JH Jr, Zheng ZJ, Forouzanfar MH, Naghavi M, Mensah GA, Ezzati M, Murray CJ. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation*. 2014 Feb 25;129(8):837-47. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005119. Epub 2013 Dec 17. PMID: 24345399; PMCID: PMC4151302.
- 10) Staerk L, Wang B, Preis SR, Larson MG, Lubitz SA, Ellinor PT, McManus DD, Ko D, Weng LC, Lunetta KL, Frost L, Benjamin EJ, Trinquart L. Lifetime risk of atrial fibrillation according to optimal, borderline, or elevated levels of risk factors: cohort study based on longitudinal data from the Framingham Heart Study. *BMJ*. 2018 Apr 26;361:k1453. doi: 10.1136/bmj.k1453. PMID: 29699974; PMCID: PMC5917175.
- 11) 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. *Am J Cardiol*. 2013 Oct 15;112(8):1142-7. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.05.063. Epub 2013 Jul 4. PMID: 23831166.
- 12) Wolf PA, Abbott RD, Kannel WB. Atrial fibrillation as an independent risk factor for stroke: the Framingham Study. *Stroke*. 1991 Aug;22(8):983-8. doi: 10.1161/01.str.22.8.983. PMID: 1866765.
- 13) Benjamin EJ, Wolf PA, D'Agostino RB, Silbershatz H, Kannel WB, Levy D. Impact of atrial fibrillation on the risk of death: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 1998 Sep 8;98(10):946-52. doi: 10.1161/01.cir.98.10.946. PMID: 9737513.
- 14) Odutayo 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*. 2016 Sep 6;354:i4482. doi: 10.1136/bmj.i4482. PMID: 27599725.

- 15) Wang TJ, Larson MG, Levy D, Vasan RS, Leip EP, Wolf PA, D'Agostino RB, Murabito JM, Kannel WB, Benjamin EJ. Temporal relations of atrial fibrillation and congestive heart failure and their joint influence on mortality: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2003 Jun 17;107(23):2920-5. doi: 10.1161/01.CIR.0000072767.89944.6E. Epub 2003 May 27. PMID: 12771006.
- 16) Stewart S, Hart CL, Hole DJ, McMurray JJ. A population-based study of the long-term risks associated with atrial fibrillation: 20-year follow-up of the Renfrew/Paisley study. *Am J Med*. 2002 Oct 1;113(5):359-64. doi: 10.1016/s0002-9343(02)01236-6. PMID: 12401529.
- 17) Thrall G, Lane D, Carroll D, Lip GY. Quality of life in patients with atrial fibrillation: a systematic review. *Am J Med*. 2006 May;119(5):448.e1-19. doi: 10.1016/j.amjmed.2005.10.057. PMID: 16651058.
- 18) Kirchhof P, Camm AJ, Goette A, Brandes A, Eckardt L, Elvan A, Fetsch T, van Gelder IC, Haase D, Haegeli LM, Hamann F, Heidbüchel H, Hindricks G, Kautzner J, Kuck KH, Mont L, Ng GA, Rekosz J, Schoen N, Schotten U, Suling A, Taggeselle J, Themistoclakis S, Vettorazzi E, Vardas P, Wegscheider K, Willems S, Crijns HJGM, Breithardt G; EAST-AFNET 4 Trial Investigators. Early Rhythm-Control Therapy in Patients with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2020 Oct 1;383(14):1305-1316. doi: 10.1056/NEJMoa2019422. Epub 2020 Aug 29. PMID: 32865375.
- 19) Cappato R, Calkins H, Chen SA, Davies W, Iesaka Y, Kalman J, Kim YH, Klein G, Natale A, Packer D, Skanes A, Ambrogi F, Biganzoli E. Updated worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2010 Feb;3(1):32-8. doi: 10.1161/CIRCEP.109.859116. Epub 2009 Dec 7. PMID: 19995881.
- 20) Mujovic NM, Marinkovic MM, Potpara TS, Geller L. Catheter ablation of lone atrial fibrillation. *Curr Pharm Des*. 2015;21(5):591-612. doi: 10.2174/1381612820666140825144226. PMID: 25175086.
- 21) Jaïs P, Cauchemez B, Macle L, Daoud E, Khairy P, Subbiah R, Hocini M, Extramiana F, Sacher F, Bordachar P, Klein G, Weerasooriya R, Clémenty J, Haïssaguerre M. Catheter ablation versus antiarrhythmic drugs for atrial fibrillation: the A4 study. *Circulation*. 2008 Dec 9;118(24):2498-505. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772582. Epub 2008 Nov 24. Erratum in: *Circulation*. 2009 Sep 8;120(10):e83. PMID: 19029470.
- 22) Wilber DJ, Pappone C, Neuzil P, De Paola A, Marchlinski F, Natale A, Macle L, Daoud EG, Calkins H, Hall B, Reddy V, Augello G, Reynolds MR, Vinekar C, Liu CY, Berry SM, Berry DA; ThermoCool AF Trial Investigators. Comparison of antiarrhythmic drug therapy

