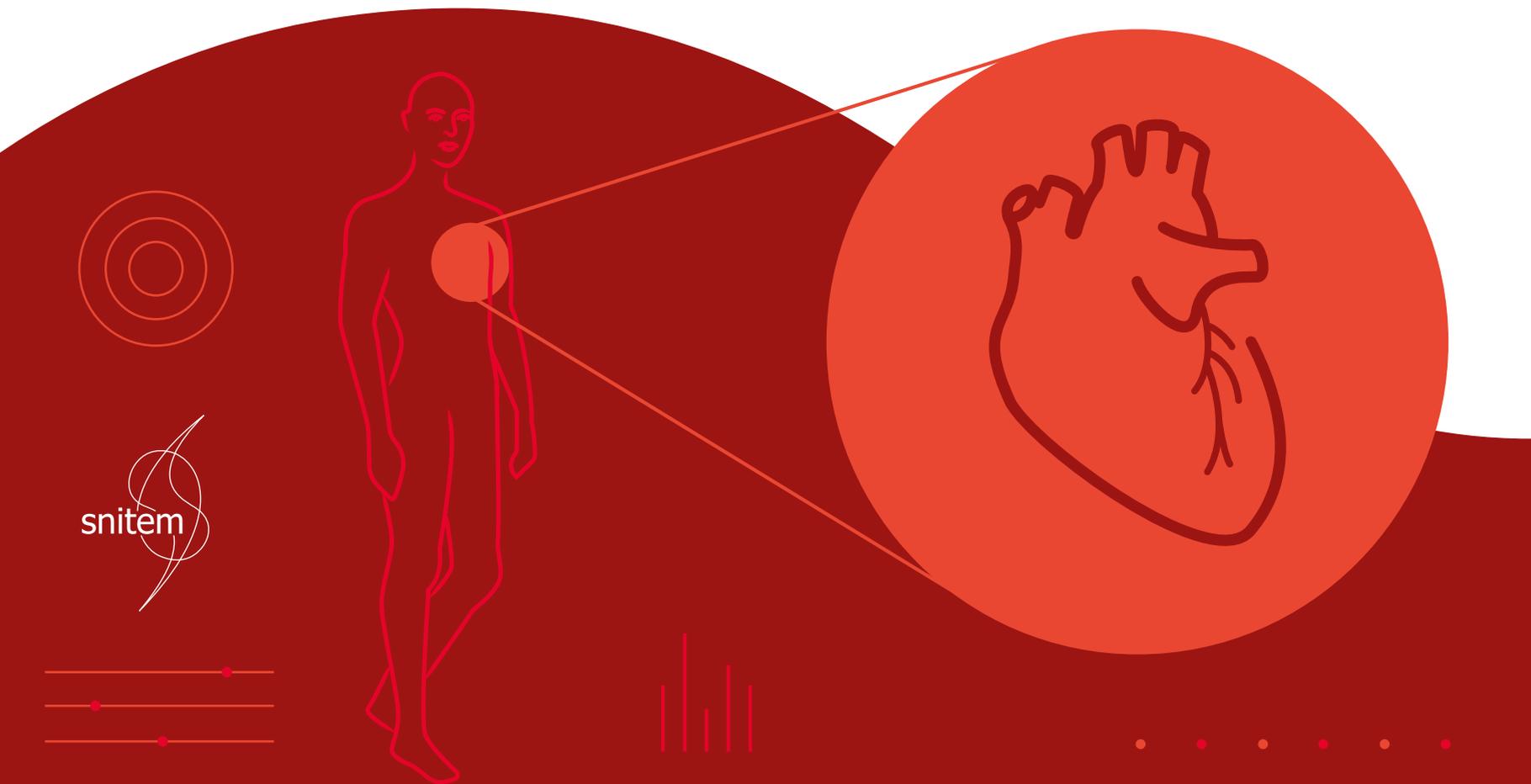


Progrès
& dispositifs
médicaux
NOUVELLE ÉDITION

INNOVATION EN CARDIOLOGIE



SOMMAIRE

Snitem
Syndicat national de l'industrie
des technologies médicales

Maison de la Mécanique
39, rue Louis Blanc
CS 30080
92038 La Défense Cedex



Directeur de la publication : Éric Le Roy
Responsable d'édition : Nathalie Jarry
Rédactrice : Camille Grelle
Édition déléguée : Presse Infos Plus
(www.presse-infosplus.fr)
Secrétariat de rédaction et édition : Studio h'artpon
Création graphique : ArtFeelsGood
Maquette : Didier Michon

Crédits photos, tous droits réservés : Abbott Medical systems, Abiomed, Biotronik, Boston Scientific, Edwards Lifescience, Johnson & Johnson, Medtronic France, Microport Scientific, Adobe Stock.

Impression : Imprimerie de l'Étoile 61190 Tourouvre
Nouvelle édition - Septembre 2019
ISBN : 979-10-93681-24-5

Les mots techniques ou scientifiques expliqués
en fin de livret dans la partie glossaire sont signalés
dans le texte par le symbole ©

3

PRÉFACE

4

INFOGRAPHIE

6

INTRODUCTION

La mécanique du cœur, une aventure scientifique et industrielle

10

Ballonnet d'angioplastie coronaire

Introduction au secours des artères coronaires

13

Stents

Au-delà de l'angioplastie

17

Fibrillation auriculaire

Rendre au cœur un rythme régulier

20

Valves

De la prothèse mécanique à la bioprothèse

26

Moniteur ecg implantable

Prévenir la syncope

28

Stimulateur

Pour faire mieux que survivre

35

Défibrillateur implantable

Une arme anti-mort subite

41

Sondes d'électrophysiologie

Efficacité et précision pour traiter les arythmies

44

Cœur mécanique

Une solution pour l'insuffisance cardiaque terminale

49

Dispositifs cardiaques connectés

Pour prévenir plutôt que guérir

52

LE REGARD DU PATIENT

« Les bénéfices sont aujourd'hui largement supérieurs aux risques »

53

GLOSSAIRE

55

SOURCES & REMERCIEMENTS

Innovation en cardiologie toujours plus audacieuse

PRÉFACE



Pr Martine Gilard

*Présidente de la Société française
de cardiologie (SFC)*

Résumer l'histoire de l'innovation en cardiologie n'est pas chose aisée, tant cette discipline se distingue par son audace, son dynamisme et sa volonté d'évoluer sans relâche. Les progrès de ces dernières décennies ont été particulièrement

spectaculaires et nombreux, tout autant dans les domaines diagnostique que thérapeutique. Et ils vont se poursuivre, nous en sommes certains ! De nouvelles pistes thérapeutiques pour la prise en charge des patients apparaissent chaque année ou presque, permettant ainsi de traiter aujourd'hui ce que l'on ne pouvait traiter auparavant. Au cœur de ces progrès, le travail conjoint des professionnels de santé et des industriels est inestimable.

L'avènement de la cardiologie interventionnelle, enclenché depuis trois décennies, a totalement révolutionné la prise en charge médicale, grâce à des actes moins invasifs et d'une très grande précision, couplés à des techniques d'imagerie de pointe. Un virage au bénéfice du patient qui n'aurait pas pu être négocié sans les progrès portés sur les dispositifs médicaux, toujours plus miniaturisés et plus performants, et d'une durée de vie toujours plus longue.

Autre tournant significatif, l'arrivée en force du numérique en santé. Les dispositifs connectés et les outils de télésurveillance – notamment de l'insuffisance cardiaque – permettent aujourd'hui un meilleur suivi des patients et l'anticipation d'éventuelles complications. Autant de pistes qui donnent de l'espoir pour l'avenir.

Certes, depuis les années 80, la mortalité liée aux maladies cardiovasculaires a enregistré une baisse de 40 % et la qualité de vie des patients a été améliorée de manière impressionnante. Mais les maladies cardiovasculaires constituent toujours, notamment, la première cause de mortalité chez la femme en France. Leur prise en charge demeure une priorité de santé publique et un enjeu en matière d'économies de santé. C'est pourquoi l'attention de tous les acteurs – professionnels de santé, industriels et pouvoirs publics – est plus que jamais portée sur les stratégies de prévention et de dépistage.

DÉCODER LE CŒUR ET SES PRINCIPES

Les maladies cardiovasculaires sont la première cause de mortalité dans le monde et la deuxième en France, après les cancers. Pour comprendre cet organe extraordinaire qu'est le cœur et les pathologies qui peuvent l'affecter, il est important d'en comprendre le fonctionnement. D'autant qu'il existe des dispositifs médicaux capables de les soigner.

CŒUR DROIT

VEINE CAVE SUPÉRIEURE

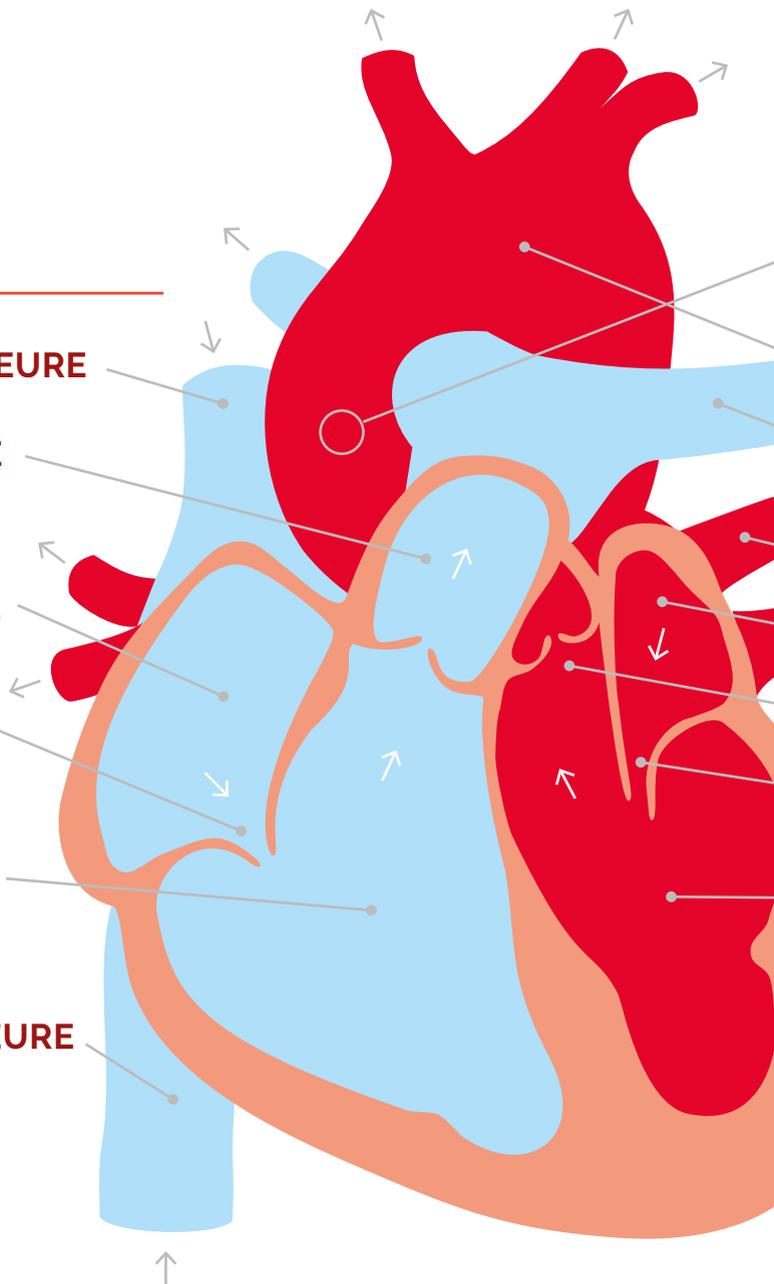
VALVE PULMONAIRE

OREILLETTE DROITE

VALVE TRICUSPIDE

VENTRICULE DROIT

VEINE CAVE INFÉRIEURE





ARTÈRES CORONAIRES

CŒUR GAUCHE

AORTE

ARTÈRE PULMONAIRE

VEINES PULMONAIRES

OREILLETTE GAUCHE

VALVE AORTIQUE

VALVE MITRALE

VENTRICULE GAUCHE

Le sang appauvri en dioxygène arrive dans le cœur droit par les veines caves. Il passe ensuite par l'oreillette droite puis dans le ventricule droit par les valves. Le ventricule se contracte et propulse le sang dans les poumons afin d'y être réoxygéné via l'artère pulmonaire. Le sang réoxygéné repart vers le cœur gauche par les veines pulmonaires: il passe par l'oreillette gauche, les valves puis le ventricule gauche. Il repart ensuite par l'aorte vers les organes.

LES PRINCIPALES PATHOLOGIES CARDIAQUES

• Syncope

Brutale réduction du débit sanguin dans les artères

• Athérosclérose

Développement d'amas graisseux

• Hypertension artérielle

Pression sanguine anormalement forte dans les vaisseaux

• Valvulopathie

Pathologies des valves

• Arythmie

Troubles du rythme cardiaque

• Insuffisance cardiaque

Incapacité du cœur à assurer un débit sanguin suffisant

• Infarctus du myocarde

Obstruction des vaisseaux qui alimentent le muscle cardiaque en oxygène

• Coronaropathie

Pathologies des artères coronaires

INTRODUCTION

LA MÉCANIQUE DU CŒUR, UNE AVENTURE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

À peine plus gros qu'un poing fermé, il bat 100 000 fois par jour, pulsant 8 000 litres de sang. Le cœur est l'organe qui permet la vie. Longtemps sujet tabou, il a commencé à dévoiler ses premiers secrets il y a plus d'un siècle. Depuis, la cardiologie s'est imposée comme une discipline phare, s'appuyant sur des dispositifs médicaux de plus en plus perfectionnés.



Les Égyptiens mentionnaient déjà les pulsations cardiaques. Platon lui-même plaçait le cœur à l'épicentre de l'âme et des passions. Organe symbolique par excellence, le cœur fascine les hommes depuis la nuit des temps. Dans l'Antiquité grecque, Hippocrate se pencha à son tour sur l'organe cardiaque. Si ses descriptions anatomiques sont remarquables, il n'en va pas de même de ses conceptions physiologiques qui comportent de nombreuses lacunes et inexactitudes. Néanmoins, de cet intérêt croissant naquit, dès le XVII^e siècle, la cardiologie en tant que discipline médicale à part entière.

De la cardiologie clinique et paraclinique...

Celle-ci trouva ses fondements dans la découverte de la circulation sanguine par William Harvey, médecin et physiologiste anglais, en 1628. « *Harvey bouleversa la conception du corps humain en montrant que le cœur n'est qu'une pompe qui envoie le sang dans les artères et les veines dans un circuit fermé, et qu'il ne s'agit pas de forces mystiques qui poussent le sang dans les artères et les veines* », explique le Dr François Boustani, cardiologue et auteur de *L'essentiel en cardiologie*.

La cardiologie trouva ses fondements dans la découverte de la circulation sanguine, en 1628, par le médecin et physiologiste William Harvey.

Il fallut toutefois patienter encore deux siècles avant les balbutiements de la cardiologie clinique, avec la naissance de la mesure de la tension artérielle et l'auscultation du cœur grâce à l'invention du stéthoscope en 1817. Puis, très vite, les progrès scientifiques s'enchaînèrent. En 1924, le physiologiste néerlandais Willem Einthoven inventa l'électrocardiographe, un appareil qui enregistre les courants électriques cardiaques. Sa trouvaille lui valut le prix Nobel. Mais l'avancée de la cardiologie a parfois emprunté des chemins plus qu'étroits. À ce titre, le médecin Werner Forssmann, persuadé que l'on peut enfoncer quelque chose dans un cœur battant sans causer directement la mort de la personne, s'anesthésia le bras, en 1929, pour y insérer un cathéter allant jusqu'à son oreillette droite. Cet acte héroïque et quelque peu suicidaire lui coûta... non pas sa vie mais son travail ! Sa bravoure permit néanmoins d'effectuer les premières mesures de pression à l'intérieur du cœur.

À la chirurgie cardiaque

Jusqu'aux années 40, l'équipement du cardiologue est resté très rudimentaire. Toutefois, « *au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, la recherche*

fondamentale s'intensifia, l'industrie pharmaceutique développa de nombreuses molécules et les ingénieurs construisirent d'astucieuses machines. Un effort particulier fut fait dans les instruments de diagnostic, d'abord les ultrasons puis l'imagerie par résonance magnétique (IRM), les scanners ainsi que dans les thérapeutiques », poursuit le Dr Boustani. L'invention de la circulation extracorporelle par Richard de Wall, en 1955, donna une forte impulsion à la chirurgie cardiaque : on pouvait en effet désormais opérer à cœur ouvert ! Après s'être longtemps contenté de « petites » interventions autour du cœur, on pratiquait désormais des gestes spectaculaires.

Le tournant fondamental de la cardiologie interventionnelle

La première angioplastie  coronaire, réalisée en 1977, marqua une véritable révolution. Elle est considérée comme l'acte fondateur de la cardiologie interventionnelle, qui regroupe l'ensemble des actes thérapeutiques réalisés par voie endovasculaire en cardiologie. Exécutés grâce à un cathéter introduit sans incision, ces derniers >>>

La France, terre d'innovations en cardiologie

Les innovations technologiques en cardiologie ont connu un essor exponentiel au cours du XX^e siècle. Tout au long de cette période, l'apport des professionnels de santé et des industriels français n'est plus à démontrer : invention des valves bioprothétiques, invention des stents coronaires auto-expansifs, technique de resynchronisation cardiaque , implantation de valves aortiques par cathétérisme cardiaque, cœur artificiel bioprothétique... Autant de premières que l'on doit à des Français. De fait, la France fait à la fois figure de pionnière et de bonne élève. La mortalité due à des pathologies cardiovasculaires y a effectivement diminué de 40 % depuis les années 80, en raison notamment d'une amélioration de la prise en charge, de la prévention des complications, mais également – et surtout – de la mise au point et au perfectionnement de dispositifs médicaux toujours plus performants.

1924

Invention de l'électrocardiographe

1955

Invention de la circulation extracorporelle (CEC)

1977

Première angioplastie

1980

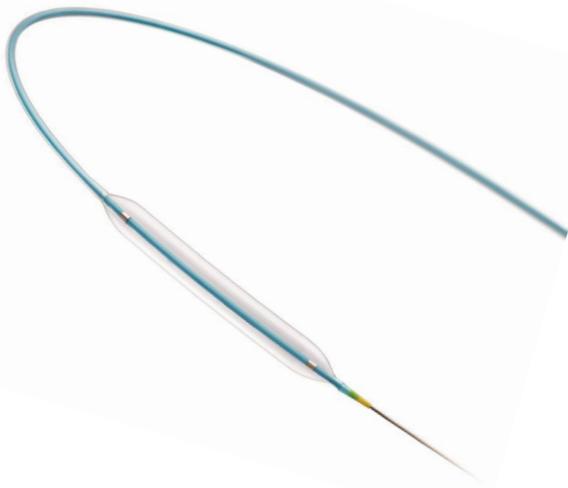
Premier défibrillateur posé sur une patiente

1986

Premier stent coronaire auto-expansif®

1992

Première angioplastie coronaire par voie radiale



»»» permettent d'atteindre la zone à traiter (valve, cavité, artère...) de manière totalement mini-invasive. Ils se retrouvent d'ailleurs dans toutes les sous-disciplines cardiologiques. À partir des années 80, industriels et médecins travaillèrent de concert pour inventer, mettre au point et produire toute une série de nouveaux dispositifs et techniques innovants devenus aujourd'hui incontournables : valve aortique (années 2000), stent coronaire auto-expansif (1986) puis actif (2000), défibrillateur (1980). D'abord externes, manuels et imposants, les défibrillateurs sont pour la plupart implantables, automatisés et miniaturisés.

La révolution du cœur artificiel

Depuis le début des années 2010, nous sommes entrés dans l'ère du cœur artificiel avec l'implantation du premier cœur bioprothétique® le 18 décembre 2013, une prothèse conçue à partir de matériaux synthétiques et biologiques. Le concepteur de ce bijou de technologie, le P^r Alain Carpentier, aura mis un quart de siècle à réaliser l'un de ses rêves de médecin les plus fous..

