



ANNEE 2008

N°54

L'ECHOCARDIOGRAPHIE

PRINCIPES, REALISATION DE L'EXAMEN ET DIAGNOSTIC DES PRINCIPALES CARDIOPATHIES ACQUISES DANS L'ESPECE CANINE

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 24 Novembre 2008 devant la FACULTE DE
MEDECINE, DE PHARMACIE ET D'ODONTO-STOMATOLOGIE DE DAKAR pour
obtenir le grade de

**DOCTEUR EN MEDECINE VETERINAIRE
(DIPLOME D'ETAT)**

Par

Jacques FORGET

Né le 14 Décembre 1982
à Mulhouse (Haut-Rhin, France)

Jury

Président du Jury :

M. Bernard Marcel DIOP

Professeur à la faculté de Médecine, de Pharmacie et
d'Odonto-Stomatologie de Dakar

Directeur et rapporteur
de thèse :

M. Yalacé Yamba KABORET

Professeur à l'EISMV de Dakar

Membre :

M. Serge Niangoran BAKOU

Maître de conférences agrégé à l'EISMV de Dakar

DEDICACES

A mon papa ;

pour m'avoir toujours épaulé, surtout dans les moments difficiles ;
pour avoir été et continuer à être ma référence en termes de
culture et de médecine ;

pour enfin après toutes ces années avoir accompli quelque chose
dont tu puisses être fier ;

Ce travail t'est plus qu'à tout autre dédié.

A ma maman ;

pour ton soutien indéfectible et ton amour, pour avoir toujours cru
en moi, même aux heures les plus sombres.

A Pierre et Marie, mon grand frère et ma grande sœur, pour avoir su me
protéger quand cela était nécessaire, pour les bons moments passés et
à venir, pour les galères partagées aussi.

A mes grands parents, particulièrement Mamie Suzanne.

A ma famille, marraine, tantes, oncles, cousins.

A mes amis les kükeurs, ma bande de copains connards, pour continuer
à me supporter contre toute logique...pas besoin de vous citer je pense
que vous vous reconnaitrez.

A Christian, pour ces quatre années passées, les parties de foot dans le
salon, les bonnes poilades comme les prises de gueule dans la colloc'...
A Thomas, même commentaire, je te souhaite plein de bonheur avec
Mylène... On est ensemble.

A Elise, pour avoir été source de motivation dans cette aventure.

A Jenna et Estelle, pour avoir apporté un peu de fraîcheur et un regard
neuf dans notre petite communauté.

A Jerome Thonnat, pour les longues discussions et l'appui qu'il nous aura fourni à la réalisation de nos projets.

Aux étudiants de l'EISMV ainsi qu'au personnel enseignant de l'école ayant rendu possible ces années d'études.

A tous mes camarades de la 36^{ème} promotion.

Aux Dr Mariella DeNies, Dr Gaelle Cottonnec, Dr Virginie Themans, ainsi qu'aux ASV de la Clinique DeNies, pour m'avoir souvent supporté et avoir partagé leurs connaissances avec patience et bonne humeur.

Au Dr François Sager, pour avoir toléré ma présence lors de chirurgies parfois animées, ainsi qu'à son assistante.

Au Dr Isabelle Bublot, ainsi qu'au Pr Jean Luc Cadoré, pour m'avoir accueilli en stage au sein de l'unité de médecine de l'ENVL, pour m'avoir enseigné les rudiments de l'échocardiographie, et pour m'avoir fourni une bonne partie de l'iconographie illustrant ce document.

Aux Dr Jacques Fournel, Dr Christophe Durant, Dr Damien Bollon, de la clinique du Bas Bugéy, pour avoir toléré ma présence et mes erreurs à la clinique.

Aux ASV de la clinique du Bas Bugéy, sans qui tout apprentissage serait impossible.

Au Dr Sophie Romand, pour m'avoir fait confiance dès le début, pour m'avoir enseigné énormément et avoir grandement contribué à la réalisation de cette thèse, pour m'avoir donné goût à l'imagerie médicale, et pour me donner l'exemple, un point de repère pour ma carrière à venir. Merci.

A toutes les personnes que j'ai omis de citer et qui de près ou de loin ont cru en moi durant mon parcours tortueux.

Enfin, à tous ceux qui ne liront que ces dédicaces.

REMERCIEMENTS

- Au Professeur Yalacé Yamba KABORET ;
- Au Professeur Bernard Marcel DIOP ;
- Au Professeur Serge Niangoran BAKOU ;
- Au Professeur Germain Jérôme SAWADOGO ;
- Au Professeur Louis Joseph PANGUI ;
- Au Professeur Moussa ASSANE ;
- Au Dr Jerome THONNAT ;
- Au Dr Hubert VILLON ;
- Au corps enseignant de l'E.I.SM.V. ;
- A Madame Mariam DIOUF, de l'E.I.S.M.V. ;
- A tout le personnel de l'E.I.S.M.V. ;
- Au Dr Sophie ROMAND ;
- A toutes les personnes nous ayant soutenu au cours de nos études et pour la réalisation de cette thèse.

A NOS MAITRES ET JUGES

A notre président de jury, Monsieur Bernard Marcel DIOP

Professeur à la faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de Dakar.

Vous nous faites un grand honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Veuillez accepter nos hommages respectueux.

A Monsieur Yalacé Yamba KABORET

Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar.

Pour nous avoir fait l'honneur d'encadrer et diriger ce travail.

Vos qualités humaines et d'homme de science suscitent respect et admiration.

Voici l'expression de notre très grande gratitude, nos remerciements les plus sincères et les plus cordiaux.

A Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO

Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar.

Qui nous a fait l'honneur d'accepter de siéger dans ce jury, malgré ses nombreuses occupations.

Vos qualités intellectuelles et votre abord facile nous ont marqué.

Soyez assuré de notre estime et de notre considération.

« Par délibération, la faculté et l'école ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leur auteurs et qu'elles n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation. »

LISTE DES ABREVIATIONS

- AD Atrium Droit
- AG Atrium Gauche
- Ao Aorte
- APD Artère Pulmonaire Droite
- APG Artère Pulmonaire Gauche
- AuD Auricule Droit
- AuG Auricule Gauche
- BD ou 2D Bidimensionnel
- CCVD Chambre de Chasse du Ventricule Droit
- CCVG Chambre de Chasse du Ventricule Gauche
- CIA Communication InterAtriale
- CIV Communication InterVentriculaire
- Ed Epaisseur diastolique de la paroi libre du ventricule gauche
- Es Epaisseur systolique de la paroi libre du ventricule gauche
- EPd Epanchement Péricardique
- EPI Epanchement Pleural
- FAM Feuillet Antérieur Mitral
- FPM Feuillet Postérieur Mitral
- FR Fraction de Raccourcissement
- IECA Inhibiteur de l'Enzyme de Conversion en Angiotensine
- MPA Muscle Papillaire Antérieur
- MPP Muscle Papillaire Postérieur
- P Pilier
- PCA Persistance du Canal Artériel
- PPVG Paroi Postérieure du Ventricule Gauche
- PPVGd Epaisseur de la Paroi Postérieure du Ventricule Gauche en diastole
- PPVGs Epaisseur de la Paroi Postérieure du Ventricule Gauche en systole
- SAM Systolic Anterior Motion (=mouvement systolique antérieur de la valve mitrale)
- SD Sigmoides Droite
- SG Sigmoides Gauche
- SIA Septum Interatrial
- SIV Septum Interventriculaire

- SIVd Epaisseur du Septum Interventriculaire en diastole
- SIVs Epaisseur du Septum Interventriculaire en systole
- SNC Sigmoïde aortique Non Coronaire
- StP Sténose Pulmonaire
- SP Sigmoïdes Pulmonaires
- TM Temps Mouvement
- TP Tronc Pulmonaire
- VD Ventricule Droit
- VE Volume d'Echantillonnage
- VG Ventricule Gauche
- VGd Diamètre interne du Ventricule Gauche en diastole
- VGs Diamètre interne du Ventricule Gauche en systole
- VM Valvule Mitrale
- VS Valvule Sigmoïde
- VP Valvule Pulmonaire
- VT Valvule Tricuspide
- VVGd Volume Ventriculaire Gauche télédiastolique
- VVGs Volume Ventriculaire Gauche télésystolique

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Première partie : Principes généraux et méthodologie

Figure 1 :	Position normale du coeur chez le chien	p8
Figure 2:	Aires d'auscultation et fenêtre parasternale droite	p10
Figure 3:	Aires d'auscultation et fenêtres parasternales gauches	p11
Figure 4:	Sonde mécanique annulaire	p12
Figure 5:	Sonde électronique microconvexe 6.5 MHz	p12
Figure 6:	Plan de coupe petit axe transmitrale	p19
Figure 7:	Plan de coupe petit axe transaortique	p19
Figure 8:	Plan de coupe grand axe 4 cavités	p20
Figure 9:	Plan de coupe grand axe "5" cavités	p21
Figure 10:	Plan de coupe grand axe 4 cavités gauche	p22
Figure 11:	Plan de coupe grand axe "5" cavités gauche	p23
Figure 12 :	Schéma des différents types de TM	p24
Figure 13 :	Echogramme en incidence transventriculaire	p27
Figure 14 :	Echogramme en incidence transmitrale	p31
Figure 15:	Echogramme en incidence transaortique	p33
Figure 16 :	Calcul du temps d'éjection aortique	p35
Figure 17 :	Doppler pulsé (artère fémorale de chien)	p40
Figure 18:	Doppler couleur (artère fémorale de chien)	p42
Figure 19:	Aliasing en mode Doppler pulsé	p43
Figure 20:	Aliasing en Doppler couleur	p44
Figure 21:	Artéfact de réverbération	p47

Deuxième partie : Examen normal et diagnostic des cardiopathies par échographie

Chapitre I : Chez le chien normal

Figure 22 :	Coupe transventriculaire en systole	p58
Figure 23:	Coupe transventriculaire en diastole	p59
Figure 24:	Tm transventriculaire et mesure de la fraction de raccourcissement	p59
Figure 25 :	Coupe transmitrale en systole	p59
Figure 26:	Coupe transmitrale en diastole	p60
Figure 27:	TM transmitral	p60
Figure 28:	Coupe petit axe transaortique et calcul du rapport AG/Ao	p60
Figure 29:	Coupe petit axe transaortique modifiée	p61

Figure 30: Doppler pulmonaire couleur	p61
Figure 31 : Doppler pulsé pulmonaire	p62
Figure 32: Coupe 4 cavités droite en systole	p62
Figure 33: Coupe 4 cavités droite en diastole	p63
Figure 34: Coupe 5 cavités droite en systole	p63
Figure 35: Coupe 5 cavités droite en diastole	p63
Figure 36: Coupe 4cavités gauche	p64
Figure 37: Doppler pulsé mitral	p65
Figure 38: Doppler pulsé tricuspide	p65
Figure 39: Coupe 5 cavités gauche	p66
Figure 40: Doppler pulsé aortique et pulmonaire	p66

Chapitre II : Principales cardiopathies acquises chez le chien

Figure 41 : Dilatation de l'atrium gauche	p69
Figure 42 : Hypercontractilité ventriculaire gauche	p70
Figure 43 : Aspect en forme de massue d'un feuillet mitral	p70
Figure 44 : Modifications valvulaires lors d'endocardiose	p71
Figure 45 : Aplatissement de la valve mitrale	p71
Figure 46 : Ballonnement du feuillet septal mitral dans l'atrium gauche (prolapsus)	p72
Figure 47 : Prolapsus mitral avec rupture des cordages tendineux	p72
Figure 48 : Insuffisance mitrale importante consécutive au prolapsus	p72
Figure 49 : Végétations valvulaires en mode BD	p75
Figure 50 : Végétations valvulaires en mode TM	p75
Figure 51 : Régurgitation mitrale lors de CMD	p78
Figure 52 : Mesure du flux d'insuffisance	p78
Figure 53 : Dilatation ventriculaire et atriale gauche	p79
Figure 54 : Mesure du rapport AG/Ao	p79
Figure 55 : Cardiomyopathie dilatée en mode TM transmitral	p80
Figure 56 : Hypocontractilité ventriculaire lors de CMD	p80
Figure 57 : Hypertrophie septale et obstruction de la CCVG lors d'une CMH	p85
Figure 58 : SAM, obstruction de la CCVG et insuffisance mitrale lors d'une CMH	p86
Figure 59 : Fibrose d'un pilier mitral lors d'endocardite	p87
Figure 60 : Epanchement péricardique et collapsus de l'atrium droit vu par abord droit	p91
Figure 61 : Epanchement péricardique et collapsus de l'atrium droit vu par abord gauche	p92
Figure 62 : Hémangiosarcome empiétant sur le cœur droit, associé à un volumineux épanchement péricardique	p99

- Figure 63 : Chémodectome enserrant l'aorte p99
- Figure 64 : Masse tumorale de nature indéterminée dans laquelle on distingue les structures cardiaques p100
- Figure 65 : Coupe transaortique modifiée permettant de visualiser des filaires p103
- Figure 66 : TM transventriculaire correspondant à un cœur pulmonaire chronique p105
- Figure 67 : Hypocontractilité ventriculaire gauche et bradycardie en relation avec une hypothyroïdie p106
- Figure 68 : Coupe 4 cavités d'un chien présenté pour tachycardie sans souffle. L'hypertrophie myocardique est bien visible p107
- Figure 69 : Perte de contractilité consécutive à un traitement à l'adriblastine p108

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I :	
Positionnement de l'axe de tir du TM transventriculaire	p25
Tableau II :	
Fraction de raccourcissement	p28
Tableau III :	
Pourcentage d'épaississement des parois	p29
Tableau IV :	
Positionnement de l'axe de tir pour le TM transmitral	p30
Tableau V :	
Facteurs de variation des indices mesurés	p37
Tableau VI:	
Variations des principales mesures et des indices échocardiographiques en fonction du poids (d'après étude graphique)	p38
Tableau VII:	
Principales mesures permettant d'évaluer la fonction systolique du ventricule gauche chez 12 races de chien au travers de 8 études	p39
Tableau VIII:	
Classification de l'insuffisance mitrale et traitement	p73
Tableau IX:	
Formes raciales particulières de CMD	p81
Tableau X:	
Fréquence des principales causes d'épanchement péricardique chez le chien	p95
Tableau XI:	
Eléments pronostics et traitement des principales tumeurs cardiaques chez le chien	p101

GLOSSAIRE (d'après [38,45])

- Absorption : mesurée par un coefficient, elle traduit la « résistance » d'un milieu aux ultrasons. L'énergie absorbée est transformée en chaleur. Le coefficient d'absorption est élevé pour un milieu à très faible cohésion moléculaire (comme l'air) et au contraire faible pour un milieu à forte cohésion moléculaire (comme l'os).
- Aliasing (effet Nyquist) : « repliement » = ambiguïté en vitesse (en mode Doppler pulsé) : inversion artéfactuelle du sens du flux examiné lorsque sa vitesse dépasse la limite de Nyquist.
- Ambiguïté axiale : ambiguïté en distance (en mode Doppler continu) : impossibilité de localisation précise de la vitesse maximale sur l'axe de tir Doppler.
- Ambiguïté azimutale : Ambiguïté résultant du fait que le flux est tridimensionnel et que la mesure Doppler est réalisée dans un seul plan, donc même si le tir Doppler semble parfaitement dans l'axe sur l'image bidimensionnelle, on n'est jamais certain d'être parfaitement dans l'axe du flux. Il en résulte une sous-estimation de la vitesse maximale.
- Anéchogène : se dit d'un milieu qui laisse parfaitement passer les ultrasons, aucun écho n'étant réfléchi. L'image correspondante sur le moniteur est noire.
- Atténuation : Perte d'énergie des ultrasons à travers les tissus, par phénomène d'absorption ou de diffusion. Elle est mesurée par la distance de demi-énergie (distance à laquelle les ultrasons ont perdu la moitié de leur énergie).
- Bernouilli (équation de) : $\Delta P = P_1 - P_2 = 4(V_2^2 - V_1^2)$
Equation simplifiée $P_1 - P_2 = 4.V_2^2$ (lorsque $V_2 \gg V_1$)
Avec ΔP gradient de pression
 P_1 et P_2 pressions dans les cavités 1 et 2
 V_1 et V_2 vitesses des flux dans les cavités 1 et 2 (en m/s).
- Bord d'attaque : Bord de l'écho le plus proche du transducteur.
- Bord de fuite : Bord le plus éloigné du transducteur.

- Cristal piézo-électrique : Cristal contenu dans la sonde échographique qui a la propriété : - d'émettre des ultrasons sous l'effet d'une impulsion électrique et/ou
-de recevoir les ultrasons et de les transformer en impulsions électriques.
- Diffusion : consiste en une réémission des ultrasons par les inhomogénéités du tissu. Elle augmente considérablement avec la fréquence (proportionnelle à $1/\lambda^4$).
- Doppler : (Christian Johan, 1803-1853) : physicien autrichien.
 - Effet Doppler : variation de la fréquence des sons réfléchis (et notamment des ultrasons) lorsqu'ils rencontrent un objet mobile : la fréquence augmente lorsque l'objet s'approche et diminue lorsque l'objet s'éloigne.
 - Equation Doppler : $v = Fd \cdot C / F_0 \cos \delta$
avec v = vitesse du flux
 Fd = fréquence Doppler (Hz) = $F - F_0$
 F_0 = fréquence d'émission de la sonde
 F = fréquence reçue
 c = célérité des ultrasons dans le milieu (m/s)
 δ = angle d'interception = angle d'incidence pour le tir Doppler, l'idéal théorique étant de 0° , l'idéal pratique étant inférieur ou égal à 20° .
 - Mode Doppler continu : un cristal émet et un cristal reçoit en permanence des ultrasons. La vitesse du flux est calculée sur un axe ce qui induit une ambiguïté en distance.
 - Mode Doppler pulsé : le même cristal émet et reçoit les ultrasons. La vitesse du flux est calculée à partir d'un volume anatomique restreint : le *volume d'échantillon*.
 - Mode Doppler à codage couleur : il s'agit d'un modèle pulsé particulier avec lequel on utilise des centaines de volumes d'échantillons, où chaque vitesse obtenue est traduite par un carré de couleur (rouge pour les vitesses positives, bleues pour les vitesses négatives, c'est le code BART ; Blue Away, Red Toward).
- Echos : ultrasons réfléchis après avoir rencontré un obstacle.
- Echogène : se dit d'un milieu dans lequel une partie des ultrasons est réfléchi et l'autre pénètre dans le milieu. L'image correspondante sur le moniteur est grise.
- Fraction d'éjection (FE) : Indice de la fonction ventriculaire gauche.
 $FE = (\text{vol VGd} - \text{vol VGs}) / \text{vol VGd}$
- Fraction de raccourcissement (FR) : Indice de la fonction ventriculaire gauche.
 $FR = (\text{VGd} - \text{VGs}) / \text{VGd}$

- Fréquence (F) : nombre de vagues d'ultrasons par unités de temps. Elle est exprimée en Hertz (Hz), 1 Hz correspondant à 1 cycle par seconde.

- Gain : - *courbe TGC* (« Time Gain Control ») = gains par niveaux, permettant de contrôler la luminosité obtenue sur le moniteur à différentes profondeurs. On règle l'appareil de façon à obtenir la même luminosité pour un même tissu sur toute la profondeur explorée. On compense ainsi l'atténuation.