- and radiofrequency catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2010 Jan 27;303(4):333-40. doi: 10.1001/jama.2009.2029. PMID: 20103757.
- 23) Morillo CA, Verma A, Connolly SJ, Kuck KH, Nair GM, Champagne J, Sterns LD, Beresh H, Healey JS, Natale A; RAAFT-2 Investigators. Radiofrequency ablation vs antiarrhythmic drugs as first-line treatment of paroxysmal atrial fibrillation (RAAFT-2): a randomized trial. *JAMA*. 2014 Feb 19;311(7):692-700. doi: 10.1001/jama.2014.467. Erratum in: *JAMA*. 2014 Jun 11;311(22):2337. PMID: 24549549.
- 24) Cosedis Nielsen J, Johannessen A, Raatikainen P, Hindricks G, Walfridsson H, Kongstad O, Pehrson S, Englund A, Hartikainen J, Mortensen LS, Hansen PS. Radiofrequency ablation as initial therapy in paroxysmal atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2012 Oct 25;367(17):1587-95. doi: 10.1056/NEJMoa1113566. PMID: 23094720.
- 25) Nyong J, Amit G, Adler AJ, Owolabi OO, Perel P, Prieto-Merino D, Lambiase P, Casas JP, Morillo CA. Efficacy and safety of ablation for people with non-paroxysmal atrial fibrillation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Nov 22;11(11):CD012088. doi: 10.1002/14651858.CD012088.pub2. PMID: 27871122; PMCID: PMC6464287.
- 26) Mont L, Bisbal F, Hernández-Madrid A, Pérez-Castellano N, Viñolas X, Arenal A, Arribas F, Fernández-Lozano I, Bodegas A, Cobos A, Matía R, Pérez-Villacastín J, Guerra JM, Ávila P, López-Gil M, Castro V, Arana JJ, Brugada J; SARA investigators. Catheter ablation vs. antiarrhythmic drug treatment of persistent atrial fibrillation: a multicentre, randomized, controlled trial (SARA study). *Eur Heart J*. 2014 Feb;35(8):501-7. doi: 10.1093/eurheartj/eh457. Epub 2013 Oct 17. PMID: 24135832; PMCID: PMC3930872.
- 27) Shah D, Haissaguerre M, Jais P, Hocini M. Nonpulmonary vein foci: do they exist? *Pacing Clin Electrophysiol*. 2003 Jul;26(7 Pt 2):1631-5. doi: 10.1046/j.1460-9592.2003.t01-1-00243.x. PMID: 12914614.
- 28) Nademanee K, McKenzie J, Kosar E, Schwab M, Sunsaneewitayakul B, Vasavakul T, Khunnawat C, Ngarmukos T. A new approach for catheter ablation of atrial fibrillation: mapping of the electrophysiologic substrate. *J Am Coll Cardiol*. 2004 Jun 2;43(11):2044-53. doi: 10.1016/j.jacc.2003.12.054. PMID: 15172410.
- 29) Haïssaguerre M, Hocini M, Sanders P, Sacher F, Rotter M, Takahashi Y, Rostock T, Hsu LF, Bordachar P, Reuter S, Roudaut R, Clémenty J, Jais P. Catheter ablation of long-lasting persistent atrial fibrillation: clinical outcome and mechanisms of subsequent arrhythmias. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2005 Nov;16(11):1138-47. doi: 10.1111/j.1540-8167.2005.00308.x. PMID: 16302893.

