



UNIVERSITE DE LILLE

**FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG**

Année 2022

THESE POUR LE DIPLOME D'ÉTAT  
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**Améliorer la communication des résultats d'échographie  
transoesophagienne au médecin généraliste et au patient :  
informations nécessaires, représentation graphique et  
transmission dématérialisée.**

Présentée et soutenue publiquement le 24 mai 2022 à 14h00  
au Pôle Formation

**Par Camille THOMAS**

---

**JURY**

**Président :**

**Monsieur le Professeur Emmanuel CHAZARD**

**Assesseur :**

**Monsieur le Docteur Matthieu CALAFIORE**

**Directeur de thèse :**

**Monsieur le Docteur Arthur LAURIOT DIT PREVOST**

---

# Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

# Sigles

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b><sup>18</sup>F-PET<br/>CT</b> | Tomographie par Emission de Positons au 18F-fluorodésoxyglucose   |
| <b>2D</b>                        | 2 dimensions  |
| <b>3D</b>                        | 3 dimensions  |
| <b>4D CT</b>                     | <i>4 Dimentional Computed Tomography</i>  |
| <b>ACC/AHA</b>                   | <i>American College of Cardiology / American Heart Association</i>  |
| <b>CIED</b>                      | <i>Cardiac Implanted Electronic Device</i>  |
| <b>e-CRF</b>                     | <i>Electronic Case Report Form</i> ou formulaire de saisie  |
| <b>EI</b>                        | Endocardite infectieuse   |
| <b>ESC</b>                       | <i>European Society of Cardiology</i>   |
| <b>GI</b>                        | <i>Gastro Intestinal</i>  |
| <b>GP</b>                        | <i>General Practitioner</i>   |
| <b>HACEK</b>                     | Haemophilus Parainfluenzae, H. Aphrophilus, H. Paraphrophilus, H. Influenzae, Actinobacillus Actinomycetemcomitans, Carduibacterium Hominis, Eikenella Corrodens, Kingella Kingae, K. Denitrificans |
| <b>HAS</b>                       | Haute Autorité de Santé   |
| <b>IRM<br/>MRI</b>               | <b>ou</b> Imagerie par résonnance magnétique  |
| <b>JSON</b>                      | <i>Java Script Object Notation</i>  |
| <b>LOE</b>                       | <i>Level Of Evidence</i>  |
| <b>LV</b>                        | <i>Left Ventricle</i>   |
| <b>NA</b>                        | <i>Not Available</i>  |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>PCR</b>           | <i>Polymerase Chain Reaction</i>                              |
| <b>PV</b>            | <i>Perivalvular</i>   |
| <b>QR code</b>       | <i>Quick Response code</i>                                    |
| <b>RAA</b>           | <i>Rhumatisme Articulaire Aigu</i>                            |
| <b>SAPL</b>          | <i>Syndrome des Anticorps anti-Phospholipides</i>             |
| <b>SVG</b>           | <i>Scalable Vector Graphics</i>                               |
| <b>TDM</b>           | <i>Tomodensitométrie</i>                                      |
| <b>TOE<br/>ETO</b>   | <b>ou</b> <i>Transoesophageal Echocardiography</i>            |
| <b>TTE<br/>ETT</b>   | <b>ou</b> <i>Transthoracic Echocardiography</i>               |
| <b>UML</b>           | <i>Unified Modelling Language</i>                             |
| <b>WBC<br/>Spect</b> | <i>Radiolabelled autologous White Blood Cell Scintigraphy</i> |
| <b>YAML</b>          | <i>Yaml Ain't Markup Language</i>                             |

# Sommaire

|  |    |
|--|----|
| Améliorer la communication des résultats d'échographie transoesophagienne au médecin généraliste et au patient : informations nécessaires, représentation graphique et transmission dématérialisée. .... | 1  |
| Avertissement.....   | 2  |
| Sigles.....  | 3  |
| Sommaire .....   | 5  |
| Préambule .....  | 8  |
| Introduction.....  | 9  |
| 1 Le cœur .....  | 9  |
| 1.1 Historique .....   | 9  |
| 1.2 Anatomie cardiaque.....  | 10 |
| 1.3 Histologie cardiaque .....   | 13 |
| 1.4 Physiologie cardiaque .....  | 14 |
| 1.5 Principales pathologies.....   | 15 |
| 2 Endocardite infectieuse .....  | 16 |
| 2.1 Epidémiologie.....   | 16 |
| 2.2 Facteurs de risque et prévention .....   | 16 |
| 2.3 Démarche diagnostique.....   | 17 |
| 2.3.1 Présentation clinique.....   | 17 |
| 2.3.2 Examens paracliniques.....   | 18 |
| 2.3.3 Diagnostics différentiels .....  | 24 |
| 2.4 Pronostic .....  | 24 |
| 2.4.1 Morbi-mortalité .....  | 24 |
| 2.4.2 Complications aiguës.....  | 25 |
| 2.5 Prise en charge thérapeutique .....  | 26 |
| 2.6 Suivi des patients .....   | 28 |
| 2.7 Place de l'imagerie dans l'EI .....  | 29 |
| 3 Echographie transoesophagienne .....   | 31 |
| 3.1 Généralités .....  | 31 |
| 3.2 Indications .....  | 31 |
| 3.3 Complications.....   | 31 |
| 3.4 Avancées technologiques : ETO 3D.....  | 33 |
| 4 Information médicale .....   | 33 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.1   | Définition .....   | 33 |
| 4.2   | Cadre légal .....  | 34 |
| 4.2.1 | Information médicale dans la relation médecin-patient .....                                | 34 |
| 4.2.2 | Information médicale entre professionnels de santé .....                                   | 34 |
| 4.3   | Qualité de l'information médicale.....   | 35 |
| 4.3.1 | Intérêt d'une information médicale de qualité.....   | 35 |
| 4.3.2 | Contenu d'une information médicale de qualité .....  | 35 |
| 4.4   | Améliorer la transmission de l'information médicale des comptes-rendus<br>d'imagerie ..... | 36 |
| 4.4.1 | Rédaction du compte-rendu d'imagerie .....   | 36 |
| 4.4.2 | Utilisation de supports annexes .....  | 36 |
| 4.4.3 | Transfert de l'information médicale .....  | 38 |
| 5     | Objectif .....   | 38 |
|       | Article en Anglais.....  | 40 |
| 1     | Introduction.....  | 40 |
| 1.1   | Transœsophageal echocardiography for Endocarditis .....                                    | 40 |
| 1.2   | Medical information .....  | 40 |
| 1.3   | Objective of the study .....   | 41 |
| 2     | Material & methods.....  | 41 |
| 2.1   | Field definition .....   | 41 |
| 2.1.1 | Bibliographic review about radiology reports guidelines .....                              | 41 |
| 2.1.2 | Bibliographic review on papers reporting imaging results .....                             | 41 |
| 2.1.3 | Definition of relevant fields.....   | 42 |
| 2.2   | Proposal of a data model and a structured form.....  | 43 |
| 2.3   | Textua report .....  | 43 |
| 2.4   | Proposal of 2D visualization method .....  | 43 |
| 2.5   | Creation of an interoperability standard.....  | 43 |
| 3     | Results .....  | 44 |
| 3.1   | Field definition .....   | 44 |
| 3.1.1 | Bibliographic review about radiology reports.....  | 44 |
| 3.1.2 | Bibliographic review on papers reporting imaging results .....                             | 44 |
| 3.1.3 | Definition of relevant fields.....   | 48 |
| 3.2   | Proposal of a data model and a structured form.....  | 49 |
| 3.3   | Textual report .....   | 52 |
| 3.4   | Proposal of 2D visualization method .....  | 53 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 3.5 | Creation of an interoperability standard..... | 56 |
| 4   | Discussion.....                               | 57 |
|     | Discussion en Français.....                   | 60 |
| 1   | Intérêt de l'étude.....                       | 60 |
| 2   | Forces et limites de l'étude.....             | 60 |
| 3   | Perspectives.....                             | 61 |
|     | Liste des tables.....                         | 62 |
|     | Liste des figures.....                        | 63 |
|     | Références.....                               | 64 |
|     | Annexe 1 JSON schema.....                     | 72 |

# Préambule

Le travail scientifique présenté dans cette thèse de médecine fait l'objet d'une publication d'article international en anglais. Il suit le plan suivant :

- Une introduction longue en français, qui poursuit deux objectifs : présenter le contexte médical avec une orientation principalement pédagogique, et présenter le contexte scientifique et l'objectif, comme le fait également l'introduction de l'article en anglais
- L'abstract en anglais, tel qu'il sera soumis en complément de l'article reproduit juste après.
- L'article en anglais, tel qu'il sera soumis à une revue scientifique internationale. Cet article suit le plan classique, dans le format imposé par le journal (introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion)
- Une discussion en français, qui reprend pour l'essentiel la discussion en anglais de l'article

Le document est structuré ainsi en application de la circulaire Toubon<sup>1</sup>.

Les références présentées en fin de document, ainsi que les listes de figures et tables, résultent de la fusion des parties en anglais et en français. La numérotation est donc incrémentée dans l'ensemble du document, que les parties soient anglophones ou francophones.

---

<sup>1</sup> Circulaire du 19 mars 1996 concernant l'application de la loi no 94-665 du 4 août 1994 relative à l'emploi de la langue française. JORF n°68 du 20 mars 1996 page 4258. NOR: PRMX9601403C

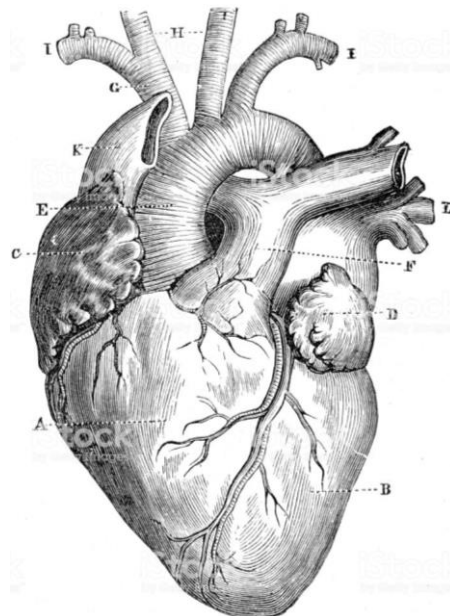


# Introduction

## 1 Le cœur

### 1.1 Historique

L'anatomie cardiaque est étudiée depuis de nombreux siècles, permise initialement par les travaux de dissection. Cependant il persiste bien souvent une incohérence dans les représentations schématiques qui sont faites de l'organe et enseignées au corps médical à partir d'un cœur extrait de son milieu, la cage thoracique. En effet, l'objectif premier de l'anatomiste est la reproduction fidèle des structures du corps dans leur position anatomique définie comme un être en orthostatisme et de face. Le cœur fait donc exception à la règle et se trouve souvent représenté comme reposant sur l'apex, dans la position dite de Valentine (cf Figure 1) qui place alors artificiellement le cœur droit à droite et le cœur gauche à gauche [1–4].

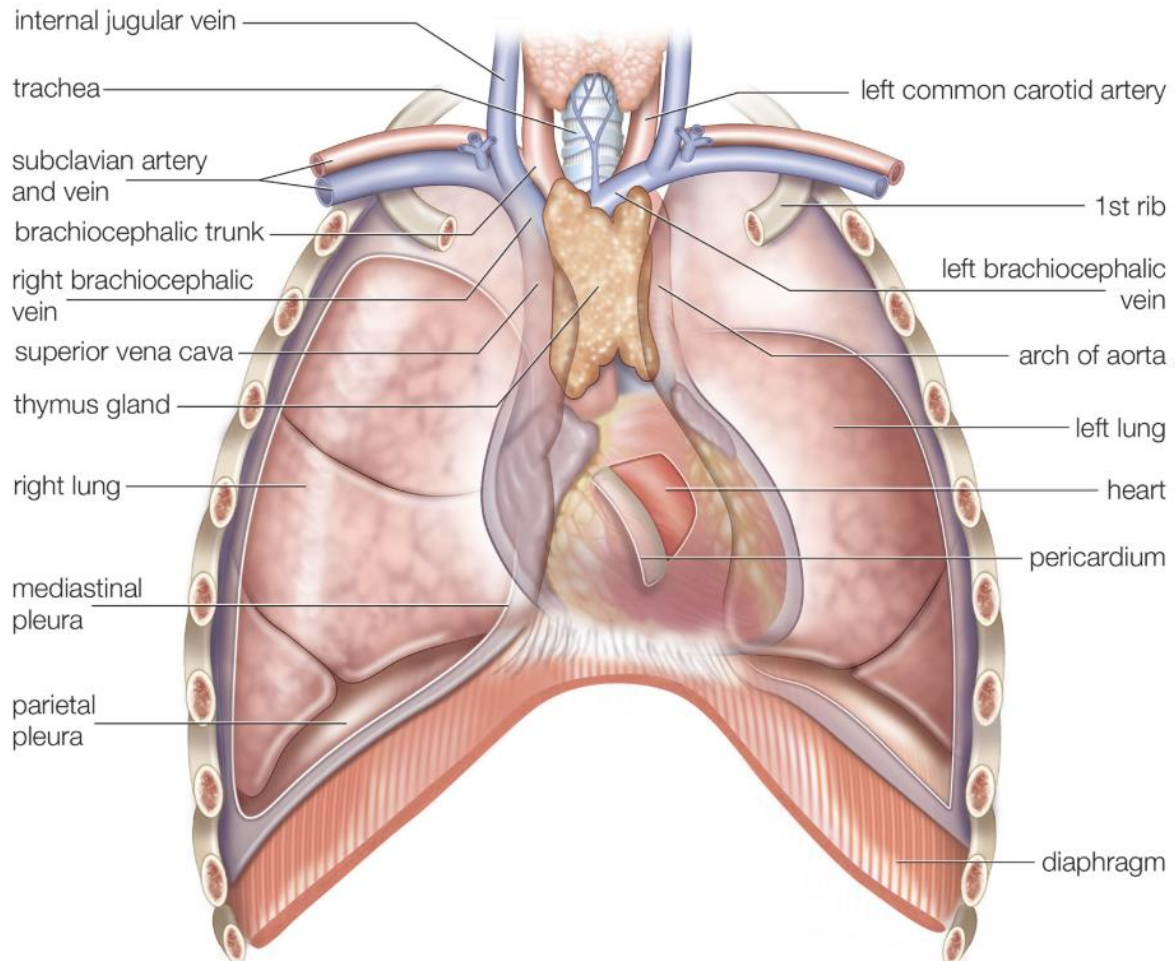


*Figure 1 Illustration de l'anatomie cardiaque en position de Valentine, d'après Wilhelm Nitzschke, 1888*

L'arrivée de l'imagerie depuis une cinquantaine d'années a apporté un bouleversement dans les représentations cardiaques et a permis de replacer l'organe au sein de sa cage thoracique dans une position anatomique plus réaliste qui montre le cœur droit en position antérieure et le cœur gauche plus postérieur. Ainsi, par exemple, l'artère coronaire dite « descendante postérieure » reprend sa place anatomique en position inférieure ce qui améliore la logique de la description clinique puisque l'on parle d'infarctus inférieur en cas d'occlusion de cette artère [3]. L'imagerie cardiaque chez les patients vivants devient peu à peu le nouveau Gold Standard pour comprendre l'anatomie et la physiologie complexe de cet organe.

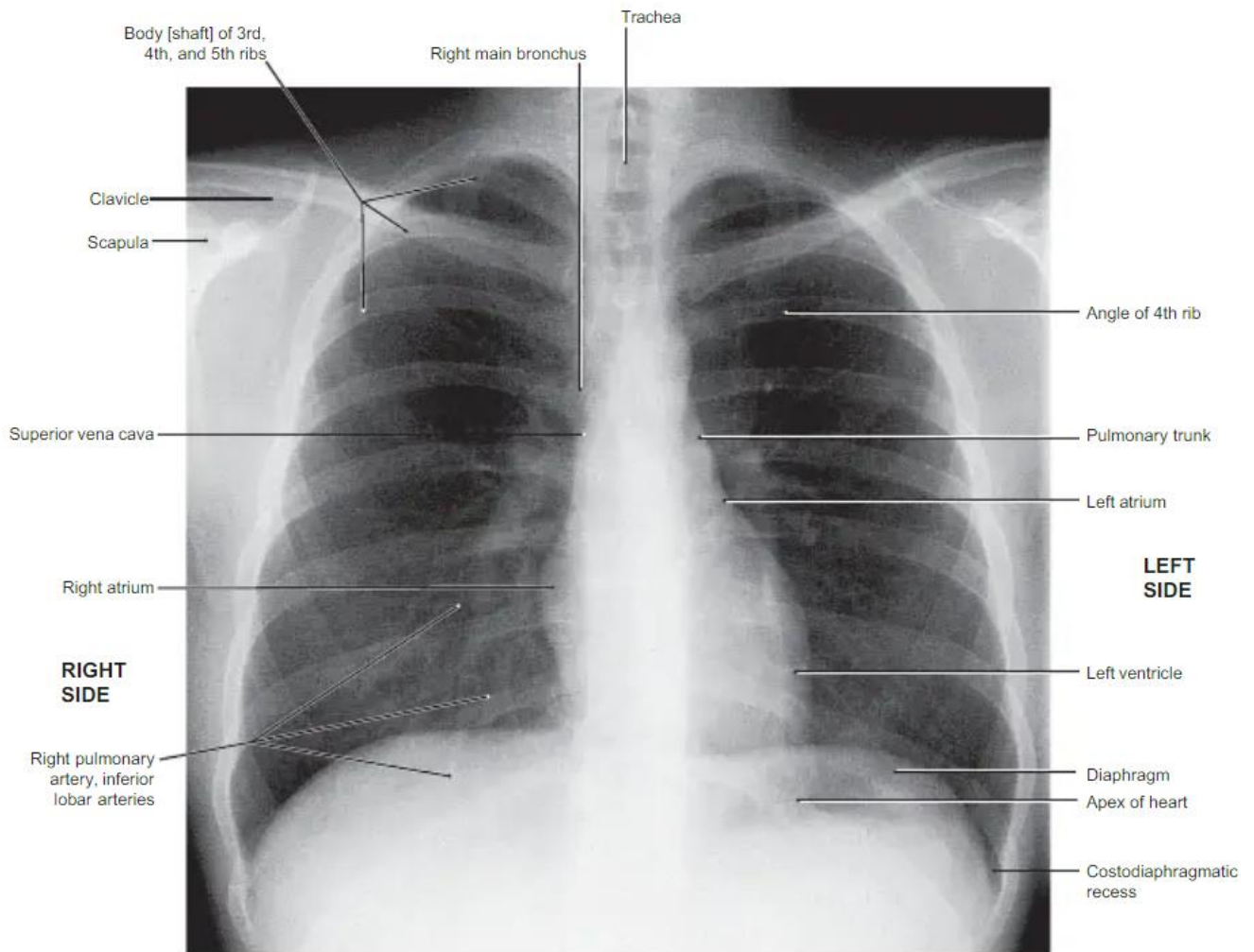
## 1.2 Anatomie cardiaque

Le cœur est un organe unique situé au centre de la cage thoracique au contact, latéralement, des deux poumons et inférieurement, du diaphragme ; l'œsophage passe quant à lui au niveau du bord postérieur du cœur (cf Figure 2).



*Figure 2 Anatomie cardiaque in situ, d'après [5]*

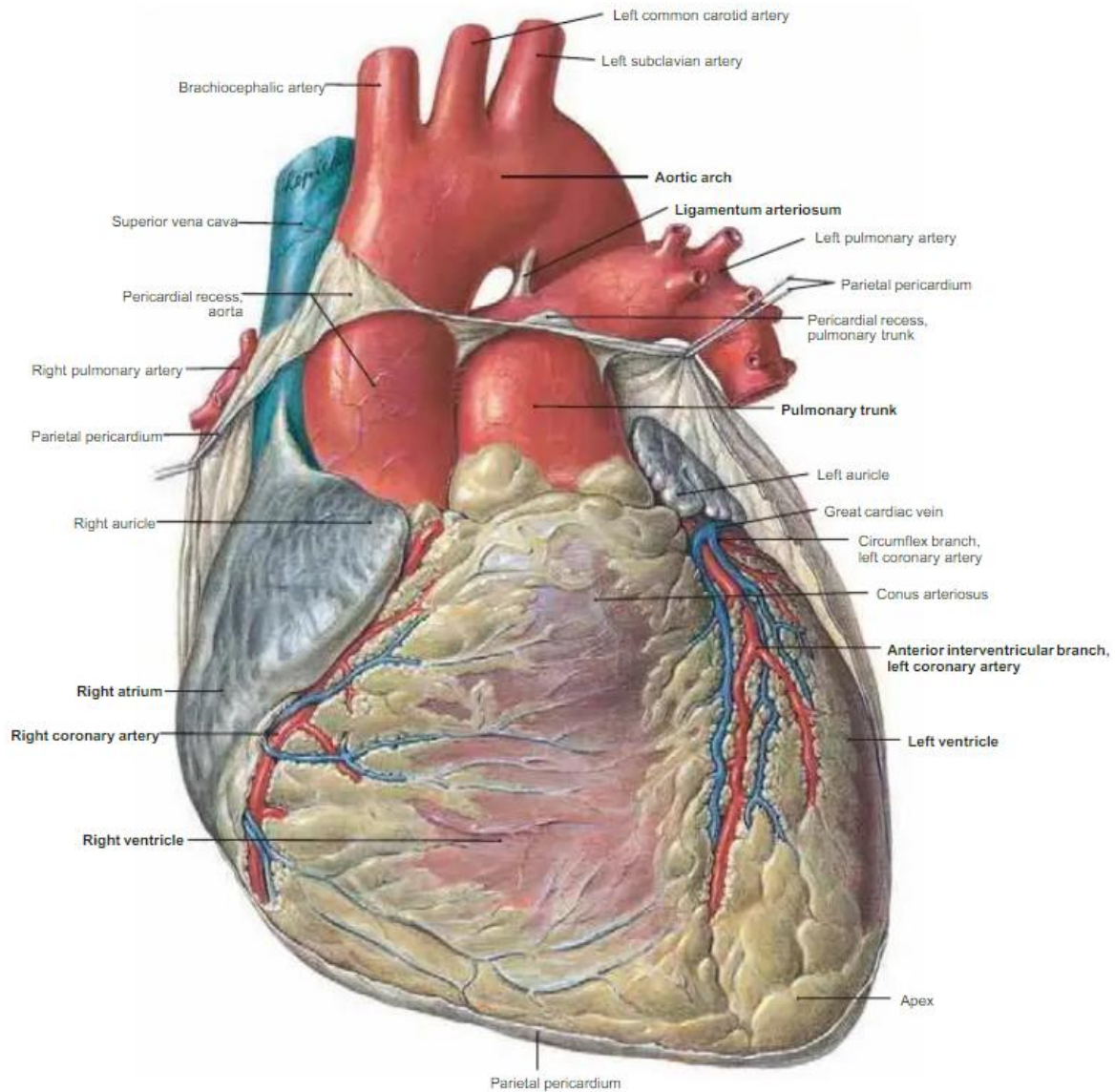
L'axe cardiaque, désigné par la longueur maximale qui passe par les ventricules est dirigé vers l'avant, la gauche et légèrement vers le bas, contrairement à ce que laisse penser la représentation de Valentine qui l'oriente verticalement (cf Figure 2) [3]. Ainsi, sur une radiographie de thorax de face, le ventricule droit n'apparaît pas car confondu avec la silhouette du ventricule gauche (cf Figure 3).