 - *gain total* : permet de régler la luminosité du moniteur.

- Hyperéchogène : se dit d'un milieu où la majeure partie des ultrasons est réfléchi. L'image correspondante sur le moniteur est blanche.

- Hypoéchogène : se dit d'un milieu où la majeure partie des ultrasons traversent, et où très peu d'entre eux sont réfléchis. L'image correspondante sur le moniteur est gris sombre.

- Impédance acoustique (Z) : du latin « impedere » = empêcher : inertie présentée par un milieu traversé par des ultrasons. $Z = d \cdot c$

 - avec d = densité du milieu

 - et c = célérité des ultrasons dans le milieu (m/s)

- Interface acoustique : surface de séparation entre deux milieux d'impédance acoustique différente.

- Isoéchogène : se dit de deux milieux d'échogénicités identiques.

- Longueur d'onde (λ) : distance entre 2 points consécutifs de même phase d'un mouvement ondulatoire (comme un son par exemple). $\lambda = c/F$ (c = célérité (m/s) ; F = fréquence (Hz)).

- Modes échographiques

 - Mode A (A = Amplitude) : chaque ultrason réfléchi est représenté par un pic de hauteur proportionnelle à son intensité.

 - Mode B (B = Brightness, Brilliance) : chaque ultrason est représenté par un point plus ou moins brillant selon son intensité.

 - Mode M (M = Motion, Mouvement) ou TM (Temps-Mouvement) : représentation dans le temps d'une coupe échographique en mode B.

- Nyquist (limite de) : = PRF/2. En mode Doppler pulsé, c'est le changement de fréquence maximum qui puisse être enregistré correctement. Après cette vitesse, on obtient une inversion de la vitesse (phénomène d'« aliasing »).

- Pénétration : capacité des ultrasons à avancer dans le milieu. Elle est inversement proportionnelle à la fréquence d'émission.

- PRF= « Pulse Repetition Frequency » = fréquence de récurrence : fréquence d'émission en mode Doppler pulsé. « High PRF » : Technique utilisée pour repousser la *limite de Nyquist*, consistant à utiliser de hautes fréquences d'émission ultrasonores, mais obligeant à avoir un volume d'échantillon très proche de la sonde.

- Réflexion : retour d'une partie des sons lorsqu'ils rencontrent un obstacle.

- Renforcement postérieur : augmentation artéfactuelle de l'échogénéité, distalement à un milieu de faible échogénéité.

- Résolution : capacité à distinguer 2 points très proches. La résolution est proportionnelle à la fréquence de la sonde et inversement proportionnelle aux gains.

- Résolution axiale : capacité à distinguer 2 points très proches sur l'axe du faisceau ultrasonore.

- Résolution latérale : capacité à distinguer 2 points très proches sur l'axe perpendiculaire au faisceau ultrasonore.

- Ultrasons : sons de très hautes fréquences (>20000 Hz), inaudibles pour l'oreille humaine. L'échographie médicale utilise des ultrasons de fréquence comprise entre 1 et 10 MHz.

- Vélocité=célérité (c) : vitesse à laquelle se déplacent les sons dans un milieu donné. Dans les tissus mous et le sang, la vitesse des ultrasons est à peu près constante et égale à 1540 m/s. Dans les os et les milieux de forte densité, elle est très élevée ($c = 3380\text{m/s}$). Dans l'air et les milieux de faible densité, elle est très faible ($c = 330\text{ m/s}$).

- Volume d'échantillon : en mode Doppler pulsé, c'est le volume sur lequel est examiné le flux. Il est représenté par un curseur sur le moniteur et mesure de 2 à 5 mm.

TABLE DES MATIERES

Introduction p1

PREMIERE PARTIE : PRINCIPES GENERAUX ET METHODOLOGIE

CHAPITRE I : TERMINOLOGIE ET HISTORIQUE p4

I.1) Terminologie p4

I.2) Historique de l'échographie p5

CHAPITRE II : DESCRIPTION SPECIFIQUE DES ULTRASONS, DE L'ANATOMIE CARDIAQUE, ET PRESENTATION DU MATERIEL p7

II.1) Rappels sur la physique des ultrasons p8

II.2) Rappels sur l'anatomie cardiaque p9

II.2.1) Généralités p9

II.2.2) Accès au cœur par les fenêtres acoustiques p10

II.3) Matériel : échographe et sondes échographiques p11

II.4) Optimisation de l'image p12

II.4.1) Principe d'atténuation et réglage des gains p12

II.4.2) Gel de contact acoustique p15

II.4.3) Agents de contraste p16

CHAPITRE III : MODES D'ANALYSE DISPONIBLES ET PRINCIPES TECHNIQUES p17

III.1) Mode A (écho pulsé) p17

III.2) Mode B p17

III.2.1) Mode B bidimensionnel

III.2.1.1) Echographie composée

III.2.1.2) Echographie en temps réel et coupes échographiques du cœur

III.2.2) Mode B unidimensionnel (mode TM : calcul des indices cardiaques) p24

a) *TM transventriculaire et calcul de la fraction de raccourcissement* p25

b) *TM transmitral et calcul de la distance E-Septum* p30

c) <i>TM transaortique, calcul du rapport AG/Ao et du temps d'éjection aortique)</i>	p33
III.2.3) Indices de référence et facteurs de variation	p37
III.3) Mode Doppler	p40
III.3.1) Mode Doppler pulsé	p40
III.3.2) Mode Doppler continu	p41
III.3.3) Mode Doppler couleur	p42
III.3.4) Notion d'Aliasing et de limite Nyquist	p43
III.3.5) Réglages Doppler	p45
III.4) Autres examens échocardiographiques chez le chien	p46
III.4.1) Echocardiographie de contraste ou épreuve des bulles	
III.4.2) Echocardiographie trans-œsophagienne	

CHAPITRE IV: PRESENTATION DES PRINCIPAUX PHENOMENES ULTRASONORES ET ARTEFACTS p47

DEUXIEME PARTIE: EXAMEN NORMAL ET DIAGNOSTIC DES CARDIOPATHIES PAR ECHOGRAPHIE p50

CHAPITRE I : PREPARATION DU CHIEN POUR UNE ECHOCARDIOGRAPHIE p53

I.1) Examen clinique	p53
I.2) Sédation/Tranquillisation	p53
I.3) Les six questions nécessaires à la préparation d'un examen standardisé	p54

CHAPITRE II : REALISATION DE L'EXAMEN ECHOCARDIOGRAPHIQUE CHEZ LE CHIEN NORMAL p58

II.1) Déroulement de l'examen	p57
II.2) Abord parasternal droit	p58
II.2.1) Coupes petit axe	p58
a) <i>Coupe transpapillaire-transventriculaire</i>	p58
b) <i>Coupe transmitrale</i>	p59
c) <i>Coupe transaortique</i>	p60

II.2.2) Coupes grand axe	p62
a) Coupe 4 cavités	p62
b) Coupe 5 cavités	p63
II.3) Abord parasternal gauche	p64
a) Coupe 4 cavités	p64
b) Coupe 5 cavités	p66

CHAPITRE III : DIAGNOSTIC DES CARDIOPATHIES ACQUISES CHEZ LE CHIEN

p67

III.1) Diagnostic des valvulopathies acquises

p68

III.1.1) Endocardiose mitrale

p68

- a) *Quand penser à une endocardiose mitrale ?*
- b) *Aspect échocardiographique*
- c) *Quelques pièges à éviter*
- d) *Importance de l'échocardiographie concernant le traitement*

III.1.2) Endocardite infectieuse

p74

- a) *Quand penser à une endocardite ?*
- b) *Aspect échocardiographique*
- c) *Les pièges à éviter*
- d) *Traitement, pronostic et prévention*

III.2) Diagnostic des affections myocardiques

p77

III.2.1) Cardiomyopathie dilatée (CMD)

p77

- a) *Quand penser à une cardiomyopathie dilatée ?*
- b) *Aspects échographiques*
- c) *Formes raciales particulières*
- d) *Pronostic et traitement*

III.2.2) Fibrillation atriale idiopathique (FAI)

p83

- a) *Quand penser à la FAI ?*
- b) *Aspects échographiques*

III.2.3) Cardiomyopathie hypertrophique (CMH)	p84
a) <i>Principaux symptômes</i>	
b) <i>Aspects échographiques</i>	
c) <i>Pièges de l'imagerie</i>	
d) <i>Pronostic et traitement</i>	
III.2.4) Myocardite	p87
a) <i>Principaux symptômes</i>	
b) <i>Aspect échographique</i>	
c) <i>Pronostic et traitement</i>	
III.3) Diagnostic des affections péricardiques	p89
III.3.1) Epanchements péricardiques	p90
a) <i>Aspect échographique</i>	
b) <i>Les pièges de l'imagerie échographique</i>	
c) <i>Conséquences hémodynamiques de l'épanchement péricardique</i>	
d) <i>Cytoponction échoguidée de l'épanchement péricardique : pronostic et traitement</i>	
III.3.2) Péricardites sèches ou constrictives	p96
a) <i>Examen échographique</i>	
b) <i>Pronostic</i>	
III.4) Masses cardiaques	p97
III.4.1) Les affections tumorales cardiaques	p97
a) <i>Quand faut-il penser à une tumeur cardiaque ?</i>	
b) <i>Examens échographiques</i>	
c) <i>Les pièges de l'imagerie</i>	
d) <i>Éléments pronostics et traitement des principales tumeurs cardiaques chez le chien</i>	

III.4.2) Maladie cardio-vasculaire parasitaire :la Dirofilariose	p102
a) <i>Quand penser à une dirofilariose ?</i>	
b) <i>Aspect échographique</i>	
c) <i>Traitement</i>	
III.5) Maladies systémiques ayant un retentissement cardiaque	p104
III.5.1) Cœur pulmonaire chronique	p104
a) <i>Quand penser à un cœur pulmonaire ?</i>	
b) <i>Diagnostic échographique</i>	
c) <i>Pronostic et traitement</i>	
III.5.2) Hypothyroïdie	p106
a) <i>Quand penser à une hypothyroïdie ?</i>	
b) <i>Diagnostic échographique</i>	
c) <i>Traitement</i>	
III.5.3) Phéochromocytome	p107
a) <i>Examen échographique</i>	
b) <i>Traitement</i>	
III.5.4) Cardiotoxicose à l'adriblastine	p108
Conclusion	p109
Bibliographie	p110

INTRODUCTION

La seconde moitié du XXème siècle a connu le développement constant des techniques d'imagerie médicale. Ainsi, afin de procéder à l'investigation d'un organisme sans avoir à l'opérer, on peut avoir recours à l'utilisation de différentes techniques d'imagerie telles que les rayons X (radiographie, tomodensitométrie), les champs magnétiques (imagerie par résonance magnétique, magnétocardiographie), l'utilisation d'éléments radioactifs (produits de contraste pour la radiographie, scintigraphie) et d'ultrasons (échographie).

Ces différentes méthodes sont des outils complémentaires de diagnostic, précieux pour le médecin dont le vétérinaire clinicien. Cependant, ces techniques sont généralement **indissociables de l'examen clinique** et leur utilisation doit toujours être raisonnée, car bien qu'elles ne soient pas invasives stricto sensu, des répercussions importantes (dommages tissulaires, risque néoplasique...) peuvent découler de l'utilisation abusive de l'imagerie.

De manière singulière, l'échographie ou technique à ondes ultrasonores, se révéla rapidement être un outil puissant, possédant l'énorme avantage d'être **totalemtent dépourvu d'effets néfastes** sur les tissus vivants. Elle est de ce fait **répétable à volonté, facile et rapide** à réaliser pour un utilisateur expérimenté, et permet un examen extensif de presque tous les organes avec des résultats immédiats.

Bien que la radiographie soit généralement utilisée en première intention, c'est une technique qui n'a qu'un intérêt diagnostique et pronostique limité en cardiologie, de par la superposition des différents plans et par l'aspect figé des structures en mouvement. Ces restrictions de visualisation, de mise en œuvre et d'effets secondaires font de l'échographie **la technique la plus adaptée à l'étude du cœur.**

Le prix des échographes tendant à se diminuer, l'échographie est en train de devenir une technique incontournable dans le diagnostic de nombreuses pathologies.

Il nous a paru opportun de nous intéresser à l'échocardiographie dans l'espèce canine, dans un souci didactique.

En effet, cette discipline utilise tous les modes classiques disponibles en échographie (unidimensionnelle : mode TM ; bidimensionnelle : mode B) mais bénéficie aussi des principales avancées techniques, telles que l'utilisation de l'effet Doppler en mode continu, pulsé, ou à codage couleur.

Les possibilités techniques diverses disponibles en échographie sont ainsi exploitées en échographie cardiaque.

Notre travail de thèse consiste à faire une **synthèse des connaissances concernant l'échocardiographie chez le chien**. De manière plus spécifique, nous nous intéresserons à l'étude des **cardiopathies acquises**

Il doit permettre au clinicien de découvrir les étapes nécessaires au déroulement d'un examen standardisé du cœur par échographie chez le chien, et de pouvoir distinguer les images normales et pathologiques obtenues par cette méthode.

Ce travail permettra en outre de dégager les consensus actuels concernant la réalisation des mesures et les valeurs chiffrées nécessaires à leur interprétation.

Après avoir exposé dans une première partie les **principes de fonctionnement** de l'échographie, nous aborderons les **techniques d'examen** du cœur normal, puis les **aspects échographiques** des pathologies cardiaques acquises les plus fréquemment rencontrées dans l'espèce canine.

Les principes de traitement des cardiopathies seront abordés, mais il appartiendra au lecteur de **poursuivre son apprentissage en utilisant les références bibliographiques**. Il en est de même concernant la complémentarité avec les autres méthodes d'examen (auscultation, ECG, radiographie) qui n'aura été qu'évoquée ici, ainsi que l'aspect -fort intéressant- des cardiopathies congénitales n'ayant pas été traité dans notre travail.

**PREMIERE PARTIE :
PRINCIPES GENERAUX ET
METHODOLOGIE**

CHAPITRE I: TERMINOLOGIE ET HISTORIQUE

I.1 Terminologie

La définition des termes ultrasonographie, sonographie et échographie (du latin sonus = sonorité ou son ; du grec écho = sonorité ou son ; du grec graphein = écrire) est la représentation de structures médicales ou biologiques par l'émission d'ondes sonores à haute fréquence.

Le terme échographie se réfère généralement à l'échographie en temps réel des organes abdominaux et pelviens. Le terme échographie quand il est associé à un nom d'organe se réfère à des examens locaux. Les termes échocardiographie, échoencéphalographie et échophtalmologie sont respectivement utilisés pour désigner l'échographie du cœur du cerveau et de l'œil.

Nous nous intéresserons à **l'examen du cœur** par la méthode d'échocardiographie.

L'association de mots permet également de définir plus clairement la méthode utilisée. L'échotomographie se réfère à l'échographie bidimensionnelle qui représente les coupes anatomiques des structures examinées.

Les termes supplémentaires tels que Doppler, duplex et triplex comme pour l'échographie Doppler ou l'échographie duplex (triplex), indique l'utilisation supplémentaire du mode Doppler pour mesurer les paramètres du flux sanguin ou l'utilisation de plusieurs modes d'affichage ou d'une combinaison de modes d'affichage.

I.2 Historique de l'échocardiographie

Le développement de méthodes d'imagerie ultrasonore en biologie et en médecine vétérinaire a été relativement lent comparé à celui des méthodes radiographiques.

À l'inverse de ces dernières, dont la mise en application a été immédiate après la découverte des rayons X, l'utilisation des ultrasons dans un but de diagnostic fût relativement tardive.

La conception des appareillages requis (transmetteurs, récepteurs et amplificateurs) eu lieu principalement à des fins militaires et conduisit à l'élaboration de la méthode sonar.

C'est juste avant le début de la seconde guerre mondiale que les premières applications en médecine furent découvertes. Dans les années 50, l'importance de l'échographie fut reconnue en médecine humaine.

L'échocardiographie en mode A fut tout d'abord utilisé pour observer les modifications du volume cardiaque (W.D.Keidel [43]). Par la suite, les ultrasons, ont permis de démontrer les mouvements de la paroi du ventricule et de l'atrium (I.Edler, C.H.Hertz [30]).

S. Satomura [36] publia un article sur des modèles de flux sanguin en travaillant avec la méthode Doppler. Le développement rapide et l'amélioration des systèmes Doppler a conduit à différentes applications en angiologie et en cardiologie. L'apparition de l'échocardiographie Doppler à codage couleur dans le début des années 80 a été un autre grand progrès. Durant cette période, le japonais K. Namekawa et son équipe, ainsi que les Américains W.J.Bommer et L.Miller [9], a encodé en couleur le flot sanguin cardiaque, représenté sur un échocardiographie bidimensionnelle en temps réel, en utilisant un prototype de machines ultrasons.

D'un point de vue vétérinaire, deux pionniers en échographie humaine doivent être mentionnés. Au début des années 60, D.H. Howry et J.H.Holmes ont montré de façon évidente les organes abdominaux des chiens sur des échotomogrammes [40].

Les examens échographiques des animaux, ainsi que des personnes malades, étaient difficiles à l'époque, car les patients, selon indications, devaient être presque entièrement immergés dans une baignoire d'eau [39].

Dans les années 50, l'échographie vétérinaire est principalement utilisée pour examiner les tissus animaux et pour déterminer la composition et l'état des animaux de boucherie [69].

Cette application échographique est encore un domaine séparé aujourd'hui, bien qu'elle reste la méthode la plus utilisée chez les animaux de rente (porcs, bétail).

La première publication sur l'échographie vétérinaire a été faite en 1966.

Ce n'est que vers la fin des années 70 que de nombreuses publications sur l'échocardiographie unidimensionnelle (mode TM) apparurent. Au début des années 80 le développement de l'échographie bidimensionnelle en temps réel conduit l'échographie abdominale à être reconnue comme une méthode d'imagerie chez le chien et le chat.

Bien que la méthode Doppler simple ait déjà été utilisée pour le diagnostic de gestation au début des années 70, il fallut attendre 15 années pour que cette méthode soit appliquée à l'échocardiographie (échocardiographie en mode Doppler pulsé) et qu'elle puisse être utilisée en clinique pour examiner l'hémodynamique cardiaque des chiens.

Au début des années 90, on a décrit pour la première fois l'importance de l'échocardiographie Doppler à codage couleur dans le diagnostic des cardiopathies canines.

Bien que l'échographie ait été appliquée avec succès dans tous les domaines diagnostiques vétérinaires depuis 30 ans, elle n'est devenue que récemment une méthode de diagnostic de routine dans beaucoup de cabinets et cliniques vétérinaires.

CHAPITRE II: DESCRIPTION SPECIFIQUE DES ULTRASONS, DE L'ANATOMIE CARDIAQUE, ET PRESENTATION DU MATERIEL

II.1 Rappels sur la physique des ultrasons [3, 12, 19, 33, 39, 45, 47, 60, 63, 67]

La connaissance des principes physiques des ultrasons revêt une grande importance. En effet, elle est nécessaire à la bonne compréhension par le clinicien des phénomènes observés sur l'écran lors de l'examen.

Les ultrasons sont des sons de **très haute fréquence** (>20 000 Hz), inaudibles pour l'oreille humaine. Des fréquences allant de 1 à 10 MHz sont utilisées en médecine. Les chiens peuvent percevoir des ultrasons jusqu'à environ 100 KHz, ce qui normalement ne pose pas de problèmes lors d'un examen conventionnel.