- 30) Defaye P. Cryoablation par cathéter des tachycardies: principes et indications [Transcatheter cryoablation of tachycardia: principles and indications]. *Rev Med Interne*. 2010 Jul;31(7):519-22. French. doi: 10.1016/j.revmed.2009.12.011. PMID: 20627479.
- 31) Su W, Aryana A, Passman R, Singh G, Hokanson R, Kowalski M, Andrade J, Wang P. Cryoballoon Best Practices II: Practical guide to procedural monitoring and dosing during atrial fibrillation ablation from the perspective of experienced users. *Heart Rhythm*. 2018 Sep;15(9):1348-1355. doi: 10.1016/j.hrthm.2018.04.021. Epub 2018 Apr 20. PMID: 29684571.
- 32) Andrade JG, Wells GA, Deyell MW, Bennett M, Essebag V, Champagne J, Roux JF, Yung D, Skanes A, Khaykin Y, Morillo C, Jolly U, Novak P, Lockwood E, Amit G, Angaran P, Sapp J, Wardell S, Lauck S, Macle L, Verma A; EARLY-AF Investigators. Cryoablation or Drug Therapy for Initial Treatment of Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2021 Jan 28;384(4):305-315. doi: 10.1056/NEJMoa2029980. Epub 2020 Nov 16. PMID: 33197159.
- 33) Sawhney V, Schilling RJ, Providencia R, Cadd M, Perera D, Chatha S, Mercer B, Finlay M, Halimi F, Pavin D, Anselme F, Cebon JP, Chun J, Schmidt B, Defaye P, Dhillon G, Boveda S, Albenque JP, Tayebjee M, de Asmundis C, Chierchia G, Hunter RJ. Cryoablation for persistent and longstanding persistent atrial fibrillation: results from a multicentre European registry. *Europace*. 2020 Mar 1;22(3):375-381. doi: 10.1093/europace/euz313. PMID: 31808520.
- 34) Tzeis S, Pastromas S, Sikiotis A, Andrikopoulos G. Cryoablation in persistent atrial fibrillation - a critical appraisal. *Neth Heart J*. 2016 Sep;24(9):498-507. doi: 10.1007/s12471-016-0858-y. PMID: 27294840; PMCID: PMC5005190.
- 35) Kuck KH, Brugada J, Fürnkranz A, Metzner A, Ouyang F, Chun KR, Elvan A, Arentz T, Bestehorn K, Pocock SJ, Albenque JP, Tondo C; FIRE AND ICE Investigators. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2016 Jun 9;374(23):2235-45. doi: 10.1056/NEJMoa1602014. Epub 2016 Apr 4. PMID: 27042964.
- 36) Tilz RR, Heeger CH, Wick A, Saguner AM, Metzner A, Rillig A, Wohlmuth P, Reissmann B, Lemeš C, Maurer T, Santoro F, Riedl J, Sohns C, Mathew S, Kuck KH, Ouyang F. Ten-Year Clinical Outcome After Circumferential Pulmonary Vein Isolation Utilizing the Hamburg Approach in Patients With Symptomatic Drug-Refractory Paroxysmal Atrial Fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2018 Feb;11(2):e005250. doi: 10.1161/CIRCEP.117.005250. PMID: 29449353.