*Figure 3 Eléments anatomiques sur une radiographie de thorax de face, d'après [6]*

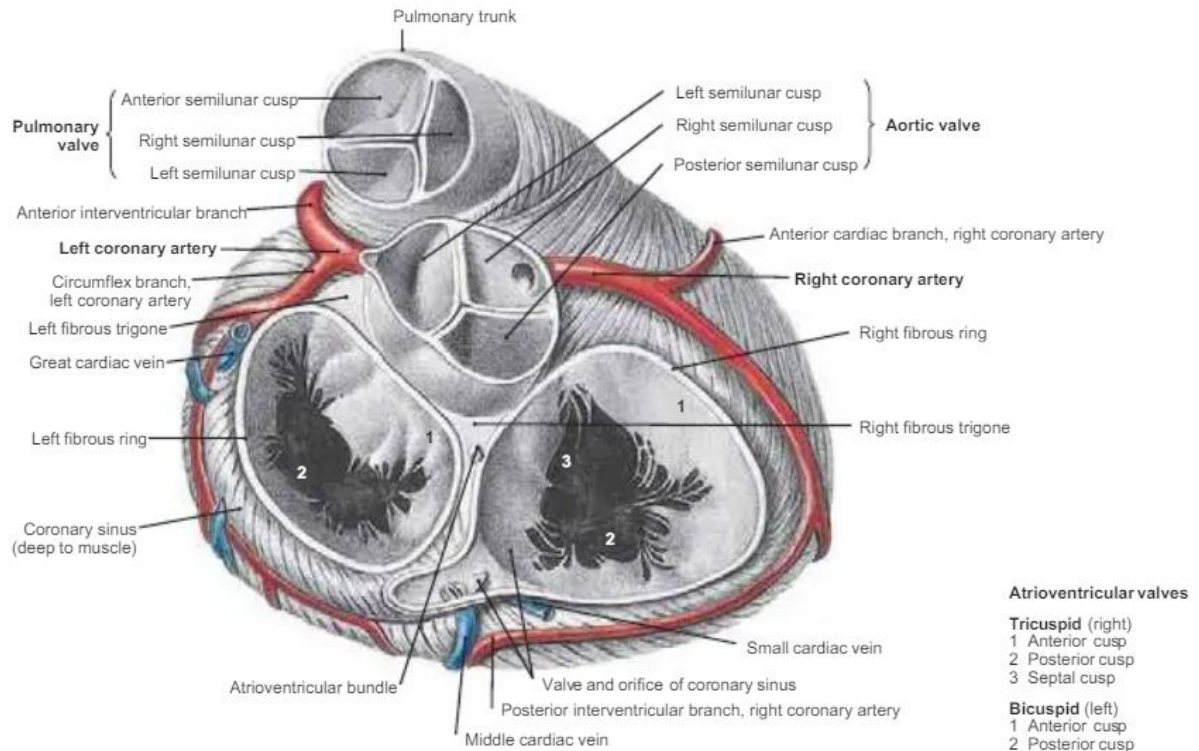
Le cœur est classiquement divisé en deux parties (cf Figure 4) [6]:

- Le cœur gauche composé de l'oreillette gauche, élément le plus postérieur accolé à l'œsophage, où s'abouchent les quatre veines pulmonaires et qui communique par la valve mitrale avec le ventricule gauche. De ce dernier débute l'aorte qui conduit le sang oxygéné dans la circulation systémique. Ventricule gauche et aorte sont séparés par la valve aortique.
- Le cœur droit composé d'une oreillette droite où se jettent les veines caves inférieure et supérieure, communiquant par la valve tricuspide avec le ventricule droit, élément le plus antérieur du cœur en position anatomique, qui communique lui-même avec le tronc pulmonaire via la valve pulmonaire.



**Figure 4 Anatomie du cœur et des gros vaisseaux, d'après [6]**

Les valves cardiaques jouent un rôle primordial dans la fonction de l'organe en assurant la contenance des cavités pour un remplissage et une vidange efficaces (cf Figure 5). Les valves aortique et pulmonaire sont des valves semi-lunaires. Les valves atrioventriculaires (mitrale et tricuspide) ont la particularité d'être rattachées au ventricule par des cordages insérés sur les muscles papillaires [7,8].



**Figure 5 Valves cardiaques, vue supérieure du cœur, d'après [6]**

Le cœur est vascularisé par le réseau coronaire composé de deux artères principales et leurs subdivisions :

- Le tronc coronaire gauche qui se divise en deux branches : l'artère interventriculaire antérieure - qui chemine le long du sillon interventriculaire vers l'apex en donnant des artères septales et diagonales – et l'artère circonflexe qui se trouve au niveau du sillon auriculo-ventriculaire gauche.
- L'artère coronaire droite qui chemine dans le sillon auriculoventriculaire droit se divise en artère du nœud sinusal, artère auriculaire antérieure droite, artère infundibulaire, artères marginales et enfin en artère interventriculaire postérieure (ou inférieure si l'on suit la logique de la dénomination anatomique in situ).

Il existe des variations anatomiques propres à chacun ; par ailleurs on note une dominance variable selon les individus, droite (dans 85% des cas), équilibrée ou gauche selon que les artères diagonales naissent du tronc droit ou gauche [9].

### 1.3 Histologie cardiaque

Le cœur est composé de trois feuillets :

- Le péricarde, enveloppe externe fibreuse inextensible, constitué lui-même d'un feuillet pariétal (externe) et viscéral (interne). Il peut contenir physiologiquement 15 à 35ml de liquide [10]
- Le myocarde, décrit selon le modèle de Francisco Torrent Guasp, cardiologue espagnol de la fin du XXe siècle, comme une bande myocardique de forme hélicoïdale (cf Figure 7) qui, enroulée, forme les cavités cardiaques et permet

la fonction contractile de l'organe. Le myocarde est composé de cellules contractiles, les cardiomyocytes, de tissu conjonctif et de tissu nodal. Ce dernier se situe à la jonction du myocarde et de l'endocarde, il est composé de cardiomyocytes spécialisés qui ont pour fonction d'initier et de conduire l'influx électrique à l'origine de la dépolarisation et de la contraction des cardiomyocytes classiques (cf Figure 6) [11–13].

- L'endocarde, tissu interne tapissant les cavités cardiaques, il recouvre également les valves [7]. C'est ce tissu qui, quand il est lésé, favorise l'adhérence des bactéries pouvant conduire à l'endocardite.

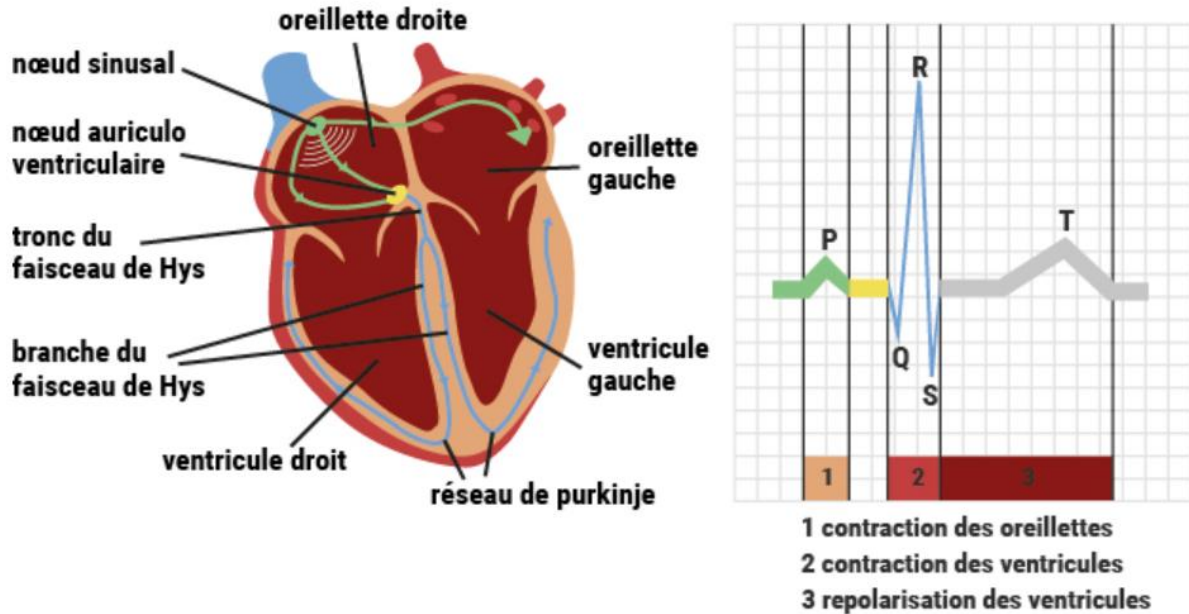


Figure 6 Tissu conducteur cardiaque, d'après [14]

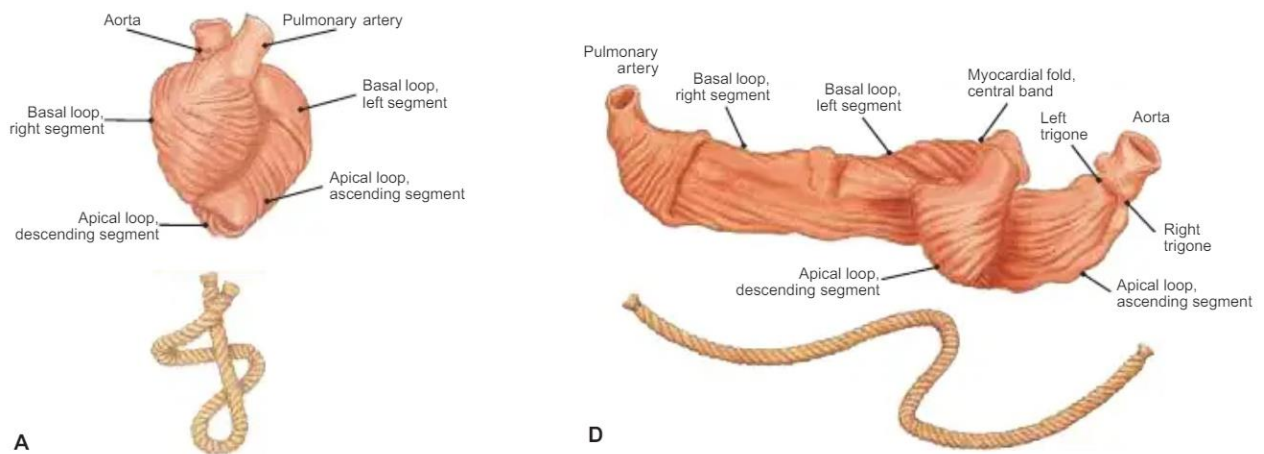


Figure 7 Bande myocardique ventriculaire hélicoïdale déroulée, d'après [6]

## 1.4 Physiologie cardiaque

Le rôle du cœur s'apparente à celui d'une pompe responsable de la circulation sanguine dans le corps. On peut donc caractériser cette fonction par son débit, le volume de sang éjecté du cœur par minute [7]. On distingue deux phases majeures

dans la fonction cardiaque : la systole, temps de contraction des ventricules pour éjecter le sang des ventricules gauches et droit respectivement dans la circulation systémique et pulmonaire, et la diastole, temps de relaxation et de remplissage des cavités cardiaques. La contraction cardiaque se fait selon la dépolarisation des cardiomyocytes initiée à travers le tissu conducteur cardiaque du nœud sinusal situé dans l'oreillette droite au nœud atrioventriculaire puis au faisceau de His dans le septum interventriculaire.

S'éloignant du concept de contraction asynchrone, grâce aux examens d'imagerie permettant une visualisation in vivo, les anatomistes ont pu décrire les mouvements cardiaques comme des mouvements hélicoïdaux répondant à six actions possibles : s'amincir, se raccourcir, s'élargir, s'allonger, se tordre et se détordre [13,15]. D'après le modèle de Torrent Guasp, le mouvement principal permettant la fonction cardiaque est une rotation horaire et antihoraire permettant la modification volumique des cavités cardiaques et donc l'éjection de leur contenu sanguin, cette fonction ayant été démontrée in vivo grâce aux images obtenues en IRM cardiaques [15–17].

## 1.5 Principales pathologies

Chaque structure cardiaque peut être touchée par diverses pathologies.

Le péricarde peut être le site d'une inflammation entraînant une diminution de la compliance tissulaire qui gêne la fonction cardiaque, on parle alors de péricardite constrictive ; de même, en cas d'hémorragie intra-péricardique, le volume sanguin dans l'enveloppe inextensible peut conduire à la compression des cavités cardiaque, c'est le phénomène de tamponnade [7].

En cas de pathologie du myocarde, la fonction contractile du cœur est directement touchée. On retrouve des pathologies infectieuses, dénommées myocardites, des pathologies restrictives caractérisées par des infiltrats divers du tissu conjonctif, des cardiomyopathies hypertrophiques, maladies génétiques héréditaires ou des pathologies ischémiques lors des infarctus du myocarde. Toutes ces pathologies entraînent, par divers mécanismes (nécrose myocardique, infiltrat fibrosique...) une perte de compliance ou du pouvoir contractile du myocarde causant des conséquences hémodynamiques [7,18].

Le tissu nodal peut être altéré lors du vieillissement ou à la suite d'évènements aigus (infectieux, ischémique), entraînant alors diverses pathologies regroupées sous les termes de trouble de conduction et trouble de repolarisation qui seront visibles sur l'électrocardiogramme.

Les valves cardiaques sont le siège de diverses pathologies : infectieuses, appelées endocardites, dégénératives, calcifiantes, ischémiques. Ces diverses étiologies conduisent à deux types de défaut valvulaire : le reflux, la valve n'est plus continente, ou la sténose, la valve s'oppose à l'éjection du sang [8].

## 2 Endocardite infectieuse

### 2.1 Epidémiologie

L'endocardite infectieuse (EI) est une pathologie rare qui touche 3 à 10 personnes pour 100 000 habitants par an [19,20]. Une étude française portant sur plus de 30% de la population hospitalière rapportait 34 cas par million d'habitant en 2008 avec une nette prédominance masculine [21]. Cependant, l'incidence des EI est en constante augmentation, favorisée par les implantations de matériels, les remplacements valvulaires et toute autre intervention invasive à risque septique. Aux Etats-Unis, en 2017, 45 000 à 50 000 nouveaux cas étaient diagnostiqués [22], représentant un coût important en terme de santé publique du fait du coût individuel élevé de la prise en charge de ces patients.

Malgré les améliorations dans sa prise en charge, l'endocardite infectieuse reste une maladie associée à une mortalité importante, qui n'a pas diminué depuis 20 ans, et des complications sévères. La mortalité intra-hospitalière en cas d'endocardite varie entre 15 et 30% après la première année, constituant ainsi une urgence diagnostique et thérapeutique. [22–24]. Sa prise en charge relève d'une collaboration multidisciplinaire entre praticiens spécialistes d'organe, collaboration définie dans les dernières recommandations de l'European Society of Cardiology (ESC) comme l'*Endocarditis Team* au sein de centres de référence et en lien étroit avec le médecin généraliste [23,25].

Le micro-organisme le plus fréquemment en cause dans l'EI est le staphylocoque, suivi par les streptocoques puis les entérocoques. De manière concordante, les portes d'entrées sont, par ordre de fréquence : cutanée, bucco-dentaires puis digestives [21].

### 2.2 Facteurs de risque et prévention

Le principal facteur de risque d'EI est la présence d'une valvulopathie chez un individu. Au cours des décennies précédentes, la majorité des valvulopathies étaient des séquelles d'infection à streptocoque beta-hémolytique du groupe A, appelées rhumatisme articulaire aigu (RAA) et touchaient le sujet jeune. Avec la disparition des cas de RAA en Occident, la population la plus touchée est désormais celle, plus âgée, présentant une dégénérescence valvulaire liée à l'âge, avec un pic d'EI entre 70 et 80 ans [19,26,27]. Certains individus sont plus à risque de développer une endocardite. Il s'agit principalement des patients porteurs de prothèses valvulaires (incidence de 4 pour 1000 dans cette population [24]), ayant un antécédent d'endocardite, et a minima toute les cardiopathies congénitales cyanogènes non opérées ou avec des shunts résiduels [23,28]. Les endocardites secondaires aux soins courants réalisés en médecine (cathéters veineux et artériels, immunosuppression iatrogène ou non, hémodialyses...) représentent plus d'un quart des cas ; à cela s'ajoute les utilisateurs de drogue intraveineuses. Toutes ces infections faisant suite à un geste intravasculaire entraîneront plutôt des endocardites du cœur droit [20].

D'autre part, certaines procédures, en provoquant une bactériémie, majorent le risque de greffe bactérienne au niveau de l'endocarde. Afin de prévenir ce risque, une antibioprophylaxie par Amoxicilline - ou Clindamycine en cas d'allergie - est recommandée selon le terrain. Les indications de cette antibioprophylaxie ont été



revues à la baisse depuis plusieurs années, ne concernant plus que les patients à haut risque d'EI, définis dans la Table 1, dans le cas d'interventions dentaires avec effraction gingivales. L'antibioprophylaxie n'est plus recommandée pour les patients à risque intermédiaire d'endocardite (valvulopathie sur valve native principalement), excepté lors d'interventions cardiaques. Les endoscopies digestives ne requièrent pas de prophylaxie même en cas de prélèvement tissulaire [23,25,29,30].

**Table 1 Recommandations de l'ACC/AHA et de l'ESC pour l'antibioprophylaxie des EI, d'après [20]**

|  | ACC/AHA   | Class, Level of Evidence | ESC  | Class, Level of Evidence |
|--|---|--------------------------|--|--------------------------|
| Dental procedures that involve manipulation of gingival tissue, manipulation of the periapical region of teeth, or perforation of the oral mucosa* | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Patients with prosthetic cardiac valves</li> <li>2. Patients with previous IE</li> <li>3. Cardiac transplant recipients with valve regurgitation due to a structurally abnormal valve</li> <li>4. Patients with CHD, including               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Unrepaired cyanotic CHD, including palliative shunts and conduits;</li> <li>b. Completely repaired CHD repaired with prosthetic material or device, whether placed by surgery or catheter intervention, during the first 6 months after the procedure; or</li> <li>c. Repaired CHD with residual defects at the site or adjacent to the site of a prosthetic patch or prosthetic device</li> </ol> </li> </ol> | Ia, B                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Patients with any prosthetic valve, including a transcatheter valve, or those in whom any prosthetic material was used for cardiac valve repair</li> <li>2. Patients with previous IE</li> <li>3. Patients with CHD, including               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Any type of cyanotic CHD</li> <li>b. Any type of CHD repaired with a prosthetic material, whether placed surgically or by using percutaneous techniques, up to 6 months after the procedure, or lifelong if residual shunt or valvular regurgitation remains</li> </ol> </li> </ol> | Ia, C                    |
| Vaginal delivery†  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Patients with prosthetic cardiac valve or prosthetic material used for cardiac valve repair‡</li> <li>2. Patients with unrepaired and palliated cyanotic CHD, including surgically constructed palliative shunts and conduits‡</li> </ol>   | Ia, C                    | Not recommended. "During delivery the indication for prophylaxis has been controversial and, given the lack of convincing evidence that infective endocarditis is related to either vaginal or caesarean delivery, antibiotic prophylaxis is not recommended" (145).   | III, C                   |

Outre l'antibioprophylaxie, il existe des mesures de prévention simple et applicables à la population générale qui consistent à limiter la propagation bactérienne (hygiène bucco-dentaire correcte, traitement rigoureux des infections bactériennes de tout site, limitation des gestes à risques notamment concernant l'usage de drogues, etc.).

## 2.3 Démarche diagnostique

### 2.3.1 Présentation clinique

La présentation clinique d'une endocardite infectieuse est très variable et intimement dépendante du terrain sur lequel elle survient. Toutefois, plus de 90% des malades présentent une fièvre, 50 à 85%, un souffle cardiaque et près d'un quart ont des complications emboliques lors du diagnostic [26]. Bien que restant un diagnostic rare en médecine ambulatoire, le médecin généraliste doit être alerté par certaines présentations cliniques atypiques d'autant plus qu'elles se manifestent chez des patients à haut risque d'endocardite [31].