Les ultrasons sont émis par un transducteur formé d'un ou de plusieurs cristaux piézo-électriques contenus dans la sonde.

Ils cheminent alors avec une certaine vitesse, dépendant de l'impédance acoustique du milieu traversé. On parle d'**interface** lorsque l'on passe à un milieu d'impédance acoustique différente. Une partie des ultrasons est transmise tandis que l'autre est réfléchi. Une fois que l'onde réfléchi revient au cristal, celui-ci la traduit en impulsion électrique, visible sur l'écran (oscilloscope).

Certains milieux ont une impédance acoustique très élevée (tel que l'os ; 3380 m/s), et d'autres en ont une très faible (tel que l'air ; 354 m/s). Ces milieux ont la particularité de réfléchir totalement les ondes ultrasonores y parvenant. Ces deux types de milieux sont donc à éviter absolument pour l'obtention d'une image échographique de qualité.

La vitesse de propagation des ultrasons dans le sang et le myocarde est à peu près constante et d'environ 1540 m/s [32, 51].

On peut caractériser une image échographique par sa **profondeur d'exploration** et sa **résolution**.

Une sonde de basse fréquence (2MHz) aura une bonne profondeur d'exploration, au détriment de la résolution, tandis qu'une sonde de fréquence élevée (10 MHz) aura une très bonne résolution, mais sera cantonnée à l'examen de structures superficielles.

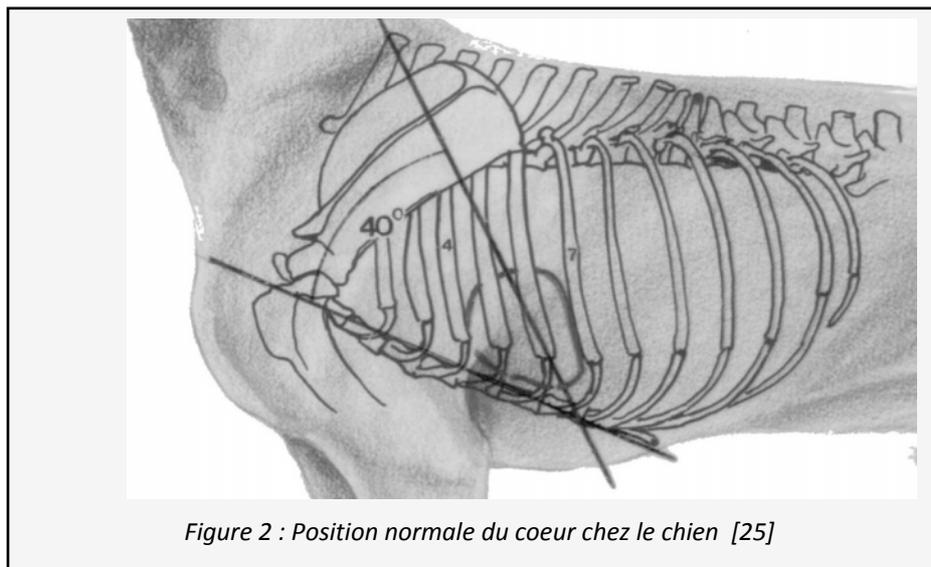
II.2 Rappels sur l'anatomie cardiaque [2, 16, 17, 20, 29, 31]

II.2.1 Généralités

Le cœur du chien a une **forme conique**, avec une base dorso-crâniale et un sommet ventro-caudal. On distingue l'apex cardiaque (la pointe du cœur) dont une partie est en contact avec le diaphragme, et la base.

Le cœur est au contact direct de la paroi thoracique au niveau des incisures cardiaques des poumons : ces zones correspondent aux aires cardiaques.

Le grand axe du cœur est très oblique, en particulier dans les races brévignes, où il forme un angle d'environ 45° avec le sternum. Le cœur s'étend du troisième au sixième espace intercostal, la base se situant environ au milieu de la hauteur du thorax.



Le cœur gauche caudo-dorsal et le cœur droit crânio-ventral possèdent chacun un atrium et un ventricule, formant 4 cavités.

L'extrémité de chaque atrium forme un diverticule : les auricules. L'atrium droit reçoit le sang des veines caves crâniale et caudale, et du sinus coronaire. L'atrium gauche reçoit le sang provenant des veines pulmonaires.

Les deux atria sont séparés par le septum interatrial, les deux ventricules par le septum interventriculaire.

Atria et ventricules communiquent par un orifice muni d'une valve : valve mitrale à 2 cuspides (feuillet septal ou grande valvule mitrale, et feuillet pariétal ou petite valvule mitrale) pour le cœur gauche ; valve tricuspide (cuspides pariétale, septale et angulaire) pour le cœur droit.

Les valves atrio-ventriculaires sont reliées aux muscles papillaires par les cordages tendineux. On distingue trois muscles papillaires principaux dans le ventricule droit, deux dans le ventricule gauche. De nombreuses variations anatomiques sont possibles (muscles bifides, muscles papillaires accessoires).

Chaque ventricule possède deux compartiments : une chambre d'entrée sous-atriale et une chambre de chasse. La chambre de chasse du ventricule gauche communique avec le tronc aortique par la valve sigmoïde aortique ; la chambre de chasse du ventricule droit communique avec le tronc pulmonaire, par la valve sigmoïde pulmonaire.

Le cœur est formé essentiellement par un muscle strié : le myocarde, qui est recouvert extérieurement par l'épicarde et intérieurement par l'endocarde. L'endocarde recouvre également toutes les valvules. Le chien possède 2 artères coronaires, avec une artère gauche prédominante (2x plus grosse que l'artère coronaire droite), donnant les deux artères interventriculaires.

Le cœur est entouré par une enveloppe fibro-séreuse : le péricarde, qui est relié au diaphragme par un ligament phréno-péricardique très développé.

Il existe de grandes variations morphologiques chez le chien : selon la race, le cœur mesure dans son grand axe de 6 à 13 centimètres, et le volume ventriculaire varie de 25 à 100 millilitres.

II.2.2 Accès au cœur par les fenêtres acoustiques

Le clinicien doit, pour obtenir une image du cœur de qualité, s'affranchir d'obstacles tels que les côtes ou l'air contenu dans les poumons. Les régions disponibles pour réaliser l'examen sont appelées fenêtres acoustiques.

- ▶ fenêtre parasternale droite
- ▶ fenêtre parasternale gauche
- ▶ fenêtre rétro-xyphoïdienne

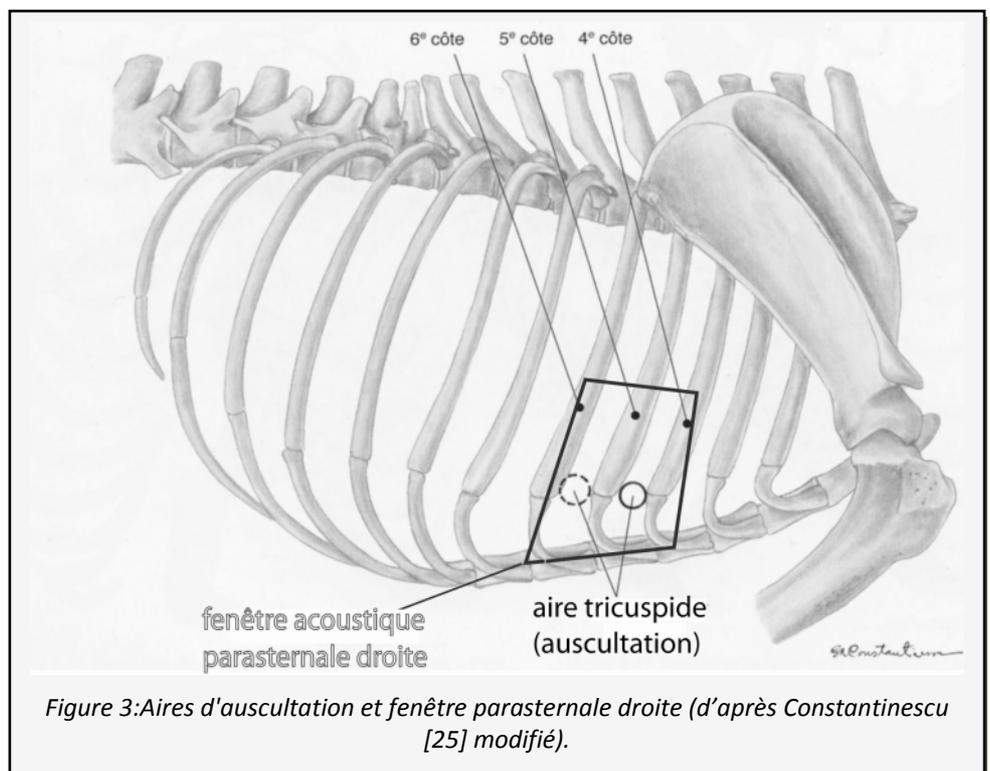
Cette fenêtre ne présente d'intérêt que pour la réalisation (chien calme, fin et maigre) d'un examen écho-Doppler du flux aortique.

- ▶ fenêtre suprasternale (très utilisée chez l'homme mais quasiment jamais chez le chien)

En pratique courante, seules les deux premières fenêtres représentent un intérêt.

- *fenêtre parasternale droite*

Elle est située entre le quatrième et le cinquième espace intercostal droit, au niveau de la pointe du coude. Il existe des variations inter-individus.



- **fenêtre parasternale gauche**

Il en existe en réalité deux : la fenêtre parasternale gauche apicale, **entre le cinquième et le septième espace intercostal gauche** ; et la fenêtre parasternale basale **entre le troisième et la quatrième espace intercostal gauche**.

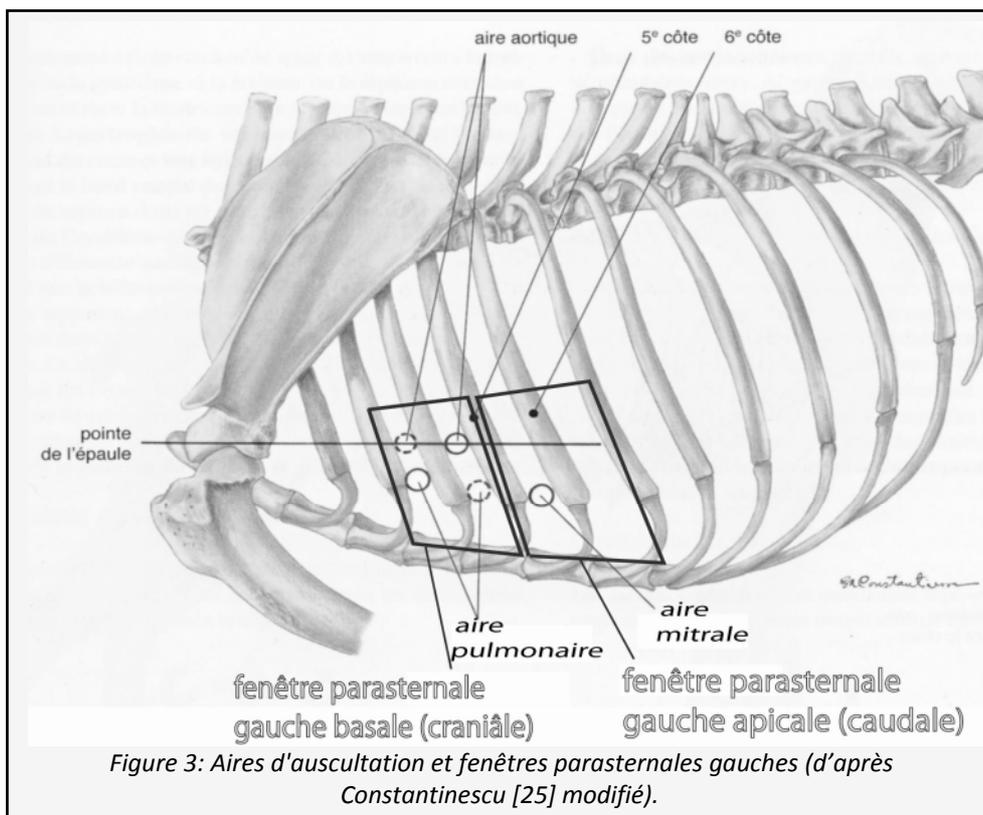


Figure 3: Aires d'auscultation et fenêtrés parasternales gauches (d'après Constantinescu [25] modifié).

II.3 Matériel : échographe et sondes échographiques

Il existe deux types de sondes : les sondes **mécaniques** (balayage d'un ou de plusieurs cristaux grâce à un moteur) et les sondes **électroniques** (linéaires ou « phased array », avec déphasage électronique des différents cristaux qui restent immobiles).

En cardiologie, la surface de contact entre les espaces intercostaux étant réduite, il est préférable d'utiliser des sondes sectorielles (image en « part de tarte »), qu'elles soient mécaniques ou électroniques. Les sondes linéaires (image rectangulaire) ne sont pas utilisables.

En échocardiographie, on utilise des sondes de **7,5 MHz** pour les chiens de races naines et des sondes de **3,5 MHz** pour les chiens de races géantes. En général, l'utilisation de sondes de **5 MHz** est satisfaisante dans la plupart de situations [5].

Les sondes **annulaires** sont accessibles au point de vue coût, et sont tout à fait utilisables pour la réalisation de l'examen d'échocardiographie, en raison du faible encombrement de la tête de la sonde (1,5cm).

Les sondes électroniques confèrent de par leur mode de fonctionnement une image d'une qualité supérieure, pour un prix qui n'est pas nécessairement très supérieur à celui des sondes mécaniques. Cependant, les sondes les plus adaptées à l'échocardiographie sont les sondes **microconvexes**, dont le corps est de taille très réduite et dont la tête est également d'une dimension adaptée aux espaces intercostaux, et le budget est nettement plus important pour ces sondes.



Figure 4: sonde mécanique annulaire (société Kontron)

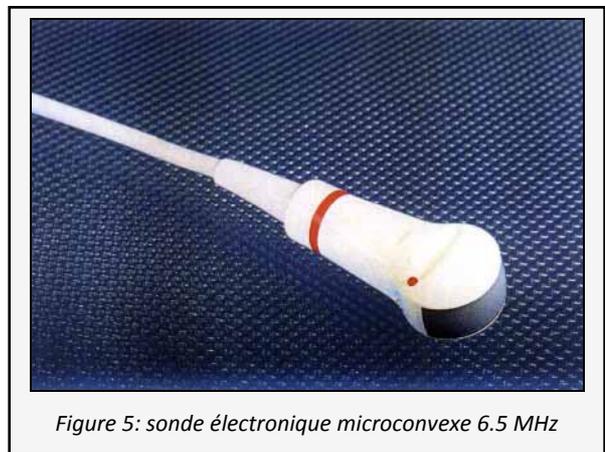


Figure 5: sonde électronique microconvexe 6.5 MHz

II.4 Optimisation de l'image

II.4.1 Principe d'atténuation et réglage des gains

Les exigences requises quant à la qualité du faisceau acoustique idéal pour réaliser un bon examen échocardiographique sont grandement liées au type de sonde utilisé, ainsi qu'aux réglages optimum.

De manière générale, l'utilisation de sondes avec des fréquences élevées réduit le champ proximal et diminue le diamètre de la zone focale (améliorant la résolution), mais augmente le diamètre de la zone

éloignée. L'utilisation d'un « stand-off pad » permet d'éloigner les structures du champ proximal de la sonde, rendant possible l'étude de cette région. Le choix de la sonde doit donc être particulièrement réfléchi selon le besoin.

La résolution (tant axiale que latérale) est induite par le choix de la sonde. En effet, une sonde de fréquence élevée aura une bonne résolution, mais une profondeur de pénétration du faisceau réduite, et une sonde de fréquence relativement basse permettra une meilleure pénétration tissulaire au dépend de la résolution.

En effet, une sonde de 7,5 à 15 MHz aura une résolution axiale (0,3 à 0,6 mm) et latérale (0,1 à 0,2 mm) excellentes, mais une profondeur d'exploration limitée ; tandis que les sondes de fréquence inférieure à 5MHz auront un meilleur pouvoir de pénétration, mais une résolution axiale variant entre 0,3 et 0,8 mm et une résolution latérale de 0,6 à 1,6 mm.

Une autre alternative permettant d'augmenter les détails des structures à étudier est la focalisation, soit mécanique (à l'aide d'une lentille courbe en céramique et/ou des lentilles acoustiques) soit électronique (par de nombreux cristaux piézo-électriques recevant une série d'impulsions électriques) qui présente l'avantage de générer plusieurs zones focales le long du faisceau acoustique.

Les systèmes de **focalisation** permettant de « resserrer » le faisceau en une zone afin d'accroître la résolution présentent l'inconvénient majeur de rendre impossible tout diagnostic dans une autre zone que la zone focale.

La seule alternative à ces limites est de disposer de plusieurs sondes et d'alterner leur utilisation au cours de l'examen.

- Pré et post-traitements de l'image

On entend par pré-traitement tous les réglages concernant les signaux d'ultrasons que l'on peut mettre en œuvre avant que ceux-ci ne soient traduits en signaux produisant une image sur l'écran.

L'intensité d'émission des ultrasons ne doit pas obligatoirement être poussée au maximum pour générer une image de qualité correcte.

Cependant, l'utilisation de sondes de 5 MHz ou plus requièrent le maximum de puissance pour former une image chez le chien.

Le TGC (« Time Gain Control ») ou Temps-Gain-Compensation permet de compenser les signaux plus faibles des structures profondes. On a généralement à disposition sur l'appareil 3 boutons de réglages renvoyant aux champs d'exploration proximal, focal puis distal.

Le réglage des gains moyens en profondeur est réalisé de manière à obtenir **une compensation maximale au niveau du septum interventriculaire** sur une coupe 4 cavités par abord parasternal droit [10, 51]. La largeur du faisceau doit être réduite au maximum [5], les structures examinées seront ainsi balayées plus souvent par les ultrasons, et l'image obtenue sera donc de meilleure qualité.

Le gain permet de compenser uniformément le retour des signaux, quelle que soit la profondeur. Le réglage optimum doit permettre d'obtenir une image comprenant une grande variété de gris, du blanc et du noir.

Le réglage du **gain total doit être au minimum** afin d'éviter l'apparition d'artéfacts [5].

La marge dynamique correspond à la différence entre la plus forte et la plus faible intensité d'échos enregistrés. Quand elle est élevée, l'image est douce avec de nombreuses nuances de gris (70 dB), tandis que le réglage idéal pour l'échocardiographie renvoie des images beaucoup plus contrastées (30-40 dB).

L'intégration de l'image, mode intéressant en échographie abdominale, car permettant de détecter de petites structures (tumeurs...) en combinant plusieurs images ultrasonores, n'est pas adaptée pour l'étude de structures en mouvement, telles que le cœur.

Le post-traitement correspond à tous les réglages pouvant être effectuées directement sur l'écran, afin d'améliorer la lisibilité de l'image obtenue. On peut ainsi régler les contrastes, modifier l'échelle de gris ou encore remplacer les nuances de gris par de la couleur.

L'opérateur tient la sonde d'une main, à la manière d'un stylo, avec le pouce sur le repère. [34].

Des recommandations concernant l'orientation de l'image échographique (afin de standardiser l'examen de clichés entre opérateurs) ont été données par l'American Society of Echocardiography Committee [37, 70, 71] :

La base, la partie crâniale, ou la gauche du cœur doit se trouver à la droite de l'écran [19, 59]. Seules les coupes apicales 4 et « 5 » cavités par abord parasternal gauche dérogent à cette règle [44].