En ligne de mire : un service rendu aux patients toujours plus grand

De combien d'audace et de persévérance industriels et scientifiques ont-ils dû faire preuve pour que les malades du cœur survivent à leurs pathologies! Pour le D^r Boustani, « *les quarante dernières années ont connu un essor incroyable. La cardiologie est désormais une arme thérapeutique majeure dont les bénéfices se traduisent par une baisse importante*

La fin des tabous

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, il était inconcevable d'intervenir sur le cœur. Réputé pour être le siège de l'âme et des sentiments, cet organe, unique et vital, paraissait techniquement inaccessible. Un chirurgien important de l'époque mit ainsi en garde ses contemporains : « Quiconque tentera d'intervenir sur le cœur échouera et perdra l'estime de ses collègues. »

1994

Premier système de resynchronisation cardiaque

2000

Premier stent actif

2002

Première implantation de la valve aortique par voie percutanée (TAVI)



de la mortalité cardiovasculaire ». L'avènement de la cardiologie interventionnelle, en particulier, a permis de réduire le nombre de chirurgies cardiaques lourdes, les risques liés à l'intervention, les durées d'hospitalisation, et d'augmenter de manière significative les bénéfices pour les patients : moins de douleur, de complications et de cicatrices, et une récupération plus rapide. Et bien qu'arrivée à maturité, la cardiologie n'en est pas moins dynamique et en perpétuelle mutation. L'objectif ? Une technique et des dispositifs plus personnalisés pour s'adapter à des profils de patients toujours plus variés, et permettre ainsi de traiter aujourd'hui ce que l'on ne savait ou ne pouvait pas traiter hier. Les progrès de l'informatique médicale et de la génétique moléculaire vont encore perfectionner davantage les outils de diagnostic, les procédures thérapeutiques et de réadaptation des patients dans le but, *in fine*, d'optimiser les performances de la cardiologie préventive, chirurgicale comme interventionnelle.



150 000

décès

Chiffre clé

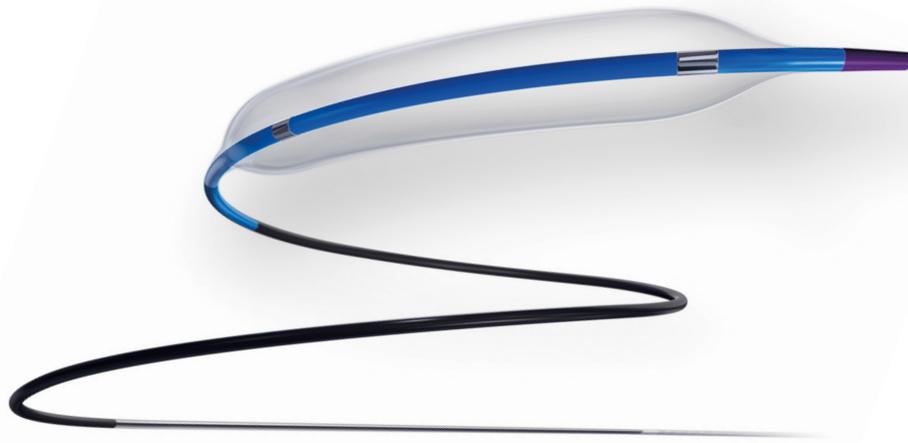
C'est le nombre de décès imputés chaque année aux pathologies cardiovasculaires, seconde cause de mortalité en France.

Source : Fédération française de cardiologie (FFC).

BALLONNET D'ANGIOPLASTIE CORONAIRE

AU SECOURS DES ARTÈRES CORONAIRES

Élargir la lumière artérielle d'un vaisseau coronaire obstrué ou bouché : telle est la fonction du ballonnet d'angioplastie. Inséré puis gonflé dans l'artère, il permet d'écraser les dépôts qui obstrue cette dernière et d'y déposer le stent qui, une fois déployé, la maintient ouverte. Une véritable révolution qui permet d'éviter une lourde chirurgie de pontage.



DE LA THÉORIE...

Les deux artères coronaires (droite et gauche) partent de l'aorte et ont pour fonction de vasculariser le cœur. Il peut arriver que des dépôts de graisse, comme le cholestérol et les triglycérides Ⓞ par exemple, viennent rétrécir ces artères (athérome), entraînant une sténose Ⓞ. Des caillots de sang (thrombus) peuvent également venir les obturer. On parle alors de thrombose Ⓞ. « Ces dépôts d'athérome ou de thrombus sur la paroi d'une artère altèrent l'irrigation sanguine du cœur, explique le Pr Martine Gilard, Présidente de la Société française de cardiologie (SFC). Comme l'organe ne reçoit plus suffisamment d'oxygène, les risques encourus peuvent être une angine de poitrine ou encore un syndrome coronarien aigu, un infarctus du myocarde. Ⓞ »

Il existe différents traitements pour parer à ces pathologies (voir encadré en page de droite), parmi

lesquelles l'angioplastie coronaire, une intervention visant à agir sur le rétrécissement des artères.

À LA PRATIQUE

Après une coronarographie permettant de visualiser l'état des artères, l'angioplastie consiste en l'introduction d'un ballonnet sur lequel est serti un stent, sorte de tuteur métallique qui, une fois déployé, maintient l'artère coronaire ouverte. L'ensemble est fixé à l'extrémité d'un cathéter, introduit jusqu'à la sténose de l'artère coronaire via l'artère d'un bras ou de l'aîne. Le ballonnet, positionné dans le rétrécissement, est gonflé avec du liquide au diamètre de l'artère (entre 2 et 5 millimètres) et sur une longueur de 1 et 5 centimètres. Le gonflement du ballonnet vient ensuite écraser l'athérome contre la paroi de l'artère et, ainsi, désobstruer la lumière artérielle. Le ballonnet est ensuite retiré, alors que le stent reste en place pour permettre de maintenir le résultat.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

C'est en 1964, dans la revue *Circulation*, que fut exposée pour la première fois la technique de recanalisation des artères périphériques obstruées en y plaçant des cathéters de diamètre croissant (puis en retirant les précédents). Cet article des radiologues américains Charles Dotter et Melvin Judkins posa les prémices de la première angioplastie transluminale percutanée, finalement réalisée peu après par Charles Dotter lui-même. « *Mais c'est véritablement Andreas Gruentzig, un cardiologue et inventeur qui exerçait à Zurich, en Suisse, qui révolutionna l'angioplastie coronaire par ballonnet* », poursuit le Pr Gilard.

S'inspirant de ses prédécesseurs, et particulièrement de Charles Dotter et de son cathéter en polytétrafluoroéthylène (plus connu sous le nom de téflon™), Gruentzig mit au point un ballonnet en polychlorure de vinyle (PVC). Grâce à ce polymère, le dispositif de Gruentzig est flexible, de petite taille, non élastique et à double lumière, lui permettant de perfuser l'artère coronaire lors de l'inflation. C'est ainsi que le 16 septembre 1977, Andreas Gruentzig réalisa avec succès la première angioplastie coronaire percutanée chez l'homme, « *une avancée médicale primordiale à l'origine de l'introduction de la cardiologie interventionnelle* », selon le Dr Thierry Lefèvre, cardiologue à l'hôpital privé Jacques Cartier de Massy (91). Ce fut ensuite au tour des États-Unis d'adopter cette pratique en 1978, puis à la France l'année suivante, à Versailles, avec Jean-Léon Guermontprez.

Quelques évolutions du couple ballonnet-cathéter intervinrent dans les années 80 : en 1981, un système dirigeable avec guide coaxial vint remplacer le guide fixe des cathéters à ballon de Gruentzig, facilitant l'accès à toutes les sténoses. Puis, en 1986, fut ensuite inventé un système monorail dans lequel le guide n'est coaxial que dans les 10 derniers centimètres du cathéter à ballon, permettant un échange de ballon simple, réalisable par un seul opérateur.

Recréer une artère

De fait, le dispositif a littéralement révolutionné la prise en charge des patients souffrant d'insuffisance coronaire : la plupart d'entre eux n'étaient désormais plus obligés de subir une chirurgie de pontage. Mais si la technique était à cette époque réellement révolutionnaire, elle n'était pas encore tout à fait au point, « *car le rétrécissement a tendance à se reformer (thrombose, recoil de la lésion, dissection occlusive nécessitant parfois une chirurgie en urgence)*. On constate également des réactions de cicatrisation secondaires à la dilatation, sources de resténose et de réintervention, sans compter d'autres complications », poursuit encore le Dr Lefèvre. La réponse principale à ces complications a été l'ajout du stent à l'angioplastie (lire sur le sujet le chapitre suivant). Aujourd'hui, la technique et les dispositifs d'angioplastie permettent de retarder encore plus les effets d'un éventuel infarctus et d'augmenter l'espérance de vie. En effet, il existe désormais une approche hybride permettant, outre la désobstruction elle-même, de recréer une lumière, >>>

Les traitements des pathologies coronariennes

Divers traitements peuvent être proposés contre les coronaropathies. « *Au début de la maladie, quand les lésions ne sont pas trop importantes, ou à la fin quand elles le sont trop au contraire, un traitement médicamenteux peut permettre de lutter contre les facteurs de risques, de ralentir les dépôts d'athérome en agissant sur le rythme du cœur ou en dilatant les artères pour lutter contre les rétrécissements*, détaille le Pr Martine Gilard, Présidente de la Société française de cardiologie (SFC). *Mais dans l'immense majorité des cas, il faut agir sur les artères et lever les obstacles via une angioplastie, ou encore une chirurgie* ». En effet, dans le cas où les sténoses sont très complexes, un pontage peut être nécessaire. Il s'agit alors de court-circuiter les sténoses via une greffe de veine ou une dérivation grâce aux artères thoraciques.

1964

Technique de recanalisation des artères périphériques obstruées

1977

Première angioplastie coronaire percutanée

1981

Système dirigeable avec guide coaxial

1986

Système dirigeable monorail

Début des années

2000

Arrivée des ballonnets actifs

»» même quand celle-ci a été détruite et qu'elle n'existe plus ! Une avancée essentielle pour les patients pour lesquels les approches classiques ne fonctionnent pas.

Les prometteurs ballons actifs

Depuis le début des années 2000, l'arsenal thérapeutique pour l'angioplastie s'est encore élargi avec l'arrivée des ballonnets actifs pour le traitement de la resténose intra-stent, l'une des principales complications de l'angioplastie.

S'il a les mêmes caractéristiques (générales et d'utilisation) qu'un ballonnet d'angioplastie classique, ce dispositif est pour sa part recouvert d'une substance médicamenteuse, le paclitaxel, qui va empêcher la prolifération cellulaire à l'origine du rétrécissement artériel. Sans polymère, il présente l'avantage de diffuser la substance active de manière homogène et indépendante des mailles, sans le problème d'une prothèse supplémentaire dans l'artère. À noter que, si d'autres indications de ce dispositif (comme le traitement de lésions *de novo* ou des petits vaisseaux) semblent prometteuses, elles font encore l'objet d'études afin d'être validées.



3^e
rang

Chiffre clé

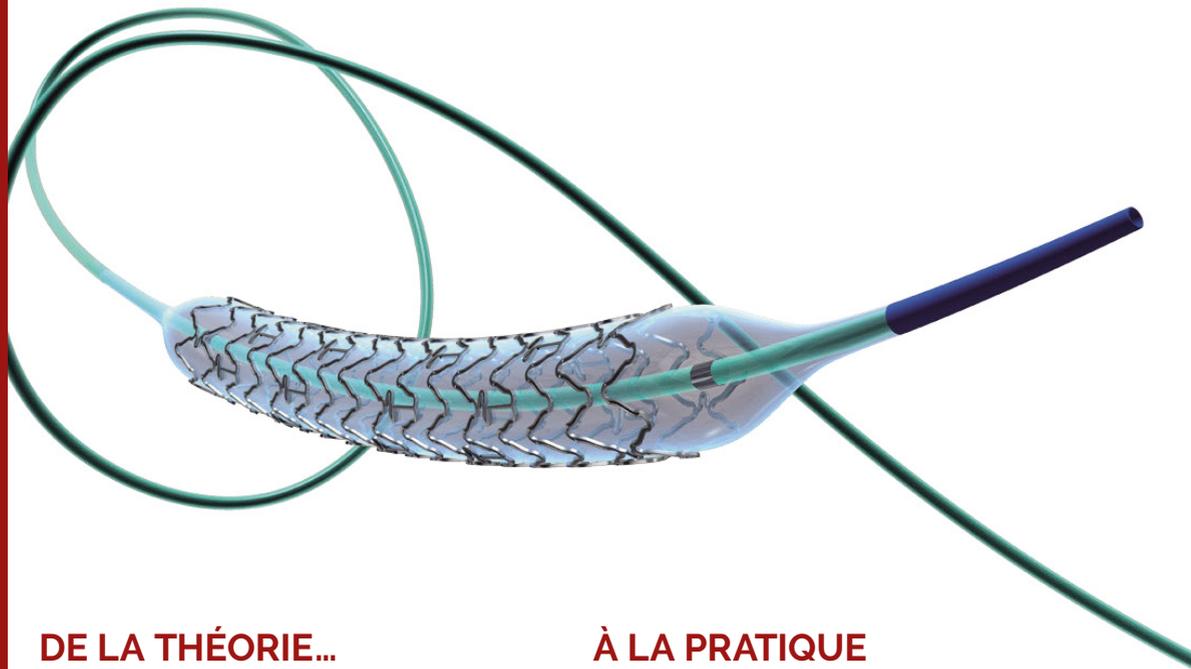
L'insuffisance coronaire se situe au troisième rang des affections de longue durée les plus fréquentes en France, avec 1 million de patients concernés en 2010. Elle est responsable de 40 000 décès par an, ce qui en fait la seconde cause de mortalité en France, et la première chez la femme. Chaque année, 300 000 hospitalisations sont liées aux cardiopathies ischémiques et 55 000 à l'infarctus du myocarde.

Source : « Utilisation des endoprothèses (stents) coronaires en France en 2014 : étude à partir des données du SNIIRAM », Rapport d'étude, Haute Autorité de Santé (HAS), juin 2016.

STENTS

AU-DELÀ DE L'ANGIOPLASTIE

Endoprothèse coronaire, tuteur vasculaire, stent : trois noms pour un même dispositif. Utilisé pour maintenir ouverte la lumière du vaisseau, ce petit tube à mailles est employé dans le cadre d'une angioplastie. À polymères, biorésorbable, sans puis avec principe actif... Le stent a considérablement évolué depuis sa création dans les années 80.



DE LA THÉORIE...

La pose d'un stent est une alternative mini-invasive au pontage coronarien [Ⓢ]. Le risque de complications est moindre et la durée d'hospitalisation plus courte. En outre, après la pose d'un stent, les patients peuvent reprendre rapidement une activité normale. Ce petit tube grillagé métallique est une endoprothèse [Ⓢ] que l'on introduit dans une artère athéroscléreuse. Le stent vient compléter l'angioplastie et a pour fonction de maintenir ouverte une artère coronaire obstruée ou rétrécie s'il y a un risque qu'elle se rebouche par la suite. Cette procédure de cardiologie interventionnelle est pratiquée en cas d'infarctus du myocarde aigu et de sténose coronaire dans plus de 98 % des angioplasties.

À LA PRATIQUE

Le stent est de taille et de diamètre différents selon son utilisation (1 à 5 millimètres de diamètre et de 6 à 40 millimètres de long). Il peut être en acier inoxydable, en alliage (platine, chrome, titane) ou dans un matériau biorésorbable [Ⓢ]. La pose du stent se déroule au cours d'une angioplastie : l'endoprothèse est montée sur le ballonnet d'angioplastie et poussée *via* le cathéter jusqu'à la sténose. Le gonflement du ballonnet permet ensuite le déploiement du stent qui va écraser le dépôt contre la paroi de l'artère. Puis le ballonnet est vidangé et retiré. Le stent, quant à lui, reste en place pour maintenir l'ouverture de la lumière de l'artère. On distingue différents types de stents : nus, actifs et biorésorbables. >>>

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

En 1982, l'ingénieur suédois Hans Wallsten, installé en Suisse, déposa un brevet pour son stent auto-expansif en alliage métallique tressé. Mais il fallut cependant attendre quatre ans encore pour que soit implantée pour la première fois une endoprothèse dans une artère coronaire, par le Français Jacques Puel, à Toulouse.

Alors qu'en 1988, Julio Palmaz et Richard Schatz développèrent un stent en acier inoxydable destiné aux artères coronaires, les communautés scientifique

et industrielle se sont émues des défauts que présentait le stent. « *Malheureusement, le corps est fait pour se défendre et l'on observe, dans le premier mois, dans 15 à 20 % des cas, des réactions inflammatoires dans l'artère, à l'intérieur des mailles du stent* », rapporte Régis Rieu, professeur à l'Université d'Aix-Marseille et directeur du département Génie biomédical de Polytech Marseille. Non seulement « *la cicatrisation différait beaucoup d'un patient à l'autre mais, en outre, un rétrécissement survenait de nouveau au bout de quelques temps dans 25 % des cas* », poursuit le Pr Martine Gilard, Présidente de la Société française de cardiologie (SFC).

Ces limites poussèrent le cardiologue français Paul Barragan à associer, en 1993, un puissant antiagrégant plaquettaire, la ticlopidine, à l'aspirine après la pose d'un stent. Cette bithérapie antiagrégante plaquettaire permit de porter le taux de thrombose des stents en-dessous du seuil de 1%. Toutefois, le risque de récurrence de resténose cicatricielle (rétrécissement du calibre d'un vaisseau) restait important.

La révolution des stents actifs

Vaincre la resténose coronaire après une angioplastie est donc un combat qui a motivé industriels, chercheurs et médecins depuis la réalisation de la première angioplastie, en 1977. À partir de 1986, l'utilisation de stents a eu un impact favorable, limitant la resténose de 10 à 20 %, contre 25 à 35 % après une angioplastie coronaire. Mais l'objectif restait de faire encore baisser ce taux.

D'essais cliniques en innovations médicales, un nouveau type d'endoprothèse permettant la libération d'un principe actif fut alors imaginé. Il s'agit d'un stent actif imbibé d'une substance se libérant pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois, diminuant ainsi l'inflammation locale liée au corps étranger qu'est le stent. C'est un ingénieur américain, Robert Falotico, qui eut l'idée de développer ce stent actif recouvert de rapamycine. Il fut implanté pour la première fois sur l'homme en mars 2000, à Sao Paulo au Brésil, par Eduardo Sousa, puis par Patrick Serruys à Rotterdam.

« *À l'époque, on surnommait la première étude européenne réalisée sur ce dispositif 'trois fois zéro', pour zéro thrombose, zéro resténose et zéro décès, car ce médicament réduisait le risque de récurrence sans augmenter le risque de thrombose* », rappelle le Dr Thierry Lefèvre. Ces stents actifs connurent un essor rapide : dès 2008, ils représentaient 45% des stents implantés en France.

S'ils intéressaient tant, c'est qu'ils permettaient une diminution des resténoses et des gestes de revascularisation. Toutefois, la bithérapie antiagrégante devait être maintenue au moins un an, ce qui représentait un risque hémorragique en cas d'intervention chirurgicale pour les premières générations de stents actifs. Mais les nouvelles générations de mailles plus fines (environ 80 microns) ont permis de limiter cette dernière à six, voire trois mois. Une évolution à laquelle les travaux sur les polymères  (qui conservent puis relarguent le principe actif) ainsi que l'amélioration du traitement AAP (antiagrégant plaquettaire) ont contribué.