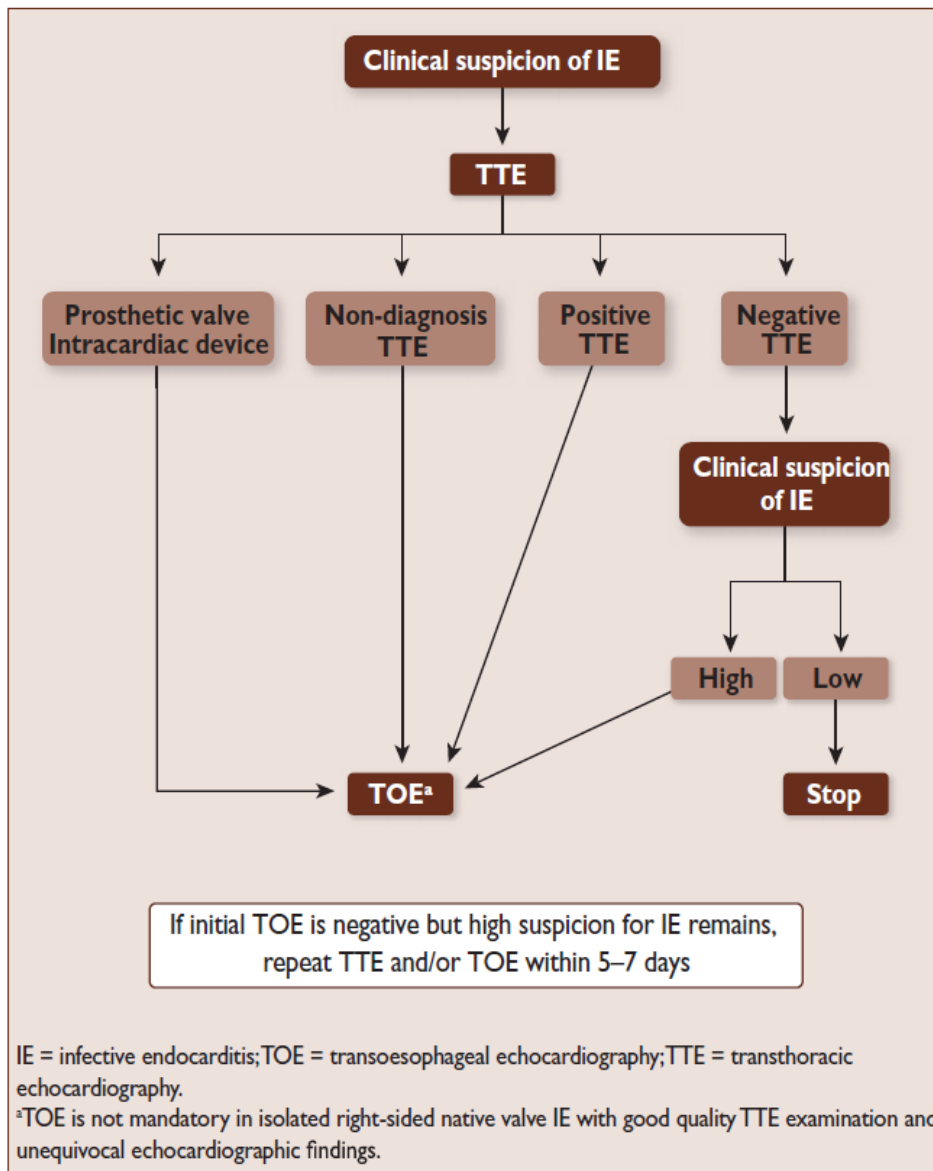
Le praticien recherchera des signes généraux d'infection (asthénie, fièvre, anorexie, amaigrissement), des signes de défaillance cardiaque et des signes de complications systémiques par embolie septique (accident vasculaire cérébral, infarctus splénique ou rénal, spondylodiscite, hémorragies rétinienne appelées tâches de Roth au fond d'œil, lésions cutanées de Janeway, faux panaris d'Osler, etc.).

On distingue les EI du cœur gauche des EI du cœur droit. Ces dernières surviennent sur un terrain particulier (cathéter veineux central, cardiopathie congénitale, usage de drogue intraveineuse, matériel étranger). Du fait des conditions hémodynamiques différentes (basses pressions et débit), les végétations grossissent plus rapidement et sont globalement plus larges qu'à gauche [32].

### **2.3.2 Examens paracliniques**

L'imagerie, en particulier l'échographie, qu'elle soit transthoracique (ETT) ou transœsophagienne (ETO), joue un rôle fondamental dans l'orientation diagnostique, la prise en charge thérapeutique et l'évaluation pronostique. Elle sera également utilisée pour le suivi du patient.

Dans le cadre d'une suspicion clinique d'EI, l'ETO est indiquée en cas d'ETT négative et pour rechercher une complication locale ; ces indications sont détaillées dans la Figure 8. Certaines situations requièrent cependant une ETO en première intention car la sensibilité de l'ETT est inférieure : les patients porteurs de valve prothétique, les patients à haut risque ayant un antécédent d'EI, en cas de bactériémie à *Staphylococcus Aureus* ainsi que les patients porteurs de matériel implantable [23].



**Figure 8 Indications d'échographie en cas de suspicion d'endocardite, d'après [23]**

Les critères majeurs de diagnostic d'une EI, d'après les critères de Duke modifiés (cf Table 3) sont la visualisation en échographie d'au moins un des trois phénomènes suivant [22,23]:

- Une végétation,
- Un abcès ou un pseudo-anévrisme,
- Une déhiscence nouvelle d'une valve prothétique.

D'autres critères échographiques peuvent orienter vers le diagnostic d'EI sans pour autant constituer un critère majeur : régurgitation valvulaire nouvelle, épaissement valvulaire, fistulisation intracardiaque, perforation valvulaire [22].

L'ETO est plus sensible que l'ETT pour l'exploration anatomique des cavités cardiaques et pour le repérage des végétations (sensibilité >90% en ETO contre seulement 70% sur valve native à 50% sur valve prothétique en ETT, avec une spécificité de 90% pour les deux examens) qui constitue un élément diagnostique majeur

[23,32]. La différence de sensibilité entre ETO et ETT est moins marquée en cas d'EI droite car le cœur droit, accolé à la paroi thoracique, est facilement exploré en ETT, l'ETO pouvant alors être évitée si les images obtenues par voie transthoracique sont de bonne qualité [22,23]. Dans tous les cas l'ETT reste utilisée de manière complémentaire pour évaluer le retentissement hémodynamique cardiaque de l'EI.

Différentes lésions peuvent être retrouvées en imagerie, comme décrites dans la Table 2 [23]. En cas de négativité des premiers examens (dans environ 15% des cas [32], notamment favorisé par l'existence antérieure de lésion valvulaires sévères), l'échographie doit être répétée après sept à dix jours. De même, l'ETO sera répétée si de nouveau signes cliniques laissent suspecter une aggravation des lésions cardiaques [32,33,33].

*Table 2. Définition anatomique et échographique des lésions retrouvées dans l'EI d'après [23]*

|                                  | <b>Surgery/necropsy</b>  | <b>Echocardiography</b>   |
|----------------------------------|--|---|
| Vegetation                       | Infected mass attached to an endocardial structure or on implanted intracardiac material.                | Oscillating or non-oscillating intracardiac mass on valve or other endocardial structures, or on implanted intracardiac material. |
| Abscess                          | Perivalvular cavity with necrosis and purulent material not communicating with the cardiovascular lumen. | Thickened, non-homogeneous perivalvular area with echodense or echolucent appearance.   |
| Pseudoaneurysm                   | Perivalvular cavity communicating with the cardiovascular lumen.   | Pulsatile perivalvular echo-free space, with colour-Doppler flow detected.  |
| Perforation                      | Interruption of endocardial tissue continuity.   | Interruption of endocardial tissue continuity traversed by colour-Doppler flow.   |
| Fistula                          | Communication between two neighbouring cavities through a perforation.                                   | Colour-Doppler communication between two neighbouring cavities through a perforation.   |
| Valve aneurysm                   | Saccular outpouching of valvular tissue.   | Saccular bulging of valvular tissue.  |
| Dehiscence of a prosthetic valve | Dehiscence of the prosthesis.  | Paravalvular regurgitation identified by TTE/TOE, with or without rocking motion of the prosthesis.                               |

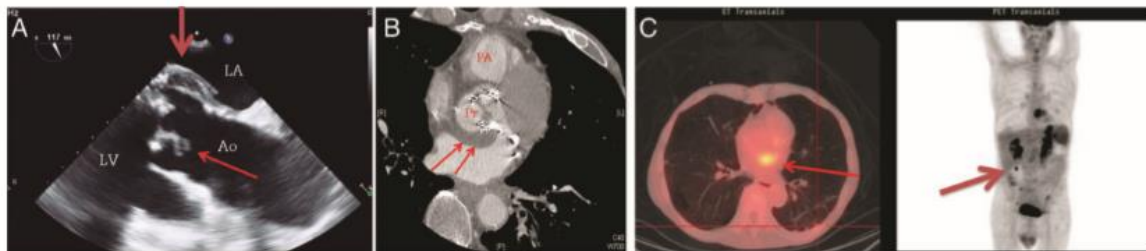
Indiquée en première intention chez les patients porteurs de valves prothétiques, l'ETO peut retrouver différentes lésions qui ne sont pas spécifiques d'une EI, rendant le diagnostic plus laborieux :

- Un pannus qui est une prolifération endothéliale chronique compromettant la fonction valvulaire.
- Un thrombus qui peut survenir sans infection sous-jacente en raison d'une anticoagulation inefficace.

L'ETO est également plus sensible, chez ces patients porteurs de matériel pour repérer les fuites paravalvulaires, évaluer la mobilité des feuillets valvulaires et les déhiscences prothétiques [22].

Plus récemment, des études portant sur l'ETO 3D ont appuyé son intérêt en complément de l'ETO conventionnelle -qui sous-estimerait la taille des végétations- pour l'évaluation de l'obstruction et de la taille de la végétation, notamment dans le cas de suspicion d'EI sur matériel prothétique [22,34]. Enfin, en cas d'ETO non concluante, la TDM thoracique apporte une grande précision diagnostique, notamment dans le repérage des complications paravalvulaires [20,23].

L'échographie peut entraîner des faux négatifs. D'autres examens viennent alors compléter le bilan diagnostique initial d'endocardite ou secondairement à la recherche de complications : IRM cérébrale à la recherche d'embolie septique, scanner thoracique, <sup>18</sup>FDG-PET TDM, scintigraphie WBC ; ces deux derniers examens étant surtout utilisés pour discriminer l'étiologie d'une végétation sur une prothèse valvulaire ou matériel implantable (cf Figure 9) [32,35,36].



**Figure 9 Examens d'imagerie, cas d'une endocardite sur bioprothèse, d'après [32]**  
**(A) ETO : végétation sur une bioprothèse (flèche fine) et abcès postérieur de la racine aortique (flèche large). (B) TDM : abcès postérieur de la racine aortique. (C) TEP-TDM : prise de contraste sur la prothèse aortique, à gauche, et la tumeur, à droite.**

Le diagnostic microbiologique est primordial pour l'identification du germe en cause et la sensibilité de celui-ci aux antibiotiques qui guidera la prise en charge thérapeutique.

Au cours d'une endocardite, la bactériémie est quasi constante permettant la réalisation des hémocultures même en dehors des symptômes de décharge bactériémique (pic de fièvre, frisson). Les microorganismes les plus souvent en cause sont le Staphylocoque puis le Streptocoque et les entérocoques. Toutefois, dans plus de 10% des cas, aucune bactérie n'est identifiée, on parle alors d'endocardite infectieuse à hémoculture négative ; en cause une antibiothérapie antérieure aux premiers prélèvements ou une EI due aux bactéries du groupe HACEK. La recherche d'agent fongique ou de bactérie atypique est alors réalisée par sérologie, PCR sur le matériel chirurgical recueilli ou culture en milieu spécial [19,37,38]. Enfin, en cas de négativité de tous les examens microbiologiques, l'hypothèse d'une endocardite d'origine dysimmunitaire (notamment dans le cas d'un syndrome des anti-phospholipides) ou allergique (en cas de présence de valve porcine) doit être évoquée [29].

L'ensemble des critères cliniques et paracliniques recueillis permet d'établir un score de probabilité diagnostique, les critères de Duke modifiés [33]. Ces critères diagnostiques comportent des données d'examen échographiques, ETO et/ou ETT (voir Table 3), considérées comme critères majeurs au diagnostic d'endocardite :

visualisation d'une végétation intracardiaque, abcès, pseudoanévrisme, fistule, déhiscence nouvelle d'une valve prothétique.

*Table 3 Critères de Duke modifiés d'après [23]*

| Major criteria  |
|---|
| <p><b>1. Blood cultures positive for IE</b></p> <p>a. Typical microorganisms consistent with IE from 2 separate blood cultures:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Viridans streptococci</i>, <i>Streptococcus gallolyticus</i> (<i>Streptococcus bovis</i>), <i>HACEK</i> group, <i>Staphylococcus aureus</i>; or</li> <li>• Community-acquired enterococci, in the absence of a primary focus; or</li> </ul> <p>b. Microorganisms consistent with IE from persistently positive blood cultures:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\geq 2</math> positive blood cultures of blood samples drawn <math>&gt;12</math> h apart; or</li> <li>• All of 3 or a majority of <math>\geq 4</math> separate cultures of blood (with first and last samples drawn <math>\geq 1</math> h apart); or</li> </ul> <p>c. Single positive blood culture for <i>Coxiella burnetii</i> or phase I IgG antibody titre <math>&gt;1:800</math></p> |
| <p><b>2. Imaging positive for IE</b></p> <p>a. Echocardiogram positive for IE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegetation;</li> <li>• Abscess, pseudoaneurysm, intracardiac fistula;</li> <li>• Valvular perforation or aneurysm;</li> <li>• New partial dehiscence of prosthetic valve.</li> </ul> <p>b. Abnormal activity around the site of prosthetic valve implantation detected by <math>^{18}\text{F}</math>-FDG PET/CT (only if the prosthesis was implanted for <math>&gt;3</math> months) or radiolabelled leukocytes SPECT/CT.</p> <p>c. Definite paravalvular lesions by cardiac CT.</p>   |
| Minor criteria  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Predisposition such as predisposing heart condition, or injection drug use.</li> <li>2. Fever defined as temperature <math>&gt;38^\circ\text{C}</math>.</li> <li>3. Vascular phenomena (including those detected by imaging only): major arterial emboli, septic pulmonary infarcts, infectious (mycotic) aneurysm, intracranial haemorrhage, conjunctival haemorrhages, and Janeway's lesions.</li> <li>4. Immunological phenomena: glomerulonephritis, Osler's nodes, Roth's spots, and rheumatoid factor.</li> <li>5. Microbiological evidence: positive blood culture but does not meet a major criterion as noted above or serological evidence of active infection with organism consistent with IE.</li> </ol>   |

### 2.3.3 Diagnostics différentiels

D'autres pathologies peuvent évoquer une EI mais les hémocultures resteront négatives. Il s'agit [22]:

- Des endocardites marastiques : ce sont des endocardites à haut risque thrombotiques (50% des patients), non bactériennes. Les végétations sont constituées de plaquettes et de fibrine.
- Des endocardites associées au lupus érythémateux disséminé, dites de Libman-Sacks. Ces végétations prennent un aspect différent des végétations d'origine infectieuse, elles apparaissent plus rondes, variqueuses et ne sont que très rarement associées à des destructions valvulaires.
- Des végétations stériles associées au syndrome des anti-phospholipides.

## 2.4 Pronostic

### 2.4.1 Morbi-mortalité

La mortalité intra-hospitalière de l'endocardite atteint près de 30% après les douze premiers mois, constituant ainsi une urgence diagnostique et thérapeutique. Le pronostic du patient dépend principalement des comorbidités du patient, de la présence ou non de complications cardiaques et extracardiaques, de l'agent pathogène en cause et de l'aspect échographique (cf Table 4) [20,22,23].

Certains facteurs sont cependant associés à une plus grande mortalité : une EI sur valve prothétique, un âge avancé, un œdème pulmonaire, une EI à *Staphylococcus Aureus*, une végétation de la valve mitrale ou associée à des complications paravalvulaires [27]. Les données échographiques sont primordiales pour évaluer la sévérité de l'endocardite qui pourra conduire à une prise en charge chirurgicale précoce afin d'améliorer la survie [39]. La première cause de décès lié à l'endocardite est par défaillance cardiaque aigue [26].



Table 4 Facteurs de mauvais pronostic en cas d'endocardite infectieuse, d'après [23]

|   |
|---|
| <p><b>Patient characteristics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Older age</li> <li>• Prosthetic valve IE</li> <li>• Diabetes mellitus</li> <li>• Comorbidity (e.g., frailty, immunosuppression, renal or pulmonary disease)</li> </ul>   |
| <p><b>Clinical complications of IE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Heart failure</li> <li>• Renal failure</li> <li>• &gt;Moderate area of ischaemic stroke</li> <li>• Brain haemorrhage</li> <li>• Septic shock</li> </ul>   |
| <p><b>Microorganism</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>• Fungi</li> <li>• Non-HACEK Gram-negative bacilli</li> </ul>  |
| <p><b>Echocardiographic findings</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periannular complications</li> <li>• Severe left-sided valve regurgitation</li> <li>• Low left ventricular ejection fraction</li> <li>• Pulmonary hypertension</li> <li>• Large vegetations</li> <li>• Severe prosthetic valve dysfunction</li> <li>• Premature mitral valve closure and other signs of elevated diastolic pressures</li> </ul> |

HACEK = *Haemophilus parainfluenzae*, *H. aphrophilus*, *H. paraphrophilus*, *H. influenzae*, *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Cardiobacterium hominis*, *Eikenella corrodens*, *Kingella kingae*, and *K. denitrificans*; IE = infective endocarditis.

Par ailleurs, indépendamment des données cliniques, la persistance d'hémocultures positives après 48-72h d'antibiothérapie assombrit le pronostic [23].

Les EI du cœur droit sont associées à une mortalité moindre [22,40].

#### 2.4.2 Complications aiguës

Les EI entraînent des complications à court, moyen et long terme.

Les complications aiguës sont généralement accompagnées de défaillance hémodynamique pouvant mettre en jeu rapidement le pronostic vital. Ces complications hémodynamiques sont évaluées par ETT complétée souvent d'une ETO qui permet de mieux comprendre le mécanisme d'une fuite, son importance et qui possède une sensibilité supérieure à l'ETT pour le repérage des perforations valvulaires (respectivement 95 vs 45%) et des abcès [22].

Les régurgitations valvulaires aiguës sont parmi les complications les plus fréquentes, dues à une perforation valvulaire, à un prolapsus ou, plus rarement, par anévrisme valvulaire.

Les abcès paravalvulaires surviennent dans 30 à 40% des cas, le plus souvent en cas d'EI à *Staphylococcus Aureus* et au niveau de la valve aortique. Ces abcès entraînent des troubles de conduction, des fistules, des péricardites voire des ischémies myocardiques, assombrissant d'autant plus le pronostic. De plus, les abcès peuvent entraîner des pseudoanévrismes, cavité périvalvulaire communiquant avec la lumière cardiovasculaire ; ces plages fibrotiques constituent des zones de fragilité pouvant se rompre secondairement, entraînant alors parfois un hémopéricarde, une tamponnade et un décès rapide du malade. Là encore, l'ETO apporte une bien meilleure sensibilité que l'ETT [22,29].

**Table 5 Comparaison de l'ETT et de l'ETO dans le repérage des complications liées aux EI, d'après [22]**

| Complication   | 2D TTE   | 2D TEE/3D TEE  |
|--|--|--|
| Cardiac or paravalvular abscess                      | Echo dense thick walled or focal echolucency commonly involves aortic root.<br>Poor sensitivity. Better visualization of anterior PV abscesses                                 | Enhanced visualization of mitral annulus/valve, mitral-aortic intervalvular fibrosa. May detect septal abscess with more accuracy. Better visualization of posterior PV aortic abscesses |
| Myocardial abscess                                   | Single or multiple focal areas of myocardial depression. Poor sensitivity  | Will detect with much higher efficacy. 3D TEE has been shown to be effective case by case basis  |
| Perforation/intracardiac fistulization/regurgitation | Result of abscess→pseudoaneurysm→rupture. Regurgitant jet/turbulent flow will be visualized on color/Doppler flow. Suboptimal for small perforation/intracardiac fistulization | Enhanced visualization of mitral/aortic leaflet perforation. 3D TEE can be helpful in diagnosing fistulas, abscess and small perforations missed on 2D TEE                               |
| Pseudoaneurysm                                       | Presence of extraventricular cavity commonly involving LV. Bulging of aneurysm in systole. Poor sensitivity  | Enhanced detection of pseudoaneurysm. 3D TEE may provide additional anatomic information   |
| Valve aneurysm                                       | Focal saccular outpouching of valve. Limited efficacy  | Enhanced detection of aortic and mitral valve involvement  |

Près de 20% des patients avec une EI gauche auront des complications emboliques cérébrales ; il s'agit majoritairement d'infarctus ischémiques mais présentant un risque important de conversion hémorragique [21,26]. Le risque embolique est lié à la taille (risque majoré si taille >10mm) et la mobilité des végétations. En revanche, le nombre de végétation n'influe pas sur ce risque [22,41].

## 2.5 Prise en charge thérapeutique

L'endocardite est une pathologie infectieuse difficile à traiter et nécessitant une antibiothérapie d'au moins six semaines. Une des raisons de ces difficultés est la création d'un biofilm par les bactéries qui diminue la pénétrance et donc l'efficacité des antibiotiques [29]. Le choix de l'antibiothérapie diffère selon les recommandations européennes et américaines : le traitement empirique comprendra une pénicilline M, une pénicilline A et de la gentamicine dans les recommandations européennes, alors que la pénicilline M sera remplacée par un inhibiteur des bêta-lactamases dans les

recommandations américaines [23,42,43]. Dans tous les cas, des hémocultures devront être réalisées avant de débiter toute antibiothérapie.