- 37) Ouyang F, Tilz R, Chun J, Schmidt B, Wissner E, Zerm T, Neven K, Köktürk B, Konstantinidou M, Metzner A, Fuernkranz A, Kuck KH. Long-term results of catheter ablation in paroxysmal atrial fibrillation: lessons from a 5-year follow-up. *Circulation*. 2010 Dec 7;122(23):2368-77. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.946806. Epub 2010 Nov 22. PMID: 21098450.
- 38) Brooks S, Metzner A, Wohlmuth P, Lin T, Wissner E, Tilz R, Rillig A, Mathew S, Saguner A, Heeger C, Sohns C, Kuck KH, Ouyang F. Insights into ablation of persistent atrial fibrillation: Lessons from 6-year clinical outcomes. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2018 Feb;29(2):257-263. doi: 10.1111/jce.13401. Epub 2018 Jan 5. PMID: 29216412.
- 39) Andrade JG, Champagne J, Dubuc M, Deyell MW, Verma A, Macle L, Leong-Sit P, Novak P, Badra-Verdu M, Sapp J, Mangat I, Khoo C, Steinberg C, Bennett MT, Tang ASL, Khairy P; CIRCA-DOSE Study Investigators. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Atrial Fibrillation Assessed by Continuous Monitoring: A Randomized Clinical Trial. *Circulation*. 2019 Nov 26;140(22):1779-1788. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.042622. Epub 2019 Oct 21. PMID: 31630538.
- 40) Luik A, Kunzmann K, Hörmann P, Schmidt K, Radzewitz A, Bramlage P, Schenk T, Schymik G, Merkel M, Kieser M, Schmitt C. Cryoballoon vs. open irrigated radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation: long-term FreezeAF outcomes. *BMC Cardiovasc Disord*. 2017 May 25;17(1):135. doi: 10.1186/s12872-017-0566-6. PMID: 28545407; PMCID: PMC5445510.
- 41) Amélioration significative de la qualité de vie en faveur de l'ablation (Blomström-Lundqvist C, Gizurarson S, Schwieler J, Jensen SM, Bergfeldt L, Kennebäck G, Rubulis A, Malmborg H, Raatikainen P, Lönnerholm S, Höglund N, Mörtzell D. Effect of Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Medication on Quality of Life in Patients With Atrial Fibrillation: The CAPTAF Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019 Mar 19;321(11):1059-1068. doi: 10.1001/jama.2019.0335. PMID: 30874754; PMCID: PMC6439911)
- 42) Alaeddini J, Wood MA, Parvez B, Pathak V, Wong KA, Ellenbogen KA. Site localization and characterization of pain during radiofrequency ablation of the pulmonary veins. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2007 Oct;30(10):1210-4. doi: 10.1111/j.1540-8159.2007.00842.x. PMID: 17897123.
- 43) Brennan F, Carr DB, Cousins M. Pain management: a fundamental human right. *Anesth Analg*. 2007 Jul;105(1):205-21. doi: 10.1213/01.ane.0000268145.52345.55. PMID: 17578977.