1988

Première implantation d'une endoprothèse dans une artère coronaire

1993

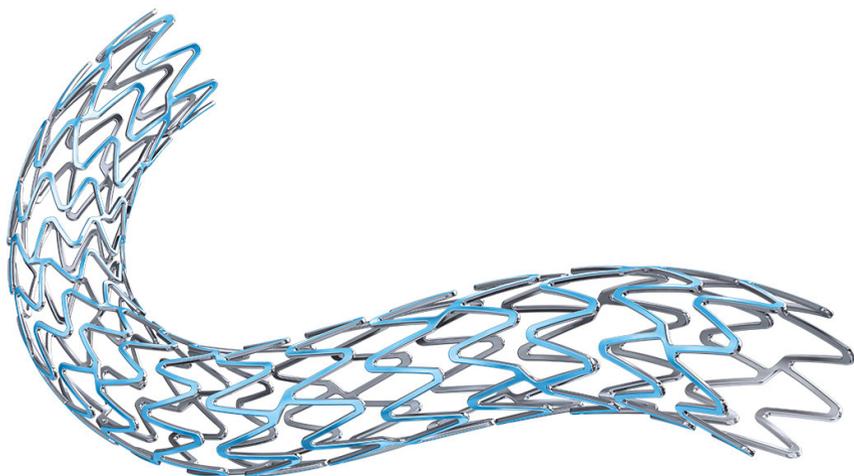
Bithérapie antiagrégante[®] plaquettaire

2000

Première implantation de stent actif

2010

Stent entièrement biorésorbable



« Après une période d'enthousiasme immédiat pour les stents actifs qui ont permis d'élargir les indications d'angioplastie coronaire, il y a eu un moment de prudence suite au risque de thrombose que comportaient également ces modèles, relate le Dr Lefèvre. Cet épisode a eu un effet bénéfique : il a conduit à accélérer les recherches sur l'amélioration du design des stents et sur la sécurité par rapport au médicament. Sont ainsi apparus des stents de nouvelle génération mieux profilés, avec de nouvelles substances actives et des polymères biorésorbables. »

De fait, les polymères biorésorbables utilisés permettent, à terme, d'avoir un stent dit nu : en effet, la drogue a été diffusée dans la paroi et il ne reste que le stent, sans résidu polymère à la surface de ses mailles. Cela est susceptible d'améliorer la cicatrisation du vaisseau, de diminuer les risques de thrombose et de réduire la durée de prescription de la bithérapie antiplaquettaire. Régis Rieu précise : « Les industriels ont réalisé un important travail d'ingénierie sur les matériaux et le design du stent. Dès lors, tous les fabricants ont conçu leurs stents par modélisation numérique, essayant »>>>

160 000

patients

Chiffre clé

C'est le nombre estimé de patients recevant un stent actif chaque année. L'estimation annuelle, pour les patients recevant un stent nu ou non actif, est de 15 000. « L'angioplastie constitue 92 % des revascularisations coronaires, mais seules 8 % nécessiteront un pontage chirurgical », précise le Pr Martine Gilard.

Source : « Endoprothèses (stents) coronaires – Rapport d'évaluation technologique ». Révision de catégories homogènes de produits, date de validation par la CNEDIMTS : mai 2018.

»»» *d'anticiper au maximum les éventuelles complications. L'impact sur les patients est très important ! Tout ce qui concerne le recul élastique ou la résistance radiale à l'écrasement a été éliminé. En outre, ces stents de nouvelle génération sont à la fois suffisamment résistants d'un point de vue radial mais aussi beaucoup plus fins.* »

Ces améliorations successives ont permis de traiter des lésions toujours plus complexes et d'élargir le champ d'application des stents, jusqu'à prendre en charge aujourd'hui avec ces dispositifs des patients jusqu'alors traités par pontage. « *Les stents actifs, qui représentent aujourd'hui 85 % des stents implantés et font jeu égal avec le pontage en matière de thérapeutique possible, ont permis de faire tomber le taux de resténose autour de 3 %* », confirme le Pr Gilard.

Stent biorésorbable

Depuis 2010, un nouveau type de stent est apparu sur le marché : le stent entièrement biorésorbable.

Il est le fruit de près de vingt-cinq ans de recherche pour concevoir un dispositif biorésorbable destiné à fonctionner comme un étayage temporaire dans les artères coronaires.

Ces dispositifs, dont le matériau est biorésorbable et biocompatible, sont fabriqués, pour l'instant, soit à partir de polymère d'acide lactique, soit de magnésium. Certains sont enduits de principes actifs, d'autres pas, mais leur dégradation commence dans les mois qui suivent leur implantation, jusqu'à disparaître à terme (dans un délai variable suivant les dispositifs) sans laisser de trace dans l'organisme, en particulier pour les polymères d'acide lactique dont la dégradation se fait sous forme d'eau et de dioxyde de carbone.

Cette disparition progressive est aujourd'hui prometteuse et permet de contrôler certaines limites du stent métallique, qui reste un implant permanent dans l'artère, comme les thromboses tardives, les risques de fracture mécanique, ou encore l'emprisonnement du vaisseau dans une cage métallique. « *Nous avons désormais à notre disposition une*



génération de stents très évolués, avec des profils très fins qui permettent de les implanter à peu près où l'on veut, avec des risques de thrombose et de récurrence très faibles, conclut le Dr Lefèvre. De même, la sécurité s'est améliorée, la bithérapie antiplaquettaire ou double antiagrégation plaquettaire ayant été réduite d'un an à six voire trois mois. Toutes ces avancées permettent d'élargir les indications d'utilisation des stents. » Et de préserver de nombreuses vies.

« Les évolutions se font grâce aux utilisateurs et aux opérateurs »

Thierry LEFÈVRE,
cardiologue à l'hôpital privé
Jacques-Cartier de Massy

« *Les évolutions technologiques se font grâce aux utilisateurs, de concert avec les opérateurs. Elles ont permis l'amélioration de la maniabilité du stent, un meilleur franchissement de la lésion, une amélioration du profil mais aussi des guides capables de franchir des occlusions totales de l'artère. Au cours de la dernière décennie, les avancées technologiques, concernant notamment le système de pose, la conception du fil-guide et l'optimisation des endoprothèses (profil bas et bonne force radiale), ont contribué au développement des techniques interventionnelles. Cela a rendu possible la réalisation d'interventions sur des lésions artérielles de petits calibres ou sur des artères occluses. Le challenge reste, aujourd'hui, la prévention de la resténose.* »

FIBRILLATION AURICULAIRE

RENDRE AU CŒUR UN RYTHME RÉGULIER

La fibrillation auriculaire, ou atriale, est le plus fréquent des troubles du rythme cardiaque. Étant par essence irrégulière, la fibrillation auriculaire fut longtemps difficile à traiter autrement que par voie médicamenteuse. Depuis la fin des années 90, cependant, diverses alternatives thérapeutiques ont émergé, permettant de traiter un panel de patients toujours plus large.



DE LA THÉORIE...

La fibrillation [Ⓞ] auriculaire, arythmie cardiaque la plus répandue, se caractérise par une activité anarchique et très rapide des oreillettes du cœur, ce qui la rend particulièrement complexe à traiter puisqu'elle se traduit par leur contraction désordonnée et inefficace. En effet, le rythme cardiaque repose sur une composante mécanique (le cycle cardiaque) et sur une composante électrique. Ce courant électrique, de quelques millivolts, prend naissance au sommet de l'oreillette droite puis se propage dans le muscle cardiaque : il se déplace dans les deux oreillettes, provoquant leur contraction, puis dans les deux ventricules, qui vont également se contracter.

Ainsi, en temps normal, les oreillettes et les ventricules cardiaques se contractent au rythme régulier

de 60 à 100 battements par minute en situation de repos. En cas de fibrillation auriculaire, en revanche, la cadence de ces contractions peut aller jusqu'à plus de 150 battements de cœur par minute. Ces impulsions peuvent être à l'origine de nombreux troubles, tels que des contractions rapides et saccadées des oreillettes ; la stagnation du sang dans les oreillettes et, plus particulièrement, dans l'oreillette gauche où se forment dans l'immense majorité des cas les thrombus pouvant provoquer un AVC ; ou encore l'accélération de la contraction des ventricules pouvant être à l'origine d'une insuffisance cardiaque.

La fibrillation auriculaire peut être permanente ou épisodique. Il va donc falloir intervenir pour rétablir un rythme cardiaque régulier d'une part, et, d'autre part, éviter l'ensemble des complications évoquées précédemment.

»»»

À LA PRATIQUE

« Si le traitement pharmacologique reste la référence, les techniques interventionnelles ablatives par radiofréquence ou cryothérapie prennent aujourd'hui une place de plus en plus importante pour certains patients », explique le Pr Pascal Defaye, responsable de l'unité de rythmologie et stimulation cardiaque du CHU de Grenoble. En pratique, un cathéter d'ablation est acheminé *via* une artère ou une veine jusqu'à l'oreillette gauche où est alors délivrée une énergie thérapeutique par radiofréquence ou cryothérapie pour détruire les voies électriques qui génèrent la fibrillation auriculaire. Une autre alternative, qui concerne les patients à haut risque d'AVC lié à la fibrillation auriculaire et présentant une contre-indication aux anticoagulants, consiste en la pose d'un dispositif de fermeture de l'auricule gauche. Déposée au moyen d'un cathéter, la prothèse va se déployer tel un parachute dans l'auricule pour y éviter la migration d'un thrombus.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

C'est au milieu des années 90 que le Pr Michel Haïssaguerre, avec l'équipe du CHU de Bordeaux,

mit en évidence la genèse des fibrillations auriculaires. Grâce à une étude particulièrement minutieuse du cœur, il démontra que la zone de fibrillation auriculaire la plus fréquente était située à l'arrivée des veines pulmonaires dans l'oreillette gauche du cœur. De ses travaux découlèrent dès les années 2000 les thérapies d'ablation par radiofréquence puis par cryothérapie.

« Ces techniques, aujourd'hui bien validées et maîtrisées, ont également bénéficié de l'apport de la cartographie 3D », détaille le Pr Defaye. Le système permet de créer en temps réel des images anatomiques et électriques en 3D des cavités cardiaques permettant de naviguer et de déterminer les zones d'action avec une extrême précision (*lire sur le sujet le chapitre sur les sondes d'électrophysiologie en pages 42-43*) et d'éviter une exposition prolongée aux rayons X, qui peut être problématique dans le traitement de la fibrillation auriculaire.

Ces dernières années, le recours à la stéréotaxie, c'est-à-dire à un système de navigation commandé par ordinateur et permettant la manipulation du cathéter à distance grâce à des aimants, a donc permis non seulement de diminuer les risques d'irradiation mais également de gagner encore en précision et de réduire les complications.

En outre, poursuit le Pr Defaye, « on recourt aujourd'hui à l'ablation hybride, mini-invasive (une sonde est implantée de chaque côté du thorax, N.D.L.R.) et mêlant deux approches ». D'une part, la réparation chirurgicale des tissus cardiaques réalisée sous vidéothoracoscopie et, d'autre part, la coagulation des lésions par voie endocavitaire. Si cela nécessite l'intervention de chirurgiens cardiovasculaires et de cardiologues, les bénéfices en sont grands : des suites opératoires moins lourdes, des durées d'hospitalisation moins longues et une diminution des traitements médicamenteux. Réalisée pour la première fois en France en 2016 au CHU de Toulouse, cette prometteuse technique n'est néanmoins pratiquée que dans quelques dizaines de centres de chirurgie cardiaque dans le monde.

L'alternative du dispositif de fermeture

Si les techniques interventionnelles ont désormais prouvé toute leur efficacité, elles ne peuvent toutefois pas être préconisées pour toutes les catégories de patients : en effet, les patients ainsi opérés restent sous traitement anticoagulant à vie et le risque de formation d'un thrombus peut demeurer.

Des facteurs aggravants connus

Certains facteurs peuvent favoriser la fibrillation auriculaire : alcool, drogues, intervention chirurgicale, activité physique excessive. En outre, certaines pathologies augmentent le risque de développer cette affection : hypertension artérielle, maladies des artères coronaires, du muscle et des valves cardiaques, hyperthyroïdie, maladie rénale chronique, diabète, apnées du sommeil, obésité. Enfin, le risque augmente avec l'âge.

Milieu des années
1990

Mise à jour de l'origine
des fibrillations
auriculaires

2001

Premier dispositif
de fermeture de
l'auricule gauche

Années
2000

Thérapies d'ablation
par radiofréquence
puis par cryothérapie

Années
2010

Recours à la
stéréotaxie

2016

Première
intervention par
ablation hybride



« De fait, jusqu'aux années 2000, aucune alternative ne pouvait donc être proposée aux patients à haut risque d'AVC lié à une fibrillation auriculaire, avec contre-indication aux médicaments anticoagulants, et présentant par conséquent un risque d'embolie  cérébrale », rappelle le P^r Defaye.

Ce n'est désormais plus le cas, puisqu'en 2001 est posé le premier dispositif de fermeture de l'auricule gauche en Allemagne. Quelque dix ans plus tard, la première pose a lieu en France, au CHU de Bordeaux. Le concept ? Un dispositif ressemblant à une sorte de cage métallique et mesurant entre 16 et 30 millimètres environ, qui est déposé au moyen d'un cathéter à l'entrée de l'auricule. Là, tel un parachute, la prothèse se déploie pour y éviter la migration du thrombus. Aujourd'hui, l'arsenal thérapeutique grandement élargi pour traiter la fibrillation auriculaire permet donc de proposer à chaque patient l'option la plus adaptée. Néanmoins, toutes requièrent précision, savoir-faire, formation et décision pluridisciplinaire de la part des professionnels de santé.

1 %

Chiffre clé

C'est la proportion de personnes concernées
par la fibrillation auriculaire.

Source : « Guide parcours de soins - Fibrillation atriale »,
Haute Autorité de Santé (HAS), février 2014.

DE LA PROTHÈSE MÉCANIQUE À LA BIOPROTHÈSE

Bioprothèse, xéno greffe, valve à bille, dilatation aortique : derrière ces noms étranges se cachent de véritables bijoux d'innovation qui ont révolutionné la prise en charge des patients souffrant de maladies valvulaires. Tour d'horizon de l'évolution du remplacement valvulaire, une pratique en pleine mutation.



DE LA THÉORIE...

À la manière de soupapes, les valves cardiaques montent la garde à l'entrée et à la sortie des cavités et assurent le flux unidirectionnel du sang. Deux valves sont situées au niveau du cœur droit (les valves tricuspide et pulmonaire) et deux au niveau du cœur gauche (les valves mitrale et aortique). Parce qu'elles jouent un rôle d'anti-reflux au gré des changements de pression des différentes cavités cardiaques, toute anomalie au niveau des valves entraîne des répercussions sur la fonction cardiaque. C'est donc pour remplacer les valves cardiaques natives défectueuses et ne pouvant être réparées qu'ont été inventées les valves cardiaques artificielles. Celles-ci sont notamment

implantées en cas de rétrécissement (la valve, anormalement épaissie et calcifiée, ne s'ouvre pas correctement et constitue un obstacle à l'éjection du sang) ou d'insuffisance valvulaire (la valve ne se ferme pas correctement, le sang reflue dans le cœur après en avoir été éjecté). Dans les pays industrialisés, le rétrécissement aortique est la pathologie valvulaire la plus commune. « Elle touche 10 % des patients de plus de soixante-dix ans et est très dangereuse », explique le Pr Alain Cribier, ancien chef du service de cardiologie de l'hôpital Charles-Nicolle à Rouen, figure emblématique de l'histoire des valves artificielles percutanées. D'autant que, si elle est longtemps silencieuse, « à l'apparition des premiers symptômes, la mortalité est de l'ordre de 80 % dans les deux ans ».

Le rétrécissement aortique est la pathologie valvulaire la plus commune dans les pays industrialisés.

À LA PRATIQUE

Plusieurs possibilités de remplacement valvulaire s'offrent au patient car il existe divers types de prothèse selon la valve à remplacer. La valve mécanique est en matériau synthétique et nécessite la prise d'anticoagulants à vie afin d'éviter la formation de caillots au contact du matériel étranger. Ces prothèses totalement artificielles sont en métal ou en carbone pyrolytique et sont attachées à une collerette fixée sur l'anneau de la valve d'origine. De son côté, la valve biologique, ou bioprothèse, inventée par le Pr Alain Carpentier, est confectionnée à partir de tissus valvulaires ou péricardiques issus d'animaux (de porc ou de bœuf), déspecifiés, traités pour une durabilité longue, stérilisés et fixés à une armature métallique. S'il est inutile de prendre des anticoagulants à vie avec ces bioprothèses, celles-ci ont toutefois une durée de vie limitée (entre dix et vingt-cinq ans selon l'âge d'implantation) et sont donc posées de préférence sur les personnes plus âgées ou en cas de contre-indication majeure à la prise d'anticoagulants. Outre le type de valve à remplacer (tricuspide, mitrale, pulmonaire ou aortique), le choix de la valve

artificielle dépend de l'état de la valve native, de la cause de son mauvais fonctionnement, de l'âge du patient ainsi que de la possibilité ou non de prendre des anticoagulants. L'intervention, sous anesthésie générale, dure de deux à quatre heures. Après avoir incisé la paroi thoracique au niveau du sternum, le chirurgien place les gros vaisseaux en liaison avec une circulation extracorporelle (CEC), une machine cœur-poumon artificiels qui assure l'oxygénation du sang. Cela permet d'arrêter artificiellement l'activité cardiaque afin de retirer la valve malade puis de fixer au même endroit la valve artificielle. La convalescence dure plusieurs semaines et nécessite une thérapie rééducative.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

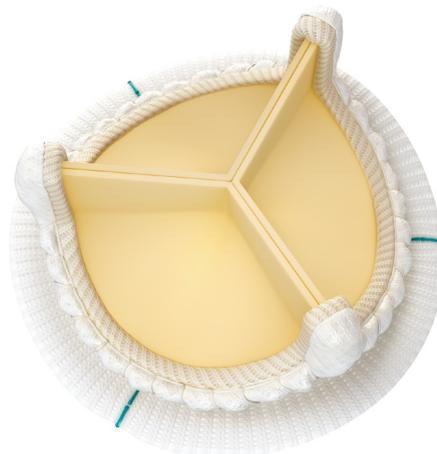
Des dessins de valve aortique réalisés par Léonard de Vinci prouvent que l'on s'intéressait déjà à cette partie de l'anatomie voilà plus de cinq siècles ! En 1912, les chirurgiens français Théodore Tuffier et Alexis Carrel tentèrent sur l'animal une première opération in vivo de la valve aortique. Mais c'est au tournant des années 50 et 60 que l'aventure des valves cardiaques s'accéléra sérieusement. >>>

L'animal au secours de l'homme

Cela fait trente ans que les chirurgiens réalisent des implantations de tissus animaux. Le porc est le meilleur candidat car son cœur est, du fait de sa taille, le plus proche de celui de l'être humain. Et il est facile à élever industriellement. Il existe d'ailleurs des élevages de porcs dédiés aux remplacements valvulaires afin que les chirurgiens disposent d'un arsenal de valves de diverses tailles. Si le manque de greffons humains pousse la communauté des chercheurs à évaluer la possibilité d'utiliser le porc comme donneur d'organes, les risques de rejet et de transmission de grippe porcine freinent l'arrivée d'une telle thérapeutique sur le marché.

Un duo aux commandes

Comme souvent dans l'histoire des inventions, la genèse de la valve artificielle est le fruit d'une synergie de savoir-faire. Dans les années 60, un ingénieur américain à la retraite spécialisé dans l'aéronaval, Lowell Edwards, fasciné par la chirurgie cardiaque car il avait lui-même souffert, petit, de crises de rhumatisme articulaire aiguës, rencontra le Dr Albert Starr, un jeune chirurgien. Fort de ses connaissances en hydraulique et en fonctionnement des pompes à carburant, Lowell Edwards interrogea Albert Starr sur sa marotte : en l'occurrence, le fait que le cœur soit une pompe que l'on pourrait un jour remplacer complètement de manière artificielle. Jugeant le projet trop complexe, Albert Starr exhorta l'ingénieur à se concentrer plutôt sur la mise au point d'une valve cardiaque artificielle qui répondrait au besoin immédiat de sauver la vie de patients atteints de maladie valvulaire. Les deux hommes travaillèrent donc ensemble à l'élaboration d'une valve mécanique mitrale, implantée avec succès sur un patient en 1960. Cette prothèse à bille s'ouvrait et se refermait au gré du flux sanguin grâce aux mouvements de la bille placée dans une cage métallique. Toutefois, si ce premier type d'implant affichait d'excellents résultats à long terme (le constat étant fait que la prothèse fonctionnait toujours lors du décès pour d'autres causes), celui-ci était aussi très thrombogène, ce qui imposait au patient de suivre un traitement anticoagulant à vie. Le risque hémorragique était important, ce qui constituait



une limitation pour certains patients très actifs, pour ceux pratiquant des sports à risque, ou bien encore en cas de grossesse... Un inconvénient qui poussa les industriels et les chercheurs à travailler sur un nouveau modèle.

Une prothèse totalement biologique

Et c'est parce « *qu'il fallait changer de paradigme* », selon le Pr Jean-François Obadia, chirurgien cardiaque à l'hôpital cardiovasculaire et pneumologique Louis-Pradel des hospices civils de Lyon, qu'apparurent d'autres types de thérapies moins invasives. En 1968, le Pr Alain Carpentier, chirurgien et cardiologue français, mit ainsi au point la première bioprothèse cardiaque – utilisée aujourd'hui encore dans le monde entier. Fabriqué initialement à base de tissus de porc sur une armature métallique, ce dispositif assurait alors

une durée de fonctionnement de sept à huit ans et présentait une excellente tolérance sanguine, évitant ainsi un traitement anticoagulant à long terme. La même année, il introduisit une amélioration du traitement chimique du tissu animal par du glutaraldéhyde, une substance qui permet la transformation des protéines de structure de la valve artificielle en une matrice ne provoquant pas de réaction immunologique. Dix ans plus tard, il introduisit d'autres modèles à base de péricarde bovin ayant bénéficié d'une nouvelle amélioration du traitement comprenant un surfactant (le Polysorbate 80), en plus du glutaraldéhyde. Les résultats s'améliorèrent encore, atteignant une durabilité de quinze à vingt ans chez l'adulte.