Le champ proximal du faisceau ultrasonore doit se trouver en haut de l'écran, et le champ distal en bas [44].

Un tracé électrocardiographique est, si possible, réalisé en même temps.

II.4.2 Gel de contact acoustique

Lors de la réalisation de l'examen, il est indispensable de disposer d'une surface de contact stable entre la sonde et la peau. La formation de bulles d'air entre ces deux dernières est préjudiciable à la formation d'une image de bonne qualité.

En effet, il peut se produire la formation d'artéfacts (artéfact de réverbération et image en miroir ; cf. paragraphe traitant des artéfacts). Un milieu de couplage ultrasonore, appelé gel de contact ou gel acoustique est alors appliqué généreusement sur la zone à étudier. On trouve ces gels dans le commerce, ou on peut demander directement à la pharmacie de le réaliser, en suivant la prescription suivante :

- <i>Glycérol 85%</i>	<i>15 %</i>
- <i>Eau distillée</i>	<i>83,6 %</i>
- <i>Euxyl K100</i>	<i>0,1 % (conservateur)</i>
- <i>Carbopol 940</i>	<i>0,4 %</i>
- <i>Solution de NaOH 15 %</i>	<i>0,9 %</i>

II.4.3 Agents de contraste

Il est parfois nécessaire d'avoir recours à des agents de contraste pour visualiser certaines cavités, ou modéliser le flux sanguin quand le mode Doppler n'est pas disponible.

La présence de micro-bulles (cf. I.4.5.1 Echographie de contraste ou **épreuve des bulles**), permet de rendre visible le flux sanguin sur un échogramme bidimensionnel.

Ces agents de contraste (solution saline secouée ou sang du patient) permettent de visualiser le sang du point d'injection (intraveineuse) à l'atrium droit, au ventricule droit puis aux artères pulmonaires. La dilution des bulles au niveau de la barrière pulmonaire empêche la propagation au cœur gauche. Certaines cardiopathies congénitales peuvent ainsi être visualisées par cette méthode (communications interatriales et interventriculaires), mais également les insuffisances pulmonaires et tricuspides.

Cependant, un **liquide de contraste** passant à travers la circulation pulmonaire est depuis peu disponible (Levovist®, Schering SA) et peut en outre être visualisé dans l'atrium gauche, le ventricule gauche, l'aorte et les autres artères.

CHAPITRE III: MODES D'ANALYSE ET PRINCIPES TECHNIQUES

III.1 Mode A (écho pulsé)

Le mode écho pulsé est aujourd'hui tombé en désuétude. Il fut le premier mode utilisé dans les années 60 pour réaliser des diagnostics de gestation.

III.2 Mode B

III.2.1 Mode B bidimensionnel

III.2.1.1 Echographie composée

L'échographie composée consiste en l'assemblage de nombreux échogrammes unidimensionnels en un échogramme bidimensionnel, ce qui suppose réaliser des balayages successifs, à l'aide d'une sonde montée sur un bras articulé. Ce qui permet d'obtenir une bonne image pour des structures immobiles, mais paraît fastidieux en échocardiographie, à moins de disposer d'un tracé électrocardiographique précis, afin de caler les prises de vues à un moment défini sur l'ECG.

III.2.1.2 Echographie en temps réel et coupes échographiques du cœur

L'échographie en deux dimensions est la méthode de choix pour établir des diagnostics au niveau cardiaque. En effet, elle permet **d'évaluer les structures anatomiques et pathologiques ainsi que leurs mouvements**, et d'effectuer une analyse fonctionnelle limitée.

L'échocardiographie est réalisée à l'aide d'une sonde sectorielle. Une sonde de 5 MHz convient dans la plupart des situations [73].

Ne seront abordées ici que les coupes étant couramment utilisées. La connaissance de celles-ci est fondamentale pour pouvoir réaliser un examen standardisé et répétable.

L'incidence correcte du faisceau est primordiale, pour visualiser les structures cardiaques correctement, mais aussi et surtout pour permettre des mesures fiables en mode TM.

C'est généralement à partir du mode 2D que l'on définit les axes de tir pour le mode TM.

Classiquement, on distingue les coupes grand axe (par abord parasternal droit et gauche), les coupes petit axe (par abord parasternal droit) et les coupes apicales deux et quatre cavités.

a) Voie parasternale droite

-Coupe petit axe transpapillaire et transventriculaire

Cette coupe permet le balayage de la zone allant de l'apex cardiaque aux muscles papillaires. A ce niveau, on peut observer le ventricule droit dans le champ proximal, d'allure falciforme (ou en croissant). La bonne symétrie du ventricule gauche (dans le champ distal, on peut noter la présence des deux muscles papillaires) et la surface réduite du ventricule droit témoignent d'une bonne orientation de la sonde.

En remontant encore, juste en dessous de la valve mitrale, on peut observer la présence des cordages tendineux, très échogènes.

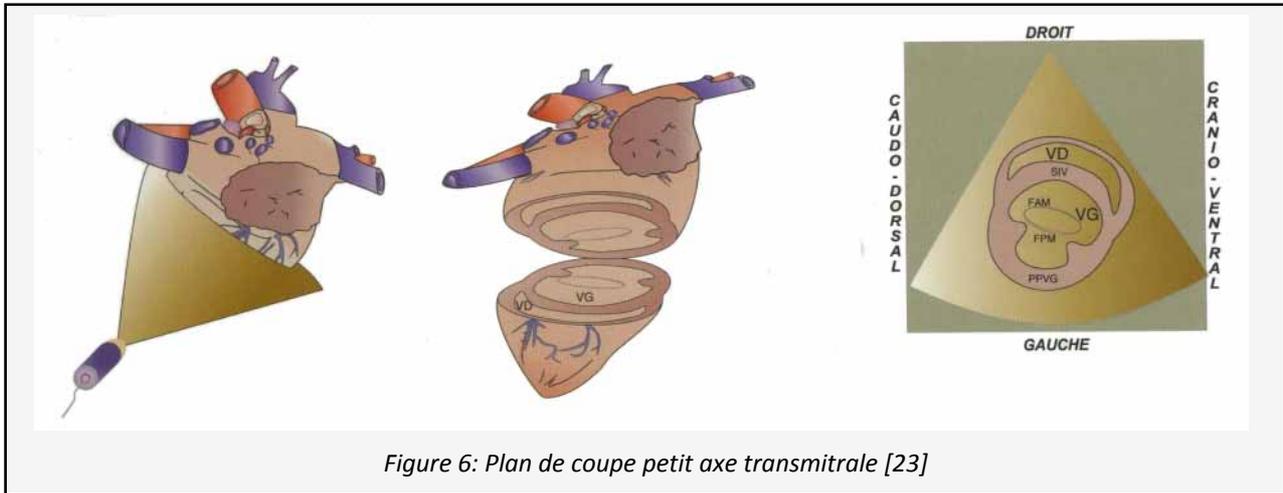
Cette coupe sert de guide à la réalisation du TM transventriculaire.

On pourra examiner grâce à la coupe transpapillaire **l'absence d'épanchement, le myocarde, la taille des cavités ventriculaires, l'épaisseur des parois ventriculaires et septales**, l'échogénicité, la forme et la taille des muscles papillaires

La coupe transventriculaire permet de vérifier **la taille des cavités et l'épaisseur de myocarde**.

-Coupe petit axe transmitrale

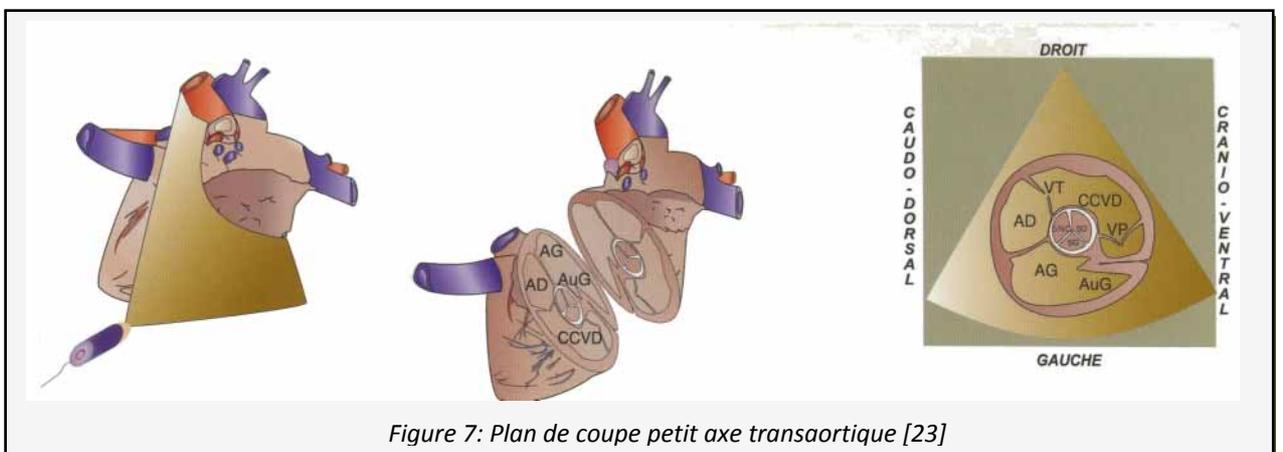
Au niveau de la valve mitrale, on peut observer les deux feuillets composant celle-ci et leurs mouvements lors des alternances systole-diastole. Cette coupe sert de guide à la réalisation du TM transmitral.



On vérifiera la **cinétique mitrale**, la **taille des cavités** et l'**épaisseur du myocarde**.

-Coupe petit axe transaortique

Cette coupe est réalisée au niveau de l'atrium gauche et de la valve aortique. Il est souvent nécessaire de déplacer la sonde au troisième espace intercostal pour la réussir. On peut y observer la valve aortique (et ses trois cuspidés visibles en diastole, mais confondus avec la paroi aortique en systole) entourée de l'atrium droit, de la valve tricuspide, du ventricule droit ; et bien entendu de l'atrium gauche.



Elle permet de **comparer les diamètres de l'atrium gauche et de l'aorte AG/Ao** (voir plus loin calcul des indices cardiaques) et **d'examiner les tricuspides et les cavités droites.**

Cette coupe sert de guide à la réalisation du TM transpulmonaire.

-Coupe grand axe 4 cavités

Les coupes grand axe sont obtenues en imprimant à la sonde une rotation de 90° par rapport à la position utilisée pour les coupes petit axe.

La coupe 4 cavités, aussi appelée coupe grand axe transmitrale, laisse apparaître dans le champ proximal le cœur droit et dans le champ distal le cœur gauche, et permet une visualisation des feuillets mitraux et tricuspidiens. Outre le support d'un guidage pour la réalisation d'un TM transventriculaire ou transmitral, cette coupe permet d'évaluer le diamètre de l'atrium droit, et sert pour le diagnostic des communications interatriales et interventriculaires (Doppler), des endocardioses et des endocardites atrio-ventriculaires.

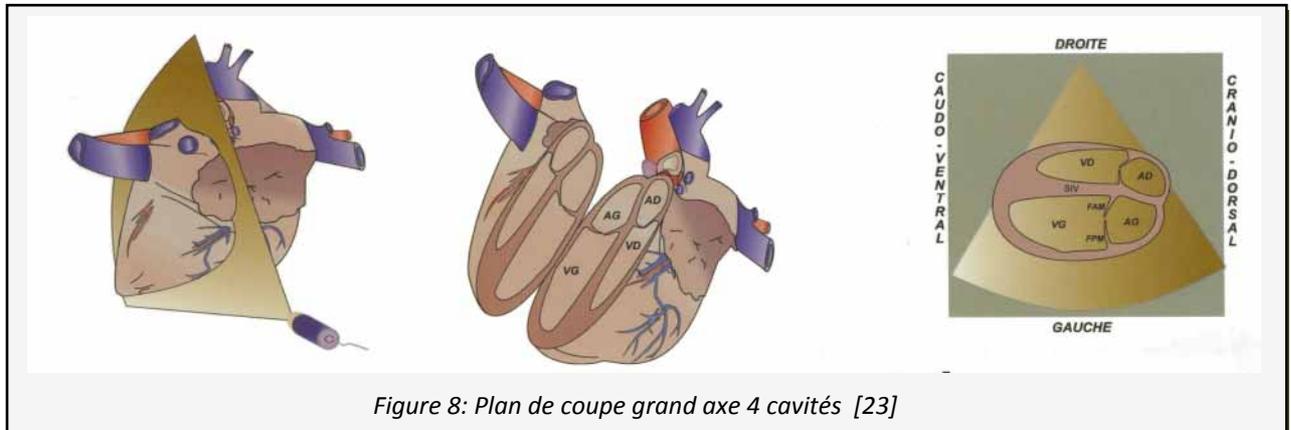


Figure 8: Plan de coupe grand axe 4 cavités [23]

La coupe 4 cavités permet d'examiner **l'absence d'épanchement péricardique, la morphologie des 4 cavités** (vue d'ensemble et comparaison), **l'épaisseur des parois, les mouvements et la forme des valves atrio-ventriculaires** (en particulier la mitrale), ainsi que **la continuité et l'épaisseur des septa.**

-Coupe grand axe « 5 » cavités

Ce type de coupe qui est appelé 5 cavités abusivement, la 5ème « cavité » étant en fait la racine aortique, permet une bonne visualisation des 4 cavités précédentes, ainsi que la valve aortique. La visualisation des feuillets mitraux est également possible.

Elle rend possible le positionnement de l'axe de tir pour une coupe TM transaortique, et est également utilisée dans le diagnostic de pathologies telles que la sténose aortique sous-valvulaire, les communications interventriculaires membraneuses et la myocardiopathie hypertrophique (présence de bourrelets septaux ; pathologie rare chez le chien mais plus fréquente chez le chat).

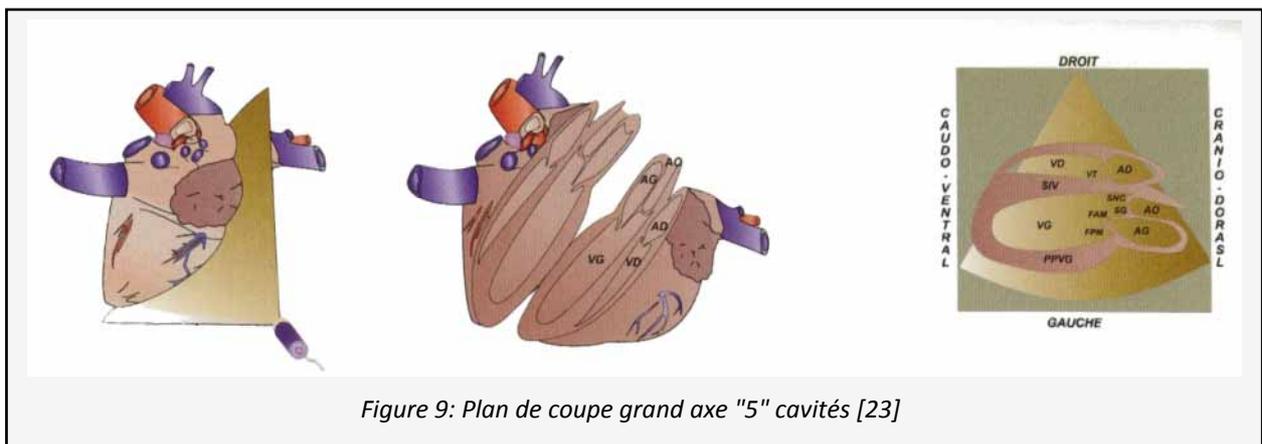


Figure 9: Plan de coupe grand axe "5" cavités [23]

On pourra observer la **taille de la chambre de chasse du ventricule gauche (CCVG)** et du **tronc aortique**, l'épaisseur des **parois ventriculaire et septale**, ainsi que les **mouvements et la forme de la valve mitrale**.

b) Voie parasternale gauche

Bien que la voie parasternale gauche permette de faire des coupes grand et petit axe, on ne l'utilise en pratique que pour réaliser des coupes grand axe 4 et « 5 » cavités. Ces coupes ont la particularité de faire apparaître le cœur droit à gauche de l'écran et le cœur gauche à droite.

-Coupe grand axe 4 cavités

Cette coupe permet d'observer la base du cœur dans la zone distale droite et l'apex cardiaque dans la zone proximale gauche. Elle peut servir de guide à la réalisation des examens en mode Doppler (transmitral et transtricuspidien), et ainsi permettre l'analyse des flux atrio-ventriculaires mitraux et tricuspidiens. La détection des reflux systoliques atrio-ventriculaires est ainsi la principale application diagnostique de ce type de coupe.

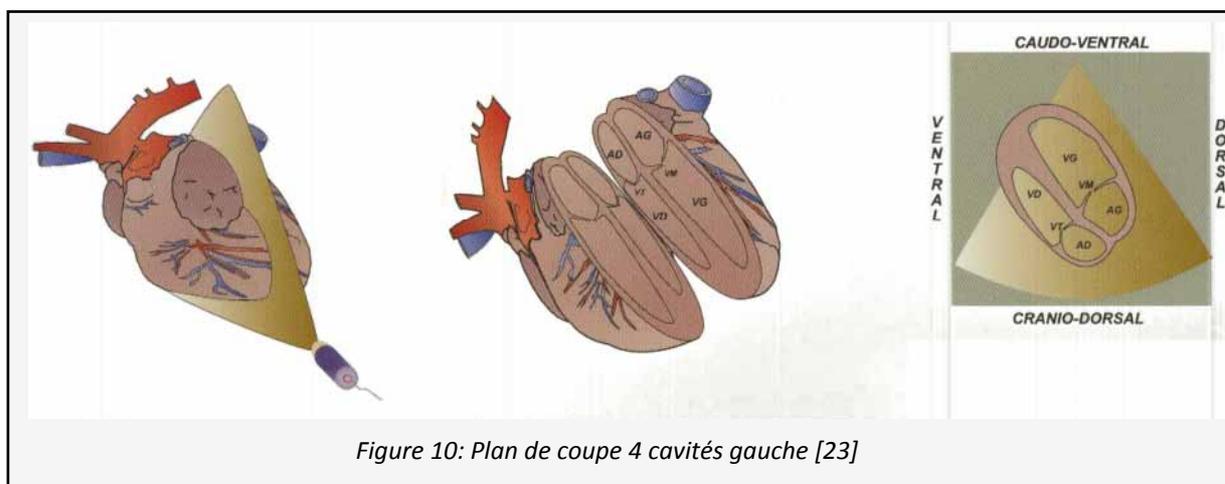


Figure 10: Plan de coupe 4 cavités gauche [23]

Ici, on focalisera notre attention sur la **taille des quatre cavités cardiaques**, la **continuité des septa** interatrial et interventriculaire (éventuellement en mode Doppler), mais on préférera généralement un abord droit en cas de suspicion d'une CIV ou CIA (en effet, le faisceau est ici presque parallèle au septum ce qui peut engendrer un artéfact : voir plus loin : trou noir échographique)

-Coupe grand axe « 5 » cavités

On obtient cette coupe par une légère rotation de la sonde dans le sens anti-horaire par rapport à la coupe précédente. La visualisation de la valve aortique la rend particulièrement indiquée pour le positionnement de l'axe de tir en vue d'une analyse Doppler du flux aortique et par conséquent pour le diagnostic des sténoses et insuffisances aortiques.