- 44) Gaitan BD, Trentman TL, Fassett SL, Mueller JT, Altemose GT. Sedation and analgesia in the cardiac electrophysiology laboratory: a national survey of electrophysiologists investigating the who, how, and why? *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2011 Aug;25(4):647-59. doi: 10.1053/j.jvca.2010.11.006. Epub 2011 Jan 19. PMID: 21251850.
- 45) Wasserlauf J, Kaplan RM, Walega DR, Arora R, Chicos AB, Kim SS, Lin AC, Verma N, Patil KD, Knight BP, Passman RS. Patient-reported outcomes after cryoballoon ablation are equivalent between moderate sedation and general anesthesia. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020 Jul;31(7):1579-1584. doi: 10.1111/jce.14547. Epub 2020 May 27. PMID: 32400079.
- 46) Thomas SP, Thakkar J, Kovoor P, Thiagalingam A, Ross DL. Sedation for electrophysiological procedures. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2014 Jun;37(6):781-90. doi: 10.1111/pace.12370. Epub 2014 Feb 20. PMID: 24697803.
- 47) Pachulski RT, Adkins DC, Mirza H. Conscious sedation with intermittent midazolam and fentanyl in electrophysiology procedures. *J Interv Cardiol.* 2001 Apr;14(2):143-6. doi: 10.1111/j.1540-8183.2001.tb00725.x. PMID: 12053295.
- 48) Patterson DR, Jensen MP. Hypnosis and clinical pain. *Psychol Bull.* 2003 Jul;129(4):495-521. doi: 10.1037/0033-2909.129.4.495. PMID: 12848218.
- 49) Bowers KS. Imagination and dissociation in hypnotic responding. *Int J Clin Exp Hypn.* 1992 Oct;40(4):253-75. doi: 10.1080/00207149208409661. PMID: 1468834.
- 50) Chaves JF, Dworkin SF. Hypnotic control of pain: historical perspectives and future prospects. *Int J Clin Exp Hypn.* 1997 Oct;45(4):356-76. doi: 10.1080/00207149708416138. PMID: 9308265.
- 51) Jensen MP, Patterson DR. Hypnotic approaches for chronic pain management: clinical implications of recent research findings. *Am Psychol.* 2014 Feb-Mar;69(2):167-77. doi: 10.1037/a0035644. PMID: 24547802; PMCID: PMC4465776.
- 52) Kendrick C, Sliwinski J, Yu Y, Johnson A, Fisher W, Kekecs Z, Elkins G. Hypnosis for Acute Procedural Pain: A Critical Review. *Int J Clin Exp Hypn.* 2016;64(1):75-115. doi: 10.1080/00207144.2015.1099405. PMID: 26599994; PMCID: PMC5120961.
- 53) Garcia R, Bouleti C, Li A, Frasca D, El Harrouchi S, Marechal J, Roumegou P, Corbi P, Christiaens L, Le Gal F, Degand B. Hypnosis Versus Placebo During Atrial Flutter Ablation: The PAINLESS Study: A Randomized Controlled Trial. *JACC Clin Electrophysiol.* 2020 Nov;6(12):1551-1560. doi: 10.1016/j.jacep.2020.05.028. Epub 2020 Aug 12. PMID: 33213815.
- 54) Heilig M. (1962). US Patent #3,050,870