Quand la cardiologie interventionnelle devient une alternative à la chirurgie valvulaire

Dans l'optique de réduire les contraintes liées au remplacement valvulaire aortique, une opération lourde nécessitant cumulativement une chirurgie à cœur ouvert, une circulation extracorporelle et une longue période de rétablissement, le cardiologue français Alain Cribier imagina et conçut, en 1985, la dilatation aortique au ballonnet permettant d'ouvrir la valve à l'aide d'un ballon gonflable. « *Cette alternative thérapeutique répondait à un besoin clinique évident, raconte-t-il. Un patient sur trois ne pouvait pas être opéré, soit parce qu'il était trop âgé, soit parce qu'il souffrait de maladies associées*

1960

Première implantation d'une valve mécanique mitrale

1968

Bioprothèse cardiaque du P^r Carpentier

1985

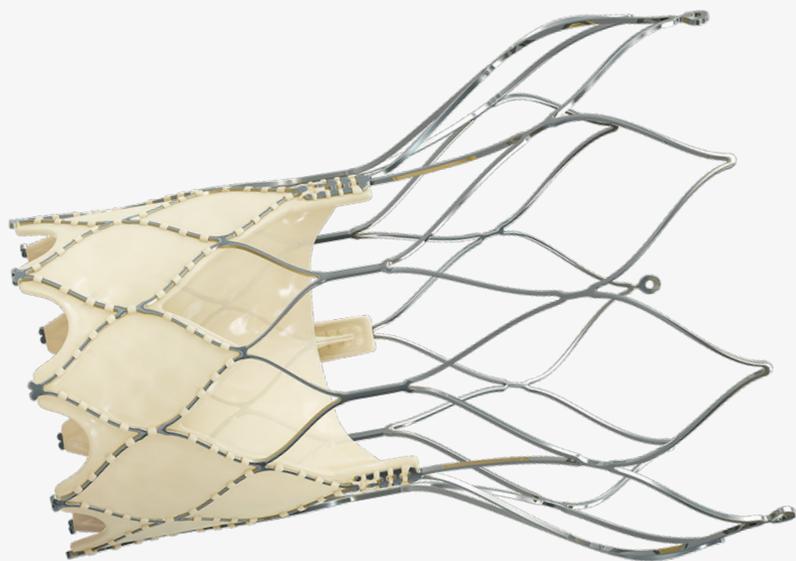
Dilatation aortique au ballonnet du P^r Cribier

2002

Première implantation de valve aortique percutanée (TAVI)

2016

Indication du MitraClip chez les patients souffrant d'insuffisance mitrale dégénérative non opérable



11 000
implantations

Chiffre clé

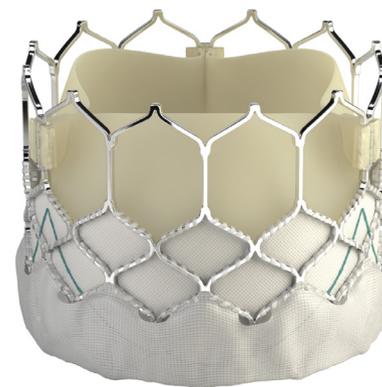
C'est le nombre de TAVI (implantations de valve aortique par voie transcathéter) en France en 2017.

Source : « Réévaluation des critères d'éligibilité des centres implantant des bioprothèses valvulaires aortiques par voie artérielle transcutanée ou par voie transapicale », Haute Autorité de Santé, décembre 2018.

contre-indiquant ou augmentant très fortement les risques de la chirurgie cardiaque. »

Si la technique connut un succès mondial certain, elle pâtissait malheureusement d'un taux de récurrence de 80% dans l'année suivant l'opération. Mû par son « obsession » de contrecarrer ce risque de rechute, le P^r Cribier inventa, dans les années 90, un nouveau dispositif permettant d'introduire une bioprothèse non plus par voie chirurgicale mais par voie percutanée. Il s'agit alors de mettre en place par simple cathétérisme cardiaque une valve artificielle constituée d'un grillage métallique tubulaire (ou stent) à l'intérieur duquel est fixée la bioprothèse. « *J'ai appliqué la technique du stent coronaire au rétrécissement aortique. La valve artificielle est comprimée sur un ballonnet gonflable pour en réduire la taille et permettre son introduction jusqu'au cœur par les vaisseaux sanguins. Elle est ensuite larguée par gonflage du ballonnet au sein de la valve malade. Une fois en place, cette valve élimine le rétrécissement valvulaire et fonctionne comme une valve cardiaque normale. Ceci peut être réalisé aujourd'hui sous simple anesthésie locale* », poursuit-il.

»»»



»» Supprimant l'intervention chirurgicale, ce procédé appelé TAVI (Transcatheter Aortic Valve Implantation) connut un succès immédiat et d'autant plus retentissant qu'il bénéficie des qualités reconnues des bioprothèses chirurgicales : risque de caillot réduit, bonne tolérance immunologique. Après quinze années de développements difficiles et plus de cent expérimentations sur le mouton, la première implantation mondiale fut finalement effectuée avec succès, au CHU de Rouen, le 16 avril 2002. La méthode se propagea telle une traînée de poudre et, très rapidement, de nouvelles voies furent explorées.

En 2005, la voie transapicale (ouverture minime du thorax) fut ainsi explorée, avant que ne soit tentée la voie transaortique, un geste chirurgical également mini-invasif. Ces différentes techniques d'implantation, qui ne cessent de s'améliorer, permettent actuellement de répondre à toutes les situations.

Des indications toujours plus élargies

Les communautés industrielles et scientifiques ne cessent d'explorer d'autres méthodes de remplacement valvulaire. En 2006, des chercheurs suisses ont ainsi fabriqué en laboratoire des valves cardiaques à partir de cellules fœtales présentes dans le liquide amniotique. Objectif ? Implanter des valves sur mesure chez les bébés nés avec une déficience cardiaque afin que les prothèses puissent grandir avec eux.

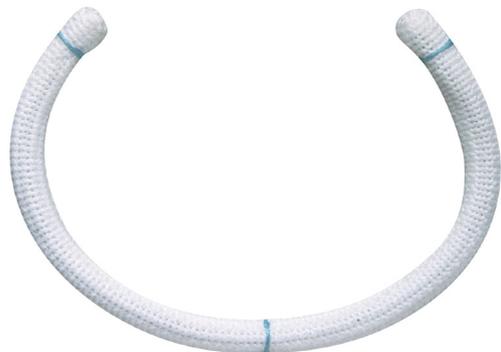
Aujourd'hui, le traitement par cathétérisme interventionnel est possible sur les quatre valves cardiaques. En premier lieu, c'est une véritable révolution qui se met en marche en matière de remplacement de valve aortique (TAVI), dans la manière de traiter les patients : « *Les indications, autrefois réservées aux patients inopérables et plutôt âgés, se sont élargies à des patients*

à risque chirurgical intermédiaire (et bientôt à bas risque) et plus jeunes », explique le Dr Thierry Lefèvre, spécialiste des maladies vasculaires à l'hôpital Jacques Cartier à Massy. Les interventions, moins invasives, permettent des durées d'hospitalisation réduites, une réduction des événements indésirables et des complications post-opératoires, et une amélioration de la qualité de vie avec, notamment, une reprise de l'activité beaucoup plus rapide. « *Les valves aortiques percutanées continuent de s'améliorer : elles ont un meilleur profil, un meilleur design, une taille plus optimale, etc.*, poursuit le Dr Lefèvre. *Cette technique a ouvert la voie percutanée pour les autres pathologies valvulaires.* »

Autre domaine marqué par l'innovation ces dernières années : la valve tricuspide. « *En l'absence de données et de visibilité sur sa prévalence, elle a été oubliée pendant longtemps mais ce n'est désormais plus le cas*, se félicite le Dr Lefèvre. *Or, ses anomalies*

sont responsables de pathologies extrêmement invalidantes. En effet, la fuite tricuspide entraîne, lorsqu'elle est sévère, une incapacité fonctionnelle majeure, et est associée à un risque de mortalité très élevé. Les traitements percutanés (techniques d'annuloplastie percutanée, dispositifs d'amélioration de la coaptation des feuillets, valves percutanées) ouvrent aujourd'hui d'immenses perspectives pour la prise en charge des patients atteints d'insuffisance tricuspide, très souvent à haut risque chirurgical. »

Concernant les valves pulmonaires, en revanche, la situation diffère puisque leurs dysfonctionnements concernent des patients très jeunes (bébés et enfants) atteints de cardiopathies congénitales complexes nécessitant des reconstructions précoces via une chirurgie, une allogreffe ou encore la pose d'un dispositif comme un conduit ou un patch, par exemple. Néanmoins, au cours de la croissance de l'enfant peut survenir une sténose. Dans ce cas, les valves transcutanées, qui sont peu invasives, peuvent être une alternative



Et demain : combiner plusieurs technologies pour sauver encore plus de vies ?

La combinaison de plusieurs technologies constitue, avec la recherche dédiée à la réparation des valves endommagées, un autre défi auquel se confronte le domaine des pathologies valvulaires, comme cela est d'ailleurs le cas dans d'autres domaines de la cardiologie. Et de nombreux critères tendent à autoriser sur le sujet un certain optimisme : « La cardiologie interventionnelle, dont relèvent les valves, est un secteur extrêmement vivant, dans lequel les innovations vont toujours plus loin en matière de miniaturisation, de mini-invasivité et de sécurité », se réjouit le Dr Thierry Lefèvre, spécialiste des maladies vasculaires à l'hôpital Jacques Cartier à Massy.

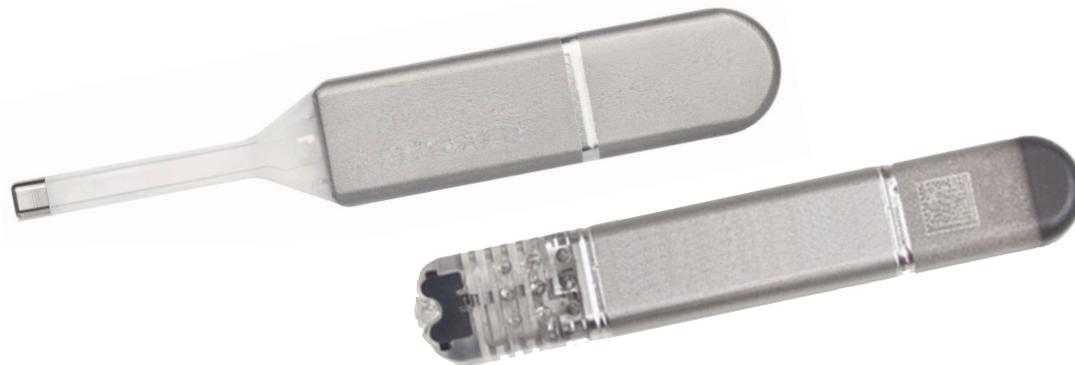
afin de retarder une réintervention chirurgicale lourde. Enfin, du côté des pathologies des valves mitrales, les techniques percutanées de réparation bord à bord sont pleines de promesses. « Traditionnellement, on traitait les fuites valvulaires par chirurgie, rappelle le Dr Lefèvre. Aujourd'hui, des outils ont été développés pour réparer les fuites organiques voire fonctionnelles sans opérer. Le MitraClip est officiellement indiqué en France chez les patients souffrant d'insuffisance mitrale dégénérative non opérable depuis décembre 2016. Une étude est en cours chez les patients à haut risque chirurgical. » En pratique, il permet de rapprocher les deux feuillets de la valve mitrale sous contrôle de l'échographie afin de traiter la fuite entre le ventricule gauche et l'oreillette gauche. Ainsi, si le remplacement des valves malades est aujourd'hui une option thérapeutique maîtrisée,



leur réparation fait toujours l'objet de recherches. L'un des principaux challenges en matière de pathologies valvulaires sera ainsi tout particulièrement de pouvoir déterminer le bon dispositif et la bonne technique de pose pour la bonne pathologie et le bon patient.

PRÉVENIR LA SYNCOPE

Ce petit boîtier implantable a pour fonction de surveiller et de contrôler en permanence le rythme cardiaque et d'en repérer les anomalies pour le diagnostic de l'étiologie[®] des syncopes inexplicables et la recherche des arythmies. En seulement vingt-cinq ans d'existence, le moniteur ECG a connu des innovations successives très rapides.



DE LA THÉORIE...

Le moniteur ECG implantable a pour fonction de surveiller et de contrôler en permanence le rythme cardiaque : « Il va capturer les électrocardiogrammes (ECG) du patient pour détecter les arythmies cardiaques et les épisodes de syncope[®] », explique le Dr Serge Boveda, cardiologue rythmologue à la clinique Pasteur, à Toulouse. Il peut enregistrer de manière automatique le rythme cardiaque, ou manuellement, activé par le patient au moment où il ressent un symptôme. Celui-ci doit alors provoquer l'enregistrement grâce à un activateur portatif.

« Il est indiqué chez les patients présentant des épisodes syncopaux inexplicables », poursuit le Dr Boveda. Le tracé électrocardiographique est enregistré au moment où le patient syncope. Selon les résultats de l'ECG, on peut soit écarter une éventuelle origine cardiaque, soit au contraire la confirmer et, donc, apporter une réponse appropriée, comme la pose d'un stimulateur par exemple. » En effet, la syncope est une cause d'hospitalisation en urgence.

La recherche d'arythmie liée à une fibrillation auriculaire, bien souvent asymptomatique, est une

autre indication pour ce moniteur. Dans ce cas, le dépistage de l'épisode atrial permettra sa prise en charge. En effet, le moniteur ECG est particulièrement intéressant pour le diagnostic définitif des AVC d'origine indéterminée, qui représentent 30% de la totalité des AVC[®].

À LA PRATIQUE

Aujourd'hui, dans sa version la plus miniaturisée, le moniteur ECG implantable mesure 4,5 centimètres de long sur moins de 1 centimètre de large, et pèse quelque 2,5 grammes. Il se présente sous la forme d'un boîtier métallique de la taille d'une clé USB. Il est posé sous la peau de la face antérieure du thorax, au cours d'une procédure d'implantation très simple, peu invasive et très rapide (quelques minutes sous anesthésie locale). Le système est composé de trois éléments : le moniteur lui-même, l'assistant patient (télécommande portée par le patient qui vient figer l'enregistrement de l'ECG et dont la mémoire enregistre les 5 minutes avant l'activation) et, enfin, le programmeur (qui permet le suivi par le médecin). Lors d'une syncope, le patient ou un proche doit

1949

Invention
du moniteur Holter

1995

Premiers moniteurs ECG
implantables miniaturisés

Milieu des années

2000

Premiers moniteurs
avec suivi à distance

immédiatement placer l'assistant patient en regard de son moniteur cardiaque et appuyer sur un bouton pour déclencher l'enregistrement de la syncope inexplicée. Si toutefois l'enregistrement n'est pas déclenché manuellement à l'aide de l'assistant patient, le moniteur cardiaque enregistrera automatiquement le tracé ECG en cas d'arythmies cardiaques. Plus encore, les derniers modèles de moniteurs implantables connectés peuvent transmettre à distance, automatiquement et quotidiennement, les ECG au cardiologue traitant sans que le patient n'ait à utiliser son activateur.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Les premiers moniteurs ECG implantables miniaturisés apparurent en 1995. Puis « *l'innovation est allée très vite ces quinze dernières années, raconte le Dr Boveda. La pose de ce dispositif est extrêmement mini-invasive : de fait, elle ne nécessite pas une structure hospitalière lourde et peut se faire en salle propre dédiée, pas forcément au bloc. Le geste s'est considérablement simplifié et le risque lié est aujourd'hui tout à fait négligeable. À cela s'ajoutent d'importants progrès en matière d'efficacité. Les appareils d'aujourd'hui sont très sophistiqués, avec une capacité de mémoire majorée et un suivi à distance possible* ».

Désormais, les enregistrements se rafraichissent au fur et à mesure. La relation entre la durée d'enregistrement et la capacité de diagnostic est très importante sur le long terme pour capturer un événement indésirable. D'autant que les modèles d'aujourd'hui permettent une observation rythmique sur une longue période (environ trois ans). Mais il faut rester prudent, rappelle le spécialiste : « *Le moniteur ECG implantable n'est pas un instrument thérapeutique : il ne traite pas le patient mais permet simplement de diagnostiquer certaines pathologies difficiles à identifier ou dont les causes sont indéterminées.* »

Un futur prometteur

Et demain ? « *Si l'on peut considérer la technologie du moniteur ECG implantable comme mature, des améliorations peuvent encore être attendues, prédit le Dr Boveda. Ces évolutions sont de deux ordres. On peut imaginer une miniaturisation toujours plus importante, voire la mise au point d'une sorte d'implant biologique biodégradable. D'autres recherches portent sur une sorte de moniteur plurifonctionnel, capable d'intégrer la surveillance d'autres paramètres vitaux à celle du rythme cardiaque, comme la glycémie par exemple.* »

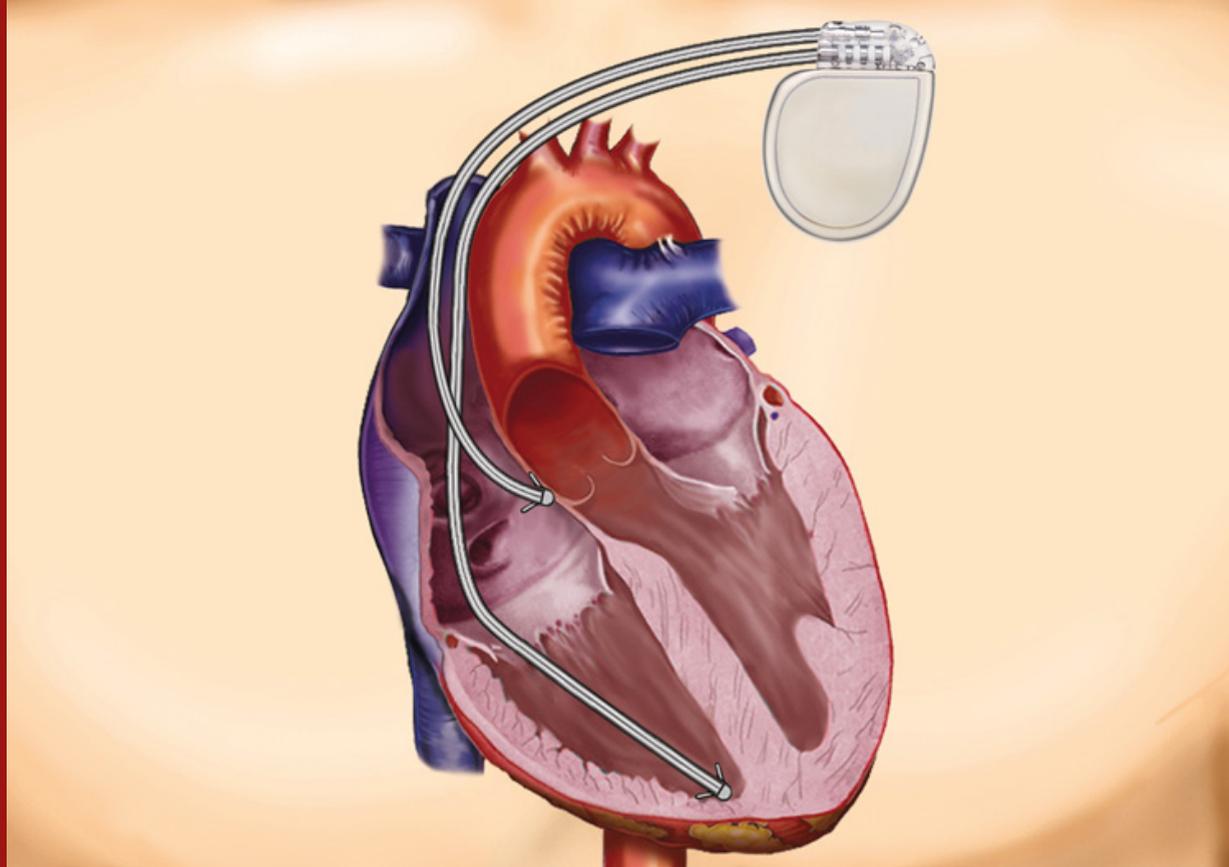
Focus sur... le Holter

Le moniteur Holter est, lui aussi, un moniteur ECG... mais non implantable. Ce dispositif est composé d'un enregistreur porté en bandoulière par le patient, et de plusieurs électrodes placées sur le thorax par le cardiologue pour capter l'activité du cœur. Après 24 heures, les données récoltées par l'enregistreur sont analysées par le médecin. Le Holter est recommandé chez les personnes souffrant de tachycardies ou de bradycardies, ou ayant eu un infarctus du myocarde, afin d'identifier l'origine du trouble cardiaque et de mettre en place le bon traitement. Le dispositif fut inventé en 1949 par Norman Holter, biophysicien américain, qui lui donna son nom. À l'époque, il se présentait sous la forme d'une petite valise pesant plus de 30 kilos. Or l'examen, qui durait 24 heures, nécessitait que le patient vive de manière normale ce qui était fort compliqué : « *Les premiers prototypes étaient non seulement extrêmement volumineux mais également très rudimentaires et peu performants* », relate le Dr Serge Boveda, cardiologue rythmologue à la clinique Pasteur, à Toulouse. Par la suite, les enregistrements furent faits sur des cassettes audio avant que n'apparaissent les technologies électroniques et numériques.