L'EI, en dégradant les structures internes du cœur, peut conduire à la nécessité d'une prise en charge chirurgicale plus ou moins urgente (cf Table 6). Près de 50 à 60% des patients bénéficieront d'une chirurgie précoce avec une survie à 6 mois supérieure à 80% [20]. La décision thérapeutique sera guidée par la clinique et les résultats de l'échographie selon les critères suivants [29,32,44] :

- Des complications hémodynamiques : en cas de défaillance cardiaque, de régurgitation massive ou de végétation obstructive la chirurgie sera réalisée précocement. L'échographie permet alors de quantifier l'importance des lésions valvulaires mais également la tolérance hémodynamique.
- Une infection non contrôlée : en cas d'abcès, de pseudo-anévrisme, de végétation extensive et non contrôlée par le traitement antibiotique, la chirurgie sera indiquée.
- Des embolies septiques : survenant chez 20 à 50% des patients, elles constituent une complication fréquente et grave de l'EI. La taille et la mobilité de la végétation sont les facteurs prédictifs majeurs du risque embolique ; le risque étant majoré en cas de position mitrale de la végétation, en cas de modification de taille (croissance ou décroissance) sous traitement antibiotique, selon le microorganisme en cause, en cas d'antécédent embolique. En conséquence, la mesure de la taille maximale de la végétation est primordiale lors du diagnostic mais aussi du suivi du patient. Une végétation de plus de 10mm pour une EI du cœur gauche dans les suites d'un épisode embolique est une indication à la chirurgie. Pour les EI du cœur droit, une végétation de plus de 20mm sera retenue comme indication chirurgicale.
- Une EI sur valve prothétique conduira au changement de la prothèse.

**Table 6 Indication à la chirurgie d'après les recommandations européennes et américaines, d'après [24]**

| ESC <sup>37</sup>  |       |     |                    | AHA <sup>60</sup>   |       |     |  |
|--|-------|-----|--------------------|---|-------|-----|--|
| Indication   | Class | LOE | Timing             | Indication  | Class | LOE |  |
| <b>Heart failure</b>   |       |     |                    |   |       |     |  |
| Severe acute regurgitation, obstruction or fistula causing refractory pulmonary oedema or cardiogenic shock                                  | I     | B   | Emergency          | Symptoms or signs of heart failure resulting from valve or prosthesis dysfunction, valve dehiscence or intracardiac fistula   | I     | B   |  |
| Severe regurgitation or obstruction causing symptoms of heart failure or echocardiographic signs of poor haemodynamic tolerance              | I     | B   | Urgent             | NA  | –     | –   |  |
| <b>Uncontrolled infection</b>  |       |     |                    |   |       |     |  |
| Locally uncontrolled infection (abscess, false aneurysm, fistula or enlarging vegetation)  | I     | B   | Urgent             | IE complicated by heart block, annular or aortic abscess or destructive penetrating lesions   | I     | B   |  |
| Infection caused by fungi or multiresistant organisms  | I     | C   | Urgent or elective | IE caused by fungi or highly resistant organisms  | I     | B   |  |
| Persisting positive blood cultures despite appropriate antibiotic therapy and adequate control of septic metastatic foci                     | Ila   | B   | Urgent             | Persistent infection (manifested by persistent bacteraemia or fever lasting >5–7 days and provided that other sites of infection and fever have been excluded) after the start of appropriate antimicrobial therapy | I     | B   |  |
| Prosthetic endocarditis caused by staphylococci or non-HACEK Gram-negative bacteria  | Ila   | C   | Urgent or elective | NA  | –     | –   |  |
| NA   | NA    | NA  | NA                 | Early surgery is reasonable for patients with relapsing prosthetic endocarditis   | Ila   | C   |  |
| <b>Prevention of embolism</b>  |       |     |                    |   |       |     |  |
| Persistent vegetations >10 mm after one or more embolic episode despite appropriate antibiotic therapy                                       | I     | B   | Urgent             | Recurrent emboli (and persistent or enlarging vegetations) despite appropriate antibiotic therapy   | Ila   | B   |  |
| Aortic or mitral native endocarditis with vegetations >10 mm, associated with severe valve stenosis or regurgitation, and low operative risk | Ila   | B   | Urgent             | Severe valve regurgitation and mobile vegetations >10 mm  | Ila   | B   |  |
| Isolated very large vegetations (>30 mm)   | Ila   | B   | Urgent             | NA  | –     | –   |  |
| Isolated large vegetations (>15 mm) and no other indication for surgery  | Ilb   | C   | Urgent             | Mobile vegetations >10 mm on native valves (particularly when involving the anterior leaflet of the mitral valve and associated with other relative indications for surgery)  | Ilb   | C   |  |

En cas d'EI sur valve mitrale, la réparation est privilégiée lors du geste chirurgical [29]. Une fois la décision d'opérer prise, l'ETO est réalisée en per-opératoire pour guider le chirurgien. Lors du remplacement valvulaire, les bioprothèses sont généralement préférées aux prothèses mécaniques car ces premières ne requièrent pas d'anticoagulation au long cours.

## 2.6 Suivi des patients

Sur le plan clinique, les patients doivent être suivis par un spécialiste en pathologie infectieuse pendant les six premiers mois post-opératoires puis par un cardiologue. Les sociétés savantes recommandent un suivi échographique des patients à 1, 3, 6 et 12 mois suivant la prise en charge initiale [23,29,32].

Le risque de récurrence après une première EI est de 1 à 3% par patient par an [29]. Tout patient ayant fait une première EI est désormais considéré à haut risque de récurrence ; les mesures de prophylaxies doivent être scrupuleusement appliquées (traitement précoce des foyers infectieux, antibioprophylaxie en cas de soins dentaires avec effraction gingivale...). Le médecin généraliste joue un rôle primordial dans la prévention des récurrences par la prise en charge précoce de toute infection ou lésion

notamment cutanée pouvant entraîner une bactériémie et par l'éducation thérapeutique du patient [31].

## **2.7 Place de l'imagerie dans l'EI**

L'imagerie joue un rôle déterminant dans la prise en charge de l'EI.

Tout d'abord, elle constitue une aide diagnostique incontournable grâce aux critères majeurs et mineurs de la classification de Duke modifiée. Elle est également utilisée lors du bilan préopératoire pour attester de l'état valvulaire et guider la décision thérapeutique, pour évaluer les complications cardiologiques liées à l'EI et le risque embolique. Enfin, l'échographie sert dans le suivi des patients pour la surveillance des complications cardiaques à long terme [32]. Après la prise en charge chirurgicale, une nouvelle échographie sera réalisée, servant de référence aux examens qui suivront [33].

Les limites de l'échographie sont cependant connues et l'examen peut entraîner des faux négatifs notamment en cas de lésion valvulaire sévère préexistante, de matériel cardiaque implanté, de végétation trop petite ou ayant déjà embolisé, de plus il est difficile de discriminer l'origine d'une végétation (infectieuse, tumorale, thrombotique...). L'utilisation des autres examens cités précédemment prend alors tout son sens (voir table Table 7) [36].

Table 7 Intérêt des divers examens d'imagerie pour le diagnostic d'EI, d'après [36]

| Imaging test   | When to consider  | Advantages   | Limitations   |
|--|---|--|---|
| <b>Transthoracic echocardiography (TTE)</b>  | Suspected infective endocarditis in patients with risk factors  | Widely available<br>Relatively fast<br>Provides hemodynamic information<br>Noninvasive   | Decreased sensitivity for abscesses<br>Can miss small vegetations<br>Limited sensitivity for prosthetic valve infective endocarditis<br>Operator-dependent  |
| <b>Transesophageal echocardiography (TEE)</b>  | Suspected infective endocarditis despite negative or inconclusive TTE<br>Suspected infective endocarditis in patients with prosthetic valves  | Higher sensitivity than TTE for native-valve infective endocarditis, especially mitral valve infection<br>Higher sensitivity than TTE in the presence of prosthetic valves or cardiac implanted electronic device (CIED)<br>No radiation involved                                  | Patients must fast before test<br>Cannot be used if oropharyngeal or esophageal structural abnormalities are present<br>Sensitivity still decreased if prosthetic valve or CIED is present<br>Anesthesia-associated risk<br>Operator-dependent  |
| <b>4-dimensional computed tomography (4D CT), with or without coronary angiography</b> | Suspected infective endocarditis in patients with negative or inconclusive TTE and contraindications to TEE<br>Perioperative assessment of coronary vasculature and aortic tree in patients with known infective endocarditis                                     | Can detect local extension of infection, including abscess, fistula, and pseudoaneurysm<br>Can incidentally detect pulmonary emboli<br>Alternative to coronary catheterization for preoperative evaluation   | Can miss small valvular vegetations and perforations<br>Iodinated contrast may exclude patients with renal dysfunction or iodine sensitivity<br>Radiation exposure<br>Arrhythmia reduces sensitivity due to motion artifact   |
| <b>Fluorodeoxyglucose positron emission tomography (FDG-PET)</b>                       | Suspected infective endocarditis in patients with prosthetic valve or cardiac implanted electronic devices and negative or inconclusive echocardiography<br>Patients with persistent bacteremia and negative CT to identify nidus of infection for source control | Identifies metastatic sites of infection<br>Increases sensitivity of Duke criteria, especially in patients with cardiac implanted electronic devices<br>Can identify source of bacteremia<br>Better than echocardiography at diagnosing intracardiac abscesses and pseudoaneurysms | False positives, particularly $\leq 3$ months after cardiac surgery or with vasculitis, tumors, foreign bodies, postsurgical inflammation<br>False-negatives with antibiotics for several days<br>Limited diagnostic precision in native valve infective endocarditis<br>Limited ability to evaluate infection in brain, gingiva, kidneys<br>Dietary carbohydrate restriction 12–24 hours before study<br>Expensive, limited availability |
| <b>Leukocyte scintigraphy</b>  | Same as for FDG-PET   | More specific than FDG-PET   | Long study duration<br>Expensive, limited availability<br>Radiation exposure  |
| <b>Cerebral magnetic resonance imaging (MRI)</b>                                       | Assess for mycotic aneurysm in patients otherwise deemed candidates for surgical intervention<br>Assess for cerebral hemorrhage, which may affect management (surgery, anticoagulation)   | More sensitive than CT for detecting intracranial lesions<br>Can lead to reclassification of patients (by adding a minor criterion), especially in those without neurologic symptoms   | Difficult in unstable patients<br>Contraindicated in patients with noncompatible metal hardware<br>Cannot be done with gadolinium enhancement in patients with contraindications (acute renal failure, chronic kidney disease with glomerular filtration rate $< 30$ mL/min/1.73 m <sup>2</sup> , dialysis)   |
| <b>Cardiac MRI</b>   | Quantify valvular regurgitation in patient with poor echocardiography images<br>Assess intracardiac spread of disease in patient unable to receive contrast and with poor echocardiography images   | May be more sensitive than echocardiography for detecting vegetations  | Unclear if better than CT<br>Contraindicated in patients with noncompatible metallic hardware   |

L'échographie transoesophagienne étant répétée dans le suivi du patient, il est donc primordial que les comptes rendus de cet examen soient standardisés et compréhensibles de tous les interlocuteurs.

## 3 Echographie transoesophagienne

### 3.1 Généralités

L'échographie transoesophagienne (ETO) permet une meilleure visualisation anatomique des cavités cardiaques grâce à une meilleure résolution spatiale et la position rapprochée de l'œsophage au niveau du bord postérieur du cœur qui permet d'éviter les interférences acoustiques des côtes, des poumons et liées la corpulence du patient [22]. L'ETO offre notamment une vue de l'auricule gauche, cavité dépendante de l'atrium gauche, bien souvent siège de thrombi. Dans le cadre du bilan d'endocardite infectieuse, l'ETO offre une sensibilité largement supérieure à l'échographie transthoracique (ETT) dans le repérage des végétations (respectivement 95% versus 60-75%) [45]. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que l'ETO reste un examen modérément invasif, inconfortable pour le patient et à risque de rares complications (0,2 à 0,5% de complications majeures, <0,01% de mortalité) [46].

### 3.2 Indications

L'ETO permet une exploration anatomique des cavités cardiaques. Elle est donc indiquée dans de nombreuses situations :

- En complément de l'ETT lorsque cette dernière n'est pas assez informative pour la suspicion d'EI, de cardiopathie, de shunt cardiaque.
- L'ETO peut être indiquée en première intention en cas de suspicion de pathologie aortique (dissection), de dysfonction valvulaire [46].
- En cas de suspicion d'EI pour rechercher des végétations. Dans ce cas, ce sont les critères de Duke modifiés qui pourront orienter vers un usage approprié de l'ETO [45].
- En cas de fibrillation atriale pour orienter la prise en charge thérapeutique entre anticoagulation, cardioversion ou ablation par radiofréquence selon la présence ou non de thrombus dans l'auricule [47].
- Lors de procédures de chirurgie cardiaque ou d'intervention cardiaque percutanée ainsi qu'en préopératoire pour évaluer la mobilité valvulaire.
- Dans le bilan de complications emboliques lorsque l'ETT n'est pas contributive.

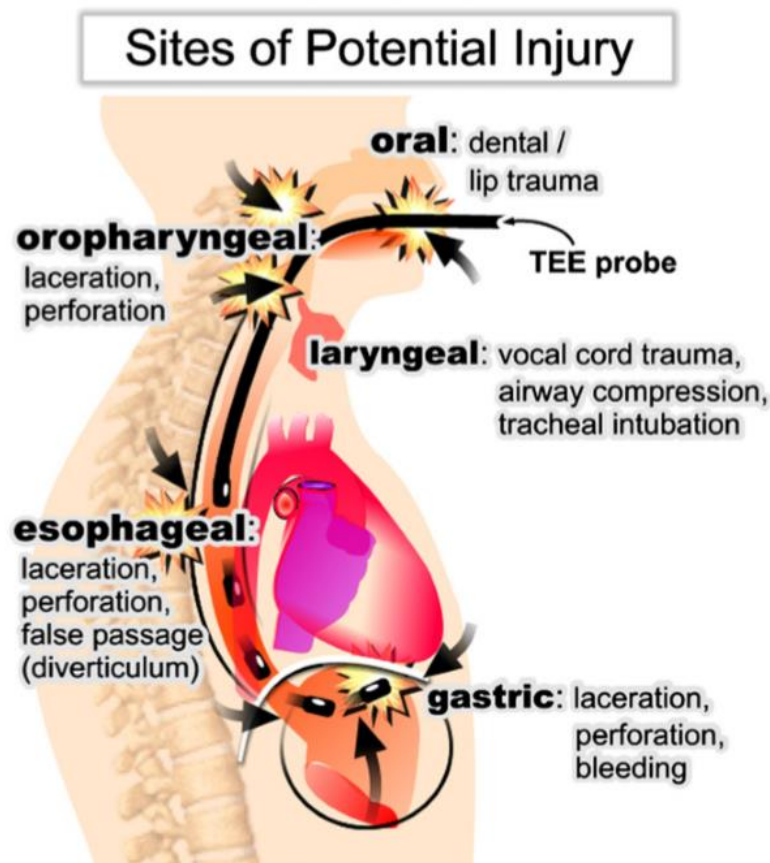
En population pédiatrique, l'échographie transthoracique est le plus souvent suffisante. L'ETO est indiquée dans des cas particuliers [48,49]:

- En cas de suspicion d'abcès aortique
- Chez les enfants porteurs de prothèse valvulaire
- En cas de malformation de la cage thoracique
- En cas d'obésité entraînant une faible échogénicité en ETT

### 3.3 Complications

Des complications, bien que très rares, peuvent survenir au cours d'une procédure d'ETO. Leur faible prévalence (0.2 à 0.5% de complications, moins de 0.01% de mortalité [46]) rend difficile l'identification des facteurs de risque qui permettent au clinicien d'évaluer la balance bénéfice-risque individuelle.

Tous les éléments sur le passage de la sonde sont susceptibles d'être lésés par lacération ou perforation, d'autant plus qu'il existe une lésion préexistante (cf Figure 10). Parmi ces complications, évoquons les traumatismes dentaires et labiaux, les lésions pharyngées pouvant entraîner inconfort, dysphagie, saignement, les perforations digestives (touchant l'œsophage dans 40% des cas), plus rarement encore des bronchospasmes et laryngospasmes (favorisés en cas d'ETO peropératoire lorsque le patient est intubé ou en cas de malposition de la sonde qui s'insère dans les voies respiratoires basses), ou des arythmies cardiaques (notamment chez les patients atteints de cardiomyopathies et du fait du relargage adrénérgique engendré par l'anxiété) [46].



*Figure 10 Sites potentiels de lésion lors d'une ETO, d'après [46]*

Les lésions sont favorisées par des malpositions de la sonde d'échographie, l'âge avancé des patients (>75 ans), les ETO réalisées sous anesthésie générale qui inhibe alors le réflexe de déglutition permettant la progression de la sonde dans les voies digestives, ou encore la présence de lésions préexistantes du tractus digestif (diverticule de Zenker, fibrose œsophagienne, processus expansif œsophagien...). Enfin, l'expérience du médecin est importante pour assurer un guidage approprié de la sonde à travers les voies digestives, passage qui ne doit pas être réalisé en force au risque de léser les tissus en contact [50].

De ces facteurs de risque de complication découlent des contre-indications relatives et absolues à la réalisation d'une ETO (cf Table 8). Comme toujours, toute contre-indication est à mettre en balance avec le bénéfice attendu de l'ETO pour la prise en



charge d'une pathologie aiguë. Dans le cas particulier des patients cirrhotiques avec varices œsophagiennes, différentes études tendent à montrer la relative innocuité de l'ETO moyennant toutefois un suivi endoscopique régulier du patient pour la surveillance de ces varices [46].

*Table 8 Contre-indications à l'ETO, d'après [46]*

| Absolute Contraindications  | Relative Contraindications        |
|---|-----------------------------------|
| Perforated viscous  | Atlantoaxial joint disease*       |
| Esophageal pathology (stricture, trauma, tumor, scleroderma, Mallory-Weiss tear, diverticulum) <sup>†</sup> | Severe cervical arthritis*        |
| Active upper GI bleeding  | Prior radiation to the chest      |
| Recent upper GI surgery   | Symptomatic hiatal hernia         |
| Esophagectomy, esophagogastrectomy  | History of GI surgery             |
|   | Recent upper GI bleed             |
|   | Esophagitis, peptic ulcer disease |
|   | Thoracoabdominal aneurysm         |
|   | Barrett's esophagus               |
|   | History of dysphagia              |
|   | Coagulopathy, thrombocytopenia    |

\*Causing restricted cervical mobility.

### 3.4 Avancées technologiques : ETO 3D

La 3D apporte une bonne visualisation de la morphologie cardiaque globale, elle permet également d'obtenir des vues « de face » des valves cardiaques ce qui a considérablement amélioré la planification des opérations chirurgicales. Toutefois, la résolution temporelle et latérale de l'échographie 3D est moindre qu'en 2D, conduisant à une surestimation de la taille des végétations et à des difficultés pour identifier les structures très mobiles [33]. Par ailleurs, la sensibilité de l'échographie 3D pour le diagnostic d'EI est moindre qu'en 2D [51].

## 4 Information médicale

### 4.1 Définition

L'objet principal de ce travail est d'améliorer la communication des résultats de l'échographie cardiaque transœsophagienne, dans le cadre d'une endocardite infectieuse, mais plus généralement de faciliter le partage d'information médicale entre

professionnels de santé afin de favoriser l'information éclairée du patient nécessaire à la décision médicale partagée [52].

L'information médicale est constituée de tout élément permettant de communiquer sur l'état de santé d'un sujet. Elle est donnée au patient sous différentes formes : à l'oral lors des consultations, par des documents écrits – notamment les comptes-rendus d'examen – et concerne tous les temps de prise en charge du patient, des actes préventifs aux actions thérapeutiques. Une définition existe dans l'article R.4127-35 du Code de Santé Publique déterminant les clefs de l'information délivrée par le médecin au patient ; celle-ci doit être « claire, loyale et appropriée » tout en « tenant compte de la personnalité du patient »[53].

## 4.2 Cadre légal

### 4.2.1 Information médicale dans la relation médecin-patient

La loi du 4 mars 2002 définit le droit de toute personne d'être informée sur son état de santé [54]. L'article L1111-2 du Code de la Santé, daté de 2004, reprend cette notion et en détaille les champs concernés : « *toute personne a le droit d'être informée sur son état de santé. Cette information porte sur les différentes investigations, traitements ou actions de prévention qui sont proposés, leur utilité, leur urgence éventuelle, leurs conséquences, les risques fréquents ou graves normalement prévisibles qu'ils comportent ainsi que sur les autres solutions possibles et sur les conséquences prévisibles en cas de refus. Lorsque, postérieurement à l'exécution des investigations, traitements ou actions de prévention, des risques nouveaux sont identifiés, la personne concernée doit en être informée, sauf en cas d'impossibilité de la retrouver* ». [55]

Il est par ailleurs indiqué que « *cette information incombe à tout professionnel de santé dans le cadre de ses compétences et dans le respect des règles professionnelles qui lui sont applicables. Seules l'urgence ou l'impossibilité d'informer peuvent l'en dispenser* » [55].

### 4.2.2 Information médicale entre professionnels de santé

Le Code de la Santé définit les conditions d'échange d'information médicale entre les professionnels de santé comme telles : « *les professionnels participant à la prise en charge d'une même personne peuvent, en application de l'article L1110-4, échanger ou partager des informations relatives à la personne prise en charge dans la double limite des seules informations strictement nécessaires à la coordination ou à la continuité des soins, à la prévention, ou au suivi médico-social et social de ladite personne ; du périmètre de leurs missions* » [56].

Le patient doit être prévenu, préalablement à tout échange de la nature de l'information transmise et de l'identité de la personne recevant l'information [56].

Au sein d'une même équipe de soins, définie dans l'article L1110-12 du Code de la Santé [57], les informations sont considérées comme confiées par le patient à l'ensemble de l'équipe [56].

## 4.3 Qualité de l'information médicale

### 4.3.1 Intérêt d'une information médicale de qualité

La transmission de l'information médicale est la clé de la relation médecin-patient. Elle favorise l'exercice d'une médecine visant à s'éloigner d'un modèle paternaliste désuet vers une plus grande autonomisation du patient, ce qui bénéficie non seulement à la relation médecin-patient mais participe aussi à rendre la communication plus efficace [58]. De plus, améliorer la compréhension du patient vis-à-vis de sa maladie favorise l'adhésion du patient au projet thérapeutique qui en découle et donc une meilleure observance, améliorant ainsi le pronostic de la maladie mais aussi la qualité de vie du patient [59,60]. Les individus dont les connaissances médicales sont les plus limitées sont le plus susceptibles de comprendre de manière erronée une information qui leur est donnée entraînant des difficultés à suivre les recommandations qui leur sont faites. En effet, des études ont montré un lien entre l'incompréhension des informations délivrées et un état de santé physique et mentale dégradé [61,62].