Elle permet en outre de procéder au calcul du temps de relaxation isovolumique.

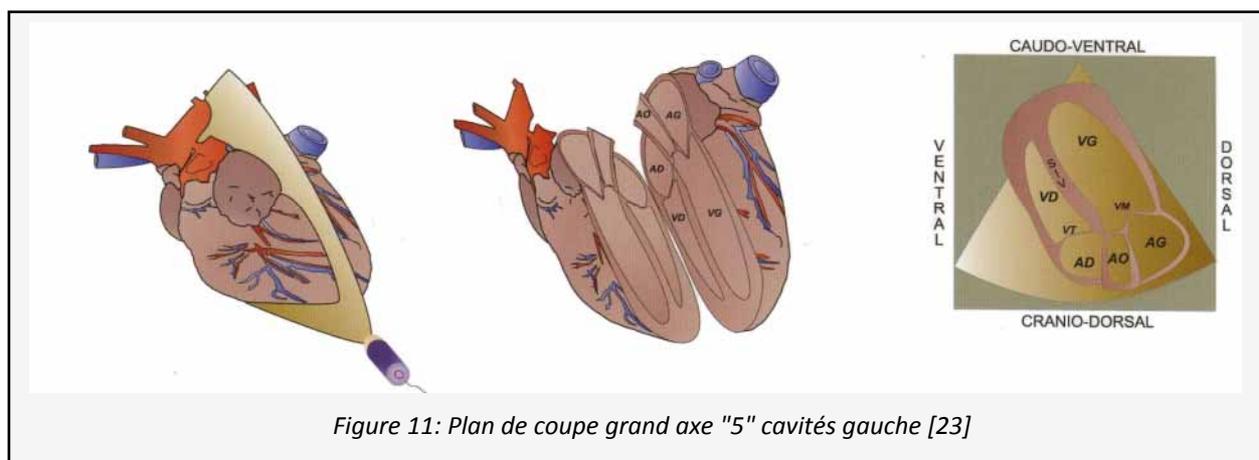


Figure 11: Plan de coupe grand axe "5" cavités gauche [23]

Cette coupe rend possible **l'examen des cavités, des septa, et des sigmoïdes aortiques** (Doppler).

Il a été sciemment omis certains types de coupes qui ne présentent qu'un intérêt relatif dans le cadre d'un examen cardiaque standardisé :

la coupe 2 cavités transmitrale

la coupe 2 cavités transaortique

Les coupes parasternales gauches basales (ou crânielles)

la coupe grand axe gauche transaortique

la coupe grand axe gauche transatriale droite

la coupe grand axe gauche transpulmonaire

la coupe petit axe transaortique

la coupe apicale rétro-xyphoïdienne, dont le seul intérêt est le positionnement pour la réalisation d'un Doppler transaortique, car l'axe de tir est parallèle à un flux normal (28).

III.2.2 Mode B unidimensionnel (mode TM : calcul des indices cardiaques)

Le mode Temps-Mouvement utilise un **faisceau linéaire** (et non pas plan comme le mode 2D). Les échos sont donc affichés sur l'écran le long de l'axe vertical, l'axe horizontal représentant le **facteur temps**. Ce mode est particulièrement adapté à l'échocardiographie car il permet une étude quantitative des structures cardiaques (valvules, vaisseaux, tailles ventriculaires et atriales) normales et pathologiques.

On utilise la fenêtre parasternale droite. L'orientation de l'axe de tir, autrefois réalisé à l'aveugle, est aujourd'hui guidée par la réalisation d'une échographie 2D préalable [6, 7, 11, 21, 57].

L'orientation de l'axe de tir est fondamentale pour obtenir des données exploitables, car il doit être rigoureusement perpendiculaire aux structures étudiées [6, 57].

Dans le cadre de la mesure des indices cardiaques, il est indispensable de réaliser un **ECG** simultanément, afin de pouvoir repérer aisément les phases de systole et diastole.

La fin de la diastole correspond à l'onde q du complexe qRs, et la fin de la systole correspond à l'onde T (c'est-à-dire au moment du plus faible diamètre ventriculaire gauche).

On utilise les recommandations de l'American Society of Echocardiography pour réaliser les mesures [65], et celles-ci sont toujours effectuées de bord d'attaque à bord d'attaque (c'est-à-dire avec les échos les plus proches du transducteur) [36, 55, 57, 61, 65].

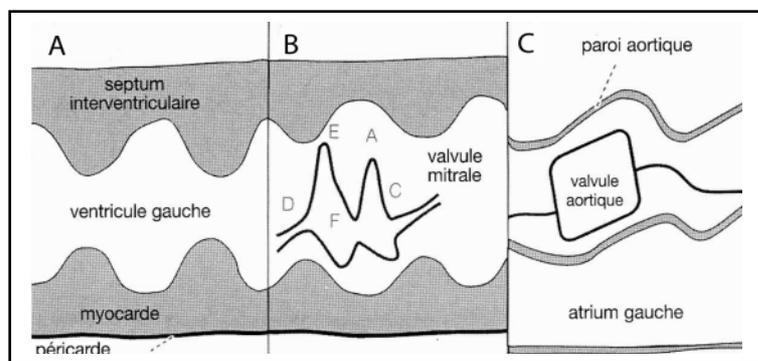


Figure 12 : Schéma des différents types de TM [73]

a) TM transventriculaire (ou coupe n°2 de Feigenbaum) et calcul de la fraction de raccourcissement (et de la fraction d'éjection)

On peut utiliser une coupe petit axe transventriculaire ou une coupe grand axe transventriculaire pour réaliser cette mesure. Cependant, il existe sur ce point une divergence selon les auteurs. Le Bobinec estime que la coupe grand axe est plus fiable [6] tandis que Chetboul, Pouchelon & al. lui préfèrent la coupe petit axe [22].

L'axe de tir doit être situé au niveau des cordages tendineux, sous la valve mitrale et au-dessus des muscles papillaires [14, 56, 57, 61].

Tableau I : Positionnement de l'axe de tir du TM transventriculaire [64]

Positionnement de l'axe de tir	
Coupe grand axe cinq cavités	On positionne l'axe de tir en visant les cavités ventriculaires droite et gauche. Le faisceau ultrasonore doit passer autant que possible en arrière de la valve mitrale et juste en avant du muscle papillaire postérieur tout en veillant à l'orthogonalité de la ligne de tir du mode TM par rapport au septum interventriculaire. L'axe de tir accroche alors les cordages tendineux.
Coupe petit axe transventriculaire	L'axe de tir, toujours orthogonal au septum interventriculaire, divise symétriquement les cavités ventriculaires droite et gauche et passe rigoureusement entre les deux muscles papillaires bien visibles sur cette coupe.

Des traces des cordages tendineux du feuillet pariétal doivent pouvoir être observées sur le tracé en systole [51, 52, 65].

En coupe petit axe, le ventricule gauche doit apparaître bien circulaire, au centre de l'écran, et l'axe de tir TM doit passer à égale distance de l'extrémité des muscles papillaires [56].

En coupe grande axe, le ventricule gauche doit apparaître bien horizontal, afin que le tir soit parfaitement perpendiculaire [56, 57, 72]. Le tir doit dans ce cas passer juste sous la valve mitrale, et les muscles papillaires ne doivent pas apparaître. Il peut être judicieux de changer d'espace intercostal afin d'obtenir le meilleur alignement possible.

Trois évènements cardiaques peuvent être visualisés sur le tracé TM :

Septum et paroi ventriculaire se rapprochent en systole et s'écartent en diastole, mais il est possible de subdiviser la diastole en plusieurs phases identifiables sur le graphique :

1. Phase de remplissage passif du cœur, où la pression à l'intérieur du ventricule gauche est inférieure à la pression à l'intérieur de l'oreillette gauche. Cette phase se décompose elle-même en deux temps repérables sur le tracé TM :

- **une phase de remplissage rapide** du ventricule gauche au cours de laquelle septum et paroi libre du ventricule gauche s'écartent rapidement l'une de l'autre.
- **puis une phase de remplissage lent** du ventricule gauche. Le diamètre du ventricule gauche demeure constant sur le graphique, les pressions intracavitaires tendant à s'égaliser.

2. Se produit alors la systole auriculaire où **phase de remplissage actif** du ventricule gauche. L'auricule gauche se contracte (onde P sur le tracé ECG) ce qui se traduit immédiatement sur le tracé TM par une petite dilatation du ventricule gauche : le septum et la paroi libre du ventricule gauche s'écartent une dernière fois, très légèrement. Le ventricule gauche est alors à son maximum de remplissage en fin d'onde P.

On réalise les mesures :

- du diamètre ventriculaire droit en systole ;
- de l'épaisseur du septum interventriculaire en systole (mesurée au nadir de son excursion postérieure) [32, 56, 65] et en diastole ;
- du diamètre ventriculaire gauche en systole et en diastole ;
- de l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche en systole (mesurée au nadir de son excursion antérieure) [41, 56] et en diastole.

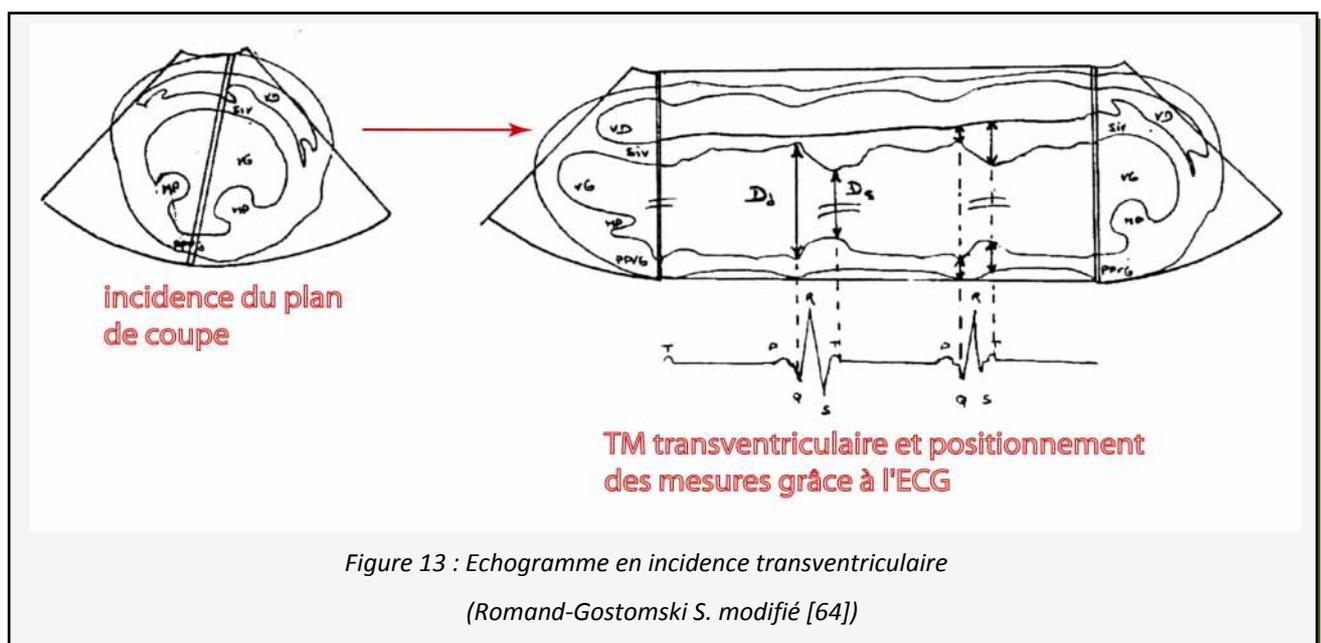
La mesure en **diastole** est effectuée **au pied de l'onde Q** sur l'**ECG** concomitant, et la mesure en **systole** à la **fin de l'onde T**.

Il faudra veiller à ne pas confondre les cordages tendineux (dont la présence est toutefois normale et gage de la bonne incidence du faisceau) avec la paroi libre du ventricule gauche, au risque de sous estimer le diamètre ventriculaire [65]. On notera également que le diamètre ventriculaire gauche varie avec la respiration (plus important en inspiration qu'en expiration [50]).

En cas d'anomalie du mouvement septal, il conviendra d'effectuer les mesures systoliques à la fin de l'onde T [53, 56].

On peut près ces mesures calculer 3 indices intéressants pour estimer la fonction systolique du ventricule gauche :

- la fraction de raccourcissement ;
- le pourcentage d'épaississement de la paroi ventriculaire ;
- le pourcentage d'épaississement de la paroi septale.



❖ CALCUL DE LA FRACTION DE RACCOURCISSEMENT FR (EN %)

La fraction de raccourcissement est le principal indice de la contractilité myocardique [59], et témoigne de ce fait du bon fonctionnement ventriculaire gauche systolique, à condition toutefois qu'il n'existe ni trouble segmentaire altérant la cinétique des parois ni mouvement paradoxal du septum interventriculaire (bloc de branche,...).

Tableau II : Fraction de raccourcissement [64]

Calcul	Abréviation	Remarque	Valeurs moyennes
$FR = (Dd - Ds) / Dd$	Dd : diamètre diastolique du ventricule gauche Ds : diamètre systolique du ventricule gauche	Si la valeur de la FR - exprimée en % est très souvent calculée automatiquement par l'échographe, il est bon de savoir comment s'obtient très facilement cet indice	Chien : 29-45 % Chat : 39-61 %

Une corrélation de la valeur observée a été établie avec le niveau de post-charge (c'est-à-dire avec la pression aortique télédiastolique) et dans une moindre mesure avec la pré-charge (c'est-à-dire le remplissage ventriculaire) [55, 56, 59].

Les valeurs normales de la fraction de raccourcissement varient chez le chien de 29 à environ 45%, selon Bonagura. Cependant, il existe une grande influence de la race sur ces valeurs. Il est admis que les chiens de grande race ont des valeurs de fractions de raccourcissement plus faibles que les chiens de petite race [56, 57].

Dans les cas de cardiopathies dilatées, on assiste généralement à une diminution de la contractilité, décelable par ce calcul.

Un cœur hypercontractile présentera une valeur supérieure à 40 %. Toutefois, une interprétation statistique des résultats est souhaitable, en raison d'une grande variabilité. En effet, certains chiens tels que les Greyhounds, les chiens de chasse, et autres chiens de travail possèdent des valeurs normales de FR inférieures à 30 %. Un exercice physique intense et le stress augmentent ces valeurs de « cœur d'athlète ».

Les valeurs obtenues doivent toujours être relativisées car le seul facteur stress de l'animal au cours de l'examen peut augmenter la FR.

Ainsi, des valeurs de 40 à 45% peuvent traduire une contractilité normale.

Il sera primordial de s'assurer des signes cliniques, de l'anamnèse et d'un axe de tir correct [73]. Il faudra également tenir compte du fait qu'une tranquillisation (acépromazine) ou anesthésie (xylazine, médétomidine) sont généralement responsables d'une diminution de la FR.

Un autre indice intéressant à calculer est le pourcentage d'épaississement de la paroi libre du ventricule gauche.

❖ ESTIMATION DE LA CAPACITE CONTRACTILE DES PAROIS DU MYOCARDE : POURCENTAGE D'ÉPAISSISSEMENT SYSTOLIQUE DES PAROIS VENTRICULAIRE ET SEPTALE

Tableau III : Pourcentage d'épaississement des parois [64]

Calcul	Abréviations
$\% \text{ PPVG} = (\text{PPVGs} - \text{PPVGd}) / \text{PVGd}$ $\% \text{ SIV} = (\text{SIVs} - \text{SIVd}) / \text{SIVd}$	PPVGd : épaisseur de la paroi ventriculaire gauche en diastole PPVGs : épaisseur de la paroi ventriculaire gauche en systole SIVd : épaisseur de la paroi du septum interventriculaire en diastole SIVs : épaisseur de la paroi du septum interventriculaire en systole

Il s'agit d'évaluer la fonction systolique gauche par le biais des pourcentages d'épaississement (notés %) de la paroi ventriculaire gauche (PPVG) et de la paroi septale interventriculaire (SIV).

$$\% \text{ épaississement} = (\text{Es} - \text{Ed}) / \text{Es}$$

Les pourcentages d'épaississement sont usuellement considérés comme normaux quand supérieurs à 30%. Cependant, certains auteurs ont décrit des variations importantes chez le chien adulte, en fonction du poids.

b) TM transmitral (ou coupe n°3 de Feigenbaum) et calcul de la distance E-Septum

Le TM transmitral peut être obtenu par une coupe grand axe transmitrale ou par une coupe petit axe transmitrale, en veillant à passer le plus près possible du bord libre des feuillets mitraux (9).

Tableau IV : Positionnement de l'axe de tir pour le TM transmitral(64)

Positionnement de l'axe de tir		
Coupe grand axe cinq cavités	L'axe de tir passe par l'extrémité des valvules, perpendiculairement au SIV.	Le faisceau d'ultrasons passe par les deux valvules mitrales. Le tracé obtenu montre les mêmes structures cardiaques enregistrées lors de l'incidence transventriculaire auxquelles s'ajoutent au sein de la cavité ventriculaire les valves mitrales.
Coupe petit axe transmitrale	L'axe de tir est calé entre les deux muscles papillaires et passe par les deux valvules qu'il divise symétriquement.	Les cordages tendineux ont disparu.

On observe alors sur le tracé que la grande valvule mitrale décrit un M, tandis que la petite valvule mitrale décrit un W de plus faible amplitude (59, 60, 72).

Les différentes phases du déplacement de la grande valvule sont :

- D correspond avec l'ouverture initiale de la valve mitrale ;
- E correspond à sa première et plus grande excursion (protodiastole) ;
- F correspond à la fermeture incomplète de la valve mitrale (mésodiastole) ;
- A correspond à la seconde et plus petite excursion (pendant la systole atriale) ;
- C correspond à la fermeture complète de la valve mitrale ;
- B n'est pas visible chez un chien sain. Il est visible lors de la fermeture précoce de la valve mitrale. Il s'agit d'un ressaut présent lors d'une augmentation de la pression télédiastolique dans le ventricule gauche (27, 50, 58, 59, 60).