STIMULATEUR

POUR FAIRE MIEUX QUE SURVIVRE

Ce petit boîtier qui permet de corriger les anomalies du rythme cardiaque a considérablement évolué. De plus en plus miniaturisé et toujours plus intelligent, le stimulateur, dispositif médical implantable actif (DMIA) utilisé en cardiologie, permet non seulement de sauver des patients, mais aussi désormais d'améliorer notablement leur qualité de vie.



DE LA THÉORIE...

Le stimulateur cardiaque permet de prendre en charge des patients atteints de bradycardie (rythme trop lent du cœur). Appelé également pacemaker, ce dispositif écoute les pulsations du cœur et se met en marche lorsque la fréquence des pulsations est insuffisante. Il délivre alors une impulsion électrique pour contracter le cœur, lui permettant de retrouver un rythme normal et régulier.

À LA PRATIQUE

Le stimulateur est composé d'un boîtier en titane renfermant une pile, le plus souvent au lithium, ainsi qu'un module électronique jouant le rôle de générateur d'impulsions et relié au cœur par une, deux ou trois sondes (des électrodes souples) selon le type de pathologie du patient. Le générateur d'impulsions écoute et enregistre l'activité cardiaque, tel un électrocardiogramme, et dès lors qu'il détecte

Les premières tentatives de stimulation électrique du cœur furent menées au XX^e siècle.

une défaillance, il déclenche les impulsions nécessaires. Le stimulateur n'est activé que lorsque le rythme cardiaque généré par le cœur est inférieur à une fréquence seuil.

Il existe plusieurs types de stimulateurs. Les modèles mono-chambre, destinés à ne stimuler que le ventricule droit (ou plus rarement l'oreillette droite), et les appareils double chambre, qui stimulent à la fois l'oreillette et le ventricule droits. Les appareils double chambre représentent environ 70% des implantations actuelles. De même, la plupart des stimulateurs sont aujourd'hui à fréquence cardiaque asservie à l'activité.

Ces systèmes permettent de détecter les variations d'activité physique du patient et d'adapter leur fréquence de stimulation à l'intensité de l'effort produit par le porteur. Le cardiologue peut régler le stimulateur directement depuis le programmeur grâce à une communication avec le dispositif par radiofréquence.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

En 1780, le médecin italien Luigi Galvani découvre qu'un courant électrique est capable de déclencher une contraction musculaire. Mais les premières >>>

VRAI ou FAUX ?

Beaucoup d'idées reçues circulent sur la vie au quotidien avec un stimulateur cardiaque. Petit aperçu.

On ne peut pas faire de sport si l'on porte un stimulateur. FAUX

Concernant la pratique sportive, c'est la maladie qui a justifié la pose d'un stimulateur qui peut contre-indiquer la pratique d'une activité sportive, même de loisirs. Connaître cette maladie est donc essentiel car le stimulateur cardiaque n'est pas en soi une contre-indication pour la pratique de la majorité des sports. Sont néanmoins à éviter : les sports violents, les sports en milieu « dangereux » (plongée sous-marine, escalade, etc.) ou les sports à haut risque traumatique (sports de contact, arts martiaux, sports collectifs, etc.). Pour ces derniers, le risque ne provient pas tant du boîtier (les modèles actuels sont extrêmement résistants aux chocs) que de la sonde lorsque le dispositif en est doté.

Certains objets et équipements du quotidien sont dangereux. VRAI

Il est conseillé, mais pas prohibé, de ne pas demeurer longtemps près de plaques de cuisson à induction. À noter que, pour sa part, le four à micro-ondes ne présente pas de risque particulier pour les patients implantés.

Source : « Patients implantés d'un stimulateur cardiaque : questions pratiques », Cécile Manaouil, Sophie Fantoni, Dominique Montpellier, Éric Tordjman, Olivier Jarde – et le Dr Philippe Ritter.

Ces derniers doivent en revanche veiller à garder leur téléphone portable à une distance minimum de 20 centimètres. La conduite d'automobiles électriques, elle, est sans danger.

Les portiques (des aéroports, des magasins) doivent être évités. VRAI

S'il n'est pas interdit de passer les portiques, stationner à proximité est à éviter. Il suffit la plupart du temps de présenter son carnet médical et de demander à passer au détecteur manuel.

Certains équipements médicaux sont à proscrire. FAUX

Certains équipements médicaux comme l'IRM, la radiothérapie ou le bistouri électrique ont longtemps été contre-indiqués. Ce n'est plus le cas aujourd'hui grâce à des dispositifs compatibles. Néanmoins, de manière générale, il est préconisé de signaler que l'on est porteur d'un DMIA quand un médecin s'approche avec un appareil. Si celui-ci est compatible, l'équipement médical est à utiliser après avis du stimulateur et, le plus souvent, sous conditions de préparation.

Années

1950

Premiers stimulateurs cardiaques

1962

Premières sondes endocavitaires

1963

Premiers stimulateurs à double chambre

Milieu des années

1970

Premiers stimulateurs programmables

Le *twiddler syndrome*, un mauvais tour qui appartient à l'histoire

Très épais, les premiers boîtiers généraient un certain nombre de problèmes cutanés et les patients avaient du mal à oublier leur prothèse qui formait une masse sous leur peau. Certains d'entre eux développaient ce que l'on appelle un *Twiddler syndrome*. En voyant cette bosse saillante sous leur peau au niveau du thorax, ils avaient tendance à tournicoter leur stimulateur, lequel était en effet mobile, comme on tourne un bouton. En faisant cela, la sonde s'enroulait autour du stimulateur au niveau de la loge. La traction résultante pouvait entraîner le déplacement de la sonde et l'interruption du traitement de stimulation. Cela provoquait également des douleurs chez les patients. Un phénomène qui a presque disparu avec la miniaturisation des dispositifs.

» tentatives de stimulation électrique du cœur ne furent menées qu'au XX^e siècle. En 1931, le cardiologue new-yorkais Albert Hyman déposa en effet le premier brevet de stimulateur cardiaque. Lui et son frère testèrent sur des animaux un dispositif délivrant des chocs électriques grâce à une aiguille enfoncée dans le cœur. En 1951, l'ingénieur canadien John Hopps, aidé des chirurgiens Wilfred Bigelow et John Callaghan (qui avaient découvert qu'un cœur ayant cessé de battre à cause du froid pouvait se remettre à fonctionner sous l'effet d'une stimulation électrique), inventa le premier pacemaker externe au monde.

Ainsi, dès les années 50, les premiers stimulateurs cardiaques externes autonomes se développèrent. Volumineux (30 centimètres de hauteur), ils étaient également peu fiables car ils devaient constamment rester branchés sur le secteur. « *Le patient promenait son chariot contenant son stimulateur, lequel n'avait que peu d'autonomie* », raconte le Pr Vincent Algalarrondo, cardiologue à l'hôpital Bichat-Claude Bernard, à Paris. Il fallut attendre 1958 pour que le premier stimulateur soit durablement implanté chez un patient, en Suède. Conçu par Rune Elmqvist

et Ake Senning, cet appareil, aussi gros qu'une boîte de cirage, tomba en panne après seulement trois heures. Mais, grâce à l'implantation successive de vingt-huit stimulateurs, Arne Larsson, la première patiente implantée, décéda en 2001 à l'âge de... 86 ans, survivant à ses cardiologues!

Apparition des sondes endocavitaires et des stimulateurs double chambre

Très vite, les évolutions ont également concerné les sondes. En 1962 apparurent en effet les premières sondes dites endocavitaires : l'électrode était introduite dans les cavités cardiaques par la ponction d'une veine et ne nécessitait donc plus d'intervention chirurgicale. « *Cette méthode, qui devint la référence dès le milieu des années 60, est encore celle utilisée de nos jours* », précise le Pr Algalarrondo. Et dès 1963 furent développés les premiers stimulateurs à double chambre (une sonde dans l'oreillette, une autre dans le ventricule) : ces derniers permettent de conserver la séquence naturelle de la contraction auriculo-ventriculaire.

Années
1980

Premiers stimulateurs
asservis

Années
1990

Resynchronisation
cardiaque

Fin des années
2000

Mise au point des
stimulateurs sans sonde



350 000
personnes

Chiffre clé

C'est le nombre de personnes porteuses d'un pacemaker en France en 2010. Chaque année, entre 63 000 et 69 000 nouveaux patients sont implantés avec un stimulateur.

Sources : Fédération française de cardiologie (FFC), Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM).

STIMULATEUR

« Ces appareils double chambre s'adaptent mieux au fonctionnement normal du cœur car ils n'ont plus une mais deux sondes permettant de stimuler les oreillettes et les ventricules », explique le Pr Jean-Claude Deharo, chef de service de rythmologie cardiaque du CHU de La Timone, à Marseille. Ces appareils peuvent ainsi accélérer lors de l'effort en suivant l'activité naturelle de l'oreillette, reconstituant par là même le fonctionnement cardiaque naturel et physiologique du cœur. « Pour les malades, cela change tout, assure le Pr Deharo, car ces appareils reprennent une fréquence cardiaque totalement adaptée à leurs besoins. »

Miniaturisation et performance

Les premiers stimulateurs programmables par un boîtier externe, utilisant des radiofréquences et permettant au médecin de choisir entre plusieurs cadences et durées d'impulsion, furent conçus dès le milieu des années 70. Puis les années 80 virent apparaître les premiers stimulateurs dits « asservis », c'est-à-dire capables de s'adapter à l'effort du patient en augmentant et en diminuant la fréquence de stimulation.

Au fil du temps, la physionomie de tous ces dispositifs a évolué : les appareils se sont miniaturisés (de la taille d'une orange placée dans l'abdomen, ils sont à présent de celle d'un petit paquet d'allumettes), tandis que la durée de vie des prothèses a augmenté pour atteindre plus de dix ans. Ces évolutions ont contribué à améliorer >>>



»»» considérablement le confort des patients. Le pacemaker est ensuite devenu de plus en plus intelligent et performant, notamment grâce aux avancées en matière de technologie et aux recherches effectuées par les ingénieurs et les médecins en microélectronique et en informatique. Ainsi, il écoute le rythme cardiaque et stimule le cœur uniquement en cas de défaillance.

En outre, les microprocesseurs utilisés sont passés du millimètre visuel au micron invisible : cela représente un avantage important sur le plan sécuritaire, car plus les boîtiers sont petits et peuvent être insérés facilement, plus on diminue les risques d'infection. La miniaturisation des composants du pacemaker a également permis de charger les stimulateurs en algorithmes. Une évolution qui a eu pour effet de transformer les prothèses en véritables mini-ordinateurs embarqués. En plus de leur aptitude à s'adapter au rythme cardiaque des patients, ils peuvent mémoriser de nombreuses informations sur la capacité physique et fonctionnelle de ceux-ci, sur leur état circulatoire mais aussi sur des maladies connexes telles que l'apnée du sommeil ou encore l'insuffisance cardiaque.

Au service de l'ambulatoire

Enfin, les progrès réalisés en matière de stimulateurs implantables ces deux dernières décennies ont grandement favorisé le développement de l'ambulatoire, comme le constate le Dr Ritter : *« L'implantation, mini-invasive et simple, se fait sous anesthésie locale au cours d'une courte intervention : en prenant toutes les précautions requises, il faut compter entre vingt et trente minutes de préparatifs, et trente minutes de temps de pose, ce qui est très rapide. Les suites sont donc beaucoup plus légères et la plupart des patients sortent de l'hôpital le jour même de l'intervention. »*

Autant de caractéristiques qui permettent d'éviter une hospitalisation d'une nuit pour un diagnostic en chambre de sommeil.

Resynchronisation cardiaque

Mais l'évolution du stimulateur ne s'arrête pas là. Ainsi, « les médecins se rendent compte que les malades présentant une insuffisance cardiaque avancée souffraient également d'une perte du synchronisme dans la contraction des deux ventricules du cœur qui, normalement, se contractent en même temps », explique le Pr Deharo. Pour soigner cette anomalie, on eut l'idée d'ajouter une sonde au stimulateur double chambre permettant de stimuler en même temps les ventricules droit et gauche. Cette technique, appelée resynchronisation cardiaque ou stimulation biventriculaire, permet au cœur d'être à nouveau synchrone. « La première implantation eut lieu en 1994 à la clinique du Val d'Or, à Saint-Cloud, relate le Dr Philippe Ritter de l'unité de Cardiologie-électrophysiologie et stimulation cardiaque du CHU Bordeaux. Mais il faut rappeler que la resynchronisation s'adresse exclusivement aux insuffisants cardiaques, et sous certaines conditions très précises (essoufflement, traitement médicamenteux, trouble du rythme cardiaque). » D'ailleurs, vingt ans après la naissance de cette technique, la thérapie de resynchronisation s'est imposée comme incontournable et ses indications se sont étendues aux patients insuffisants cardiaques déjà porteurs d'un stimulateur cardiaque conventionnel ainsi qu'à ceux ayant une fibrillation atriale chronique.

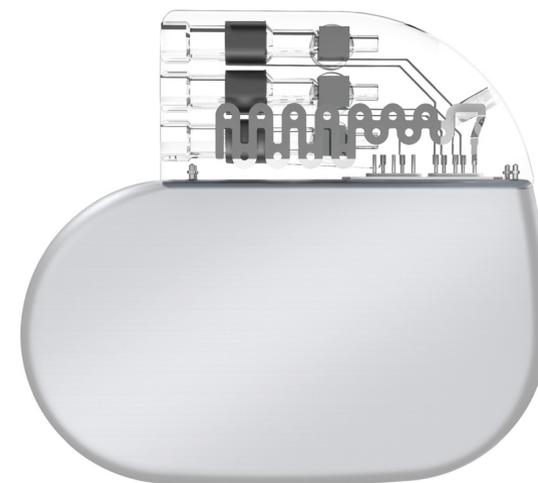
D'autres indications sont en passe de voir le jour, diverses études étant venues confirmer les intuitions quant aux critères essentiels à une réponse positive. « Cette évolution a d'abord montré une amélioration de la qualité de vie et une diminution des difficultés respiratoires des patients. Des études ultérieures ont montré qu'il existait une amélioration de la survie des patients et une diminution de la mort subite », confirme le Pr Algalarrondo. Cette technique peut donner des résultats vraiment spectaculaires avec des patients en insuffisance cardiaque qui ne sortaient plus de l'hôpital et qui, suite à cette implantation, peuvent de nouveau rentrer chez eux avec un simple suivi ambulatoire. » Et au Dr Ritter de compléter : « En outre, des recherches portent actuellement sur le développement de dispositifs prédictifs capables de prévoir les actions, les résultats et les complications de la resynchronisation, permettant de fait de valider le bénéfice attendu. »

La révolution des stimulateurs sans sonde

Mais « l'innovation la plus spectaculaire ces dernières années est sans aucun doute le développement des stimulateurs sans sonde », relate le Dr Ritter. En effet, à partir de la fin des années 2000, des dispositifs miniaturisés et sans sonde commencent à être mis au point : la première pose a lieu le 5 décembre 2013, au CHU de Grenoble, sur un patient de soixante-dix-sept ans, à qui est implanté un stimulateur que l'on peut « accrocher » dans le cœur. Ce stimulateur est une capsule cylindrique

de 26 millimètres de long et de 7 millimètres de diamètre, pesant 2 grammes et d'une durée de vie moyenne d'environ dix ans. On l'installe sous anesthésie locale dans le ventricule droit, au moyen d'un cathéter spécifique introduit depuis la veine fémorale gauche. Il ne possède pas de boîtier apparent ni de sonde entre le boîtier intérieur et le cœur : tout le système électronique est contenu dans la capsule.

Du fait de sa petite taille, « le stimulateur sans sonde est, pour l'instant, un peu moins développé sur le plan électronique qu'un stimulateur habituel, de plus grande taille », selon le Dr Ritter, qui reconnaît néanmoins que les perspectives de développement du concept sont très prometteuses. « De fait, on élimine les complications (hématomes, pneumothorax, déplacement de sondes, fibrose, occlusion de veine, »





le monde aujourd'hui). « Les stimulateurs sans sonde sont posés chez un certain type de patients spécifiques, particulièrement ceux présentant des troubles du rythme de l'oreillette avec ventricule lent, continue le Dr Ritter. En outre, la Haute Autorité de Santé préconise sa pose chez les personnes fragiles ne pouvant être équipées d'un stimulateur classique (voies d'abord condamnées, occlusion de veine, important risque d'infection) ou ayant déjà eu des implantations ».

Les travaux portent désormais sur l'élargissement de ses indications : stimulateur sans sonde pour oreillette, capsule miniaturisée capable de surveiller l'oreillette et le ventricule – telles sont les plus récentes innovations en matière de stimulateur. « Et cela va continuer à évoluer, notamment grâce à la micro-électronique, prédit le Dr Ritter. Les batteries vont également évoluer pour devenir plus durables, plus économes en énergie et plus sophistiquées. »

Et demain, un dispositif médical pour deux fonctions ?

Dans un avenir proche, l'innovation pourrait permettre de combiner les technologies de plusieurs

dispositifs médicaux au sein d'un seul. Par exemple, « en intégrant un défibrillateur sous-cutané connecté à une capsule sans sonde, l'ensemble pourrait remplir à la fois les missions de défibrillation et de stimulation, c'est-à-dire choquer en cas de troubles mortels du rythme cardiaque et stimuler en cas de rythme trop lent – et cela, sans aucune sonde intravasculaire », limitant ainsi le risque d'infection, explique le Dr Ritter. Ce dernier parie en outre sur « des systèmes rechargeables, puisqu'en l'état actuel des choses, quand la capsule est épuisée au bout d'une dizaine d'années, on doit en placer une autre à côté. Il faut donc trouver maintenant une énergie pouvant faire fonctionner l'ensemble des systèmes biomédicaux ».

» infection de matériel) liées au boîtier et à la sonde, poursuit-il. Et par conséquent, le taux de complications lié à ce dispositif est inférieur à celui d'un stimulateur classique. » Ses indications restent néanmoins limitées (on en dénombre 28 000 dans

Des stimulateurs connectés

L'implantation de stimulateurs connectés depuis le début des années 2010 constitue l'entrée de ce dispositif médical dans l'ère de la télésurveillance. En effet, les stimulateurs sont désormais communicants et transmettent des données. Avec, à la clé, un changement de paradigme puisque les consultations uniquement en face à face ne sont plus indispensables. Cette innovation offre de nombreux bénéfices potentiels pour les patients mais aussi pour l'ensemble du système de santé. Ils s'objectivent par une diminution des transports et des frais associés grâce au suivi à distance et par une amélioration de la sécurité pour le patient.

UNE ARME ANTI-MORT SUBITE

Calqué sur le modèle de son grand frère le stimulateur, le défibrillateur a révolutionné la cardiologie dans les années 80, et plus particulièrement dans la prise en charge et le traitement des arythmies cardiaques graves provoquant une mort subite. Aujourd'hui extrêmement miniaturisé et connecté, il s'adresse à des profils de patients de plus en plus divers.



DE LA THÉORIE...