- 55) Botella C, Garcia-Palacios A, Vizcaíno Y, Herrero R, Baños RM, Belmonte MA. Virtual reality in the treatment of fibromyalgia: a pilot study. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2013 Mar;16(3):215-23. doi: 10.1089/cyber.2012.1572. PMID: 23496678.
- 56) de Tommaso M, Ricci K, Laneve L, Savino N, Antonaci V, Livrea P. Virtual visual effect of hospital waiting room on pain modulation in healthy subjects and patients with chronic migraine. *Pain Res Treat*. 2013;2013:515730. doi: 10.1155/2013/515730. Epub 2013 Jan 10. PMID: 23365736; PMCID: PMC3556890.
- 57) Shiri S, Feintuch U, Weiss N, Pustilnik A, Geffen T, Kay B, Meiner Z, Berger I. A virtual reality system combined with biofeedback for treating pediatric chronic headache--a pilot study. *Pain Med*. 2013 May;14(5):621-7. doi: 10.1111/pme.12083. Epub 2013 May 9. PMID: 23659372.
- 58) Schneider SM, Kisby CK, Flint EP. Effect of virtual reality on time perception in patients receiving chemotherapy. *Support Care Cancer*. 2011 Apr;19(4):555-64. doi: 10.1007/s00520-010-0852-7. Epub 2010 Mar 26. PMID: 20336327; PMCID: PMC3673561.
- 59) Demeter N, Josman N, Eisenberg E, Pud D. Who can benefit from virtual reality to reduce experimental pain? A crossover study in healthy subjects. *Eur J Pain*. 2015 Nov;19(10):1467-75. doi: 10.1002/ejp.678. Epub 2015 Feb 25. PMID: 25716105.
- 60) Das DA, Grimmer KA, Sparnon AL, McRae SE, Thomas BH. The efficacy of playing a virtual reality game in modulating pain for children with acute burn injuries: a randomized controlled trial [ISRCTN87413556]. *BMC Pediatr*. 2005 Mar 3;5(1):1. doi: 10.1186/1471-2431-5-1. PMID: 15745448; PMCID: PMC554986.
- 61) Morris LD, Louw QA, Grimmer-Somers K. The effectiveness of virtual reality on reducing pain and anxiety in burn injury patients: a systematic review. *Clin J Pain*. 2009 Nov-Dec;25(9):815-26. doi: 10.1097/AJP.0b013e3181aaa909. PMID: 19851164.
- 62) Weeth A, Mühlberger A, Shiban Y. Was it less painful for knights? Influence of appearance on pain perception. *Eur J Pain*. 2017 Nov;21(10):1756-1762. doi: 10.1002/ejp.1087. Epub 2017 Jul 31. PMID: 28758311.
- 63) JahaniShoorab N, Ebrahimzadeh Zagami S, Nahvi A, Mazluom SR, Golmakani N, Talebi M, Pabarja F. The Effect of Virtual Reality on Pain in Primiparity Women during Episiotomy Repair: A Randomize Clinical Trial. *Iran J Med Sci*. 2015 May;40(3):219-24. PMID: 25999621; PMCID: PMC4430883.
- 64) Shourab NJ, Zagami SE, Golmakhani N, Mazlom SR, Nahvi A, Pabarja F, Talebi M, Rizi SM. Virtual reality and anxiety in primiparous women during episiotomy repair. *Iran J Nurs*

- Midwifery Res. 2016 Sep-Oct;21(5):521-526. doi: 10.4103/1735-9066.193417. PMID: 27904638; PMCID: PMC5114799.
- 65) Chan PY, Scharf S. Virtual Reality as an Adjunctive Nonpharmacological Sedative During Orthopedic Surgery Under Regional Anesthesia: A Pilot and Feasibility Study. *Anesth Analg.* 2017 Oct;125(4):1200-1202. doi: 10.1213/ANE.0000000000002169. PMID: 28598921.
- 66) Wiederhold MD, Gao K, Wiederhold BK. Clinical use of virtual reality distraction system to reduce anxiety and pain in dental procedures. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2014 Jun;17(6):359-65. doi: 10.1089/cyber.2014.0203. PMID: 24892198; PMCID: PMC4043252.
- 67) Asl Aminabadi N, Erfanparast L, Sohrabi A, Ghertasi Oskouei S, Naghili A. The Impact of Virtual Reality Distraction on Pain and Anxiety during Dental Treatment in 4-6 Year-Old Children: a Randomized Controlled Clinical Trial. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2012 Fall;6(4):117-24. doi: 10.5681/joddd.2012.025. Epub 2012 Nov 12. PMID: 23277857; PMCID: PMC3529924.
- 68) Hoffman HG, Garcia-Palacios A, Patterson DR, Jensen M, Furness T 3rd, Ammons WF Jr. The effectiveness of virtual reality for dental pain control: a case study. *Cyberpsychol Behav.* 2001 Aug;4(4):527-35. doi: 10.1089/109493101750527088. PMID: 11708732.
- 69) Furman E, Jasinevicius TR, Bissada NF, Victoroff KZ, Skillicorn R, Buchner M. Virtual reality distraction for pain control during periodontal scaling and root planing procedures. *J Am Dent Assoc.* 2009 Dec;140(12):1508-16. doi: 10.14219/jada.archive.2009.0102. PMID: 19955069.
- 70) Wright JL, Hoffman HG, Sweet RM. Virtual reality as an adjunctive pain control during transurethral microwave thermotherapy. *Urology.* 2005 Dec;66(6):1320. doi: 10.1016/j.urology.2005.06.123. PMID: 16360473.
- 71) Bruno RR, Lin Y, Wolff G, Polzin A, Veulemans V, Klein K, Westenfeld R, Zeus T, Kelm M, Jung C. Virtual reality-assisted conscious sedation during transcatheter aortic valve implantation: a randomised pilot study. *EuroIntervention.* 2020 Dec 18;16(12):e1014-e1020. doi: 10.4244/EIJ-D-20-00269. PMID: 32597390.
- 72) Smith V, Warty RR, Sursas JA, Payne O, Nair A, Krishnan S, da Silva Costa F, Wallace EM, Vollenhoven B. The Effectiveness of Virtual Reality in Managing Acute Pain and Anxiety for Medical Inpatients: Systematic Review. *J Med Internet Res.* 2020 Nov 2;22(11):e17980. doi: 10.2196/17980. PMID: 33136055; PMCID: PMC7669439.
- 73) Scaglione M, Battaglia A, Di Donna P, Peyracchia M, Bolzan B, Mazzucchi P, Muro M,