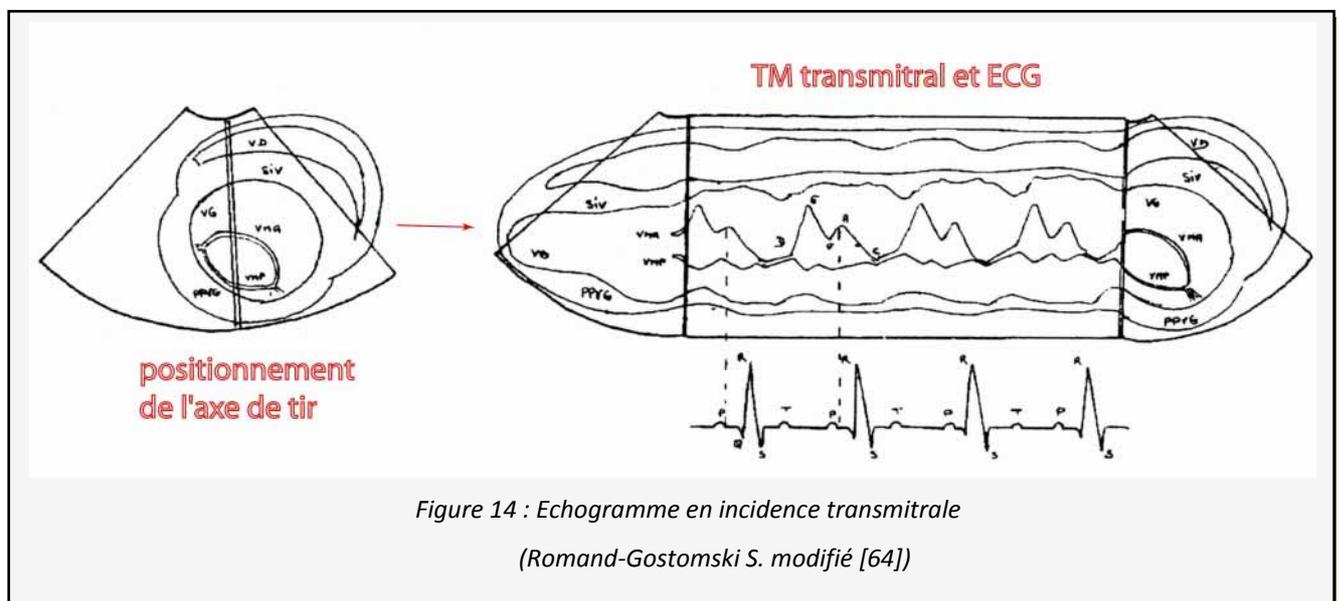
- durant la systole ventriculaire, se forme à l'écran un trait quasi horizontal correspondant au point de coaptation.

La pente DE représente l'ouverture de la valve mitrale lors de la phase de remplissage rapide en protodiastole, EF est le temps de fermeture protodiastolique (fin de la phase de remplissage rapide). L'écart de l'ouverture (DE) est calculé en mm et peut être augmenté lors d'un prolapsus de la valvule ou lors de rupture des cordages tendineux.

Les pentes de fermetures EF et AC ne sont plus utilisées actuellement à des fins diagnostiques.

Le segment CD correspond à la phase de fermeture systolique de la valve ; les deux valvules n'y forment plus qu'un trait (avec une pente positive du fait du déplacement antérieur du cœur pendant cette phase).

Il est à noter une différence intéressante par rapport à l'image obtenu lors d'un TM transventriculaire, concernant le mouvement du septum. En effet, ici, le septum décrit un mouvement postérieur en diastole, et antérieur en systole (55).



Le tracé TM transmitral nous renseigne essentiellement sur la cinétique mitrale et sur la ou les lésions affectant ces valves. Les différentes valvulopathies affectant les feuillets mitraux se répercutent sur cette cinétique valvulaire. On mesure également la **distance E-SIV**.

❖ DISTANCE E-SEPTUM (E-SIV)

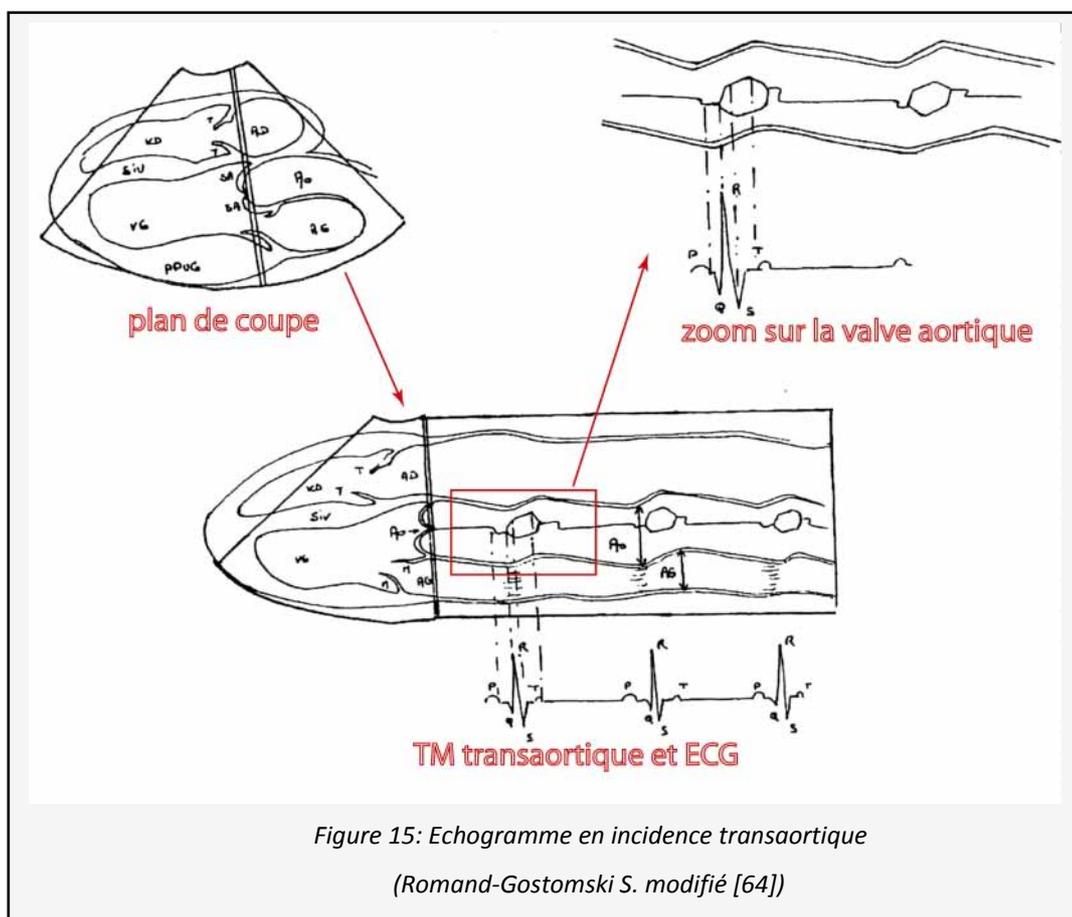
La distance entre le point E, point d'excursion maximale de la grande valve mitrale, et le septum interventriculaire constitue un indice supplémentaire de la fonction ventriculaire gauche. Indice d'autant plus fiable que la mesure obtenue est indépendante du poids de l'animal, contrairement aux autres mesures et est constante pour une même race.

Valeur moyenne de E-SIV : 6mm +/- 3 mm

On assiste à une augmentation de cette valeur par exemple lors de dilatation cavitaire gauche et à une diminution de celle-ci lors d'une cardiomyopathie hypertrophique.

c) TM transaortique (ou coupe n°4 de Feigenbaum), calcul du rapport AG/Ao et du temps d'éjection aortique

Le TM transaortique est obtenu par une coupe grand axe transaortique ou par une coupe petit axe transaortique. L'image obtenue laisse apparaître la cuspide septale en haut et la cuspide gauche en bas de l'écran. Celles-ci forment un trait unique lors de la phase de fermeture de la valve (temps diastolique) [18, 55]. Il a été décrit que dans certaines situations, seule la cuspide gauche est visible, et est parcourue de vibrations (« fluttering ») sans que ceci soit révélateur d'un état pathologique. On peut noter que lors de la systole, la racine aortique décrit un mouvement antérieur [50].



Entre la chambre de chasse du ventricule droit et l'atrium gauche, toutes deux anéchogènes (noires) sur le tracé, se dessine la base de l'aorte. Les parois aortiques sont faciles à repérer sur le tracé car elles sont représentées par deux échos parallèles hyperéchogènes ascendant en systole et descendant en diastole.

En théorie, au sein de la lumière aortique, devraient se dessiner deux des trois sigmoïdes aortiques. Le plus souvent, il s'agit de la sigmoïde antéro-gauche (située en haut du tracé) et de la sigmoïde postérieure non coronaire (située en bas du tracé).

❖ ANALYSE THEORIQUE DE LA CINETIQUE DES SIGMOÏDES AORTIQUES

- *Cinétique sigmoïdienne en diastole*

Lors de la phase de remplissage du ventricule gauche, les sigmoïdes aortiques sont fermées, la pression à l'intérieur du tronc aortique étant largement supérieure à celle du ventricule gauche. Les cuspidés aortiques accolées dessinent graphiquement un trait échogène au centre de l'aorte.

- *Cinétique sigmoïdienne en systole*

Lors de la systole ventriculaire, les sigmoïdes aortiques s'ouvrent brutalement et s'écartent l'une de l'autre, restent quelques instants à leur point d'excursion maximale pour se refermer brutalement. Les deux sigmoïdes traversées par le faisceau ultrasonore dessinent alors en effectuant ce mouvement d'ouverture et de fermeture la forme d'une boîte losangique.

En pratique on parvient bien souvent à ne visualiser à l'écran que la sigmoïde gauche, on ne voit alors que la partie supérieure de la boîte...

Difficile d'en déduire une quelconque modification de la cinétique sigmoïdienne !!! Seul s'identifie sur le tracé avec certitude le tronc aortique sous la forme de deux traits oscillants évoluant en parallélisme parfait et décrivant une excursion antérieure en systole et une excursion postérieure en diastole.

Si en médecine humaine, la réalisation du TM transaortique a une grande valeur –historique et diagnostique- il n'en est pas de même en médecine vétérinaire où son utilisation est plus hasardeuse et n'a que peu de valeur.

Le calcul du rapport Atrium Gauche/Aorte (AG/Ao) est possible en mesurant sur le TM le diamètre télédiaстolique de la racine aortique et le diamètre télésystolique de l'atrium gauche.

Cependant, en raison du fait que l'axe de tir petit axe transaortique coupe l'auricule gauche et non l'atrium, on préfère aujourd'hui réaliser cette mesure sur une coupe bidimensionnelle.

Les mesures sont effectuées sur une coupe grand axe du ventricule gauche et le **ratio AG/Ao devrait en théorie avoisiner 1.0 chez les chiens normaux** [14, 48]. Le ratio inverse (Ao/AG) peut tout autant servir à apprécier l'état de dilatation atriale gauche.

Toutefois, il est à noter qu'il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus quant aux « normes » concernant le ratio AG/Ao chez le chien. Il est une fois de plus primordial de relativiser les valeurs obtenues lors de l'examen échocardiographique à la fois à la lueur des commémoratifs et de l'aspect obtenu en mode BD (qui est d'ailleurs plus utilisé). La notion de normalité est donc en pratique repoussée à des valeurs de 1.2 et jusqu'à 1.4 dans certains cas.

❖ CALCUL DU TEMPS D'ÉJECTION AORTIQUE

Temps de pré-éjection (TPE) : temps entre l'onde q et l'ouverture des cuspidés aortiques

Temps d'éjection (TE) : temps d'ouverture des cuspidés aortiques

Le rapport TPE/TE est un indice qui diminue précocement lors d'une défaillance de la fonction ventriculaire (augmentation du temps d'éjection et diminution du temps de pré-éjection).

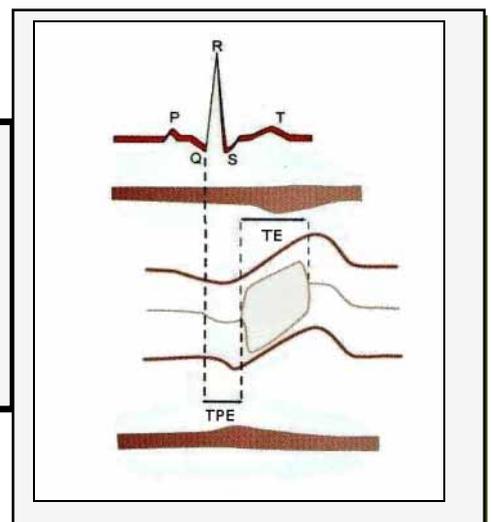


Figure 16 : Calcul du Temps d'Ejection Aortique (23)

Il en ressort que le **mode TM** est idéal en échocardiographie pour **mesurer les diamètres cavitaires et l'épaisseur des différentes parois**, et ce avec une grande précision. Historiquement, ces coupes décrites pour la 1ère fois par Feigenbaum (dont elles ont conservé le nom) sont réalisées à partir de la coupe grand axe cinq cavités. En médecine vétérinaire, la coupe n°1 est inutilisable et la coupe n° 4 n'a que peu d'intérêt.

Les coupes n° 2, 3, et 4 décrites précédemment (respectivement transventriculaire, transmitrale et transaortique) et initialement réalisée à partir de la coupe 5 cavités sont de moins en moins réalisées au profit de tracés TM obtenus à partir de coupes petit axe transventriculaire et transmitral.

Le calcul d'indices ayant valeur diagnostique, le mode TM s'avère indispensable à la collecte de données précises et rigoureuses, et ce malgré son aspect un petit peu déroutant pour le praticien. Il faut cependant toujours relativiser les données brutes obtenues par un examen approfondi du contexte d'examen, de l'anamnèse et des commémoratifs ainsi que de l'animal lui-même.

Des valeurs de références ont été publiées afin de rendre compte des variations inter-rationnelles et inter-individuelles.

III.2.3 Indices de référence et facteurs de variation

La méthodologie concernant l'ensemble des mesures précédemment énoncées a été clairement définie par l'American Society of Echocardiography. Quel que soit le vétérinaire, l'utilisation systématique de ces références garantit l'obtention de résultats identiques, la possibilité d'établir des comparaisons et un suivi des valeurs établies au cours du temps [49].

Ces valeurs sont autant d'éléments de référence et prennent tout leur intérêt dans le cadre du suivi cardiologique lors d'un protocole chimiothérapique à base d'adryamicine par exemple.

Cependant, la respiration, la fréquence cardiaque ou tout simplement le choix du positionnement des curseurs sur le tracé n'est pas sans répercussions sur l'évaluation de la taille des cavités et des parois. Pour réduire au maximum ces sources d'erreurs, il faudra prendre non pas une mais **au moins 4 à 5 mesures** lors de chaque échocardiographie et ne tenir compte que de leur **moyenne**. Une fréquence cardiaque trop élevée, une polypnée, d'éventuels troubles du rythme,...rendent difficile voire impossible l'obtention d'une valeur fiable.

Tableau V : Facteurs de variation des indices mesurés [64]

Variations des indices et des mesures cavitaires ou septales	
Race	Valeur de la FR plus faible chez les grandes races que chez les petites races
Age	Augmentation de l'épaisseur de la paroi postérieure du ventricule gauche avec la croissance
Fréquence cardiaque	Diminution des diamètres de l'atrium gauche et du ventricule gauche en systole et diastole
Entraînement physique	Augmentation du diamètre interne systolique du ventricule gauche et de l'épaisseur systolique de la paroi postérieure du ventricule gauche

Reste que toutes les mesures précédemment prises varient considérablement selon le poids de l'individu concerné, selon sa race [24, 36, 62], selon son âge, son entraînement physique [49, 68]. L'utilisation des indices et non directement des mesures, permet au moins de s'affranchir de l'énorme facteur de variation qu'est le poids. Attention, la sédation de l'animal entraîne également d'énormes variations [1].

Tous indices confondus, **la FR reste sans aucun doute l'indice le moins variable.**

Tableau VI : Variations des principales mesures et des indices échocardiographiques en fonction du poids (d'après étude graphique) [10]

Poids (kg)	2	6	10	14	18	22	26	34)	34
Dd (cm)	2,1-3,1	2,5-3,3	2,9-3,7	3,4-4,0	3,7-4,3	4,0-4,6	4,2-5,0	4,4-5,4	4,7-5,9
Ds (cm)	1,0-2,0	1,4-2,2	1,8-2,4	2,1-2,7	2,4-2,8	2,7-3,1	2,9-3,5	3,1-3,9	3,3-4,3
PPVGd (cm)	3,2-7,2	4,2-7,4	5,0-7,0	5,8-7,4	6,4-7,6	6,8-8,0	7,0-9,4	7,2-10,4	7,4-10,6
PPVGs (cm)	4,5-10,5	6,0-10,0	7,0-11,0	8,5-10,5	9,7-11,7	10,0-12,0	11,0-14,0	11,0-15,0	11,0-17,0
SIVd (cm)	4,0-8,0	5,2-8,0	5,8-8,2	6,6-8,6	7,2-8,8	7,6-9,2	7,8-9,8	7,8-11,0	8,0-11,6
SIVs (cm)	7,6-11,6	8,4-12,4	9,2-12,0	10,2-12,6	11,0-13,0	11,0-13,0	11,4-14,6	11,4-15,4	11,4-16,6
AG (cm)	0,8-1,8	1,1-1,9	1,3-1,9	1,6-2,0	1,7-2,1	1,9-2,3	1,9-2,5	2,0-2,8	2,0-3,0
Ao (cm)	1,1-1,9	1,4-2,0	1,6-2,0	1,8-2,0	2,0-2,3	2,2-2,5	2,3-2,7	2,4-3,0	2,6-3,2

Tableau VII : Principales mesures permettant d'évaluer la fonction systolique du ventricule gauche chez 12 races de chien au travers de 8 études [64]

	Pointer		Greyhound		Wolfhound		Dogue allemand		Terre Neuve		Spanish Mastiff	
Dd (cm)	3,7	4,2	4,0	5,0	4,6	5,9	4,4	5,9	4,4	6,0	4,6	4,9
Ds (cm)	2,3	2,8	2,8	3,6	3,3	4,5	3,4	4,5	2,9	4,4	2,8	3,0
FR (%)	31,5	39,5	24,0	37,0	20,0	34,0	18	36	22,0	37,0	37,4	40,6
PPVGd (cm)	0,6	0,8	0,8	1,3	0,9	1,3	1	1,6	0,8	1,3	0,9	1,0
PPVGs (cm)	1,0	1,3	-	-	1,1	1,7	1,1	1,9	1,1	1,6	1,5	1,6
SIVd (cm)	0,6	0,8	0,1	0,2	0,9	1,5	1,2	1,6	0,7	1,5	0,9	1,0
SIVs (cm)	0,1	0,2	-	-	1,1	1,7	1,4	1,9	1,1	2,0	1,5	1,6
%SIV	-	-	-	-	0,0	32,0	6	32	0,0	45,0	-	-
AG (cm)	2,1	2,5			2,2	3,5	2,8	4,6	2,4	3,3	2,8	2,9
AO (cm)	2,2	2,6			2,9	3,1	2,8	3,4	2,6	3,3	2,8	2,9
AG/AO	0,9	1,0	-	-	0,8	1,2	0,9	1,5	0,8	1,3	0,9	1,0
FC	90	124	66	131	70	120	100	130	70	120	102	112
Poids (kg)	16	22	25	32	50	80	52	75	47	70	49	56
n	16		11		20		15		27		12	

	Beagle		Caniche nain		Corgi		Golden retriever		Lévrier afghan		Cocker	
Dd (cm)	1,8	3,3	1,6	2,8	2,8	4,0	3,7	5,1	3,3	5,2	3,1	3,7
Ds (cm)	0,8	2,7	0,8	1,6	1,2	2,3	1,8	3,5	2,0	3,7	1,9	2,5
FR (%)	20,0	70,0	35,0	57,0	33,0	57,0	27,0	55,0	24,0	48,0	29,8	38,8
PPVGd (cm)	0,6	1,3	0,4	0,6	0,6	1,0	0,8	1,2	0,7	1,1	0,7	0,9
PPVGs (cm)	0,7	1,7	0,6	1,0	0,8	1,3	1,0	1,9	0,9	1,8	-	-
SIVd (cm)	0,5	1,1	0,4	0,6	0,6	0,9	0,8	1,3	0,8	1,2	0,7	1,0
SIVs (cm)	0,6	1,2	0,6	1,0	1,0	1,4	1,0	1,7	0,8	1,8	-	-
%SIV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AG (cm)	-	-	0,8	1,8	1,2	2,4	1,6	3,2	1,8	3,5	-	-
AO (cm)	-	-	0,8	1,3	1,5	2,2	1,4	2,7	2,0	3,4	-	-
AG/Ao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poids (kg)	6	12	1	9	8	19	23	41	17	36	10	15
n	50		20		20		20		20		12	

III.3 Mode Doppler

L'examen Doppler joue un grand rôle en échocardiographie. Il permet en effet d'**évaluer les flux sanguins** normaux et pathologiques à proximité des valvules cardiaques et de diagnostiquer certaines lésions cardiaques [26, 27].