### 4.3.2 Contenu d'une information médicale de qualité

Le rôle du médecin généraliste est d'accompagner le patient dans le soin en favorisant l'autonomie de ce dernier, pour cela, une bonne compréhension est indispensable. Le discours du médecin doit donc s'adapter aux capacités intellectuelles et aux connaissances du patient, on peut aussi recourir à des outils pédagogiques. Améliorer la transmission de l'information médicale, c'est améliorer la compréhension et donc la santé du patient [61,63].

Le Code de la Santé caractérise la qualité de l'information médicale transmise du médecin au patient, celle-ci doit être « *loyale, claire et appropriée* » en tenant compte de la personnalité du patient et de ses capacités de compréhension [64]. Comme indiqué dans les recommandations de bonne pratique de la HAS, « *l'information prend en compte la situation de la personne dans ses dimensions psychologique, sociale et culturelle* » [65].

L'information porte sur l'état de santé de la personne, elle est orale mais peut être appuyée par des documents écrits visant à favoriser la compréhension. Elle porte notamment sur [65]:

- « *L'état de santé de la personne et son évolution le plus souvent observée. En cas de maladie (caractéristiques, évolution habituelle avec et sans traitement, y compris en ce qui concerne la qualité de vie) ;*
- *Le déroulement et l'organisation des investigations, des soins, des actes envisagés et l'existence ou non d'une alternative ;*
- *Leurs objectifs, leur utilité, leur degré d'urgence ;*
- *Les bénéfices escomptés ;*
- *Les suites, les inconvénients, les complications et les risques fréquents ou graves habituellement prévisibles ; les conseils à la personne et les précautions qui lui sont recommandées ;*
- *Le suivi et ses modalités en fonction des solutions envisagées. »*

L'objectif principal est d'impliquer le patient dans les décisions concernant sa santé, en permettant l'adhésion ou le refus éclairé des soins.

Les critères de qualités suivants doivent être respectés [65] :

- Information « *synthétique, hiérarchisée, compréhensible par la personne et personnalisée* » ;
- Exposé des alternatives possibles ;
- Présentation des bénéfices attendus des actes ou soins envisagés, puis leurs inconvénients et risques éventuels.

Par « risque », est entendue l'exposition des risques fréquents et/ou graves, c'est-à-dire ceux pouvant engager le pronostic vital ou fonctionnel.

La délivrance de l'information médicale doit se faire au cours d'un entretien individuel, le patient peut cependant être accompagné d'une personne de confiance. Les principales informations délivrées seront consignées dans le dossier médical du patient[65].

## **4.4 Améliorer la transmission de l'information médicale des comptes-rendus d'imagerie**

### **4.4.1 Rédaction du compte-rendu d'imagerie**

Un compte-rendu d'imagerie est défini par la Société Française de Radiologie comme la « *transcription écrite, en termes clairs et sans ambiguïté, des différentes étapes de l'examen radiologique : indications, techniques de réalisation, résultats, synthèse et conclusion médicale* » [66,67].

Comme définit dans le Code de Déontologie Médicale, le compte-rendu de radiologie fait partie intégrante de l'examen d'imagerie, il est aussi obligatoire qu'indispensable. Il répond à plusieurs objectifs : la communication d'information médicale et fournir une trace écrite ayant une valeur médico-légale. Il répond par ailleurs à une certaine logique de rédaction : être concis, utiliser des termes médicaux courants, éviter les abréviations, comporter le nom explicite du radiologue ainsi que sa signature [66].

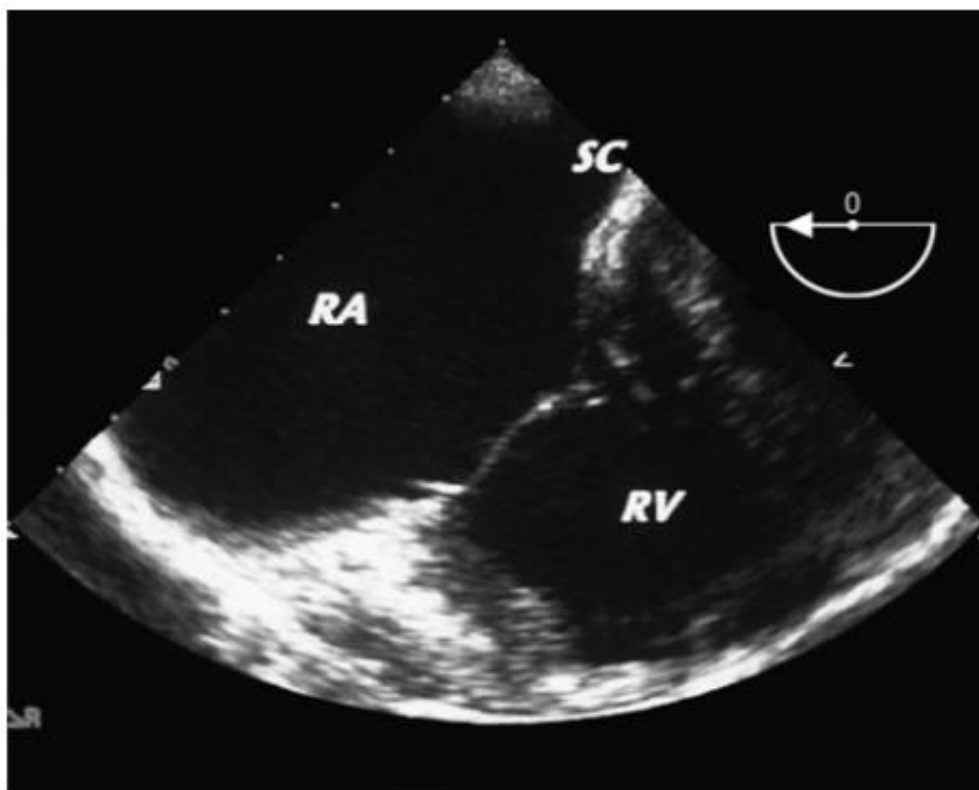
On peut diviser le contenu d'un compte-rendu d'imagerie en différentes parties [66–68]:

- Identification du patient : nom, prénom, date de naissance, type d'examen, date de l'examen, date de rédaction du compte-rendu
- Indication de l'examen
- Technique de l'examen : type d'appareillage, utilisation ou non de produit de contraste
- Résultats : description des images observées
- Synthèse et conclusion : doit essayer de répondre au maximum à la question posée lors de la demande d'examen, peut suggérer une conduite à tenir
- Identification de l'imageur.

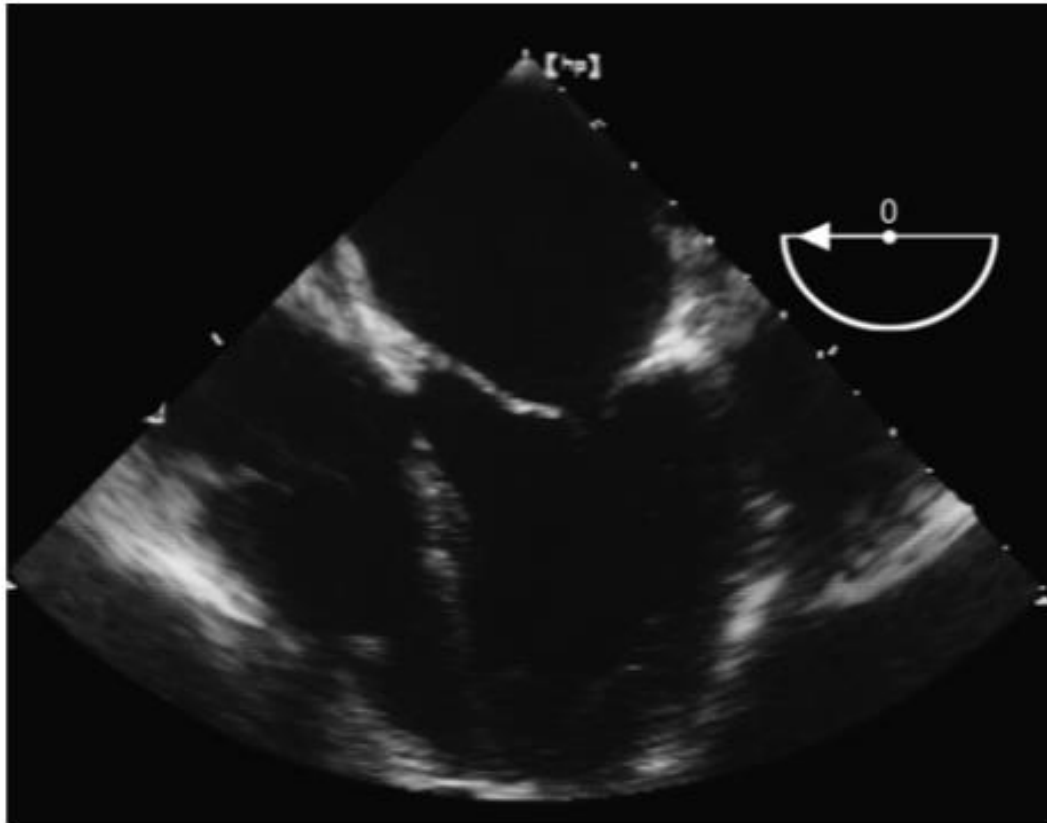
### **4.4.2 Utilisation de supports annexes**

Les supports iconographiques issus de l'examen restent souvent incompréhensibles pour le patient, et parfois même pour le médecin généraliste. Citons par exemple les images échographiques fournies dans les comptes-rendus d'examens qui, en retranscrivant une image dynamique en une série d'images statiques en niveaux de

gris, permet bien peu le partage d'une information claire au patient, ni ne participe à améliorer la représentation de ce dernier de son propre schéma corporel (cf Figure 11 et Figure 12).



*Figure 11 ETO, coupe diaphragmatique du ventricule droit (RA = atrium droit, RV = ventricule droit, SC = sinus coronaire), d'après [69]*



*Figure 12 Coupe 4 cavités en ETO, d'après [69]*

### 4.4.3 Transfert de l'information médicale

Concernant les moyens utiles au partage d'information médicale, des études ont montré que les supports iconographiques permettaient d'améliorer la compréhension des individus, en comparaison à un texte seul, concernant un sujet de santé [70–72]. Par ailleurs un compte-rendu seul peut donner lieu à diverses interprétations – de la part d'autres soignants et du patient lui-même - selon les termes employés par le radiologue, ajoutant à la confusion du patient [73–75]. Standardiser les comptes-rendus d'examen permet au contraire une clarification de l'information médicale [76].

## 5 Objectif

L'objectif de ce travail de thèse est ainsi d'améliorer la transmission des informations médicales en les rendant plus claires pour tous les professionnels de santé impliqués dans la prise en charge de ces patients, en ville comme à l'hôpital, mais aussi plus accessibles pour le patient afin que ce dernier tienne une place active dans les décisions concernant sa santé.

Notre hypothèse de travail est qu'il est possible de déterminer une liste d'attributs résumant le résultat de l'interprétation d'une échographie transœsophagienne réalisée dans le cadre d'une endocardite. Cette liste d'attributs peut être saisie sur un formulaire et ainsi permettre automatiquement la génération d'un rapport lisible par un humain et d'une représentation schématique intelligible notamment par le patient.

Cette information structurée peut ensuite être transmise à un logiciel adapté pour faciliter la diffusion de l'information médicale.

Les objectifs stratégiques de ce travail sont donc d'améliorer la coordination des soins entre médecins participant à la prise en charge du patient en améliorant la communication didactique des résultats d'examen au patient.

Afin de contribuer à cet objectif, les objectifs opérationnels de ce travail sont :

- de définir le contenu type du compte rendu d'échographie transœsophagienne réalisée dans le cadre d'une endocardite
- de proposer une solution simple et portable d'interopérabilité pour transmettre cette information structurée à un professionnel équipé d'un logiciel adapté
- de proposer, sur cette même base, une méthode de génération d'iconographie schématique à destination du patient notamment.

# Article en Anglais

## 1 Introduction

### 1.1 Transœsophageal echocardiography for Endocarditis

Endocarditis is an uncommon but severe heart infection which remains associated with high mortality (nearly 20% in a thirty days follow-up), and severe complications [26,27]. In the western world, the average incidence is low, 3 to 10 per 100,000 people a year, but has remained stable over the past twenty years despite the progress in the medical field [21,27]. The mean patient age has increased, from around 45 years old in the 1980s to older than 70 years old since the 2000s, this can be explained by a rising proportion of healthcare related IE [26,27].

Transœsophageal echocardiography (TOE) is the most important exams leading to therapeutic decision in case of endocarditis. Its sensitivity is up to 96% to screen vegetations on native valves and 92% on prosthetic valves [36]. Endocarditis represents between 16 and 25% of the indication for TOE exam, after exploration of transient ischaemic attack in France [50,77].

### 1.2 Medical information

Sharing medical information is key to the decision-making process in health care and the communication between hospital and ambulatory medicine is a corner stone of continuity of care. If general practitioners are mostly satisfied of the “quantity” of medical information received from the hospital, there is room for improvement regarding the quality of this information to fit GP’s expectations [78,79]. Furthermore, appropriate medical information improves patients’ understanding, leading to a better compliance [60].

Radiology reports are important elements in the decision-making process. Guidelines from the European Society of Radiology emphasize that appropriate construction and clarity are essential to a high quality of care [75,80]. Feedbacks from patients about radiology reports show their increasing interest in having an understandable display [81]. Among several formats, pictorial information seems to be better understood by patients even with a low education level [71].

Interoperability can be defined as the ability of two or more systems or components to exchange information and to use it. Different levels of interoperability are described, such as technical, semantic, syntactic, and organizational interoperability. It is essential for efficiently sharing medical information, in the context of care but also for research and international cooperation. However, interoperability remains challenging because of the absence of universally shared standard, a large amount of Electronic Health Record software, and the high sensitivity of clinical data [82].



## 1.3 Objective of the study

The objective of this work is to improve the communication between healthcare professionals in the management of endocarditis, and the communication and understanding of radiological report by the patient undergoing transoesophageal echocardiography. Therefore, we developed a reproducible methodology to produce standardized imaging reports of transoesophageal echocardiography, through five steps [83]:

- (1) Field definition: literature-based definition of relevant fields followed by expert validation,
- (2) Data model: semantic and syntactic standardization of the data collection within the report,
- (3) Textual report: proposal of a template to automatically generate a textual report
- (4) 2D visualization: proposal of a mapping for automated production of a visualization support for patients
- (5) QR Code: definition of a paper-based physical interoperability standard based on a quick response code (QR Code).

## 2 Material & methods

### 2.1 Field definition

#### 2.1.1 Bibliographic review about radiology reports guidelines

We carried out a non-exhaustive bibliographic review, querying the PubMed search engine for general guidelines on medical imaging reporting, and also for domain-specific guidelines on echocardiography and/or transoesophageal echocardiography reports [75,80,84,85]. We also screened non-indexed guidelines from various French and international medical societies of radiology and cardiology, in search of important items that could be included in a medical imaging report.

Lastly, we screened the French health government agency (*Haute Autorité de Santé*, HAS) guidelines, and the French Health regulation code (*Code de la Santé Publique*) for additional legally mandatory fields in medical imaging reporting.

#### 2.1.2 Bibliographic review on papers reporting imaging results

Our second step was to identify the items most frequently reported in scientific papers about echography and TOE results, first “regardless of the disease” and then more specifically about TOE performed in patients suffering from endocarditis. The objective was to identify the pieces of information that the authors found relevant to report, in order to document their patients’ database. The Pubmed request is presented below in Table 9 and Figure 13.

**Table 9 Keywords used in Pubmed request for TOE reports in endocarditis**

| Imaging techniques                  | Document type    | Disease type          |
|-------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Transoesophageal echocardiography   | Report           | Endocardial infection |
| Transoesophageal ultrasound         | Radiology report | Endocarditis          |
| Transoesophageal echography         | Reporting        | EI                    |
| Transoesophageal imaging ultrasonic | Summary          |                       |
| ETO                                 |                  |                       |
| TEE                                 |                  |                       |
| Echographie transoesophagienne      |                  |                       |

```

transoesophageal      echocardiographies ("transoesophageal
echocardiographies"[Title])      OR      ("transoesophageal
ultrasound"[Title]) OR ("transoesophageal echography"[Title])
OR      ("transoesophageal      echocardiography"[Title])      OR
("transoesophageal      imaging      ultrasonic"[Title])      OR
("transoesophageal echography"[Title]) OR ("transoesophageal
echographies"[Title])      OR      ("transoesophageal      imaging
ultrasonic"[Title])      OR      ("echographie
transoesophagienne"[Title])      OR      ("transoesophageal
ultrasounds"[Title]) OR ("TEE"[Title]) OR ("ETO"[Title]) )

AND ("endocarditis"[Title]) OR ("EI"[Title]) OR ("endocardial
infection"[Title]) )

AND ("report"[Title]) OR ("radiology report"[Title]) OR
("reporting"[Title]) OR ("summary"[Title]) )

```

**Figure 13 Research formula in Pubmed**

Because our aim was only to detect frequently reported items, we performed a non-exhaustive review on papers published during the last 5 years. Also, when relevant, we included clinical studies cited by the initially selected papers and guidelines

We summarized the reported outcomes about clinical studies results for each included scientific article. We subsequently created a table to present the results.

### 2.1.3 Definition of relevant fields

Using the guidelines identified in part 2.1.1 and the resultant items from part 2.1.2, we determined a list of important items for TOE reports in endocarditis. These items were confronted to a random sample of TOE reports routinely produced in our university hospital.

We then asked independent experts to blindly review and criticize this list of items. These experts were a cardiologist (university lecturer in the cardiovascular explorations department of our university hospital), a general practitioner (GP) and a physician member of our medical informatics department.

We held a consensus meeting to establish the list of relevant fields that needed to be included in a TOE report in case of endocarditis.

## 2.2 Proposal of a data model and a structured form

The list of fields was transformed into a data model, and modeled through an UML diagram, specifying for each attribute the name, type, and cardinality [86]. Then, we defined a corresponding JSON schema (“Java Script Object Notation” schema, draft 09-2019), adding more precision on each attribute such as possible values for categorical variables, range for integer variables, nesting for multiple cardinality variables [87]. We then generated a fictive result using a YAML syntax (“Yaml Ain’t Markup Language”, version 1.2) to convert the structured data into a short readable string representation [88].

We used the web-based open source e-CRF tool Goupile (<https://goupile.fr>), to set up an easy-to-use form for any TOE report for endocarditis, that can output the structured data in a YAML syntax as defined above [89].

Finally, we submitted the final report to an expert cardiologist and general practitioner in their day-to-day practice in order to collect his feedback and improve the software.

## 2.3 Textua report

We proposed – as a proof of concept -a template to automatically generate a textual report from the structured data corresponding to the results of an exam.

## 2.4 Proposal of 2D visualization method

We manually created several examples of a paper-printable 2D mockup in a vector graphic format (Scalable Vector Graphics, SVG), using the Inkscape free software. Each mockup was declined to represent a normal result of TOE (physiological), and various pathological conditions as possibly detected by TOE in the situation of an endocarditis. We specified a mapping between relevant fields as defined in 2.1.3. and the different parts of the schematic representation (e.g. number X → diameter of object Y).

In this preliminary work, the purpose was not to develop the engine to automatically generate 2D representations from the YAML data, but rather to define a baseline mockup, and map the intended modification to the previously defined fields.

## 2.5 Creation of an interoperability standard

The YAML data serialization file was converted to a QR Code using the python QR Code generator. It is worth noting that QR codes can store up to 4296 alphanumeric character for version 40 (177x177 modules), with a redundancy factor between 7% and 30%, and can contain up to 2953 bytes. Data retrieval was tested using 4 different models of modern smartphones.

## 3 Results

### 3.1 Field definition

#### 3.1.1 Bibliographic review about radiology reports

Studies suggest that a standardized ultrasound report should be composed of the following parts : patient identification, technical means, clinical history, anatomical site, description of findings, interpretation and conclusion [66–68,84].

Studies identified clinicians' preferences on the expected content of a radiology report. Notably, GPs prefer concise report though they require clear information on what has or has not been investigated. Also, they tend to prefer layout with a tabulated style [90]. Moreover report should provide a response to the original clinical question with a radiologist's comment such as recommendations for further exams when relevant [70–72].

In addition, the use of fluent English terms in reports, in contrast to complex medical terms, allow a better understanding from patient [73–75], as well as the addition of an iconographic medium [70,72,91].

#### 3.1.2 Bibliographic review on papers reporting imaging results

##### 3.1.2.1 Bibliographic review about the TOE

The bibliographic review focused on TOE reports did not match any article.

After extending the search to echography report, we obtained 608 articles matching the terms. From these ones, 10 were specifically about recommendations on echography reports.

After interrogating a random sample of ten cardiologists and ten health information management specialists, an Iranian study highlighted five sets of data that should always appear in an echography report : patient's identity, doctor's identification, family and personal history (particularly of cardiac disease), information concerning the performed test and finally the echocardiography report content [92].

Finally, the American Society of Gastrointestinal Endoscopy published a list of endoscopic ultrasound quality indicators regarding pre, intra and post procedural items. Though initially intended for digestive echo-endoscopy, some of the pre and post procedural elements could be generalized to TOE reports : indication for procedure, detailed description of the patient, listing of sedatives administered prior to the procedure, summary of medical diagnoses, examination findings, physician recommendations, incidence of adverse events [93].