- Caponi D. Hypnotic communication for periprocedural analgesia during transcatheter ablation of atrial fibrillation. *Int J Cardiol Heart Vasc.* 2019 Jul 27;24:100405. doi: 10.1016/j.ijcha.2019.100405. PMID: 31388561; PMCID: PMC6669807.
- 74) Ebrahimi R, Tan W. Role of Music for Conscious Sedation During Invasive Cardiac Catheterization. *Am J Cardiol.* 2018 Sep 15;122(6):1095-1097. doi: 10.1016/j.amjcard.2018.05.039. Epub 2018 Jun 20. PMID: 30072130.
- 75) Weech S, Kenny S, Barnett-Cowan M. Presence and Cybersickness in Virtual Reality Are Negatively Related: A Review. *Front Psychol.* 2019 Feb 4;10:158. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00158. PMID: 30778320; PMCID: PMC6369189.
- 76) Gallagher M, Dowsett R, Ferrè ER. Vection in virtual reality modulates vestibular-evoked myogenic potentials. *Eur J Neurosci.* 2019 Nov;50(10):3557-3565. doi: 10.1111/ejn.14499. Epub 2019 Jul 13. PMID: 31233640.
- 77) The gate control theory of pain. *Br Med J.* 1978 Aug 26;2(6137):586-7. PMID: 698601; PMCID: PMC1607474.
- 78) McCaul KD, Malott JM. Distraction and coping with pain. *Psychol Bull.* 1984 May;95(3):516-33. PMID: 6399756.
- 79) Gold JI, Belmont KA, Thomas DA. The neurobiology of virtual reality pain attenuation. *Cyberpsychol Behav.* 2007 Aug;10(4):536-44. doi: 10.1089/cpb.2007.9993. PMID: 17711362.

## VIII. RESUME

### **Introduction :**

Les appareils connectés modifient considérablement de nombreux aspects des soins de santé. L'un d'eux, un casque de réalité virtuelle, montre des résultats promettant dans le traitement antalgique péri-procédurale. Nous avons étudié la faisabilité et l'efficacité de la réalité virtuelle (VR) pendant l'ablation de fibrillation atriale (FA) sous sédation vigile.

### **Méthodes :**

Entre juillet 2019 et août 2020, tous les patients ayant reçu une cryoablation de FA ont été analysés. Les patients ayant reçu un traitement par VR ont été comparés aux patients ayant reçu un traitement antalgique standard. L'efficacité primaire a été évaluée à l'aide d'une échelle visuelle analogique (EVA), résumant la douleur moyenne ressentie pendant l'ablation. La douleur maximale, le confort, la consommation en antalgiques et sédatifs, les temps de procédure et de fluoroscopie ont également été évalués.