On utilise l'échocardiographie bidimensionnelle pour guider l'axe de tir Doppler. Mais contrairement au mode 2D dans lequel on cherche à ce que le faisceau soit perpendiculaire aux structures étudiées, en échodoppler, il faut que celui-ci soit le plus possible parallèle au flux sanguin. L'angle entre le tir Doppler et le flux sanguin doit être au maximum de 20°, ce qui correspond à une marge d'erreur de 6 %. Il faudra effectuer plusieurs mesures, et retenir la vitesse la plus importante (qui témoigne d'un meilleur alignement de la sonde avec le flux) [15, 28, 54].

Il existe le Doppler continu, le Doppler pulsé et le Doppler à codage couleur.

III.3.1 Doppler pulsé

Ici, un seul cristal piézo-électrique intervient, et joue à la fois le rôle d'émetteur et de récepteur. L'avantage de ce mode de fonctionnement réside dans le fait que **les vitesses peuvent être mesurées même si l'axe de tir n'est pas parallèle au flux sanguin**. Cependant, ce mode est **incapable de retranscrire des vitesses élevées**. Il est également indispensable de réaliser de nombreuses mesures pour analyser les modifications hémodynamiques et les lésions [73].

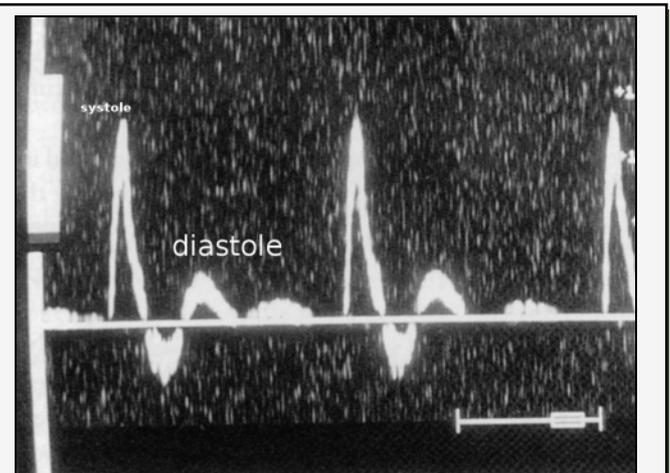


Figure 17 : Doppler pulsé (artère fémorale de chien) [73]

Les vitesses sont représentes sur l'axe vertical, et le temps sur l'axe horizontal. Les tracés spectraux au-dessus de la ligne de base représentent les flux sanguins de sens opposé à celui de la sonde.

Le décalage Doppler (c'est-à-dire entre fréquence  mise et reçue)  met des signaux acoustiques (compris entre 0 et 16 KHz) caractéristiques du cœur et des structures vasculaires, ce qui peut permettre à l'échographiste expérimenté, de **distinguer les flux normaux des flux pathologiques**. Cependant, les sons émis sont susceptibles de perturber les patients et doivent donc être analysés à l'aide d'écouteurs.

Le **volume d'échantillonnage** doit être **réduit au maximum** afin d'éviter la formation de tracés spectraux parasites.

III.3.2 Doppler continu

Cette méthode fait cette fois intervenir deux cristaux piézo-électriques en permanence. L'un est émetteur et l'autre est récepteur. Ici, il n'y a pas de volume d'échantillonnage, la mesure du flux étant réalisée tout le long du faisceau ultrasonore.

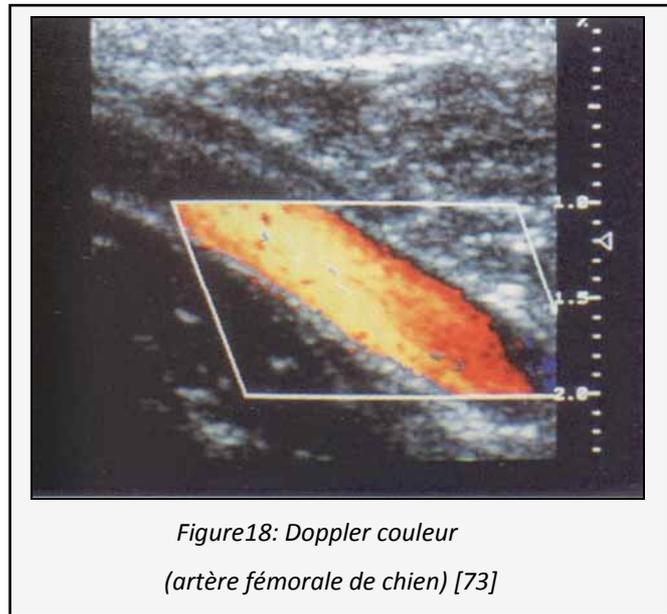
Le tracé spectral obtenu est « plein » en raison de l'association des mesures de hautes et de faibles vitesses.

L'intérêt de ce mode est la **mesure des flux de haute vitesse** (quand apparaît un effet d'aliasing en mode Doppler pulsé) au niveau des lésions sténotiques, afin de quantifier la gravité de ces lésions de sténose ou d'insuffisance valvulaire.

Cependant, le Doppler pulsé induit une **ambiguïté en distance** (il est impossible de savoir à quel niveau on a obtenu la vitesse maximale), et nécessite de surcroît d'être rigoureusement parallèle au flux étudié (ce qui peut poser problème lors d'examen d'animaux agités).

III.3.3 Doppler à codage couleur

Le Doppler à codage couleur est également une méthode pulsée, qui présente les mêmes avantages et limites que le Doppler pulsé. Il est cependant le seul mode à pouvoir afficher simultanément un échogramme bidimensionnel et les spectres de flux sanguins en codage couleur (Le codage couleur peut également être associé au mode TM).



Les **flux sanguins** laminaires **antérogrades** (vers la sonde) sont **représentés en rouge** et les flux **rétrogrades** (dans la direction opposée à la sonde) sont **représentés en bleu**.

Les **flux turbulents** sont **représentés en vert ou en jaune**, et surtout sous forme de **mosaïque**. L'intensité de la couleur traduit la vitesse du flux.

Ce mode est le plus adapté à la médecine vétérinaire, bien que le plus onéreux. Il permet en effet d'établir une interprétation hémodynamique précise et simple, et surtout est le seul à pouvoir détecter certaines lésions, telles que les communications interatriales ou interventriculaires, ou encore la persistance du canal artériel (Ductus botalli).

Cependant, tout comme le mode Doppler pulsé, ce mode d'analyse présente une limite contraignante, étant parfois incapable de retranscrire correctement des flux de vitesse élevée. Ce biais est appelé phénomène d'« **aliasing** »

III.3.4 Notion d'Aliasing et de limite Nyquist

Pour décrire concrètement ce qu'est le phénomène d'aliasing, on peut utiliser l'exemple classique de la roue de calèche dans les westerns. Tout le monde a déjà observé ces roues qui semblent tourner en sens inverse. L'explication est simple :

- Si la roue tourne de moins d'un demi-tour par image, elle semble tourner dans le sens correct.
- Si celle-ci décrit une rotation exactement par image, elle semble figée.
- Mais si celle-ci décrit plus d'une demi-rotation et moins qu'une rotation entière par image, elle semble tourner dans le sens opposé au sens de rotation réel.

Concernant la limitation qui nous intéresse dans le cadre d'un examen Doppler, on peut traduire ceci par le fait que pour mesurer des vitesses élevées (par analogie, une grande vitesse de rotation de la roue) il faudra disposer d'une fréquence d'échantillonnage élevée (c'est-à-dire un nombre d'images par seconde important).

La **limite Nyquist** est en fait le décalage Doppler maximal (c'est-à-dire la gamme dans laquelle la direction et la rotation de la roue sont encore perçues). Cette limite **doit être la plus élevée possible** pour pouvoir mesurer des vitesses élevées.

L'**aliasing** (en quelque sorte un « **effet stroboscope** » du à la nature pulsée des ultrasons) est traduit sur l'écran par une inversion du sens du flux (à la manière des roues de la calèche) alors que celui-ci est toujours dirigé dans le même sens. Ceci se traduit par une **représentation de l'autre côté de la ligne de base en mode Doppler pulsé**,

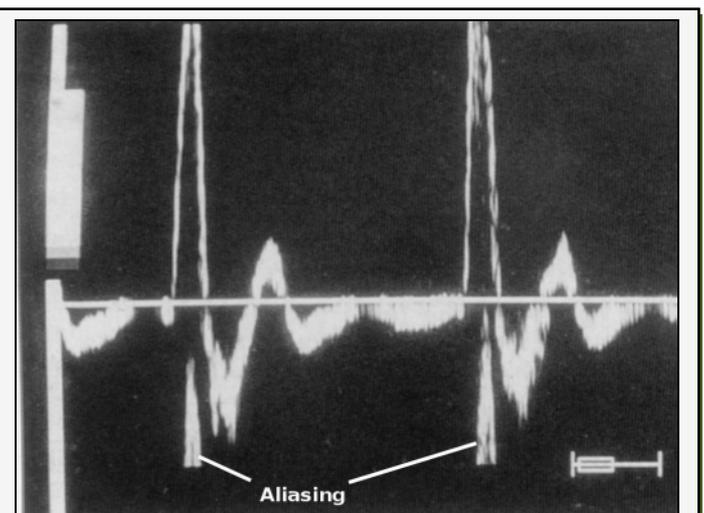
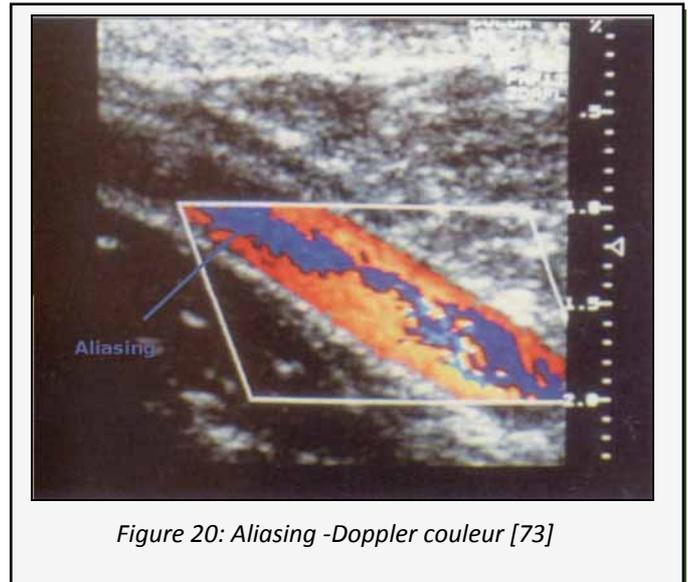


Figure 19: Aliasing- Doppler pulsé [73]

et par une **inversion de couleur en Doppler à codage couleur.**

Pour palier à cette limite, il faudra pouvoir imposer une fréquence d'échantillonnage élevée ou haute fréquence de récurrence de l'impulsion (HPRF pour « High Pulse Repetition Frequency »).



On peut limiter les phénomènes d'aliasing (et augmenter la limite Nyquist) en utilisant une sonde disposant d'une fréquence Doppler plus basse (peu utilisé car diminue la qualité des images obtenues) ou en **variant la ligne de base zéro** (on peut alors doubler la gamme de mesure, mais celles-ci seront uniquement enregistrées dans une direction)

On peut également **augmenter la fréquence de récurrence de l'impulsion** (Doppler HPRF)

Les deux dernières méthodes sont les plus utilisées en prétraitement.

III.3.5 Réglages Doppler

- Gain et Temps Gain Compensation (TGC)

Ces deux réglages sont similaires aux modes TM et 2D.

- Filtre de paroi (filtre passe-haut)

Ce système permet de rejeter les vitesses faibles, induites par les mouvements des structures cardiaques. On peut ainsi filtrer les vitesses inférieures à 400 Hz. Lors de l'étude des vitesses élevées (supérieures à 2 m/s), on peut utiliser un filtre de paroi allant jusqu'à 1200 Hz (avec une sonde de 5 MHz).

- Seuil (rejet)

Le seuil est un filtre de rejet permettant d'épurer le signal des bruits de fond en mode Doppler pulsé et continu. Il ne devra pas être réglé trop haut au risque de négliger des intensités faibles importantes dans le cadre des mesures des vitesses maximales.

- Gamme de vitesses

Celle-ci doit être réglée le plus bas possible en mode Doppler pulsé ou à codage couleur, de manière à utiliser toute la gamme de vitesses sans aliasing.

- Position et taille du volume d'échantillonnage

Le volume d'échantillonnage ou porte Doppler, doit toujours être placé au centre du vaisseau examiné. La taille du volume d'échantillonnage doit être suffisamment petite pour permettre une bonne résolution axiale et un petit spectre de fréquence.

III.4 Autres examens échocardiographiques chez le chien

III.4.1 Echocardiographie de contraste ou épreuve des bulles

Bien que cette technique soit tombée en désuétude depuis l'avènement de l'écho-Doppler, elle reste intéressante dans certaines situations. Elle consiste en la réalisation d'une injection intraveineuse (cathéter de petit diamètre dans la veine céphalique) d'un soluté salé ou glucosé isotonique contenant des micro-bulles (obtenues par une agitation vigoureuse de la seringue).

Ceci engendre une **opacification quasi-instantanée des cavités cardiaques droites pendant 2 à 3 systoles**.

Les bulles étant arrêtées par la barrière pulmonaire, il ne se produit pas d'opacification des cavités gauches.

On peut ainsi matérialiser, par un abord gauche, un shunt droit-gauche lors de communication interatriale (CIA), interventriculaire (CIV) ou une persistance du canal artériel (PCA).

III.4.2 Echocardiographie trans-œsophagienne

Cette technique est assez peu utilisée pour l'examen cardiaque courant du chien. Elle repose sur l'utilisation d'une sonde (par ailleurs très coûteuse) introduite dans l'œsophage (voire même l'estomac).

Elle est très intéressante pour l'examen de la base du cœur (en cas de tumeurs cardiaques notamment), de la valve pulmonaire, ainsi que pour la réalisation d'un Doppler transmitral (très bon alignement avec le flux).

L'examen de l'apex cardiaque est quant à lui quasiment impossible par cette méthode.

Cependant, la principale limitation de cet examen reste l'obligation de réaliser une anesthésie générale, qui rend l'interprétation des mesures effectuées (indices cardiaques et mesures de flux par Doppler) particulièrement délicate.

C'est donc une méthode principalement utilisée à des fins expérimentales.

CHAPITRE IV: PRESENTATION DES PRINCIPAUX PHENOMENES ULTRASONORES ET ARTEFACTS

Comme dans toute technique d'imagerie médicale, il est particulièrement important d'avoir conscience des artéfacts et phénomènes parasites pouvant se produire, et altérer l'image jusqu'à troubler voire fausser le diagnostic.

Ces images virtuelles, n'ayant aucune base réelle, peuvent en effet, si elles sont mal interprétées, devenir un véritable piège pour le clinicien (64).

Les artéfacts que l'on peut rencontrer en échocardiographie peuvent être liés :

- à un mauvais réglage de l'image (cf. gains)
- aux limites physiques du matériel utilisé (notamment en résolution)
- au patient lui-même (interface poumon entre la sonde et le cœur)
- aux structures anatomiques elles-mêmes (côtes)

Les artéfacts dépendant du matériel ou des réglages peuvent être corrigés sans difficulté. Il reste cependant au clinicien à maîtriser les différentes images anormales pouvant être formées lors de l'examen échocardiographique. Elles sont au nombre de quatre :

✓ Réverbération ou effet côte

Cet artéfact se traduit par la formation d'une succession de **lignes hyperéchogènes** disposées concentriquement les unes derrière les autres.

Les ondes émises par la sonde sont totalement réfléchies par un milieu fortement réfléchissant (ex : air) et viennent heurter la sonde en retour sur

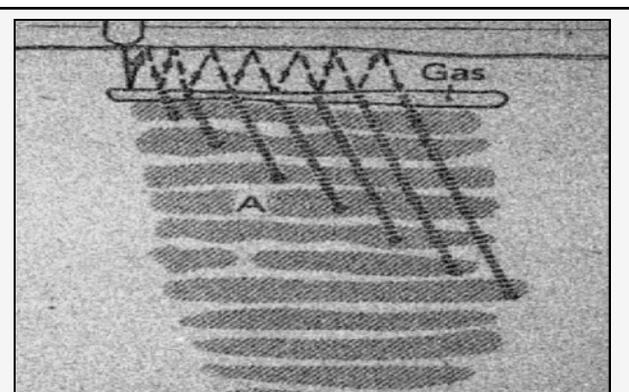


Figure 21: Artéfact de réverbération (73)

laquelle elles se réfléchissent à nouveau.

Les ondes sont alors prises dans un mouvement de « ping-pong » et l'image formée à l'écran correspond à une salve d'échos. Seule la première ligne correspond réellement à la structure réfléchissante. Les échos suivants sont artéfactuels.

On obtient ce type d'artéfact quand les ondes rencontrent directement à la sortie de la sonde un milieu tel qu'air ou os. Bien souvent, c'est la quantité de gel qui est insuffisante, ou la sonde est posée directement sur une côte.

Il est donc facile de remédier à cet artéfact.

✓ *Cône d'ombre*

Cet artéfact est **fréquent en échocardiographie**, et le clinicien doit malheureusement s'en accommoder. Il correspond à la perte totale d'information en aval d'une structure réfléchissante (ex : os ou tissu calcifié). Toutes les structures présentes « derrière » ces tissus ne seront pas représentées à l'écran. L'« ombre » dont on parle est une ombre acoustique et **prend la forme d'un cône gris scintillant**.

✓ *Renforcement postérieur des échos*

Les structures en aval de structures liquidiennes telles que le sang dans les cavités cardiaques peuvent apparaître de manière saturée, en raison de la très faible atténuation du faisceau par le sang.

Le réglage des gains différentiels permet de limiter ce type d'artéfact.

✓ *Le trou noir échographique*

C'est sans doute l'artéfact le plus gênant en échocardiographie, car il fausse directement la visualisation des structures cardiaques.

A l'inverse des trois artéfacts cités précédemment qui peuvent être identifiés et corrigés facilement, le trou noir échographique est difficile à comprendre et **peut conduire à des diagnostics abusifs de persistance du canal artériel ou de communication interatriale**.

Cet artéfact se produit quand le faisceau ultrasonore arrive tangentiellement, voire parallèlement à la structure étudiée (une cloison par exemple). Le plan d'ultrasons rasant la cloison, il n'est pas réfléchi et ne produit aucun écho en retour. Il se forme donc au sein de la cloison une image noire, évoquant un trou dans la paroi.

On retrouve de façon typique cet artéfact sur la coupe 4 cavités par abord parasternal gauche.

On pourra dans ce cas penser à tort à une CIV.