Longtemps méconnue et mésestimée, la mort subite, arrêt cardio-respiratoire inopiné, est à l'origine de 40 000 à 50 000 décès par an en France, selon la HAS. Ce phénomène, causé par l'incapacité soudaine du cœur à propulser le sang vers le cerveau et le reste du corps, est fréquemment le résultat d'arythmies graves liées à un fonctionnement anormal du système électrique du cœur. En effet, le rythme cardiaque repose à la fois sur une composante mécanique (le cycle cardiaque) et sur une composante que l'on pourrait qualifier d'électrique. « Cette dernière repose sur quelques cellules spécialisées dans la communication qui permettent au cœur de se contracter 60 fois par minute au repos et d'accélérer pendant l'effort », explique le Dr Christelle Marquie, cardiologue au CHRU de Lille. Ce phénomène « électrique » de

quelques millivolts prend naissance au sommet de l'oreillette droite puis se propage dans le muscle cardiaque : il se déplace dans les deux oreillettes, puis dans les deux ventricules.

Dans le cas d'une mort subite, ce « courant électrique » active le cœur si rapidement que celui-ci ne peut plus se contracter efficacement : environ 200 fois par minute en cas de tachycardie ventriculaire, 600 à 800 par minute en cas de fibrillation ventriculaire. Si certains médicaments comme les bêta-bloquants peuvent réduire ces arythmies, le défibrillateur automatique implantable, ou DAI, prothèse cardiaque rythmique implantable née en 1970, fait aujourd'hui figure d'option thérapeutique des plus efficaces. Deux indications justifient l'implantation d'un DAI : la prévention primaire, visant une population n'ayant pas déjà fait d'arythmie mais présentant un risque élevé de mort subite ; la prévention secondaire, qui concerne les patients >>>

1954

Première utilisation d'un défibrillateur externe

1970

Invention du défibrillateur implantable

1980

Première implantation chez un patient

1994

Apparition du défibrillateur automatisé externe (DAE)

»» ayant présenté une arythmie ventriculaire grave ou une mort subite réanimée. Actuellement, la majorité des DAI est implantée dans le cadre de la prévention primaire.

À LA PRATIQUE

Composé d'une petite boîte métallique en titane étanche ainsi que d'une sonde de défibrillation dont l'extrémité est placée au niveau du ventricule droit (qui sert aussi de sonde de stimulation), et d'une ou deux sondes de stimulation supplémentaires, ce dispositif est implanté chirurgicalement sous la peau du patient en position pectorale. Légèrement plus volumineux que celui d'un stimulateur cardiaque, le boîtier contient une puce et une source d'énergie d'une longévité de quatre à huit ans.

L'appareil surveille le rythme cardiaque en permanence. Ainsi détecte-t-il en quelques secondes les troubles du rythme cardiaque qui engagent le pronostic vital du patient puis active un traitement adapté. Celui-ci peut consister soit en une stimulation cardiaque rapide qui permet de rompre la tachycardie du patient, soit en un choc électrique

de haute énergie (700 à 800 volts pendant quelques millisecondes). Doté d'une fonction antibradycardique, le défibrillateur cardiaque fait également office de stimulateur et peut délivrer si nécessaire des impulsions électriques à un patient dont le cœur est trop lent.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Si le nombre d'implantations de défibrillateurs ne cesse d'augmenter ces dernières années, il s'en est fallu de peu pour que le dispositif ne voit jamais le jour. Car si les premiers tracés de fibrillation furent enregistrés en 1889 par Jean-Louis Prevost, et si, dès 1930, William Kouwenhoven découvrit qu'un choc électrique cardiaque peut induire une fibrillation et qu'un second choc peut la réduire, l'histoire du défibrillateur est surtout celle d'un homme à la foi chevillée au corps.

En 1966, en effet, le mentor du cardiologue d'origine polonaise Michel Mirowski fut victime d'une mort subite cardiaque. Marqué par cette disparition brutale, le Pr Mirowski s'acharna alors à concevoir un dispositif automatique permettant de sauver les

patients souffrant de tachyarythmie en l'absence de médecin qualifié pour la traiter. S'appuyant sur l'expérience de la toute première défibrillation chez l'homme réalisée par Claude Beck en 1947, au cours d'une chirurgie cardiaque d'un enfant et, neuf ans plus tard, de la première défibrillation transcutanée effectuée par Paul Zoll, Michel Mirowski créa, en 1970, le défibrillateur implantable. Mais la partie n'était pas pour autant encore gagnée...

« L'inventeur du défibrillateur était la risée de tous »

« Pure folie ». Voilà en substance ce que pensait, à l'époque, la communauté scientifique de l'invention de Michel Mirowski. Il faut dire que le médecin affirmait vouloir implanter un défibrillateur directement dans le corps humain... Or l'appareil pesait alors entre 13 et 18 kilos ! « *Michel Mirowski était la risée de tous. Pour convaincre ses pairs, il filma ses expérimentations lors desquelles il mettait des chiens en arrêt cardiaque avant de les ressusciter afin de prouver l'efficacité de sa technologie* », raconte le Dr Vincent Algalarrondo, cardiologue à

Milieu des années

2000

Miniaturisation
des dispositifs

2007

Arrivée sur le marché d'un
défibrillateur entièrement
sous-cutané

Années

2010

Invention de la
veste défibrillateur



60 000
porteurs

Chiffre clé

C'est le nombre de porteurs de défibrillateurs
cardiaques en France.

Source : Association des porteurs de défibrillateurs
cardiaques (APODEC).

DÉFIBRILLATEUR IMPLANTABLE

l'hôpital Bichat-Claude Bernard à Paris. Certains suspectaient même l'inventeur de faire appel à des chiens comédiens.

En dépit du mépris de ses pairs, le Pr Mirowski perfectionna sa technique et inventa un système mixte mêlant des électrodes endocavitaires dans la veine cave supérieure et un patch péricardique[®] au niveau du ventricule gauche. Et sa persévérance paya. Bientôt, une société s'intéressa au concept et lui permit de fabriquer son premier défibrillateur destiné à l'homme. Une coopération fructueuse qui aboutit, en 1980, à la première implantation d'un patient à Baltimore, aux États-Unis. S'en suivit une seconde intervention effectuée deux ans plus tard en Europe. Et par la suite, la machine s'emballa très vite - d'autant plus que les industriels, les chercheurs et les cardiologues commençaient alors à avoir déjà une bonne expérience des stimulateurs.

Des dispositifs toujours plus miniaturisés

À l'image de son grand frère le stimulateur, le défibrillateur a connu récemment des progrès considérables, grâce notamment à l'amélioration du rendement des piles, à la miniaturisation des condensateurs et à la performance des micro-processeurs. Ainsi, si de 1990 à 2005, année où le dispositif fut remboursé par la Sécurité sociale, les premiers boîtiers implantés dans l'abdomen étaient volumineux (150 cm³ environ), leur volume fut ensuite divisé par 5 (soit 29 cm³), ce qui permit >>>

» de l'implanter en sous-cutané sous la clavicule comme un pacemaker. « *Les premiers appareils étaient implantés par des chirurgiens puis, très vite, les cardiologues les ont remplacés,* témoigne le Pr Jean-Claude Deharo, chef du service de rythmologie cardiaque du CHU de La Timone, à Marseille. *Puis, dès 1993, les défibrillateurs ont été assez fins pour être glissés sous la peau.* »

À mesure que le DAI devint de plus en plus intelligent, les indications d'implantation s'élargirent. Les premiers défibrillateurs détectaient les arythmies en se basant uniquement sur la fréquence

cardiaque ; les nouveaux modèles possèdent des algorithmes permettant une analyse plus fine des arythmies. Un atout majeur, car certaines interférences sont parfois perçues comme une arythmie cardiaque,  laquelle provoque un diagnostic erroné par l'appareil qui administre un choc électrique alors même que le patient va bien. « *Toutes ces évolutions se sont accompagnées d'études prouvant l'efficacité du DAI, non seulement chez les patients qui ont déjà fait un arrêt cardiaque mais aussi chez ceux qui présentent un risque élevé d'être victime d'un arrêt cardiaque* », explique le Dr Algalarrondo.

Les dispositifs sous-cutanés pour compléter l'offre thérapeutique

Si le principe de fonctionnement du système est resté peu ou prou le même depuis sa création, le DAI a connu, ces dernières années, un énième rebondissement : l'invention de défibrillateurs entièrement sous-cutanés. Une innovation qui a été permise grâce aux progrès constants réalisés en matière de miniaturisation et de puissance des composants des défibrillateurs.

Prise en charge des enfants : préserver leur capital veineux au maximum

Il n'existe pas de dispositif de défibrillation cardiaque endocavitaire spécifique pour les enfants. Les indications d'implantation d'un défibrillateur sont donc les mêmes que chez l'adulte, mais « *ce sont les voies d'implantation qui diffèrent,* explique le Dr Christelle Marquie. *Il va donc falloir s'adapter à la physiologie et à l'âge de l'enfant. Si l'enfant pèse plus de trente kilos, en général autour de dix ou douze ans, il sera possible de lui implanter un défibrillateur sous-cutané* ». Mais sous cette limite, il faudra chercher à éviter au maximum de recourir aux sondes de défibrillation endocavitaires car les veines sont petites chez les enfants et les complications beaucoup plus fréquentes.

Dans le cas où aucun autre traitement ne pourrait toutefois être envisagé, il faudra recourir à une implantation chirurgicale de sondes épicaudiques,

c'est-à-dire des sondes mises en place par le chirurgien autour du cœur. « *Il est impossible d'implanter un défibrillateur par voie endocavitaire chez un très jeune enfant car les veines sont trop petites et l'alternative chirurgicale permet de préserver le capital veineux,* poursuit le Dr Marquie. *Lorsque l'enfant grandit, il faut s'adapter à son histoire cardiologique : soit il sera réopéré et on en profitera alors pour implanter du matériel de défibrillation, soit sa maladie nécessitera un projet de greffe cardiaque. En tout état de cause, chaque histoire et chaque cardiopathie sont différentes et nécessitent une adaptation : les enfants souffrant de ce type d'arythmie ont souvent besoin d'être réopérés, il est donc essentiel de préserver leurs voies d'abord, et de chercher à garder le dispositif en place le plus longtemps possible.* »

Comme pour le stimulateur cardiaque, les chercheurs et les industriels étaient en quête de solutions pour améliorer le dispositif en éliminant les inconvénients liés à la nécessité d'adopter des sondes endocavitaires au boîtier du défibrillateur. Par exemple, l'implantation d'une sonde endocavitaire peut être techniquement impossible chez certains patients atteints de cardiopathie congénitale.

Cette recherche de solutions pour améliorer le système de sondes a débouché, en 2007, sur l'arrivée sur le marché d'un défibrillateur entièrement sous-cutané : contrairement aux systèmes conventionnels, la sonde (en plus du boîtier) est positionnée sous la peau et non dans la cavité ventriculaire droite. Contrairement au défibrillateur conventionnel, relié au cœur par des fils électriques, cet appareil est implanté sous la peau, sans sonde endocavitaire.

« Dix ans après son invention, la technologie des appareils sous-cutanés est aujourd'hui bien installée comme le montrent, d'une part, les publications scientifiques et, d'autre part, les registres de suivi des patients qui en valident le principe, souligne le Dr Christelle Marquie. Les dispositifs sous-cutanés n'entraînent pas plus de complications. Au contraire, les sondes sous-cutanées s'usent moins et se cassent moins, car elles sont soumises à moins de contraintes en position sous-cutanée et elles sont plus grosses et plus solides. En cas d'infection, retirer une sonde endocavitaire en place depuis longtemps est compliqué et risqué. C'est au contraire beaucoup plus simple si la sonde est placée juste

sous la peau. » En cas d'usure ou d'infection, la procédure pour retirer le matériel est, de ce fait, à la fois simplifiée pour le praticien et moins risquée pour le patient. Pour autant, le matériel sous-cutané ne remplace pas entièrement le dispositif endocavitaire, dont « *il n'a pas certaines fonctionnalités comme la resynchronisation, c'est-à-dire la stimulation simultanée des deux ventricules afin d'en déclencher la contraction simultanée, ou la fonction pacemaker, poursuit le Dr Marquie. De fait, en termes de thérapeutique, les dispositifs sous-cutanés qui ne peuvent réaliser que des chocs ne peuvent être prescrits qu'aux patients n'ayant besoin que de la fonction défibrillateur.* »

Désormais connectés

Nouveaux algorithmes, miniaturisation continue, longévité accrue, élargissement des indications... Les défibrillateurs sont en constante évolution depuis leur création. À l'instar du stimulateur, le défibrillateur a bénéficié du développement de la télésurveillance permettant un suivi à distance. Cette nouvelle fonctionnalité diminue les consultations en face à face et les déplacements inutiles à l'hôpital, tout en permettant un diagnostic plus précoce des arythmies.

Le défibrillateur automatisé implantable (DAI) a permis de réduire d'un tiers la mortalité des malades ayant échappé à un arrêt cardiaque, et de diviser par deux le risque de mortalité des insuffisants cardiaques à haut risque par rapport aux patients bénéficiant uniquement d'un traitement



médicamenteux. Et le dispositif sert désormais également à affiner le diagnostic et à améliorer la prise en charge des arythmies ainsi que le suivi des patients. « Grâce aux nouvelles technologies, on ne se limite plus aux seules personnes pour qui le bénéfice sera le plus grand, mais on peut élargir de plus en plus les indications », confirme le Dr Marquie.

L'innovation au service de profils de patients toujours plus variés

Comme souvent dans le domaine de l'innovation médicale, l'objectif commun des industriels et des professionnels de santé est en effet d'aller toujours plus avant dans le service rendu aux patients >>>

»»» et dans l'optimisation de leur prise en charge. C'est d'ailleurs dans cette optique qu'à récemment été mise au point la veste défibrillateur, un tout nouveau dispositif. « À la manière d'un gilet de sauvetage, cette veste, munie d'un défibrillateur intégré, s'enfile puis surveille et analyse le rythme cardiaque du patient », détaille le D^r Marquie. La veste est composée d'un gilet, d'un moniteur fonctionnant sur batterie et relié à des électrodes de défibrillation, des électrodes de monitoring. Les données enregistrées par le moniteur sont envoyées à une base de données consultable par le cardiologue. En cas de mort subite, « le patient

perd connaissance et la veste délivre un choc électrique, d'une énergie comprise entre 75 et 150 joules Ⓞ, *délivrée jusqu'à 5 fois, qui défibrille le cœur*, explique le D^r Marquie. *Si l'arythmie est bien supportée par le patient, celui-ci peut ainsi, en pleine conscience, empêcher le choc ».*

Mais pour quel profil de patient ce dispositif peut-il présenter un réel intérêt ? « *On ne peut pas porter ce dispositif sur le long terme*, tempère le D^r Marquie. *En revanche, c'est une grande opportunité pour les patients à haut risque transitoire ou en attente d'une réimplantation de dispositif, dans la perspective d'une période limitée (en général entre 1 et 3 mois).*

Ce peut être le cas durant les premières semaines suivant une hospitalisation pour infarctus avec une importante altération de la fonction cardiaque, ou pour un patient dont le défibrillateur a été retiré pour infection le temps du traitement. La veste défibrillateur offre aux patients le temps nécessaire à la cicatrisation avant une réimplantation. Mais cela reste une solution transitoire, et non une alternative au défibrillateur implantable, et réservée à des patients coopérants. »

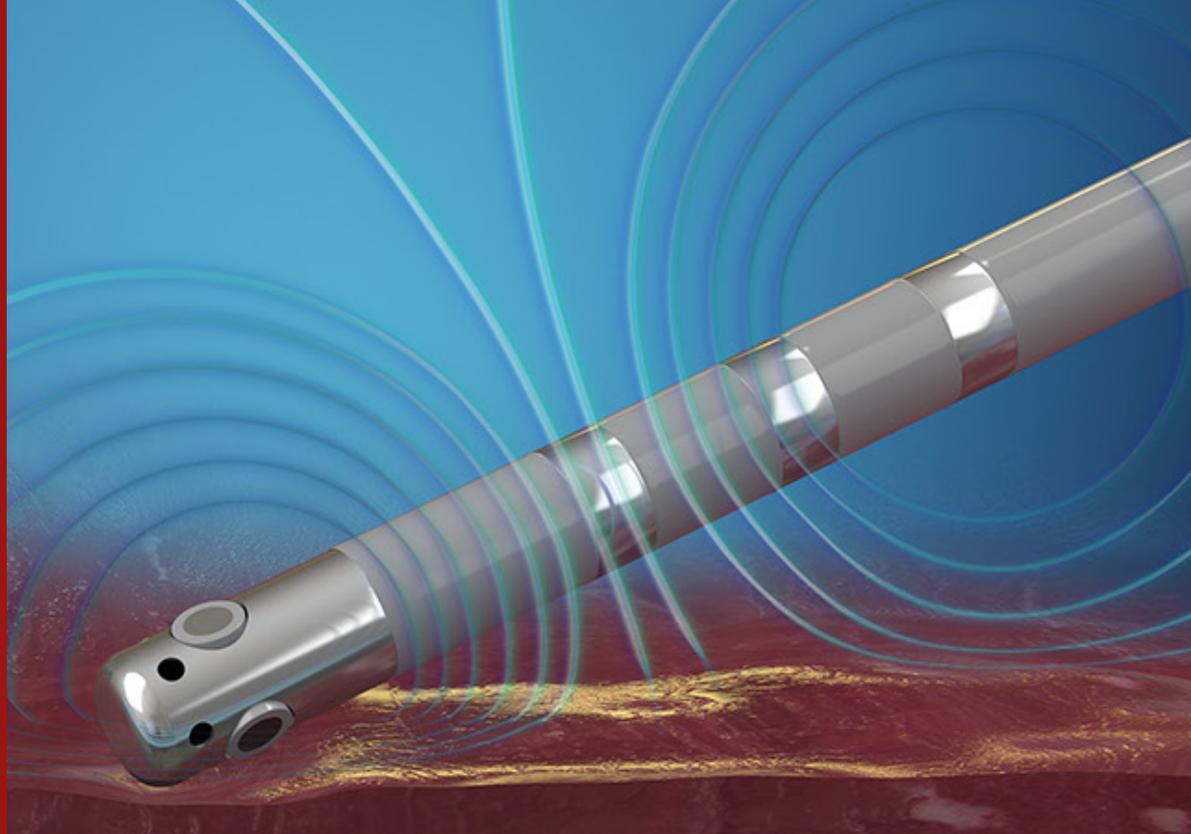
Les défibrillateurs automatiques externes (DAE)

Le défibrillateur automatique externe, ou DAE, analyse automatiquement le rythme cardiaque et délivre, en cas de besoin, un choc électrique pour permettre au cœur de battre de nouveau normalement. Il fait partie de la même famille que les défibrillateurs automatiques implantés (DAI). Ici, les innovations se sont concentrées sur la facilité d'utilisation et la fiabilité de l'intervention automatique. Apparue en 1994, le DAE a été conçu pour être utilisé facilement par toute personne se trouvant sur le lieu d'une urgence médicale. Une fois actionné *via* des instructions vocales ou visuelles, l'appareil guide l'utilisateur à chaque étape du processus de défibrillation. Si l'appareil analyse qu'il n'est pas nécessaire de délivrer un choc, il indique à l'utilisateur comment poursuivre la réanimation cardiopulmonaire.

Depuis le décret du 4 mai 2007 relatif à l'utilisation des DAE par des personnes non médecins, il existe des DAE utilisables par le grand public comme par les professionnels. Une simple démonstration suffit pour apprendre à s'en servir. Mais encore faut-il pouvoir localiser les dispositifs très rapidement, d'autant que les premières minutes après l'arrêt cardiaque sont cruciales. De fait, il existe aujourd'hui plusieurs moyens de situer ces défibrillateurs, parmi lesquels des applications mobiles et des sites Internet. En outre, l'Association pour le recensement et la localisation des défibrillateurs (ARLoD) cartographie les DAE répartis sur le territoire français et permet l'actualisation des informations de sa base de données mise à disposition des services d'urgence.

EFFICACITÉ ET PRÉCISION POUR TRAITER LES ARYTHMIES

Le diagnostic et la prise en charge des troubles du rythme cardiaque sont de plus en plus efficaces grâce aux sondes d'électrophysiologie, des cathéters de précision permettant la destruction des arythmies *via* un courant de radiofréquence.



DE LA THÉORIE...