##### 3.1.2.2 Bibliographic review about endocarditis

Table 10 summarizes the outcomes reported in the analyzed scientific papers on TOE for endocarditis. Recurrent items were the visualization of vegetations (18 of 25 papers, 72%) - most precisely their size (11 of 25, 44%), position (4 of 25, 16%) and mobility (4 of 25, 16%) -, the presence of endothelial damages (8 of 25 papers, 32%)

– presence of a fistula, aneurism, valvular dehiscence and valvular perforation - and the presence of abscesses (6 of 25 papers, 24%).

Acute heart dysfunction can be evaluated in TOE but lack precision and is more to be objectively evaluated in TEE.

**Table 10 Study of relevant TEO criteria for endocarditis care**

| Author              | Year | Study type                                      | Vegetation |          |          | Valve nature<br>(native or<br>prosthetic) | Hemodynamic<br>state | Acute complication (aneurism,<br>abcess, fistula, valvular dehiscence<br>or perforation) |
|---------------------|------|---|------------|----------|----------|---|----------------------|--|
|                     |      |   | Size       | Position | Mobility |   |                      |  |
| Gösta B. Pettersson | 2016 | Review of surgical indications in IE            |            | X        | X        | X   | X                    | X  |
| Beganovic M.        | 2018 | Review about antibiotic therapy in endocarditis | X          |          |          |   |                      |  |
| Tattevin P.         | 2016 | American and European guidelines criticism      | X          |          |          |   |                      |  |
| Cahill J. T.        | 2017 | Review about standard care in endocarditis      | X          | X        | X        |   |                      | X  |
| Gomes A.            | 2016 | Review about diagnostic value of imaging        |            | X        |          |   |                      | X  |
| Narayanan M. A.     | 2016 | Review  | X          |          |          |   |                      |  |
| Afonso L.           | 2017 |   |            | X        |          |   |                      | X  |
| Sima L.             | 2016 | Review about HACEK EI                           |            | X        |          |   |                      | X  |
| Revest M.           | 2016 | Microbiological aspect of HACEK EI              |            |          |          |   |                      |  |
| Bin Abdulhak A.     | 2017 | Review from 1980 to 2008                        | X          |          |          |   | X                    | X  |
| Holland T.          | 2016 | Review of EI standard care                      |            | X        |          |   |                      |  |
| Klein M.            | 2016 | Review of EI standard care                      |            | X        |          |   |                      | X  |
| Yang E.             | 2018 |   | X          |          |          |   |                      | X  |
| Baddour L.          | 2015 |   | X          |          |          |   | X                    | X  |
| Baltimore R.        | 2015 |   |            |          |          | X   |                      | X  |
| Dixon G.            | 2017 |   |            |          |          |   |                      |  |

|                |      |   |            |   |   |           |            |            |
|----------------|------|---|------------|---|---|-----------|------------|------------|
| Di Filipino S. | 2017 | Choice of prophylactic antibiotic treatment |            |   |   |           |            |            |
| Njuguna B.     | 2017 | Choice of prophylactic antibiotic treatment |            |   |   |           |            |            |
| Mgbojikwe N.   | 2019 |   |            |   |   |           |            |            |
| Lung B.        | 2019 |   | X          |   |   |           | X          | X          |
| Vincent L.     | 2018 |   | X          | X | X |           |            | X          |
| Lung B.        | 2019 |   | X          |   |   |           |            |            |
| Wang A.        | 2018 | Review about EI standard care               | X          |   |   |           | X          | X          |
| Liang F.       | 2015 |   |            |   |   |           |            |            |
| Yanagawa B.    | 2016 |   | X          | X | X |           |            |            |
| <b>Percent</b> |      |   | <b>72%</b> |   |   | <b>8%</b> | <b>20%</b> | <b>52%</b> |

### **3.1.3 Definition of relevant fields**

From the previous literature research and with the help of a standardized report pattern used in the echocardiography department of the Heart and Lung Institute of Lille, we determined the main elements that should appear in a TOE report.

Based on guidelines, bibliographic review, sample of TOE report for endocarditis and expert validation, we identified the list of relevant fields as described in Table 11.

Some items were considered as mandatory for any imaging report. These were: the patient identification (name, first name, birthdate), the protocol characteristic with information on the imaging device and the exam, the cardiologist's identification and the conclusion. The device information comprised the device model and year of initial commissioning. Exam information comprised the type of exam, the date, and the indication or clinical context (diagnosis, follow-up). Other items were considered of particular importance for the interpretation of the results as a high or low echogenicity, good or bad tolerance of the endoscopy by the patient.

As for the results, TOE focuses mainly on the presence of vegetation. For each observed vegetation, location, size, mobility and the nature of the valve underneath (prosthetic or native) must be detailed. At last, we describe the presence of acute complications such as abscess, fistula, aneurysm, valve perforation. Each of these being defined by their location.



Table 11 Relevant fields in TOE report

| Entity             | Attribute                          | Type        | Cardinality                          | Graphical Use |
|--------------------|------------------------------------|-------------|--------------------------------------|---------------|
| Exam               | <i>(patient's characteristics)</i> |             |                                      |               |
|                    | Name                               | String      |                                      | Yes           |
|                    | First Name                         | String      |                                      | Yes           |
|                    | Birth                              | Date        |                                      | Yes           |
|                    | <i>(protocol characteristics)</i>  |             |                                      |               |
|                    | Exam Date                          | Date        |                                      | Yes           |
|                    | Exam Type                          | Categorical |                                      | Yes           |
|                    | Physician                          | String      |                                      | No            |
|                    | Device model                       | String      |                                      | No            |
|                    | Device date                        | Date        |                                      | No            |
|                    | Exam Indication                    | Categorical |                                      | No            |
|                    | <i>(exam condition)</i>            |             |                                      |               |
|                    | Echogenicity                       | Categorical |                                      | No            |
| Tolerance          | Categorical                        |             | No                                   |               |
| Conclusion         | String                             |             |                                      |               |
| Valve              | <i>(results)</i>                   |             | 1 Result: 0 ≤ 4 Valves               |               |
|                    | Location                           | Categorical |                                      | Yes           |
|                    | Valve nature                       | Categorical |                                      | Yes           |
| Acute complication | <i>(results)</i>                   |             | 1 Result : 0 ≤ n Acute Complications |               |
|                    | Abcess                             | Categorical |                                      | Yes           |
|                    | Valve dehiscence                   | Categorical |                                      | Yes           |
|                    | Valve aneurysm                     | Categorical |                                      | Yes           |
|                    | Valve perforation                  | Categorical |                                      | Yes           |
|                    | <i>Pseudoaneurysm</i>              | Categorical |                                      | Yes           |
| Vegetation         | Comment                            | String      |                                      |               |
|                    | <i>(results)</i>                   |             | 1 Result: 0 ≤ n Vegetations          |               |
|                    | Size 1                             | Real        |                                      | Yes           |
|                    | Size 2                             | Real        |                                      | Yes           |
|                    | Location                           | Categorical |                                      | Yes           |
|                    | Mobility                           | Categorical |                                      | Yes           |
| Findings           | Comment                            | String      |                                      |               |

### 3.2 Proposal of a data model and a structured form

We then modeled an UML diagram from our list of fields, as shown in Figure 14.

| exam                  |   |             |
|-----------------------|---|-------------|
| nir                   | : | string      |
| patient_first_name    | : | string      |
| patient_name          | : | string      |
| patient_birth         | : | date        |
| physician             | : | string      |
| exam_type             | : | categorical |
| exam_date_time        | : | date        |
| device_model          | : | string      |
| device_date           | : | date        |
| exam_indication       | : | categorical |
| exam_echogenicity     | : | categorical |
| exam_tolerance        | : | categorical |
| findings              | : | categorical |
| comment               | : | string      |
| conclusion            | : | string      |
| Conclusion_validation | : | boolean     |



0..4

| valve                |   |             |
|----------------------|---|-------------|
| Valve_id             | : | hash (PK)   |
| location             | : | categorical |
| valve_nature         | : | categorical |
| abcess               | : | categorical |
| valvular_dehiscence  | : | categorical |
| valvular_aneurysm    | : | categorical |
| valvular_perforation | : | categorical |
| pseudoaneurysm       | : | categorical |
| comment              | : | string      |



0..\*

| Vegetation    |   |             |
|---------------|---|-------------|
| vegetation_id | : | hash (PK)   |
| size_1        | : | real        |
| size_2        | : | real        |
| mobility      | : | categorical |
| comment       | : | string      |

**Figure 14 UML diagram**

Then, from the UML diagram, we established a JSON database schema, defining for each entity the properties and required values. Figure 15 bellow shows the first lines of the JSON Schema, the full file is available in the appendix.

```

"$schema": "https://json-schema.org/draft/2019-09/schema#",
"title": "Transoesophageal Echocardiography Report",
"type": "object",
"required": ["patient_first_name", "patient_birth", "conclusion_validation"],
"properties": {
  "identifier": {
    "type": "string",
    "description": "Patient unique identifier",
    "minLen": 13,
    "maxLen": 13,
    "pattern": "^[0-9aAbB]{13}$"
  },
  "patient_first_name": {
    "type": "string",
    "description": "Patient's first name"
  },
  "patient_name": {
    "type": "string",
    "description": "Patient's name"
  },
  "patient_birth": {
    "type": "string",
    "description": "Date of birth, format yyyy-mm-dd",
    "format": "date"
  },
  "physician": {
    "type": "string",
    "description": "Physician responsible for the interpretation of the imaging results"
  },
  "exam_type": {
    "type": "categorical",
    "description": "Exam type",
    "enum": ["transoesophageal echocardiography"]
  },
  "exam_date_time": {
    "type": "string",
    "description": "Date and time of exam, format yyyy-mm-ddThh:mm:ss+00:00",
    "format": "date-time"
  },
  "device_model": {
    "type": "string",
    "description": "Model of imaging device"
  }
}

```

*Figure 15 JSON schema first lines*

Based on the JSON schema, we set up an example of TOE report, and produced the corresponding YAML file (Figure 16).

```

Exam:
  schema: medical_imaging_report/ot2020_endocarditis.schema.json
  identifier: id12345678910
  patient_first_name: Camille
  patient_name: Thomas
  patient_birth: 1901-01-01
  physician: Dr Tournesol T.
  exam_type: transoesophagial echocardiography
  exam_date_time: 2022-02-02T12:00:00
  device_model: Samsung MMPT3-7
  device_date: 2017
  exam_indication: Endocarditis first examination
  exam_echogenicity: Moderate echogenicity
  exam_tolerance: Good tolerance
  valve_n: 1
  valve:
    valve_location: Aortic
    valve_nature: Prosthetic
    abcess: Yes
    valvular_dehiscence: No
    vulvular_aneurysm: No
    valvular_perforation: No
    pseudoaneurysm: No
    vegetation_n: 2
    vegetation_results:
      vegetation_id: ["vg1", "vg2"]
      size_1: ["3", "4"]
      size_2: ["2", "2"]
      mobility: ["low", "moderate"]
      comment : Abcess 3x4mm regarding the right cusp
  valve_n: 2
  valve:
    valve_location: Mitral
    valve_nature: Native
    abcess: No
    valvular_dehiscence: No
    vulvular_aneurysm: No
    valvular_perforation: No
    pseudoaneurysm: No
    vegetation_n: 0
    comment: NA
  valve_n: 3
  valve:
    valve_location: Tricuspid
    valve_nature: Native
    abcess: No
    valvular_dehiscence: No
    vulvular_aneurysm: No
    valvular_perforation: No
    pseudoaneurysm: No
    vegetation_n: 0
    comment : NA
  valve_n: 4
  valve:
    valve_location: Pulmonary
    valve_nature: Native
    abcess: No
    valvular_dehiscence: No
    vulvular_aneurysm: No
    valvular_perforation: No
    pseudoaneurysm: No
    vegetation_n: 0
  findings: confirmed endocarditis
  comment : NA
  conclusion : confirmed endocarditis with low and moderate mobility aortic vegetations and abcess
  conclusion_validation: true

```

*Figure 16 Example of YAML file*

### 3.3 Textual report

Then, we could propose a template model, with integrated YAML data, to automatically generate a textual report. Figure 17 proposes a pseudo-code-based template for that purpose.

```

Identifier: {patient_unique_identifier}
Mr/Mrs {patient_name} {patien_first_name}
Date of birth: {patient_birth}

Physician: {physician_name} {physician_first_name}
Exam : {exam_type}
{exam_date_time}
{device_model} {device_date}

Indication: {exam_indication}

Exam condition:
{echogenicity}
{tolerance}

Results :

Valve {valve_number}
{valve_location}
{valve_nature}
{if abcess = "yes"} Presence of an abcess on the aortic valve.
{if valvular_dehiscence, valvular_aneurysm, valvular perforation
and pseudoaneurysm = "No"} No other acute complication.
{comment}

[else]
{if abcess, valvular_dehiscence, valvular_aneurysm, valvular
perforation and pseudoaneurysm = "No"} No acute complication on the valve.

{if vegetation_number = "0"} No vegetation.

[else]
{if vegetation_number = "2"} Presence of two vegetations, respectively
{size_1_Vg1}x{size_2_Vg1} millimeters and {size_1_Vg2}x{size_2_Vg2}
millimeters with {Vg1_mobility} and {Vg2_mobility}.
{comment}

Conclusion :

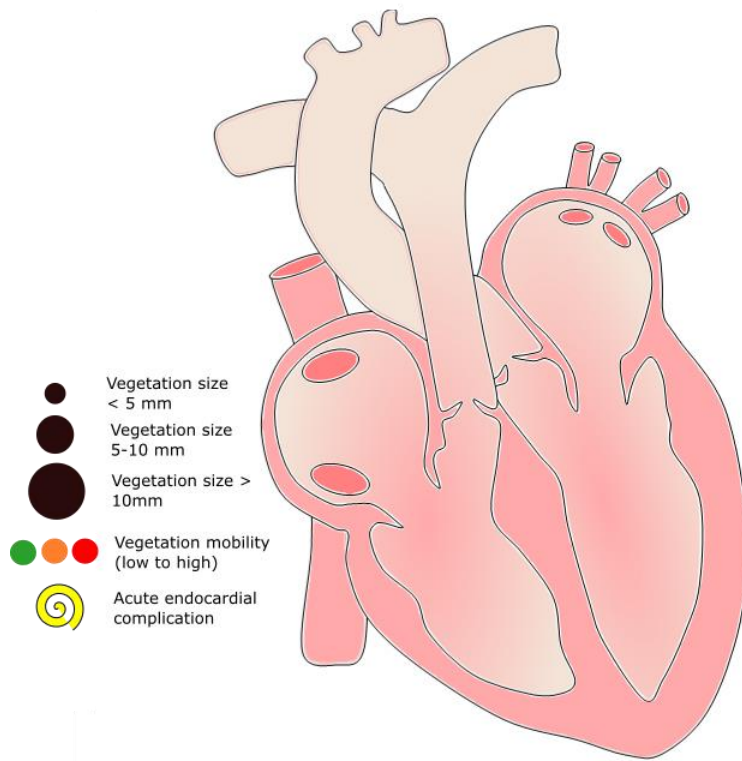
{findings}
{comment}
{conclusion}
{conclusion validation}

```

*Figure 17 Example of textual report*

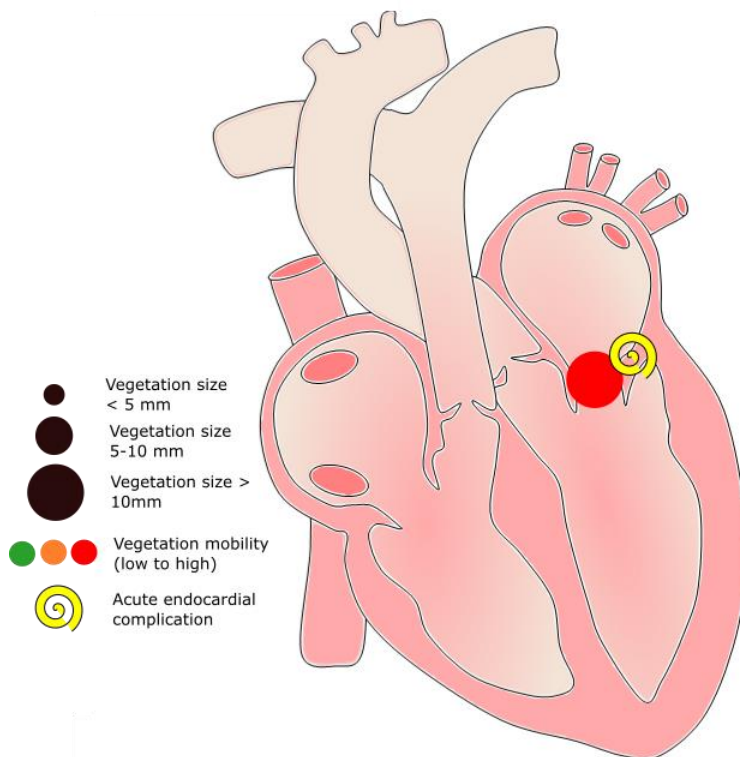
### 3.4 Proposal of 2D visualization method

The figures below are different possible graphical representations of TOE report. Figure 18 represents a normal heart in a four cavities section. Then, depending on the exam results, vegetation - characterized by its size and mobility – and acute endocardial complication can be added on the schema.



**Figure 18 Normal four cavities heart section**

Figure 19 represents an example of a larger than 10mm vegetation with high mobility located on the mitral valvula with acute endocardial complication.

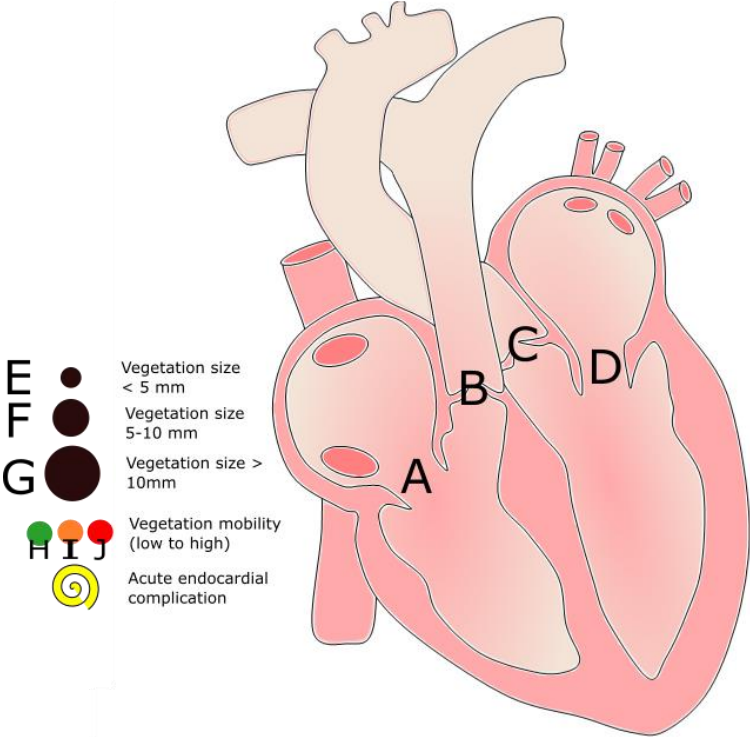


**Figure 19 Mitral vegetation with acute endocardial complication**

We defined a mapping between the data model and the graphic representation, represented in Table 12. In case of a normal TOE, a normal four cavities heart is created, as in Figure 18. If the cardiologist notices the presence of vegetations, each characterized by its location, size and mobility (from low to high) or of endocardial acute complication, a modification of the predefined parameters is generated, resulting in a new schema, as shown in Figure 19.

*Table 12 Correspondence between anatomical variation and graphical representation*

| Field               | Drawing parameter   | Type of modification                                |
|---------------------|---|---|
| vegetation_location | Tricuspid (a), pulmonary (b), aortic (c) or mitral (d) valvula              | Coordinates change                                  |
| vegetation_size     | Size <5mm (e), 5-10mm (f), >10mm (g)  | Insertion of the figure with a magnification factor |
| vegetation_mobility | Low (h), medium (i) or high (j) mobility                                    | Colour modification                                 |
| Acute_complication  | Insertion of acute endometrial complication depending on its location (a-d) | Coordinates change                                  |

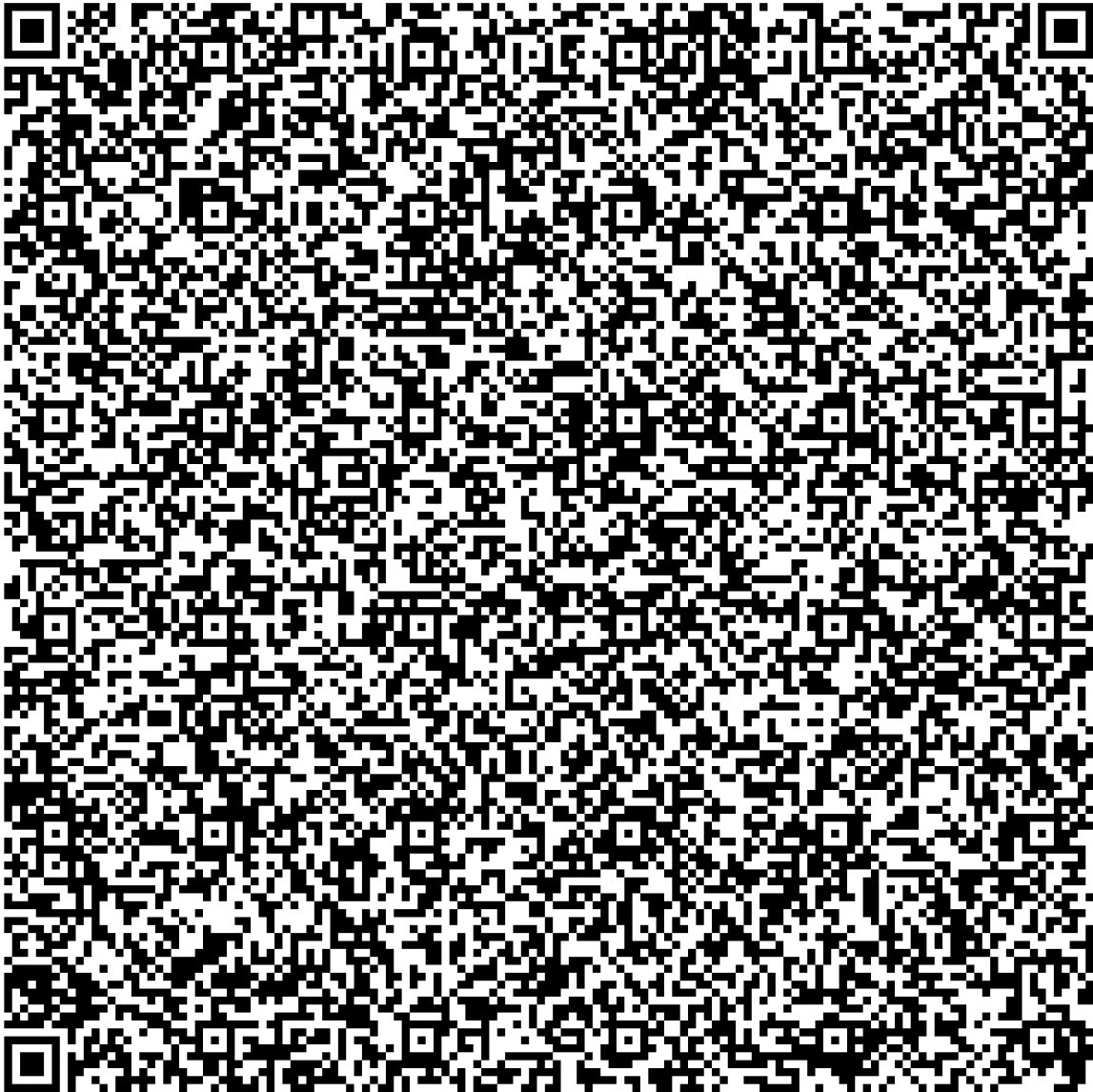


*Figure 20 Graphical representation of vegetation and acute complications*

### 3.5 Creation of an interoperability standard

For each occurrence of the exam a YAML file is generated (structured data corresponding to the exam result). We successfully encoded an example of a 1717 characters YAML file within a QR Code, using a low error correction factor (7%), as shown in Figure 21

This QR Code was also successfully decoded with 4 types of smartphones, of which 1 was iOS (native camera app), and 3 were Android (additional app for QR-Code scan).