### **Résultats :**

Quarante-huit patients ont reçu un traitement par VR pendant la procédure de cryoablation de FA ( $63,0 \pm 10,9$  ans ; 33,3% des femmes). Aucun patient n'a refusé d'utiliser l'appareil, 14,6% ont mis fin prématurément à la session de VR. La préparation du casque VR a pris en moyenne  $78 \pm 13$  secondes. Par rapport au groupe témoin, la douleur moyenne était plus faible dans le groupe VR ( $3,5 \pm 1,5$  vs  $4,3 \pm 1,6$  ;  $p = 0,004$ ) alors que le confort était plus élevé dans le groupe VR ( $7,5 \pm 1,6$  vs  $6,8 \pm 1,7$  ;  $p = 0,031$ ). La douleur maximale était également plus faible dans le groupe VR ( $5,1 \pm 1,9$  vs  $6,1 \pm 2,0$  ;  $p = 0,003$ ). En revanche, les consommations de morphine et de benzodiazépines n'étaient pas différentes entre les groupes. Les durées de procédure et de fluoroscopie n'étaient pas différentes entre les deux groupes.

### **Conclusion :**

Notre étude démontre que la VR peut être facilement intégrée dans le flux de travail d'ablation et a été associée à une réduction de la perception de la douleur et à une amélioration du confort du patient, en plus de l'antalgie standard.



UNIVERSITE DE POITIERS



Faculté de Médecine et de  
Pharmacie

## SERMENT



En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie 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 donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

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



# Faisabilité et efficacité de la réalité virtuelle pendant l'ablation de fibrillation atriale

## **Introduction :**

Les appareils connectés modifient considérablement de nombreux aspects des soins de santé. L'un d'eux, un casque de réalité virtuelle, montre des résultats promettant dans le traitement antalgique péri-procédurale. Nous avons étudié la faisabilité et l'efficacité de la réalité virtuelle (VR) pendant l'ablation de fibrillation atriale (FA) sous sédation vigile.

## **Méthodes :**

Entre juillet 2019 et août 2020, tous les patients ayant reçu une cryoablation de FA ont été analysés. Les patients ayant reçu un traitement par VR ont été comparés aux patients ayant reçu un traitement antalgique standard. L'efficacité primaire a été évaluée à l'aide d'une échelle visuelle analogique (EVA), résumant la douleur moyenne ressentie pendant l'ablation. La douleur maximale, le confort, la consommation en antalgiques et sédatifs, les temps de procédure et de fluoroscopie ont également été évalués.

## **Résultats :**

Quarante-huit patients ont reçu un traitement par VR pendant la procédure de cryoablation de FA ( $63,0 \pm 10,9$  ans ; 33,3% des femmes). Aucun patient n'a refusé d'utiliser l'appareil, 14,6% ont mis fin prématurément à la session de VR. La préparation du casque VR a pris en moyenne  $78 \pm 13$  secondes. Par rapport au groupe témoin, la douleur moyenne était plus faible dans le groupe VR ( $3,5 \pm 1,5$  vs  $4,3 \pm 1,6$  ;  $p = 0,004$ ) alors que le confort était plus élevé dans le groupe VR ( $7,5 \pm 1,6$  vs  $6,8 \pm 1,7$  ;  $p = 0,031$ ). La douleur maximale était également plus faible dans le groupe VR ( $5,1 \pm 1,9$  vs  $6,1 \pm 2,0$  ;  $p = 0,003$ ). En revanche, les consommations de morphine et de benzodiazépines n'étaient pas différentes entre les groupes. Les durées de procédure et de fluoroscopie n'étaient pas différentes entre les deux groupes.

## **Conclusion :**

Notre étude démontre que la VR peut être facilement intégrée dans le flux de travail d'ablation et a été associée à une réduction de la perception de la douleur et à une amélioration du confort du patient, en plus de l'antalgie standard.