L'exploration électrophysiologique, réalisée au moyen de sondes (ou cathéters) dédiées, est essentielle dans le diagnostic et le traitement de la plupart des arythmies cardiaques (fibrillation, tachycardie, extrasystole Ⓞ) et ce, sans ouvrir le cœur. Seule cette exploration peut permettre d'identifier précisément l'origine des arythmies cardiaques, repérées par exemple lors d'un électrocardiogramme, et donc de les traiter.

À LA PRATIQUE

« Cette technique mini-invasive consiste à introduire la sonde par le pli de l'aîne et à remonter jusqu'au cœur, détaille le Pr Frédéric Sacher, du service de cardiologie-électrophysiologie et stimulation cardiaque au CHU de Bordeaux. Le dispositif va enregistrer l'activité électrique, permettant de repérer les zones à traiter. Un courant de radiofréquence permet ensuite de détruire les arythmies ainsi repérées. » En pratique, la sonde est dotée de poignées >>>

»» manipulées de l'extérieur qui permettent de la manœuvrer et de changer de direction, le tout sous le contrôle de l'imagerie. « *Un peu à la manière d'un GPS, la sonde est dotée d'un système de recueil de données à son extrémité* », poursuit le Pr Sacher.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Tous les êtres vivants sont le siège d'une activité électrique : c'est cette découverte chez certains animaux (particulièrement les poissons torpilles) dans l'Antiquité qui donna naissance à l'électrophysiologie. Cette science étudie les phénomènes bioélectriques. Si les hommes constatèrent donc

cette activité dès les temps anciens, ce n'est qu'au XVIII^e siècle que son origine (c'est-à-dire relative aux nerfs et aux muscles) fut mise à jour, à travers les travaux de Alessandro Volta et Luigi Galvani. Le siècle suivant fut celui de l'approfondissement des recherches et des connaissances sur les origines, les effets et les conséquences de l'électrophysiologie.

Du diagnostic au thérapeutique

Suite à l'invention puis au perfectionnement de l'électrocardiographe entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle, c'est dans la seconde moitié du XX^e siècle que se produisit un tournant décisif, permettant de passer de l'usage diagnostique des sondes d'électrophysiologie à une finalité thérapeutique. « *Le virage est survenu au cours de années 70 et 80, et fut, comme bien souvent, le fruit du hasard, relate le Pr Sacher. À l'époque, il s'agissait d'une unique sonde, mise en place pour mesurer et recueillir des données. Or, au cours de l'intervention, un courant électrique est passé par la sonde de façon involontaire, brûlant certains tissus alentours. Cet 'incident' a révélé de nouvelles perspectives intéressantes pour soigner sans forcément ouvrir.* »

Suite à cette découverte, les années 90 virent donc se développer l'électrophysiologie cardiaque de précision. « *Les progrès ont en effet continué grâce à l'ablation par radiofréquence au moyen d'un cathéter dédié, aujourd'hui très répandue en cardiologie,* poursuit le Pr Sacher. *Ainsi fut-elle utilisée dès 1998*



dans le traitement de la fibrillation auriculaire, la plus fréquente des arythmies, via l'isolation des veines pulmonaires. » Dans la continuité, des systèmes de cartographie vinrent encore améliorer la technique au début des années 2000. « *Des systèmes GPS ont amélioré la précision et diminué l'usage des rayons X,* complète le professeur. *Cette technique s'est démocratisée au cours des années 2000, permettant de gagner en précision, de diminuer l'exposition aux rayons X des patients et des professionnels de santé, et de simplifier la formation de ces derniers.* »



Années
1990

Développement de l'électrophysiologie cardiaque de précision

1998

Recours à l'ablation par radiofréquence pour traiter la fibrillation auriculaire

Début des années
2000

Premiers moniteurs avec suivi à distance



Et demain ?

Si l'utilisation des sondes d'électrophysiologie est aujourd'hui une technique de routine parfaitement maîtrisée, des recherches sont encore en cours « dans un objectif toujours plus grand de simplification de la procédure, de rapidité d'intervention et de diminution des éventuelles complications, continue le Pr Sacher. En effet, jusqu'ici, on brûlait tout autour de la zone à traiter. Les ballonnets de cryothérapie permettent désormais une seule application, avec des cathéters performants et simplifiés ».

Les progrès en matière de cartographie permettent également un repérage des zones à traiter de plus en plus précis, avec des résolutions de plus en plus petites. « Cela laisse envisager la possibilité de traiter de plus en plus de patients, de diminuer le taux de récurrence – en bref, de traiter toujours plus et toujours mieux », conclut le Pr Sacher.

Chiffre clé

C'est le rythme régulier du cœur de l'adulte au repos. Quand la fréquence est inférieure à 50 battements par minute, on parle de bradycardie. Au contraire, une fréquence cardiaque supérieure à 100 battements par minute au repos révèle une tachycardie.

Source : *Troubles du rythme et de la conduction cardiaque*, ameli.fr, 2017.

70
battements par minute

UNE SOLUTION POUR L'INSUFFISANCE CARDIAQUE TERMINALE

Il y a encore peu de temps, c'était impensable. Aujourd'hui, quand le cœur ne peut plus assurer – partiellement ou complètement – sa fonction de pompe, une prothèse mécanique vient prendre le relai. Cette incroyable invention a permis d'ouvrir de nouvelles perspectives en matière d'insuffisance cardiaque grave.



DE LA THÉORIE...

On appelle « cœur mécanique » une prothèse implantée pour assurer mécaniquement la fonction de pompe naturelle du cœur lorsque celui-ci n'est plus en état de l'assurer, partiellement (dispositif d'assistance ventriculaire) ou totalement (cœur artificiel total). Les dispositifs de ce type s'adressent à des patients atteints d'insuffisance cardiaque grave, dont le traitement médicamenteux est insuffisant (ou qui y échappent pour diverses raisons), en attente d'une greffe ou du rétablissement de la fonction cardiaque. Ils peuvent également être utilisés comme traitement à long terme pour

toute pathologie cardiaque mettant en jeu le pronostic vital à court terme et/ou lorsqu'une greffe n'est pas envisageable.

À LA PRATIQUE

« À l'image du cœur naturel, les dispositifs artificiels reposent sur le principe d'une pompe », explique le Pr Christian Latrémouille, responsable de l'unité de chirurgie cardiaque de l'Hôpital européen Georges-Pompidou, à Paris, et pionnier de la discipline. Les dispositifs d'assistance ventriculaire viennent jouer le rôle d'un ventricule cardiaque (assistance mono-ventriculaire) ou des deux (assistance biventriculaire).

Le dispositif assure mécaniquement la fonction de pompe naturelle du cœur.

Le principe est d'envoyer une décharge. La pompe est implantée à la pointe du myocarde et va aspirer le sang chargé d'oxygène « *que le cœur n'est plus capable de propulser, et l'envoyer dans l'aorte par un tube servant de voie d'accès artificielle*, explique la Fondation suisse de cardiologie. *Le contrôleur et la batterie sont à l'extérieur du corps et reliés à la pompe cardiaque par un câble* ».

Le cœur artificiel total, quant à lui, comprend une partie implantable, reproduisant la forme et la fonction des valves et des cavités ventriculaires. Celles-ci se remplissent de sang puis l'éjectent sous la pression du liquide ou de l'air contenu dans la partie externe du dispositif (sac ou caddie), elle-même activée par une console électronique. Cette dernière collecte et surveille les données du dispositif implanté.

UNE HISTOIRE D'INNOVATION

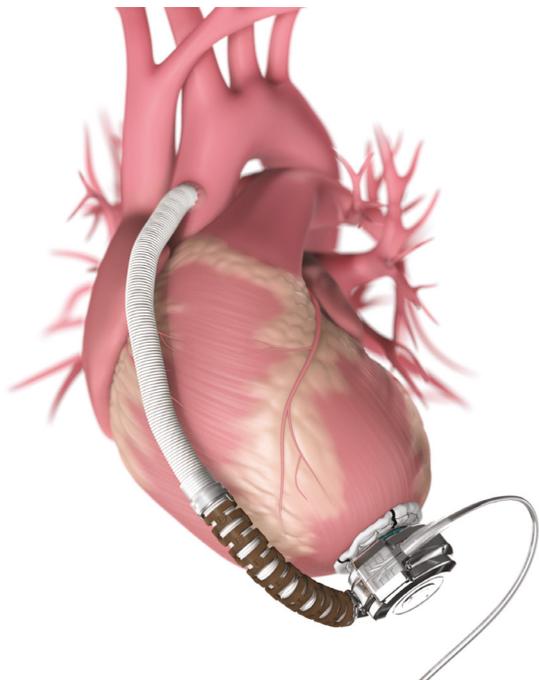
Le concept de cœur artificiel n'est pas nouveau et diverses tentatives, toutes infructueuses, furent menées dès le XIX^e siècle, et dans la première moitié du XX^e siècle. De fait, c'est l'invention d'oxygénateurs permettant la circulation extracorporelle (voir encadré ci-contre) dans les années 50 qui >>>

La circulation extracorporelle (CEC)

La circulation extracorporelle (CEC), également appelée machine cœur-poumon artificielle, est l'une des techniques les plus anciennes de la cardiologie. Sans elle, il n'aurait pas été possible de faire de la chirurgie cardiaque à cœur ouvert ! Ce système consiste à faire passer de façon temporaire le sang veineux à travers un appareil d'oxygénation, avant de le réinjecter dans le réseau artériel afin d'assurer les besoins et la préservation de toutes les fonctions physiologiques du patient opéré. Utilisée lors d'opérations chirurgicales d'une durée comprise entre trente minutes et quatre heures, la CEC permet donc au chirurgien d'assécher le cœur, d'arrêter les battements à la demande, d'ouvrir la cavité cardiaque désirée et d'entreprendre des techniques de remplacement ou de réparation en toute sécurité. Ainsi, la CEC est-elle utilisée lorsque des interventions doivent être effectuées sur un cœur immobile, exempt de flux sanguin, comme en cas de pontage aorto-coronarien, de remplacement d'une valve cardiaque,

ou encore de fermeture de communication anormale entre différentes cavités cardiaques. Le circuit de CEC est composé de trois parties : la pompe artérielle supplée les ventricules, l'oxygénateur assure l'oxygénation et la décarboxidation du sang veineux, et l'échangeur thermique fait varier la température du sang injecté au malade. Le sang issu des veines est collecté grâce à des tuyaux branchés sur les veines caves puis passe dans le circuit de CEC, dans lequel les filtres et le dispositif thermique contribuent à maintenir la température sanguine au niveau souhaité. Pendant ce temps, l'oxygénateur joue le rôle du poumon.

Le sang est ensuite réinjecté dans la circulation artérielle par une canule insérée dans l'aorte. La circulation est assurée par un système de pompe qui propulse le sang avec un débit et une pression réglables. Pendant la CEC, le sang anticoagulé est hémodilué pour être plus fluide. Les systèmes d'aspiration récupèrent le sang dans toute la zone opérée avant de le réinjecter, après filtrage, dans le circuit.



»»» ouvrit de nouvelles perspectives. Sans cette technique, en effet, point de chirurgie à cœur ouvert possible !

Trois ans plus tard, la première valve cardiaque artificielle mécanique était mise au point par Lowell Edwards et Albert Starr tandis que, parallèlement, Willem Kolff (également père du rein artificiel) inventait un cœur synthétique à air comprimé et pulsé (réputé plus physiologique, puisque se rapprochant de ce que délivre le cœur naturel) qu'il implanta sur un chien. Les expérimentations se poursuivirent dans les années 60 :

premiers essais d'implantation chez l'homme, invention de la pompe d'assistance paracorporelle puis du ventricule artificiel paracorporel, relié au cœur par une canule à la pointe du ventricule gauche et à l'aorte par une prothèse vasculaire. En pratique, les premiers systèmes d'assistance circulatoire sont de type pneumatique. Ils sont reliés à une console d'activation très volumineuse et encombrante, limitant les déplacements pour le patient. Mais en 1967 eut lieu la première transplantation cardiaque. Cette prouesse chirurgicale, nourrissant de grands espoirs, fit passer durant quelques années les tentatives mécaniques en matière d'assistance (voire de remplacement) du cœur au second plan, même si des recherches se poursuivirent à la marge dans les années 70 et au début des années 80.

Des progrès pour l'assistance mono-ventriculaire

C'est d'ailleurs à cette époque que des ventricules artificiels pneumatiques paracorporels furent développés, connectés aux ventricules et aux gros vaisseaux (aorte et artère pulmonaire) par des canules traversant la paroi haute de l'abdomen. Dans les années 90, les progrès se poursuivirent avec la mise au point de ventricules implantables, pneumatiques puis électriques. Mais ces systèmes présentent plusieurs limites : d'une part, ils ne sont utilisables que pour les pathologies du ventricule gauche ; d'autre part, ils sont bruyants et volumineux, donc très inconfortables pour le

patient qui n'a aucune autonomie. Le développement de pompes rotatives, implantables dans le thorax voire dans le péricarde et munies d'une canule de réinjection, va lever certains de ces obstacles dans les années 2000 : plus petites et plus silencieuses, elles ont un débit continu et offrent un meilleur confort au patient dont le retour à domicile est désormais possible. Mais ces dispositifs sont là encore exclusivement dédiés au ventricule gauche. « *Pendant longtemps, les cœurs mécaniques ne s'adressaient qu'aux patients en insuffisance cardiaque mono-ventriculaire gauche, puisque les pathologies les plus fréquentes sont celles du cœur gauche* », explique le Pr Latrémouille. En outre, la prise d'un traitement anticoagulant est nécessaire.

Le premier dispositif total, un tournant

Concernant l'insuffisance cardiaque terminale qui ne peut relever d'un traitement chirurgical, la seule option est donc de remplacer la totalité du cœur. Or, si les greffes cardiaques ont suscité de nombreux espoirs dès la fin des années 60, le nombre de greffons disponibles reste globalement très inférieur aux besoins. C'est pourquoi industriels et scientifiques ont cherché, dès les années 70, une alternative mécanique.

La première implantation d'un cœur artificiel total, inventé par le D^r Robert Jarvik, eut lieu en 1982 aux États-Unis. Ce cœur pneumatique fut implanté dans le thorax. « *Le dispositif était entièrement mécanique,*

Années

1950

Invention d'oxygénateurs permettant la circulation extracorporelle (CEC)

1967

Première transplantation cardiaque

1982

Implantation du cœur artificiel de Jarvik

Années

1990

Mise au point de ventricules implantables pneumatiques puis électriques

2013

Implantation du premier cœur bioprothétique



explique le Pr Latrémouille. *Il était composé d'une membrane qui venait pousser le sang, activée par un compresseur extracorporel.* » S'il nécessitait alors la prise d'un traitement anticoagulant pour éviter la formation de caillots, ce dispositif marqua un tournant en matière de cœur mécanique total. Diverses améliorations lui furent apportées au fil des années (miniaturisation, discrétion), si bien qu'il reste implanté aujourd'hui encore avec succès chez des patients souffrant d'insuffisance cardiaque terminale, tant en France qu'à l'étranger.

Une bioprothèse hémocompatible® et autorégulée

Le Pr Alain Carpentier, illustre figure de la cardiologie française, s'attaqua au problème du remplacement des deux ventricules. « *Fort du travail qu'il menait depuis les années 70 sur les valves biologiques, qui donnaient d'excellents résultats, ne nécessitaient pas de traitement anticoagulant et offraient une bonne qualité de vie aux patients, le professeur Carpentier chercha à appliquer* »

Chiffre clé

C'est le nombre de greffes cardiaques effectuées en France en 2017. Depuis 1968, leur nombre s'élève à 13 680. Le nombre estimé de malades vivant avec un greffon fonctionnel au 31 décembre 2017 est de 4 840.

Source : Agence de la biomédecine.

467
greffes cardiaques

»» ces principes à une prothèse cardiaque, raconte le Pr Latrémouille. C'est au détour d'une conversation avec le propriétaire de l'entreprise aéronautique Matra Défense (Jean-Luc Lagardère), qu'il eut l'idée d'utiliser l'électronique embarquée dans les missiles pour une prothèse cardiaque. »

Pendant plus de dix ans, l'industriel mit à disposition du Pr Carpentier, et de son savoir-faire médical, ingénieurs (en biomatériaux, en micro-

mécanique, en hydraulique, en informatique et en électronique) et moyens techniques, financiers et technologiques. Si les premiers prototypes furent testés à la fin des années 90, c'est le 18 décembre 2013 que fut implanté le premier dispositif à l'Hôpital européen Georges-Pompidou, par le Pr Latrémouille assisté du Pr Duveau.

Outre sa technologie embarquée, ce cœur bioprothétique est totalement implantable, biologique et physiologique. « Tous les éléments de la prothèse en contact avec le sang sont d'origine biologique, évitant toute hémolyse, détaille le Pr Latrémouille. La couche de la membrane en contact avec le sang et les quatre valves (tricuspide, mitrale, aortique et pulmonaire) sont en péricarde bovin, et donc biocompatibles. La structure est recouverte de gortex, peu thrombogénique. Ce travail sur les différents matériaux de la prothèse améliore l'hémocompatibilité, et diminue donc les complications (caillots, infection) tout en respectant les propriétés physiques de mouvement du liquide qu'est le sang. »

Enfin, ce dispositif est autorégulé, un avantage pour la qualité de vie des patients. « La prothèse s'adapte aux besoins du patient, poursuit le professeur. Grâce à des capteurs de pression situés au niveau des ventricules, qui transmettent les informations à un logiciel d'analyse, le débit cardiaque augmente pour faire réduire la pression en cas d'effort physique, par exemple. La nuit, en revanche, lorsque les besoins sont moindres, le débit diminue. » Néanmoins, il reste du chemin à parcourir en matière de dispositif total remplaçant le cœur natif.

Vers une compatibilité anatomique quasi-parfaite

Les moyens technologiques permettent aujourd'hui d'atteindre un degré de compatibilité anatomique très pointu. « En partant d'un scanner du patient, on va pouvoir simuler l'implantation virtuelle de la prothèse grâce à un logiciel d'imagerie, développe le Pr Latrémouille. C'est d'ailleurs une étape essentielle puisque les dispositifs existants ont un volume (750 cm³), un poids (800 grammes) et un débit (9 litres par minute) relativement importants (à titre comparatif, le cœur naturel pèse 300 grammes et fait la taille d'un poing et demi). Le cœur naturel malade d'un patient en insuffisance cardiaque terminale est plus gros et dilaté : son volume, plus important, se rapproche de la taille et du poids de la prothèse. Cela induit qu'aujourd'hui les cœurs artificiels totaux ne peuvent être implantés que sur des patients d'un certain gabarit, mais cela est amené à évoluer : il y a fort à parier que, dans le futur, il n'y ait plus besoin d'un tel débit, ce qui permettra de réduire la taille et le poids de la prothèse et donc, de pouvoir la proposer à un plus grand nombre de patients. » Enfin, une autre perspective en matière de cœur bioprothétique, dit aujourd'hui « bridge à la transplantation », est l'implantation définitive. Et au Pr Latrémouille de conclure : « Aujourd'hui, vingt-cinq ans après les débuts du cœur artificiel total, nous avons le recul nécessaire sur les matériaux et sur la technologie pour envisager l'implantation définitive. »



POUR PRÉVENIR PLUTÔT QUE GUÉRIR

Depuis le premier pacemaker communicant implanté en 2001 au CHU de Bordeaux, beaucoup de chemin a été parcouru en matière de cardiologie connectée. Au point que les dispositifs médicaux – en cardiologie plus que dans n'importe quelle autre spécialité médicale – s'inscrivent complètement dans la tendance actuelle du big data, de l'intelligence artificielle et de la digitalisation.



Le principe de la cardiologie connectée repose sur le recueil des données par une puce communicante installée dans le dispositif cardiaque : la transmission se fait de la prothèse vers un moniteur (ou boîtier) de télésurveillance, qui relaie ensuite les données sur un serveur grâce aux techniques classiques de télécommunication. Dès lors, le rythmologue peut consulter les transmissions de ses patients.

Tout est totalement automatisé : en cas d'événement anormal, les serveurs déclenchent des notifications. Les dispositifs sont désormais capables de traiter de grandes quantités de données et d'événements, consultables à la fréquence souhaitée. Les dispositifs de cardiologie connectée

permettent le contrôle, le diagnostic, le suivi et la surveillance des patients à distance afin de détecter précocement et rapidement un événement avant qu'il ne devienne grave.