*Figure 21 QR Code embedding a YAML file with structured result of a TOE*

We also generated a smaller QR Code with an URL link to the JSON schema as shown bellow in Figure 22.





*Figure 22 QR code redirecting to the JSON schema*

## 4 Discussion

As a part of a larger project, this work applies a reproducible methodology, starting with a non-exhaustive literature review to highlight the relevant fields of a TOE report, in conformity with the recent guidelines and feedback from a cardiologist. Then, we asked for feedbacks from experts and targeted users (GPs and cardiologists). We stay open to further improvement guided by practitioners' comments. The standard report described in this work, used in the situation of an endocarditis infection, could be used as a basis for other TOE indications.

The aim of this work is to ease the understanding of radiological reports both from patients and GP's. Studies have shown that the use of fluent English terms in reports (in contrast to complex medical terms) allow a better understanding from patient [73–75], as well as the addition of an iconographic medium [70,72,91], as we tried to create here with our report schematization. Especially with echography, reports provide information that printed images can not represent alone, being greatly inferior to the dynamic images provided during the examination [76]. Moreover, structured reports offer a better quality in term of detailed information and readability [85]. In addition, standardized terminology is of great importance especially for secondary data extraction [94,95], mainly using computerized radiology reporting [96,97]. It allows easier quality control and facilitate future research [80,98,99].

Patients are becoming more and more interested and involved in their health. Medical information is mostly physically delivered as printed paper which is not suitable for data management. The use of a QR code goes along with the constant computerization of health, allowing an easy and secured transmission of medical data and their integration into any software [100].

To allow faster work, we only submitted our standard report to one cardiologist, one GP, and a physician member of our medical informatics department for feedback. It may have limited our capacity to include more relevant fields that would not appear

first in the literature review, moreover it might involve a selection bias due to their personal practice.

As for GP's validation, the aim was to detect specific items that would be useful for their daily practice, which may differ from those needed by cardiologists. Yet, the coherence between practitioner feedback and the literature review seems to alleviate the bias.

TOE may not be a routine exam in daily general medicine practice, and one could argue that GPs' feedback in the design of a report is not relevant. We believe on the contrary, as the aim is to improve medical information transmission, that it is important to involve GPs in order to produce a report adapted for their daily practice which is not limited to cardiology. Also, GP plays an essential role in explaining diverse medical condition to their patients, and translating complex medical terms and concepts, to ensure patients understanding.

We hope in the future to be able to produce a form used by cardiologist conducting TOE. This form would automatically generate a ready to print report composed of an automatic text-report, an explanatory diagram of the result and a QR code containing the structured data of the report for secondary integration. This report would also contain a second QR code with the JSON Schema for validation. The workflow is shown in Figure 23 below.

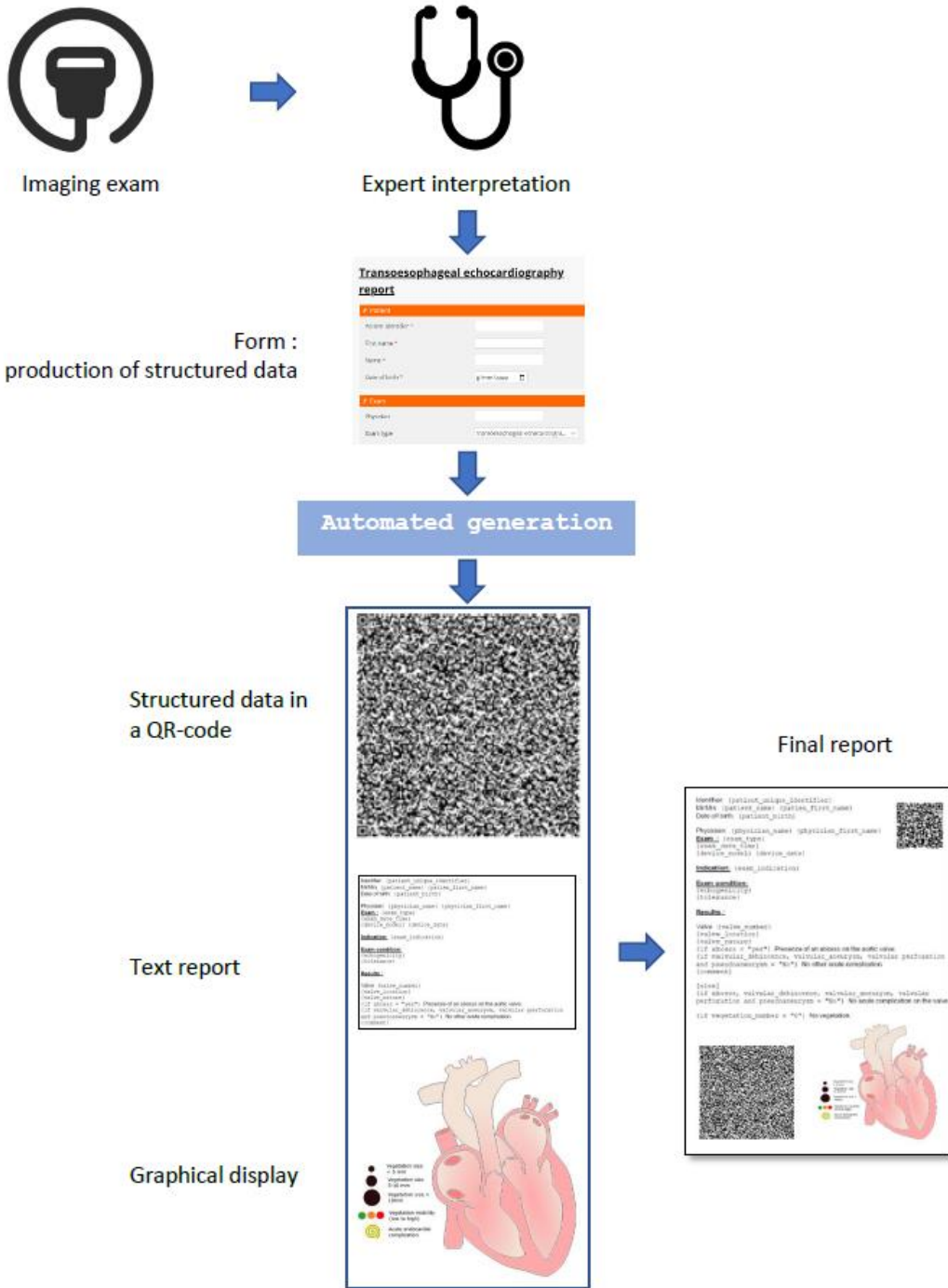


Figure 23 Target workflow

# Discussion en Français

## 1 Intérêt de l'étude

La revue de littérature concernant les comptes-rendus d'examen nous a permis de mettre en évidence l'intérêt de comptes-rendus standardisés, utilisant un langage courant et accompagnés de document iconographique pour améliorer la compréhension et la transmission de l'information médicale du médecin généraliste au patient [70,72,74,75,91,101].

La standardisation d'un compte-rendu permet également une utilisation facilitée à des fins de recherche ou d'audit, par une extraction informatisée possible des données contenues [80,98].

## 2 Forces et limites de l'étude

La reproductibilité de la méthode constitue l'un des points forts de ce travail. La revue de littérature a permis d'extraire des données pertinentes concernant les échographies transoesophagiennes. Ces données ont ensuite été validées par des médecins « experts » (cardiologues) et par les utilisateurs ciblés (les médecins généralistes).

L'utilisation de QR code pour transmettre les comptes-rendus est en parfait accord avec l'informatisation constante du milieu médical et permet un transfert rapide et sécurisé de l'information [100].

Nous avons soumis notre compte-rendu standardisé à l'avis d'un seul cardiologue afin de valider les items contenus dans le compte-rendu, cela a permis une communication rapide sans devoir attendre un consensus de groupe qui aurait ralenti l'écriture de ce travail. Le retour d'un médecin généraliste a permis de confirmer des items utiles dans la pratique quotidienne en médecine générale.

Ce choix méthodologique a pu introduire un biais de sélection liée à la pratique personnelle des professionnels de santé. Toutefois, la cohérence des résultats entre l'avis du cardiologue et des médecins généralistes et les items retenus lors de la revue de littérature semble atténuer ce biais. Par ailleurs, notre proposition de modèle pourra être affinée lors des commentaires subsidiaires des futurs utilisateurs.

L'échographie transoesophagienne n'est pas un examen courant en médecine générale et d'aucun pourrait contester l'implication de ces derniers dans la rédaction du compte-rendu standardisé. Cependant, puisque l'objectif initial de ce travail est d'améliorer la qualité de l'information médicale et d'en faciliter sa transmission, nous pensons au contraire que leur participation est nécessaire afin d'adapter le résultat à toutes les pratiques médicales, du spécialiste en cardiologie au spécialiste en médecine générale ainsi qu'au patient.

Nous n'avons pas soumis notre travail à l'avis des patients puisque celui-ci est toujours en phase de concept.

### 3 Perspectives

La réalisation d'un schéma 2D, généré automatiquement à partir des variations du schéma de base sera exploitée par une équipe de développeur afin de pouvoir en soumettre les résultats aux patients et d'évaluer l'aide apportée par le support iconographique.

Par ailleurs, la création d'un QR code pour la transmission des résultats fait écho au processus constant d'informatisation de notre système de santé, permettant une transmission sécurisée et une exploitation des données possible quel que soit le logiciel médical utilisé par le praticien.

Nous espérons être capable prochainement de produire un formulaire utilisé par les cardiologues lors de la réalisation d'échographie transoesophagienne, qui contiendra un compte rendu généré automatiquement, prêt à imprimer, accompagné d'un schéma explicatif et deux QR Codes, l'un prédominant avec les données structurées du compte rendu pour l'intégration secondaire et l'autre plus petit contenant le schéma JSON pour validation. Ce projet est illustré précédemment par la Figure 23.

# Liste des tables

|   |    |
|---|----|
| Table 1 Recommandations de l'ACC/AHA et de l'ESC pour l'antibioprophylaxie des EI, d'après [20].....        | 17 |
| Table 2. Définition anatomique et échographique des lésions retrouvées dans l'EI d'après [23].....          | 21 |
| Table 3 Critères de Duke modifiés d'après [23].....   | 23 |
| Table 4 Facteurs de mauvais pronostic en cas d'endocardite infectieuse, d'après [23] .....                  | 25 |
| Table 5 Comparaison de l'ETT et de l'ETO dans le repérage des complications liées aux EI, d'après [22]..... | 26 |
| Table 6 Indication à la chirurgie d'après les recommandations européennes et américaines, d'après [24]..... | 28 |
| Table 7 Intérêt des divers examens d'imagerie pour le diagnostic d'EI, d'après [36]                         | 30 |
| Table 8 Contre-indications à l'ETO, d'après [46] .....  | 33 |
| Table 9 Keywords used in Pubmed request for TOE reports in endocarditis.....                                | 42 |
| Table 10 Study of relevant TEO criteria for endocarditis care .....   | 46 |
| Table 11 Relevant fields in TOE report.....   | 49 |
| Table 12 Correspondence between anatomical variation and graphical representation .....                     | 55 |

# Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 Illustration de l'anatomie cardiaque en position de Valentine, d'après Wilhelm Nitzschke, 1888 .....   | 9  |
| Figure 2 Anatomie cardiaque in situ, d'après [5].....   | 10 |
| Figure 3 Eléments anatomiques sur une radiographie de thorax de face, d'après [6] .....   | 11 |
| Figure 4 Anatomie du cœur et des gros vaisseaux, d'après [6].....   | 12 |
| Figure 5 Valves cardiaques, vue supérieure du cœur, d'après [6].....  | 13 |
| Figure 6 Tissu conducteur cardiaque, d'après [14].....  | 14 |
| Figure 7 Bande myocardique ventriculaire hélicoïdale déroulée, d'après [6].....   | 14 |
| Figure 8 Indications d'échographie en cas de suspicion d'endocardite, d'après [23]  | 19 |
| Figure 9 Examens d'imagerie, cas d'une endocardite sur bioprothèse, d'après [32] (A) ETO : végétation sur une bioprothèse (flèche fine) et abcès postérieur de la racine aortique (flèche large). (B) TDM : abcès postérieur de la racine aortique. (C) TEP-TDM : prise de contraste sur la prothèse aortique, à gauche, et la tumeur, à droite. .... | 22 |
| Figure 10 Sites potentiels de lésion lors d'une ETO, d'après [46] .....   | 32 |
| Figure 11 ETO, coupe diaphragmatique du ventricule droit (RA = atrium droit, RV = ventricule droit, SC = sinus coronaire), d'après [69] .....   | 37 |
| Figure 12 Coupe 4 cavités en ETO, d'après [69].....   | 38 |
| Figure 13 Research formula in Pubmed .....  | 42 |
| Figure 14 UML diagram .....   | 50 |
| Figure 15 JSON schema first lines .....   | 51 |
| Figure 16 Example of YAML file .....  | 52 |
| Figure 17 Example of textual report.....  | 53 |
| Figure 18 Normal four cavities heart section .....  | 54 |
| Figure 19 Mitral vegetation with acute endocardial complication.....  | 54 |
| Figure 20 Graphical representation of vegetation and acute complications.....   | 55 |
| Figure 21 QR Code embedding a YAML file with structured result of a TOE .....   | 56 |
| Figure 22 Target workflow .....   | 59 |

# Références

- [1] Mori S, Spicer DE, Anderson RH. Revisiting the Anatomy of the Living Heart. *Circ J Off J Jpn Circ Soc* 2016;80:24–33. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-15-1147>.
- [2] De Almeida MC, Spicer DE, Anderson RH. Why do we break one of the first rules of anatomy when describing the components of the heart? *Clin Anat N Y N* 2019;32:585–96. <https://doi.org/10.1002/ca.23356>.
- [3] Mori S, Tretter JT, Spicer DE, Bolender DL, Anderson RH. What is the real cardiac anatomy? *Clin Anat N Y N* 2019;32:288–309. <https://doi.org/10.1002/ca.23340>.
- [4] Loukas M, Youssef P, Gielecki J, Walocha J, Natsis K, Tubbs RS. History of cardiac anatomy: a comprehensive review from the Egyptians to today. *Clin Anat N Y N* 2016;29:270–84. <https://doi.org/10.1002/ca.22705>.
- [5] heart | Structure, Function, & Facts. *Encycl Br* n.d. <https://www.britannica.com/science/heart> (accessed June 9, 2020).
- [6] Carmine C. *Anatomy: A Regional Atlas of the Human Body* 2011.
- [7] Arackal A, Alsayouri K. *Histology, Heart*. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.
- [8] Schoen FJ. Cardiac valves and valvular pathology: update on function, disease, repair, and replacement. *Cardiovasc Pathol Off J Soc Cardiovasc Pathol* 2005;14:189–94. <https://doi.org/10.1016/j.carpath.2005.03.005>.
- [9] Barbara K, Kohlmann R, Fuchs A, Ethevenot G, Aliot E, Blum A, et al. *cardiovasculaire - Illustration de l'anatomie coronaire en Scanner Volumique*. Datarevues02210363008512-C11975 2008.
- [10] Peebles CR, Shambrook JS, Harden SP. Pericardial disease—anatomy and function. *Br J Radiol* 2011;84:S324–37. <https://doi.org/10.1259/bjr/16168253>.
- [11] LeGrice I, Pope A, Smaill B. The Architecture of the Heart: Myocyte Organization and the Cardiac Extracellular Matrix. In: Villarreal FJ, editor. *Interstitial Fibros. Heart Fail.*, vol. 253, New York: Springer-Verlag; 2005, p. 3–21. [https://doi.org/10.1007/0-387-22825-X\\_1](https://doi.org/10.1007/0-387-22825-X_1).
- [12] FMPMC-PS - Histologie : organes, systèmes et appareils - Niveau PCEM2 - DCEM1 n.d. <http://www.chups.jussieu.fr/polys/histo/histoP2/POLY.Chp.2.2.2.2.html> (accessed March 13, 2020).
- [13] Buckberg G, Mahajan A, Saleh S, Hoffman JIE, Coghlan C. Structure and function relationships of the helical ventricular myocardial band. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;136:578-589.e11. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.10.088>.
- [14] FEDECARDIO | L'activité électrique du cœur. <https://www.fedecardio.org> 2016. <https://www.fedecardio.org/Je-m-informe/Le-coeur/lactivite-electrique-du-coeur> (accessed March 13, 2020).



- [15] Buckberg GD, Nanda NC, Nguyen C, Kocica MJ. What Is the Heart? Anatomy, Function, Pathophysiology, and Misconceptions. *J Cardiovasc Dev Dis* 2018;5. <https://doi.org/10.3390/jcdd5020033>.
- [16] Torrent-Guasp F, Buckberg GD, Clemente C, Cox JL, Coghlan HC, Gharib M. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2001;13:301–19. <https://doi.org/10.1053/stcs.2001.29953>.
- [17] Lorenz CH, Pastorek JS, Bundy JM. Delineation of normal human left ventricular twist throughout systole by tagged cine magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson Off J Soc Cardiovasc Magn Reson* 2000;2:97–108. <https://doi.org/10.3109/10976640009148678>.
- [18] Maron BJ, Maron MS. Hypertrophic cardiomyopathy. *Lancet Lond Engl* 2013;381:242–55. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60397-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60397-3).
- [19] Holland TL, Baddour LM, Bayer AS, Hoen B, Miro JM, Fowler VG. Infective endocarditis. *Nat Rev Dis Primer* 2016;2:16059. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.59>.
- [20] Cahill TJ, Baddour LM, Habib G, Hoen B, Salaun E, Pettersson GB, et al. Challenges in Infective Endocarditis. *J Am Coll Cardiol* 2017;69:325–44. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.10.066>.
- [21] lung B. [Infective endocarditis. Epidemiology, pathophysiology and histopathology]. *Presse Medicale Paris Fr* 1983 2019;48:513–21. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2019.04.009>.
- [22] Alfonso L, Kottam A. Echocardiography in Infective Endocarditis: State of the Art. - PubMed - NCBI 2017. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29071426> (accessed February 14, 2020).
- [23] Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, Bongiorni MG, Casalta J-P, Del Zotti F, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis: The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by: European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur Heart J* 2015;36:3075–128. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv319>.
- [24] lung B, Duval X. Infective endocarditis: innovations in the management of an old disease. *Nat Rev Cardiol* 2019;16:623–35. <https://doi.org/10.1038/s41569-019-0215-0>.
- [25] Cahill TJ, Harrison JL, Jewell P, Onakpoya I, Chambers JB, Dayer M, et al. Antibiotic prophylaxis for infective endocarditis: a systematic review and meta-analysis. *Heart Br Card Soc* 2017;103:937–44. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-309102>.
- [26] Yang E, Frazee BW. Infective Endocarditis. *Emerg Med Clin North Am* 2018;36:645–63. <https://doi.org/10.1016/j.emc.2018.06.002>.
- [27] Vincent LL, Otto CM. Infective Endocarditis: Update on Epidemiology, Outcomes, and Management. *Curr Cardiol Rep* 2018;20:86. <https://doi.org/10.1007/s11886-018-1043-2>.

- [28] Njuguna B, Delahaye F. Infective endocarditis prophylaxis: a review. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2017;15:127–36. <https://doi.org/10.1080/14779072.2017.1281743>.
- [29] AATS Surgical Treatment of Infective Endocarditis Consensus Guidelines Writing Committee Chairs, Pettersson GB, Coselli JS, Writing Committee, Pettersson GB, Coselli JS, et al. 2016 The American Association for Thoracic Surgery (AATS) consensus guidelines: Surgical treatment of infective endocarditis: Executive summary. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;153:1241-1258.e29. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.09.093>.
- [30] Dayer M, Thornhill M. Is antibiotic prophylaxis to prevent infective endocarditis worthwhile? *J Infect Chemother Off J Jpn Soc Chemother* 2018;24:18–24. <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2017.10.006>.
- [31] Davierwala PM, Marin-Cuartas M, Misfeld M, Borger MA. The value of an “Endocarditis Team.” *Ann Cardiothorac Surg* 2019;8:621–9. <https://doi.org/10.21037/acs.2019.09.03>.
- [32] EskeBruun N, Habib G. Cardiac imaging in infectious endocarditis. - PubMed - NCBI n.d. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23900698> (accessed February 14, 2020).
- [33] Baddour LM, Wilson WR, Bayer AS, Fowler VG, Tleyjeh IM, Rybak MJ, et al. Infective Endocarditis in Adults: Diagnosis, Antimicrobial Therapy, and Management of Complications: A Scientific Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation* 2015;132:1435–86. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000296>.
- [34] Berdejo J, Shibayama K, Harada K, Tanaka J, Mihara H, Gurudevan SV, et al. Evaluation of vegetation size and its relationship with embolism in infective endocarditis: a real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2014;7:149–54. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.113.000938>.
- [35] Gomes A, Glaudemans AWJM, Touw DJ, van Melle JP, Willems TP, Maass AH, et al. Diagnostic value of imaging in infective endocarditis: a systematic review. *Lancet Infect Dis* 2017;17:e1–14. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)30141-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)30141-4).
- [36] Mgbojikwe N, Jones SR, Leucker TM, Brotman DJ. Infective endocarditis: Beyond the usual tests. *Cleve Clin J Med* 2019;86:559–67. <https://doi.org/10.3949/ccjm.86a.18120>.
- [37] Sharara SL, Tayyar R, Kanafani ZA, Kanj SS. HACEK endocarditis: a review. *Expert Rev Anti Infect Ther* 2016;14:539–45. <https://doi.org/10.1080/14787210.2016.1184085>.
- [38] Subedi S, Jennings Z, Chen SC-A. Laboratory Approach to the Diagnosis of Culture-Negative Infective Endocarditis. *Heart Lung Circ* 2017;26:763–71. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2017.02.009>.
- [39] Anantha Narayanan M, Mahfood Haddad T, Kalil AC, Kanmanthareddy A, Suri RM, Mansour G, et al. Early versus late surgical intervention or medical management for infective endocarditis: a systematic review and meta-analysis. *Heart Br Card Soc* 2016;102:950–7. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2015-308589>.

- [40] Chahoud J, Sharif Yakan A, Saad H, Kanj SS. Right-Sided Infective Endocarditis and Pulmonary Infiltrates: An Update. *Cardiol Rev* 2016;24:230–7. <https://doi.org/10.1097/CRD.000000000000095>.
- [41] Deprère C, Berthelot P, Lemetayer F, Comtet C, Fresard A, Cazorla C, et al. Risk factors for systemic emboli in infective endocarditis. *Clin Microbiol Infect Off Publ Eur Soc Clin Microbiol Infect Dis* 2004;10:46–53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2004.00735.x>.
- [42] Tattevin P, Mainardi J-L. Analysis of the 2015 American and European guidelines for the management of infective endocarditis. *Med Mal Infect* 2016;46:406–10. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2016.05.008>.
- [43] Klein M, Wang A. Infective Endocarditis. *J Intensive Care Med* 2016;31:151–63. <https://doi.org/10.1177/0885066614554906>.
- [44] Bin Abdulhak AA, Tleyjeh IM. Indications of Surgery in Infective Endocarditis. *Curr Infect Dis Rep* 2017;19:10. <https://doi.org/10.1007/s11908-017-0569-6>.
- [45] An assessment of transesophageal echocardiography studies rated as rarely appropriate tests for infective endocarditis at an academic medical center. - PubMed - NCBI n.d. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31705577> (accessed February 14, 2020).
- [46] Hilberath JN, Oakes DA, Shernan SK, Bulwer BE, D'Ambra MN, Eltzschig HK. Safety of transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr* 2010;23:1115–27; quiz 1220–1. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.08.013>.
- [47] Rao GA, Sajjani NV, Kusnetzky LL, Main ML. Appropriate utilization of transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 2009;103:727–9. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2008.11.013>.
- [48] Dixon G, Christov G. Infective endocarditis in children: an update. *Curr Opin Infect Dis* 2017;30:257–67. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000370>.
- [49] Baltimore RS, Gewitz M, Baddour LM, Beerman LB, Jackson MA, Lockhart PB, et al. Infective Endocarditis in Childhood: 2015 Update: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2015;132:1487–515. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000298>.
- [50] Coisne A, Dreyfus J, Bohbot Y, Pelletier V, Collette E, Cescau A, et al. Transoesophageal echocardiography current practice in France: A multicentre study. *Arch Cardiovasc Dis* 2018;111:730–8. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2018.03.014>.
- [51] Three-dimensional compared to two-dimensional transesophageal echocardiography for diagnosis of infective endocarditis. - PubMed - NCBI n.d. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27189337> (accessed February 14, 2020).
- [52] Sandman L, Munthe C. Shared Decision Making, Paternalism and Patient Choice. *Health Care Anal* 2010;18:60–84. <https://doi.org/10.1007/s10728-008-0108-6>.
- [53] Article R4127-4 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000006912862/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006912862/) (accessed April 30, 2021).

- [54] recommandations\_-  
\_delivrance\_de\_linformation\_a\_la\_personne\_sur\_son\_etat\_de\_sante.pdf n.d.
- [55] Code de la santé publique - Article L1111-2. vol. L1111-2. n.d.
- [56] Code de la santé publique | Article R1110-1. n.d.
- [57] Code de la santé publique - Article L1110-12. vol. L1110-12. n.d.
- [58] Ruberton PM, Huynh HP, Miller TA, Kruse E, Chancellor J, Lyubomirsky S. The relationship between physician humility, physician-patient communication, and patient health. *Patient Educ Couns* 2016;99:1138–45. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2016.01.012>.
- [59] Shay LA, Lafata JE. Where is the evidence? A systematic review of shared decision making and patient outcomes. *Med Decis Mak Int J Soc Med Decis Mak* 2015;35:114–31. <https://doi.org/10.1177/0272989X14551638>.
- [60] Haskard Zolnierok KB, DiMatteo MR. Physician Communication and Patient Adherence to Treatment: A Meta-analysis. *Med Care* 2009;47:826–34. <https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e31819a5acc>.
- [61] Wynia MK, Osborn CY. Health Literacy and Communication Quality in Health Care Organizations. *J Health Commun* 2010;15:102–15. <https://doi.org/10.1080/10810730.2010.499981>.
- [62] Delbanco T, Walker J, Bell SK, Darer JD, Elmore JG, Farag N, et al. Inviting Patients to Read Their Doctors' Notes: A Quasi-experimental Study and a Look Ahead. *Ann Intern Med* 2012;157:461. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-157-7-201210020-00002>.
- [63] Stableford S, Mettger W. Plain language: a strategic response to the health literacy challenge. *J Public Health Policy* 2007;28:71–93. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jphp.3200102>.
- [64] Code de la santé publique - Article R4127-35. vol. R4127-35. n.d.
- [65] HAS. Recommandations : Delivrance de l'information à la personne sur son état de santé. 2012.
- [66] Joffre F. Recommandations générales pour l'élaboration d'un compte-rendu radiologique (CRR). *J Radiol* 2007;88:304–6. [https://doi.org/10.1016/S0221-0363\(07\)89822-2](https://doi.org/10.1016/S0221-0363(07)89822-2).
- [67] HAS. Cahier des charges compte-rendu médicaux 2014.
- [68] HAS. Indicateurs relatifs au compte rendu radiologique - HAS 2016. [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2016-10/6.2\\_indicateurs\\_cr\\_radiologie.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2016-10/6.2_indicateurs_cr_radiologie.pdf) (accessed September 4, 2020).
- [69] Flachskampf F. Recommendations for Performing Transoesophageal Echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2001;2:8–21. <https://doi.org/10.1053/euje.2000.0066>.
- [70] Tait AR, Voepel-Lewis T, Zikmund-Fisher BJ, Fagerlin A. Presenting Research Risks and Benefits to Parents: Does Format Matter? *Anesth Analg* 2010;111:718–23. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181e8570a>.
- [71] Hawley ST, Zikmund-Fisher B, Ubel P, Jancovic A, Lucas T, Fagerlin A. The impact of the format of graphical presentation on health-related knowledge and

- treatment choices. *Patient Educ Couns* 2008;73:448–55. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2008.07.023>.
- [72] Bantug ET, Coles T, Smith KC, Snyder CF, Rouette J, Brundage MD. Graphical displays of patient-reported outcomes (PRO) for use in clinical practice: What makes a pro picture worth a thousand words? *Patient Educ Couns* 2016;99:483–90. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2015.10.027>.
- [73] Mityul MI, Gilcrease-Garcia B, Searleman A, Demertzis JL, Gunn AJ. Interpretive Differences Between Patients and Radiologists Regarding the Diagnostic Confidence Associated With Commonly Used Phrases in the Radiology Report. *AJR Am J Roentgenol* 2018;210:123–6. <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18448>.
- [74] Understanding pelvic ultrasound reports | GPonline n.d. <https://www.gponline.com/understanding-pelvic-ultrasound-reports/article/1032736> (accessed June 16, 2020).
- [75] Coakley FV, Liberman L, Panicek DM. Style guidelines for radiology reporting: a manner of speaking. *AJR Am J Roentgenol* 2003;180:327–8. <https://doi.org/10.2214/ajr.180.2.1800327>.
- [76] Edwards H, Smith J, Weston M. What makes a good ultrasound report? *Ultrasound J Br Med Ultrasound Soc* 2014;22:57–60. <https://doi.org/10.1177/1742271X13515216>.
- [77] Bekouti JT, Rambolarimanana M, Adossou AC, Ranaivosoa MR, Prudencio R, Lawani PB, et al. [The role of transesophageal echocardiography (TEE): case study conducted at the Dax Hospital Center]. *Pan Afr Med J* 2021;38:296. <https://doi.org/10.11604/pamj.2021.38.296.22464>.
- [78] Hubert G, Galinski M, Ruscev M, Lapostolle F, Adnet F. Information médicale : de l'hôpital à la ville. Que perçoit le médecin traitant ? *Presse Médicale* 2009;38:1404–9. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2009.03.013>.
- [79] Grieve FM, Plumb AA, Khan SH. Radiology reporting: a general practitioner's perspective. *Br J Radiol* 2010;83:17–22. <https://doi.org/10.1259/bjr/16360063>.
- [80] European Society of Radiology (ESR). Good practice for radiological reporting. Guidelines from the European Society of Radiology (ESR). *Insights Imaging* 2011;2:93–6. <https://doi.org/10.1007/s13244-011-0066-7>.
- [81] Patient Feedback On Radiology Reports n.d. <https://www.rsna.org/en/news/2019/March/Patient-Feedback-On-Radiology-Reports> (accessed June 16, 2020).
- [82] Lehne M, Sass J, Essenwanger A, Schepers J, Thun S. Why digital medicine depends on interoperability. *Npj Digit Med* 2019;2:1–5. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0158-1>.
- [83] Lauriot Dit Prevost A, Trencart M, Gaillard V, Bouzille G, Besson R, Sharma D, et al. ICIPMIR: Improving the Completeness, Interoperability and Patient Explanations of Medical Imaging Reports. *Stud Health Technol Inform* 2021;281:422–6. <https://doi.org/10.3233/SHTI210193>.
- [84] Edwards H, Smith J, Weston M. What makes a good ultrasound report? *Ultrasound J Br Med Ultrasound Soc* 2014;22:57–60. <https://doi.org/10.1177/1742271X13515216>.

- [85] Ernst BP, Katzer F, Künzel J, Hodeib M, Strieth S, Eckrich J, et al. Impact of structured reporting on developing head and neck ultrasound skills. *BMC Med Educ* 2019;19. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1538-6>.
- [86] What is UML | Unified Modeling Language n.d. <https://www.uml.org/what-is-uml.htm> (accessed November 18, 2021).
- [87] Wright A, Andrews H, Hutton B. JSON Schema. 2019.
- [88] Ben Kiki O, Evans C, Net I döt. YAML Ain't Markup Language (YAML). 2009.
- [89] Martignene N, Lamer A. Goupile. Goupile 2020. <https://goupile.fr> (accessed October 6, 2020).
- [90] Danton gary. Radiology Reporting, Changes Worth Making Are Never Easy n.d. <https://appliedradiology.com/articles/radiology-reporting-changes-worth-making-are-never-easy> (accessed June 19, 2020).
- [91] Hawley ST, Zikmund-Fisher B, Ubel P, Jancovic A, Lucas T, Fagerlin A. The impact of the format of graphical presentation on health-related knowledge and treatment choices. *Patient Educ Couns* 2008;73:448–55. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2008.07.023>.
- [92] Mahmoudvand Z, Kamkar M, Shahmoradi L, Nejad AF. Determination of Minimum Data Set (MSD) in Echocardiography Reporting System to Exchange with Iran's Electronic Health Record (EHR) System. *Acta Inform Medica* 2016;24:116–9. <https://doi.org/10.5455/aim.2016.24.116-119>.
- [93] Schwab R, Pahk E, Lachter J. Impact of endoscopic ultrasound quality assessment on improving endoscopic ultrasound reports and procedures. *World J Gastrointest Endosc* 2016;8:362–7. <https://doi.org/10.4253/wjge.v8.i8.362>.
- [94] Toepfer M, Corovic H, Fette G, Klügl P, Störk S, Puppe F. Fine-grained information extraction from German transthoracic echocardiography reports. *BMC Med Inform Decis Mak* 2015;15. <https://doi.org/10.1186/s12911-015-0215-x>.
- [95] Kuhn K, Zemmler T, Reichert M, Heinlein C, Roesner D. Structured data collection and knowledge-based user guidance for abdominal ultrasound reporting. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care* 1993:311–5.
- [96] Forsberg TA, Sevenster M, Bieganski S, Bhagat P, Kanasseril M, Jia Y, et al. Automated mutual exclusion rules discovery for structured observational codes in echocardiography reporting. *AMIA Annu Symp Proc* 2015;2015:570–9.
- [97] Bell DS, Greenes RA, Doubilet P. Form-based clinical input from a structured vocabulary: initial application in ultrasound reporting. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care* 1992:789–90.
- [98] Lee R, Cohen MD, Jennings GS. A new method of evaluating the quality of radiology reports. *Acad Radiol* 2006;13:241–8. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2005.10.015>.
- [99] Larson DB. Strategies for Implementing a Standardized Structured Radiology Reporting Program. *RadioGraphics* 2018;38:1705–16. <https://doi.org/10.1148/rg.2018180040>.
- [100] Mao H, Chi C, Yu J, Yang P, Qian C, Zhao D. QRStream: A Secure and Convenient Method for Text Healthcare Data Transferring. *Annu Int Conf IEEE Eng*

Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Int Conf 2019;2019:3458–62.  
<https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856946>.

- [101] Plumb A a. O, Grieve FM, Khan SH. Survey of hospital clinicians' preferences regarding the format of radiology reports. *Clin Radiol* 2009;64:386–94; 395–6.  
<https://doi.org/10.1016/j.crad.2008.11.009>.

# Annexe 1 JSON schema

```
"$schema": "https://json-schema.org/draft/2019-09/schema#",
"title": "Transoesophageal Echocardiography Report",
"type": "object",
"required": ["patient_first_name", "patient_birth", "conclusion_validation"],
"properties": {
  "identifier": {
    "type": "string",
    "description": "Patient unique identifier",
    "minLen": 13,
    "maxLen": 13,
    "pattern": "^[0-9aAbB]{13}$"
  },
  "patient_first_name": {
    "type": "string",
    "description": "Patient's first name"
  },
  "patient_name": {
    "type": "string",
    "description": "Patient's name"
  },
  "patient_birth": {
    "type": "string",
    "description": "Date of birth, format yyyy-mm-dd",
    "format": "date"
  },
  "physician": {
    "type": "string",
    "description": "Physician responsible for the interpretation of the imaging results"
  },
  "exam_type": {
    "type": "categorical",
    "description": "Exam type",
    "enum": ["transoesophageal echocardiography"]
  },
  "exam_date_time": {
    "type": "string",
    "description": "Date and time of exam, format yyyy-mm-ddThh:mm:ss+00:00",
    "format": "date-time"
  },
  "device_model": {
    "type": "string",
    "description": "Model of imaging device"
  },
  "device_date": {
    "type": "string",
    "description": "manufacture date of imaging device, format yyyy"
    "format": "date"
  },
  "exam_indication": {
    "type": "categorical",
    "description": "Exam indication",
    "enum": ["Endocarditis First Examination", "Follow up", "Other", "NA"]
  },
  "exam_echogenicity": {
    "type": "categorical",
    "description": "patient echogenicity undergoing examination",
    "enum": ["high echogenicity", "moderate echogenicity", "low echogenicity", "NA"]
  },
  "exam_tolerance": {
    "type": "categorical",
    "description": "patient tolerance during exam",
    "enum": ["good tolerance", "moderate tolerance", "poor tolerance", "NA"]
  },
  "valve_n": {
    "type": "string",
    "description": "cardiac valve",
    "minimum": 0,
    "maximum": 4
  },
}
```



```

"valve": {
  "type": "object",
  "properties": {
    "valve_location": {
      "type": "categorical",
      "description": "Cardiac valve location",
      "enum": ["Aortic", "Mitral", "Pulmonary", "Tricuspid"],
      "default": "Aortic"
    },
    "valve_nature": {
      "type": "categorical",
      "description": "Valve nature",
      "enum": ["Native", "Prosthetic"],
      "default": "Native"
    },
    "abcess": {
      "type": "categorical",
      "description": "presence of abcess on the valve",
      "enum": ["Yes", "No", "NA"],
      "default": "No"
    },
    "valvular_dehiscence": {
      "type": "categorical",
      "description": "presence of valvular dehiscence",
      "enum": ["Yes", "No", "NA"],
      "default": "No"
    },
    "valvular_aneurysm": {
      "type": "categorical",
      "description": "presence of valvular aneurysm",
      "enum": ["Yes", "No", "NA"],
      "default": "No"
    },
    "valvular_perforation": {
      "type": "categorical",
      "description": "presence of valvular perforation",
      "enum": ["Yes", "No", "NA"],
      "default": "No"
    },
    "pseudoaneurysm": {
      "type": "categorical",
      "description": "presence of pseudoaneurysm near the valve",
      "enum": ["Yes", "No", "NA"],
      "default": "No"
    },
    "comment": {
      "type": "string",
      "description": "Free text for manually added to the valve description and acute complication"
    }
  }
},
"vegetation_n": {
  "type": "integer",
  "description": "Number of vegetation detected on the exam",
  "minimum": 0,
  "maximum": 10
},
"vegetation_results": {
  "type": "object",
  "properties": {
    "vegetation_id": {
      "type": "string",
      "description": "Generated hash id for each successively described vegetation",
    },
    "size_1": {
      "type": "real",
      "description": "vegetation maximal axis (mm)",
      "exclusiveMinimum": 0,
      "maximum": 50
    },
    "size_2": {
      "type": "real",
      "description": "vegetation maximal axis approximately perpendicular to first axis (mm)",
      "exclusiveMinimum": 0,
      "maximum": 50
    }
  }
},

```

```

        "mobility": {
            "type": "categorical",
            "description": "vegetation mobility",
            "enum": ["low", "medium", "high"],
            "defaults": "Low"
        },
        "comment": {
            "type": "string",
            "description": "Free text for manually added to the vegetation description"
        }
    }
}
"findings": {
    "type": "categorical",
    "description": "exam concluding into endocarditis"
    "enum": ["endocarditis confirmed", "endocarditis not confirmed", "other diagnosis"],
},
"comment": {
    "type": "string",
    "description": "Free text for manually added results or comment"
},
"conclusion": {
    "type": "string",
    "description": "Text conclusion, automatically generated, and validated by the imaging physician"
},
"conclusion_validation": {
    "type": "boolean",
    "description": "The physician must validate the automatically generated conclusion, after manual modification if required",
    "enum": ["true", "false"],
    "default": "false"
}
}
}

```

**AUTEUR : Nom :** THOMAS

**Prénom :** Camille

**Date de Soutenance :** 25/05/2022

**Titre de la Thèse :** Améliorer la communication des résultats d'échographie transoesophagienne au médecin généraliste et au patient : informations nécessaires, représentation graphique et transmission dématérialisée.

**Thèse - Médecine - Lille 2022**

**Cadre de classement :** Médecine générale

**DES :** Médecine Générale

**Mots-clés :** échographie transoesophagienne, information médicale, QR code, compte-rendu standardisé, schéma

### **Résumé :**

**Contexte :** La délivrance de l'information médicale est primordiale pour une approche centrée sur le patient en soins primaires. La standardisation des comptes-rendus d'examen et l'utilisation de documents iconographiques permet d'améliorer la qualité de l'information médicale transmise entre professionnels de santé, notamment dans le cas de l'échographie transoesophagienne (ETO) en cas d'endocardite infectieuse.

**Matériel et Méthodes :** En cinq étapes, nous avons défini les champs nécessaires aux comptes-rendus d'ETO via une revue de littérature, un avis d'expert et le retour de médecins généralistes. Puis nous avons établi un modèle de données, un modèle de compte-rendu prérédigé puis réalisé des représentations iconographiques pour enfin générer un QR code reprenant l'ensemble des données structurées.

**Résultats :** La revue de littérature et l'avis d'un expert ont permis de sélectionner les 24 champs indispensables à la modélisation d'un compte-rendu dans le cadre de l'ETO en cas d'endocardite infectieuse. Un modèle de données sous forme d'un diagramme UML et d'un schéma JSON a ensuite été défini, puis un exemple fictif de compte-rendu au format YAML. Ces données ont servi à générer un compte-rendu textuel et une iconographie. Enfin, les données obtenues au format YAML ont été transmises et intégrées via un QR code.

### **Composition du Jury :**

**Président :** Monsieur le Professeur Emmanuel Chazard

**Asseseurs :** Monsieur le Docteur Matthieu Calafiore

**Directeur de thèse :** Monsieur le Docteur Arthur Lauriot Dit Prevost