Des bénéfices sur tous les plans

Les bénéfices engendrés par la télésurveillance des prothèses rythmiques sont nombreux. Ces nouvelles technologies ont en premier lieu un impact sur le suivi du patient et l'organisation de ce suivi : elles s'inscrivent vraiment dans la prévention et la détection précoce pour des paramètres très simples, mais également pour >>>

Focus sur... la télésurveillance de l'insuffisance cardiaque

Pour rappel, l'insuffisance cardiaque est l'incapacité du cœur à assurer sa fonction naturelle de pompe, et donc à fournir un débit sanguin suffisant pour couvrir les besoins de l'organisme en oxygène. Elle peut résulter et/ou être concomitante à diverses complications cardiaques (arythmies, valvulopathies...), respiratoires (bronchopneumopathie chronique obstructive...) ou vasculaires (hypertension artérielle, coronaropathie...).

Quelque 1,5 million de personnes souffrent d'insuffisance cardiaque en France. Elle est aussi la cause de nombreuses hospitalisations. Ainsi, en routine, le suivi consiste en une bonne observance du traitement, une bonne hygiène de vie (régime alimentaire, ni alcool ni tabac), une activité physique régulière et la surveillance attentive du poids (et de ses éventuelles variations). Le patient et son entourage doivent également être parfaitement informés sur les signaux d'alerte annonçant un épisode de décompensation : prise de poids de 2 à 3 kilos en une semaine, apparition d'œdèmes ou de palpitations, essoufflement ou apparition d'une dyspnée de décubitus, douleur thoracique, malaise aux changements de position, modification nette des résultats biologiques (kaliémie, natrémie, créatininémie).

Le suivi à distance (ou télésurveillance) de l'insuffisance cardiaque a pour fonction de prévenir ces épisodes de décompensation et d'éviter, dans la mesure du possible, une éventuelle hospitalisation grâce à une prise en charge précoce. Cet acte « permet à un professionnel médical d'interpréter à distance les données nécessaires au suivi médical d'un patient et, le cas échéant, de prendre les décisions relatives à la prise en charge de ce patient » (source : ministère de la Santé).

Dans le cadre d'un programme de télésurveillance, le patient insuffisant cardiaque est équipé à domicile d'un dispositif connecté (balance, tensiomètre, oxymètre, etc.) doté d'un boîtier de télétransmission. Le patient utilise quotidiennement le dispositif qui transmet les données recueillies à une plateforme sécurisée où elles sont traitées, la plupart du temps, par des infirmiers formés en cardiologie. Selon les situations, ces derniers contactent soit le patient pour un questionnaire téléphonique approfondi, soit le médecin généraliste ou le spécialiste pour organiser une éventuelle consultation et/ou adapter la stratégie thérapeutique, ou encore un établissement de soins dans le cas d'une éventuelle hospitalisation, sans qu'il ne soit nécessaire de passer par les urgences.

Ces technologies nouvelles s'inscrivent dans la prévention et la détection précoce.

» des paramètres physiologiques plus complexes. Elles offrent donc plus de sécurité au patient mais également plus de mobilité et d'indépendance, puisque les boîtiers, de petite taille et faciles à utiliser, peuvent être emmenés en déplacement, partout dans le monde !

La cardiologie connectée permet également une optimisation du temps : grâce aux informations transmises régulièrement par les dispositifs médicaux, le patient est en effet suivi selon ses besoins.





Ainsi, les rendez-vous de contrôle en face à face ont lieu seulement lorsque cela s'avère nécessaire. L'impact de la cardiologie connectée ne se limite donc pas au suivi du patient, mais a des répercussions sur le système de santé dans son ensemble et notamment sur les dépenses : on voit moins souvent le patient mais à meilleur escient, quand il en a réellement besoin.

Perspectives : une discipline en voie de structuration

Depuis novembre 2018, la télésurveillance des prothèses rythmiques (défibrillateur et stimulateur) est devenue un acte médical rémunéré. De fait, jusqu'alors, les actes relatifs étaient pratiqués bénévolement par les professionnels de santé.

Ce n'est plus le cas aujourd'hui : les professionnels sont rémunérés pour les actes de télésurveillance qui peuvent désormais être intégrés dans les pratiques de suivi des patients. Il est donc possible d'y dédier du personnel, ce qui participe de fait à une amélioration de la qualité des soins.

Quant aux perspectives futures, si la chaîne de transmission est d'ores et déjà mature, c'est en particulier au niveau des capacités de détection des capteurs que des améliorations sont à venir. Ainsi, si les études ont montré une baisse de la mortalité et une augmentation de la longévité de la prothèse, les industriels cherchent à augmenter encore les capacités des dispositifs. Enfin, les données récoltées dans le cadre de la cardiologie connectée, très nombreuses et très riches, offrent un grand intérêt pour la recherche : ces données auront très bientôt un rôle prépondérant, notamment en matière de médecine prédictive et de précision.



« Les bénéfiques sont aujourd'hui largement supérieurs aux risques »

LE REGARD DU PATIENT



S'il a bénéficié il y a quelques années d'une greffe cardiaque, Daniel Jouen, Président de l'association Cardio-Greffes Haute Normandie (CGHN) et Vice-Président de l'Apodec, a pendant longtemps été porteur d'un défibrillateur. Fort de son expérience personnelle, mais aussi de ses engagements associatifs, il revient sur les évolutions majeures qui ont bouleversé positivement la vie des patients cardiaques ces dernières années.

« J'avais 33 ans quand a eu lieu mon premier infarctus. J'ai ensuite suivi un traitement médicamenteux que j'ai très bien supporté pendant 20 ans. Mais, à terme, mon cœur était abîmé :

j'avais notamment une arythmie... En 2005, j'ai fait une mort subite à la maison, en présence de mon épouse et de ma fille qui ont appelé les secours très rapidement. Je fais partie des 3 % de chanceux qui survivent à une mort subite. À la suite de cet épisode, j'ai eu un défibrillateur implantable automatique pendant cinq ans, qui m'a sauvé la vie à deux reprises, dont une fois dans le métro où il m'a envoyé 3 chocs consécutifs : je suis la preuve vivante que ce dispositif est utile ! C'est important de le dire, car être implanté peut revêtir une dimension traumatisante : des futurs implantés m'appellent d'ailleurs souvent pour

partager leurs inquiétudes. Il n'est pas évident d'avoir sur soi un dispositif implanté. On peut le sentir, il peut se deviner et cela peut avoir des conséquences sur la vie sociale, voire professionnelle, familiale, intime, etc. Quand on porte un défibrillateur, le rôle et la présence de l'entourage sont cruciaux.

Mais ces inconvénients doivent être relativisés car les bénéfiques sont largement supérieurs aux risques ! Et les dispositifs ont énormément évolué ces dernières années. Auparavant, les sondes étaient l'élément faible du défibrillateur. Les incidents sont moins fréquents grâce aux innovations technologiques réalisées. C'est d'ailleurs dans cette optique que les associations de patients travaillent étroitement avec les cardiologues et les fabricants de dispositifs médicaux cardiaques.

En tant que représentants des patients, l'amélioration de la qualité de vie est notre cheval de

bataille et nous sommes preneurs de toutes les innovations qui vont dans cette direction. Et, de fait, quand on compare les premiers dispositifs cardiaques et ceux d'aujourd'hui, un énorme travail de miniaturisation a été fait : ils sont non seulement aujourd'hui extrêmement performants mais, en outre, les suites pour les patients sont beaucoup moins lourdes. La télécardiologie est une autre innovation majeure : les visites et déplacements sont moins nombreux pour les patients qui sont surveillés en permanence, permettant une réaction très rapide en cas d'incident.

Il faut donc absolument informer, accompagner et rassurer les patients en ce sens, ramener les choses à leur juste proportion. C'est là l'une des missions essentielles des associations de patients qui prennent le relais des professionnels de santé, ces derniers ne pouvant pas toujours prendre le temps d'expliquer dans le détail, et fondent une chaîne de solidarité entre porteurs. »

A

Angioplastie

Technique thérapeutique, chirurgicale ou non, ayant pour but de redonner à un vaisseau obstrué une lumière et un calibre normaux.

Antiagrégant

Médicament ayant pour fonction de réduire l'agrégation des plaquettes sanguines.

Arythmie cardiaque

Irrégularité et inégalité des contractions du cœur, causées par une pathologie et/ou le vieillissement du cœur.

Accident vasculaire cérébral (AVC)

Un AVC résulte de l'interruption de la circulation sanguine dans le cerveau, en raison de l'obstruction ou de la rupture d'un vaisseau sanguin. On distingue les infarctus cérébraux (environ 80 % des AVC) et les hémorragies cérébrales ou méningées (dont la cause principale est la rupture d'anévrisme).

Auto-expansif

Se dit d'un dispositif implantable dont la forme et le diamètre s'adaptent, au cours du temps, aux changements anatomiques de l'artère coronaire dans laquelle il est posé.

B

Bioprothétique

Se dit d'un dispositif conçu à partir de tissu d'origine animale et donc biologique.

Biorésorbable

Se dit d'un dispositif dont la vocation est de se fondre progressivement dans les tissus qui l'entourent sans qu'il soit nécessaire de le retirer.

Bradycardie

Diminution soudaine et passagère du rythme cardiaque.

C

Cardiopathie

Maladie du cœur qui peut être congénitale (présente à la naissance) ou acquise (issue d'un processus pathologique).

Cathéter

Tuyau en matière synthétique, de calibre de l'ordre du millimètre et de longueur variable, placé dans un vaisseau du réseau artériel ou veineux, ou dans une cavité de l'organisme. Il sert alors à effectuer un diagnostic ou à administrer un traitement.

Coaptation

Action de joindre solidement deux éléments ou organes entre eux.

Créatininémie

Concentration dans le sang de créatinine, un déchet métabolique normalement excrété dans l'urine.

Cryothérapie

Technique thérapeutique locale visant à soigner par le froid.

D

Décompensation (cardiaque)

Rupture de l'équilibre cardiovasculaire entraînant une défaillance du cœur et, donc, l'aggravation d'une insuffisance cardiaque.

E

Embolie

Migration et arrêt, dans le système vasculaire veineux ou artériel, d'un fragment solide ou gazeux constituant un obstacle – temporaire ou permanent – à la circulation sanguine.

Endocavitaire

Situé à l'intérieur d'une cavité.

Endoprothèse

Se dit d'un dispositif destiné à être déployé à l'intérieur du corps (par opposition à une exoprothèse).

Étiologie

Étude des causes d'une maladie.

Extrasystole

Contraction prématurée du cœur.

F

Fibrillation

Contraction anarchique et inefficace du cœur. Elle peut être atriale (auriculaire) ou ventriculaire.

Fibrose

Transformation fibreuse de certains tissus.

>>>>

H

Hémocompatible

Compatible du point de vue des groupes sanguins.

I

Infarctus du myocarde

Maladie du cœur caractérisée par la nécrose d'une partie du muscle cardiaque, le myocarde, qui réduit la capacité du cœur à se contracter.

J

Joule

Unité utilisée pour quantifier l'énergie, le travail et la quantité de chaleur.

K

Kaliémie

Taux de potassium dans le sang.

M

Mort subite

Mort naturelle avec perte de conscience dans l'heure suivant le début des symptômes, chez une personne ayant ou non une maladie cardiaque.

N

Natrémie

Taux de sodium dans le sang.

P

Patch péricardique

Procédé de fermeture d'une incision chirurgicale effectuée au niveau du péricarde par suture d'un pansement adhésif aux berges de l'incision, qui évite le risque de sténose d'une suture directe bord à bord.

Pneumothorax

Présence d'air dans la cavité pleurale.

Polymères

Famille de substances naturelles ou artificielles caractérisées par la répétition un grand nombre de fois d'un atome ou d'un groupe d'atomes. Les plastiques et les élastomères en font partie.

Pontage coronarien

Acte chirurgical qui consiste à rétablir une circulation sanguine normale dans un tronçon rétréci ou encombré d'une artère coronaire, afin d'éviter la survenue d'un infarctus du myocarde.

R

Recoil

Diminution du diamètre de la lumière interne de l'artère après angioplastie au ballonnet.

Resynchronisation cardiaque

Traitement qui vise à rétablir la bonne synchronisation des contractions entre les oreillettes et les ventricules chez les patients qui souffrent d'insuffisance cardiaque.

S

Sténose

Rétrécissement du calibre d'un vaisseau, le plus souvent artériel.

Syncope

Perte de connaissance brève et soudaine. Elle est la conséquence d'une privation d'oxygène du cerveau résultant d'une brutale réduction du débit sanguin.

T

Tachycardie

Accélération soudaine et passagère du rythme cardiaque.

Thrombose

Formation d'un caillot de sang, appelé thrombus, dans un vaisseau artériel ou veineux. Une thrombose peut être favorisée par une plaque d'athérome (dépôt graisseux).

Triglycérides

Forme de lipides présente dans l'organisme, l'autre forme étant le cholestérol.

V

Vidéoarthroscopie

Intervention permettant d'explorer la cavité thoracique et réalisée sous vidéo.

OUVRAGES

D^r René Krémer, « *Petite incursion dans l'histoire de la cardiologie. Écho lointain des valves* », Belgique.

D^r François Boustani, « *L'essentiel en cardiologie* », Éditions Sauramps médical, 2012.

« *Précis d'anesthésie cardiaque* », www.precisdanesthesiecardiaque.ch

Jacques Delamare et al., « *Dictionnaire illustré des termes de médecine* », Éditions Maloine, 31^e éd., 2012.

Serge Kernbaum et Jean-Pierre Grünfeld, « *Dictionnaire de médecine* », Éditions Flammarion Médecine sciences, 8^e éd., 2008.

ARTICLES

« *Cardio : 1^{er} implantation en France d'un stimulateur cardiaque de nouvelle génération* », Réseau CHU.

Pierre Gaspard, « *L'histoire de l'angioplastie coronaire* », Lyon, 2015.

Marco Roberto, Amir-Ali Fassa, Edoardo De Benedetti, « *Fermeture percutanée de l'auricule gauche dans la fibrillation auriculaire* », Revue Médicale Suisse (RMS), vol. 13, 506-510, 2017.

Stéphane Combes, « *Ablation de la fibrillation atriale en 2017 : développement de l'approche hybride médico chirurgicale* », novembre 2017.

Jean-Claude Daubert, Albin Behaghel, Christophe Leclercq, Philippe Mabo, « *L'avenir des dispositifs électriques implantables à visée cardiaque* », Académie nationale de médecine.

La lettre de l'Institut du thorax, n°5, juin 2012.

Yan Topilsky, Simon Maltais, Jose Medina Inojosa, Didem Oguz, Hector Michelena, Joseph Maalouf, Douglas W. Mahoney, Maurice Enriquez-Sarano, « *Burden of Tricuspid Regurgitation in Patients Diagnosed in the Community Setting* », American College of Cardiology Foundation, 2018.

Volha Dziadzko, Marie-Annick Clavel, Mikhail Dziadzko, Jose Medina Inojosa, Hector Michelena, Joseph Maalouf, Vuyisile Nkomo, Prabin Thapa, Maurice Enriquez-Sarano, « *Outcome and undertreatment of mitral regurgitation: a community cohort study* », The Lancet, vol. 391, 10 mars 2018.

BROCHURES ET PRÉSENTATIONS

« *L'angioplastie coronaire* », Fondation suisse de cardiologie, brochure d'information, 2017.

Anne Lise Grain, Monique Lespes, Nicolas Wagret, « *Fermeture de l'auricule gauche* », Hôpital Henri-Mondor [lien : <http://bit.ly/2xkR3sp>].

« *La cardiologie connectée* », Dossier de presse des 26^{èmes} Journées européennes de la Société française de cardiologie, 2016.

Serge Boveda, « *Optimisation du parcours de soin et de la prise en charge des patients pour la syncope et la FA* », 2018.

RECOMMANDATIONS, RAPPORTS ET BONNES PRATIQUES

« *Révision de catégories homogènes de produit - Endoprothèses (stents) coronaires - Rapport d'évaluation technologique* », Commission nationale d'évaluation des dispositifs médicaux et des technologies de santé (CNEDIMTS), mai 2018.

« *Évaluation des sondes de défibrillation cardiaque* », HAS, Service évaluation des dispositifs, janvier 2017.

« *Dispositifs médicaux implantables actifs (DMIA) utilisés en cardiologie* », ANSM

« *Réévaluation des critères d'éligibilité des centres implantant des bioprothèses valvulaires aortiques par voie artérielle transcutanée ou par voie transapicale* », HAS, Évaluation des technologies de santé, décembre 2018.

SITES INTERNET

Centre hospitalier universitaire de Besançon :
www.besancon-cardio.org/

Université de Rennes :
<https://facmed.univ-rennes1.fr>

Association française des malades et opérés
cardiovasculaires (Afdoc) :
www.asso-afdoc.fr

Université de Montpellier :
www.med.univ-montp1.fr

Fondation des maladies du cœur et de l'AVC :
www.fmcoeur.com

Le Larousse, encyclopédie médicale en ligne :
www.larousse.fr/encyclopedie

Rythmo.fr :
www.rythmo.fr

Assurance maladie :
www.ameli.fr

Haute Autorité de Santé :
www.has-sante.fr

Cardioparmed :
www.cardio-paramed.com

Chirurgie cardiaque Jacques Cartier :
www.chirurgiecardiaquejacquescartier.com

LES PRINCIPALES SOCIÉTÉS SAVANTES EN CARDIOLOGIE

Société française de cardiologie :
<https://sfcardio.fr>

Fédération française de cardiologie :
www.fedecardio.org

P^r Vincent Algalarrondo, cardiologue à l'hôpital Bichat-Claude Bernard

D^r François Boustani, cardiologue à Montrouge (Hauts-de-Seine)

D^r Serge Boveda, rythmologue à la clinique Pasteur à Toulouse

Pascal Candolfi, Edwards Lifesciences

P^r Alain Cribier, ancien chef du service de cardiologie de l'hôpital Charles-Nicolle à Rouen

P^r Pascal Defaye, rythmologue au CHU de Grenoble

P^r Jean-Claude Deharo, chef du service de rythmologie cardiaque du CHU de La Timone à Marseille

Caroline Demeothis, Edwards Lifesciences

P^r Martine Gilard, Présidente de la SFC, professeur de médecine en cardiologie au CHU de Brest

Daniel Jouen, Président de l'association Cardio-Greffes Haute Normandie (CGHN) et Vice-Président de l'Apodec

Xavier Laroche, Biotronik

P^r Christian Latrémouille, chirurgien cardiaque à l'Hôpital Européen Georges Pompidou

D^r Thierry Lefèvre, cardiologue interventionnel à l'hôpital privé Jacques Cartier (Institut cardio-vasculaire Paris-Sud)

Isabelle Manière, infirmière perfusionniste au CHU de Clermont-Ferrand, spécialiste de la circulation extracorporelle (CEC)

D^r Christelle Marquié, cardiologue spécialiste des maladies vasculaires au CHU de Lille

P^r Jean-François Obadia, chef du service de chirurgie cardiovasculaire adulte des hospices civils de Lyon (HCL)

Régis Rieu, professeur à l'Université d'Aix-Marseille et directeur du département Génie biomédical de Polytech Marseille

D^r Philippe Ritter, praticien hospitalier dans le service de cardiologie-électrophysiologie et stimulation cardiaque du CHU de Bordeaux

P^r Frédéric Sacher, praticien hospitalier dans le service de cardiologie-électrophysiologie et stimulation cardiaque du CHU de Bordeaux

Nejma Saidani, Boston Scientific

Fanny Wilquin, Medtronic France

AIDE A LA PRÉVENTION DES ESCARRES	ANESTHÉSIE - RÉANIMATION	APPAREIL DIGESTIF	AUDIOLOGIE	CARDIOLOGIE	CONTACTOLOGIE
DIABÈTE	DIALYSE	HANDICAP MOTEUR	IMAGERIE	INJECTION - PERFUSION	NEUROLOGIE
NUMÉRIQUE EN SANTÉ	OPHTALMOLOGIE	ORTHÈSES	ORTHOPÉDIE	PATHOLOGIES VEINO-LYMPHATIQUES	PLAIES ET CICATRISATION
RESPIRATION	ROBOTIQUE	SANTÉ BUCCO- DENTAIRE	SANTÉ DE LA FEMME	UROLOGIE	

Tous les livrets sont téléchargeables sur le site du Snitem : www.snitem.fr



Quand l'épopée de l'innovation
des dispositifs médicaux
se confond avec l'extraordinaire
histoire de la cardiologie.



Snitem

92038 Paris - La Défense cedex

Tél. : 01 47 17 63 88 - Fax : 01 47 17 63 89

www.snitem.fr - info@snitem.fr

 SNITEM

 @SnitemDM