La coupe petit axe transaortique est aussi sujette à ce type d'artéfact, mimant ici une PCA.

Il est de ce fait important de multiplier les incidences et les voies d'abord pour éviter les diagnostics faux positifs. Un bon examen clinique (auscultation notamment), ainsi qu'un examen soigné des conséquences hémodynamiques permettent également de faire la différence.

**DEUXIEME PARTIE :
EXAMEN NORMAL ET DIAGNOSTIC DES
CARDIOPATHIES PAR ECHOGRAPHIE**

L'échocardiographie est un outil diagnostique puissant pour déceler les cardiopathies, qu'elles soient congénitales ou acquises en particulier chez les carnivores. Cet examen est complémentaire des autres méthodes disponibles (auscultation, électrocardiographie et radiologie) et permet de palier aux insuffisances de ces dernières.

En effet, bien que ces techniques permettent dans un premier temps d'établir un diagnostic de suspicion et de recueillir des données importantes relatives au fonctionnement cardiaque, l'échocardiographie est la seule à même de fournir une image détaillée des structures cardiaques.

La radiographie génère des images du cœur très peu détaillées et ne permet donc en général que d'apprécier une augmentation importante du volume cardiaque (cardiomégalie) éventuellement localisée à un secteur du cœur.

En comparaison, l'échocardiographie permet de préciser l'origine des troubles identifiés à l'auscultation, mais rend également possible le calcul d'indices permettant d'évaluer la gravité de la pathologie diagnostiquée (avec ce que cela entraîne de conséquences, tant du point de vue du traitement à mettre en œuvre, que du pronostic à annoncer au propriétaire de l'animal).

On peut en outre par cette méthode déceler des pathologies lors des stades précoces, quand aucun souffle n'est perçu à l'auscultation.

Nous nous sommes intéressés à l'étude des cardiopathies acquises, c'est-à-dire apparaissant après la naissance de l'animal et n'ayant donc pas d'étiologie congénitale.

Il est à noter l'importance tout aussi grande de l'échocardiographie dans le diagnostic et l'évaluation des cardiopathies congénitales chez le chien.

Nous décrirons dans un premier temps le **déroulement de l'examen**, les **aspects cardiaques normaux**, puis les **images pathologiques** les plus importantes (c'est-à-dire celles qui renseignent le plus sûrement le clinicien sur les points clés de chaque pathologie).

En effet, l'échographiste pratique en général son examen selon une trame constante et **réalise toujours ses coupes dans le même ordre**. Cependant, en fonction des résultats de l'examen clinique de l'animal, le praticien recherchera, tout en réalisant un examen complet, certaines images reflétant la pathologie suspectée (en fonction du contexte épidémioclinique et statistique, symptômes, prédispositions raciales....)

C'est pourquoi il ne sera décrit dans ce qui suit qu'un nombre restreint de clichés pour chaque pathologie, ceux qui présentent un intérêt diagnostic. Dans une logique semblable, les aspects étiologiques et thérapeutiques de chaque pathologie seront abordés de manière succincte, mais l'exposé restera axé sur les aspects fondamentaux de la technique d'imagerie employée.

Il convient pour le clinicien dans un premier temps de bien connaître l'aspect normal du cœur afin de pouvoir orienter son diagnostic dès l'apparition d'image renvoyant à des modifications pathologiques.

CHAPITRE I: PREPARATION DU CHIEN POUR UNE ECHOCARDIOGRAPHIE

I.1 Examen clinique

Comme pour tout examen complémentaire, on réalise avant une échocardiographie un **examen clinique complet** de l'animal (et éventuellement un électrocardiogramme et/ou une radiographie thoracique) [72].

La réalisation d'une échocardiographie est indiquée lors de :

- souffle cardiaque entendu à l'auscultation ;
- cardiomégalie (suspectée sur l'ECG ou la radiographie thoracique);
- suspicion clinique de cardiopathie ;
- bilan avant certaines chimiothérapies cardiotoxiques (adriblastine par exemple) ;
- dans le cadre de programmes de dépistage de cardiopathies héréditaires (sténose sous-aortique du boxer ou maladie mitrale du cavalier King-Charles par exemple).

I.2 Sédation/Tranquillisation

La sédation ou la tranquillisation ne sont pas recommandées, sauf en cas d'indocilité de l'animal. Il faudra alors tenir compte des modifications du tranquillisant ou de l'anesthésique sur le fonctionnement cardiaque.

Les indices cardiaques seront ininterprétables (augmentation de la fréquence cardiaque), et les vitesses sanguines mesurées par Doppler seront diminuées [50], et l'image sera de qualité moindre en raison de la polypnée induite par l'agent anesthésique.

Les agents anesthésiques les plus souvent utilisés sont les α 2-agonistes (xylazine, médétomidine) et les benzodiazépines (diazépam, midazolam), associés ou non à la kétamine.

I.3 Les six questions nécessaires à la préparation d'un examen standardisé

▶ Position de l'animal ?

La position debout ou assis présente l'avantage de ne pas modifier la situation hémodynamique de l'animal. Il est intéressant d'avancer ou de lever le membre antérieur du côté de l'abord utilisé et/ou de tourner le cou du côté opposé afin d'élargir la fenêtre acoustique [4, 6, 9, 20, 21].

Le décubitus latéral sera gauche pour l'abord parasternal gauche et inversement. Le cœur comprimant les structures sous-jacentes (les poumons), les structures étudiées seront plus proches du transducteur. On utilisera si possible une table fenêtrée pour faciliter le passage de la sonde sous l'animal. Cette position est généralement préférée lors de l'examen standard.

Le décubitus latéral n'offre pas la situation hémodynamique normale, mais permet de limiter les interférences dues à l'air contenu dans les poumons [50, 58, 59].

Le décubitus dorsal est généralement contre-indiqué pour l'échocardiographie (interférences avec l'air). Son seul intérêt correspond à l'abord rétro-xyphoïdien.

▶ Tonte systématique ?

Les avis sont partagés quant à l'utilité de la tonte systématique chez le chien. Elle pourrait être évitée dans plus de 95% des cas (à l'exception des fourrures fournies).

Mais elle est cependant recommandée [6, 9, 71], limitant ainsi l'interface poils-air/cœur.

Elle doit être effectuée en région parasternale droite du troisième au sixième espace intercostal, et en région parasternale gauche du troisième au septième espace intercostal. On retiendra qu'il faudra centrer la zone de tonte sur le point de palpation du choc précordial à gauche, et qu'on tondra la zone de projection de celle-ci à droite.

► Comment optimiser la qualité de l'image ?

Les structures aériques et osseuses doivent être autant que possible évitées. Pour ce faire, il faudra veiller au bon positionnement de la sonde dans une fenêtre échographique (EIC + parasternal). La réalisation de ponctions doit être proscrite avant l'examen, et il faudra surveiller la température de la pièce et réaliser l'examen rapidement.

Les deux problèmes qui peuvent survenir et compromettre la qualité des images sont :

- la dyspnée
- les thorax larges ou abondamment pourvus de graisse

► Faut-il réaliser un électrocardiogramme ?

La réponse à cette question est univoque : si c'est possible, OUI [10, 20, 58].

C'est en effet grâce au tracé concomitant que l'on peut situer les mesures dans le cycle cardiaque (notamment les différentes phases de remplissage et d'éjection cardiaques).

► Quelle sonde utiliser ?

Les sondes disponibles en médecine vétérinaire englobent une large gamme de fréquences (2,5 et 3,5 MHz, 5 MHz, 7,5 MHz et 10 MHz), mais on peut également recourir à des sondes multifréquences.

La fréquence à utiliser est définie par la nature et la position anatomique des structures à examiner.

Plus la fréquence d'émission de la sonde est élevée :

- moins la profondeur d'exploration est importante (en raison de la dissipation de l'énergie ultrasonore) :

- 10 cm pour une sonde de 7,5 MHz
- 20 cm pour une sonde de 3,5 MHz
- plus la résolution axiale est élevée
- plus la résolution latérale est élevée

► Quel mode d'analyse utiliser ?

Les deux modes d'analyse disponibles en échocardiographie conventionnelle (mode 2D et mode TM) sont complémentaires. On les utilisera alternativement selon ce que l'on veut observer sur le cœur examiné.

Le mode TM n'utilise qu'un faisceau d'ultrasons, et renvoie donc une image du cœur en une dimension et en fonction du temps (d'où l'appellation Temps-Mouvement). Ce mode est idéal pour l'étude des structures pulsatiles.

Le mode 2D (ou BD) permet de visualiser le cœur en 2 dimensions selon un plan de coupe, et donc d'observer les structures cardiaques normales ou pathologiques.

On pourra perfectionner l'analyse par l'utilisation de techniques plus avancées telles que le mode Doppler.

CHAPITRE II: REALISATION DE L'EXAMEN ECHOCARDIOGRAPHIQUE CHEZ LE CHIEN NORMAL

(d'après [13, 21, 23, 44, 52, 64, 73])

II.1) Déroulement de l'examen

Comme il en a été fait mention plus haut, l'examen du cœur chez le chien est toujours réalisé selon un ordre constant, qui permet au manipulateur de vérifier tous les paramètres importants du fonctionnement cardiaque.

Cette approche méthodique est indispensable pour réaliser le suivi des lésions en corrélation avec l'examen général de l'animal ou avec les commémoratifs lors de l'examen initial.

On commence par convention toujours l'examen par un abord parasternal droit, puis on procède si nécessaire à l'examen par abord parasternal gauche.

Nous allons dans cette partie commenter des images d'examen d'un chien normal, dans l'ordre couramment utilisé pour cet examen.

Les coupes utilisées ainsi que les principes des différents modes employés ayant été décrits en détail au cours de la première partie de cette thèse, nous ne nous étendrons pas sur la technique utilisée, mais uniquement sur l'aspect obtenu à l'écran, et sur la signification des structures observées.

Il en va de même pour les normes relatives aux mesures pouvant être effectuées dans les différents modes d'analyse. Nous invitons le lecteur à se reporter au chapitre traitant des calculs d'indices, notamment en mode TM.

II.2) Abord parasternal droit

On procède dans un premier temps à des coupes petit axe découpant le cœur de l'apex jusqu'aux racines des gros troncs artériels et veineux. Ces coupes sont faciles à obtenir et permettent de visualiser l'état du myocarde, l'absence d'épanchements, d'explorer le ventricule gauche et l'appareil mitral, de visualiser le départ des troncs pulmonaire et aortique, et de mesurer les diamètres de l'aorte et de l'atrium gauche.

Nous ne développerons que les coupes transventriculaire, transmitrale et transaortique. Il peut cependant être utile de réaliser avant la coupe transventriculaire une coupe apicale et une coupe transpapillaire (qui est semblable à la coupe transventriculaire et ne diffère de celle-ci que par la présence des muscles papillaires eu lieu des cordages tendineux).

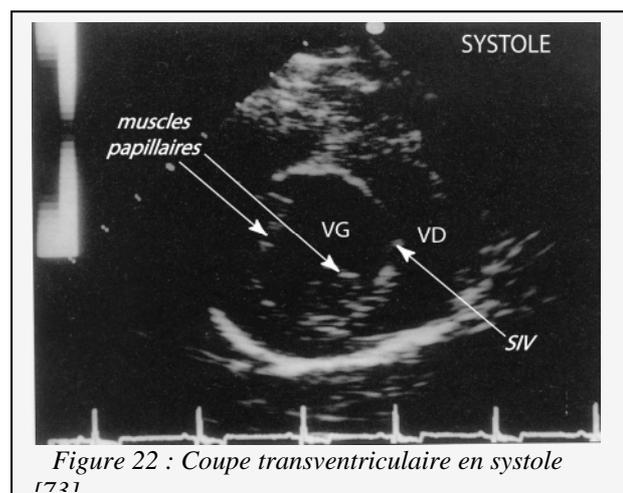
Une coupe transaortique modifiée obtenue par un petit mouvement de rotation du poignet (dans le sens anti-horaire) permet de « dérouler » à l'écran le tronc pulmonaire et de poursuivre son examen. On peut alors faire apparaître le départ des artères pulmonaires droite et gauche qui dessinent à l'écran une « patte d'oie »

II.2.1) Coupes petit axe

a) Coupe transpapillaire-transventriculaire

La première coupe réalisée lors de l'examen est une coupe petit axe transventriculaire.

L'abord droit permet de visualiser les structures droites du cœur le plus près de la sonde, soit en haut de l'écran (ou à droite de celui-ci)



Au plus près de l'apex cardiaque, la coupe passe par les muscles papillaires. En remontant en direction de la base du cœur, on observera en leur place les cordages tendineux sous forme de petits points échogènes.

L'observation attentive des mouvements septaux permet déjà au manipulateur expérimenté de préjuger des capacités contractiles du ventricule.

Cette vue rend possible la visualisation des cavités cardiaques ventriculaires droites et gauches, et permet surtout de positionner l'axe de tir pour un TM transventriculaire.

On peut réaliser (en seconde intention) le TM transventriculaire. La mesure des indices permettant de calculer la fraction

de raccourcissement est effectuée en « calant » les calipers sur l'ECG.

La mesure en télédiastole est effectuée au début de l'onde q.

La mesure en télésystole est réalisée à la fin de l'onde T ou au point le plus bas du SIV.

b) Coupe transmitrale

On poursuit la remontée des coupes vers la base du cœur et on s'attarde au niveau de la valve mitrale. Cette vue nous permet dans un premier temps de visualiser les feuillets mitraux.

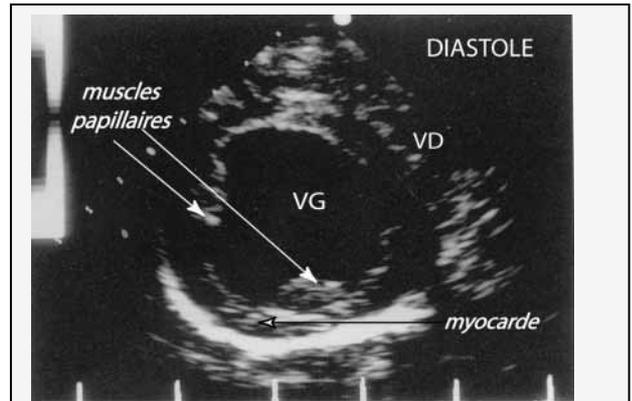


Figure 23 : Coupe transventriculaire en diastole [73]

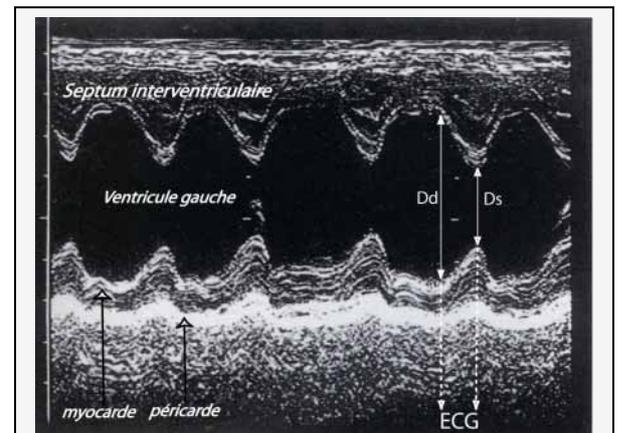


Figure 24 : Tm transventriculaire et mesure de la fraction de raccourcissement [73]

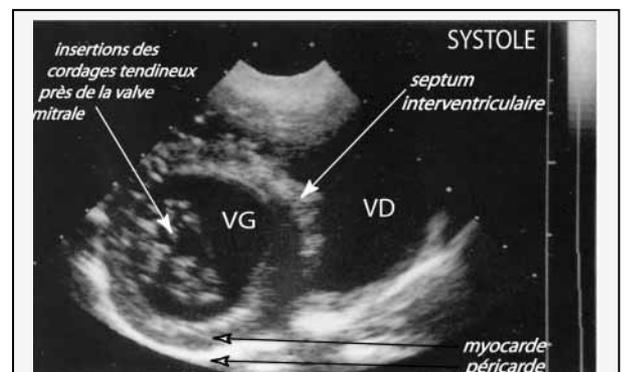


Figure 25: Coupe transmitrale en systole [73]

On peut remarquer un éventuel épaissement des valvules et observer la « normalité » de la cinétique mitrale.

Le principal intérêt de cette coupe est de pouvoir servir de base à la réalisation d'un TM transmitrale, fournissant des indications précieuses concernant la cinétique des valvules et la bonne coaptation de celles-ci.

La visualisation de la valve mitrale en mode TM permet d'analyser le mouvement de celle-ci et surtout de calculer la distance séparant le septum interventriculaire de l'accident E du feuillet antérieur mitral (distance E-SIV)

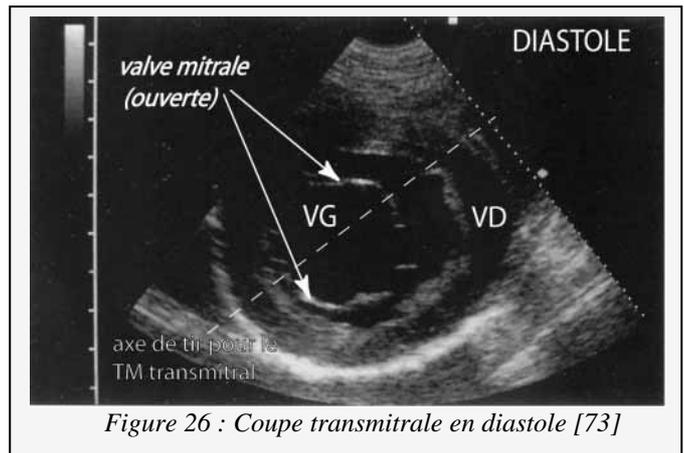


Figure 26 : Coupe transmitrale en diastole [73]

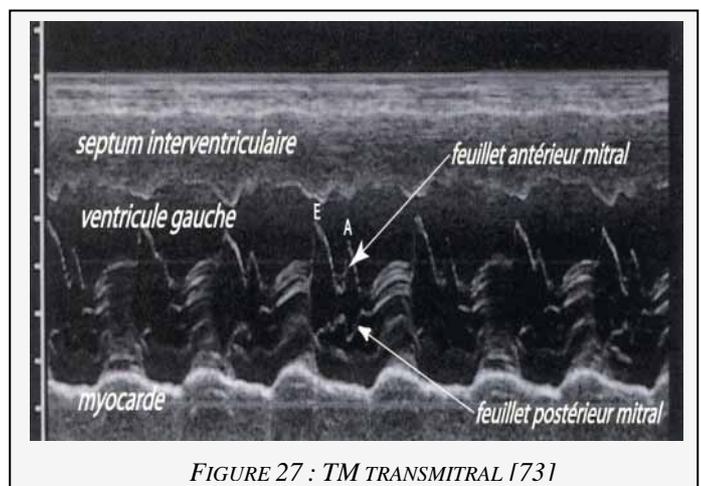


FIGURE 27 : TM TRANSMITRAL [73]

c) Coupe transaortique

L'étape suivante consiste à faire transiter le faisceau par la valve aortique.

Sur cette coupe, l'aorte et l'atrium gauche sont adjacents, ce qui permet de manière très commode de comparer leurs diamètres respectifs, et d'en déduire une éventuelle dilatation atriale gauche.

Chez le chien sain, on a :

$$Ao/AG = 0,90 \pm 0,11$$

On peut en outre réaliser une

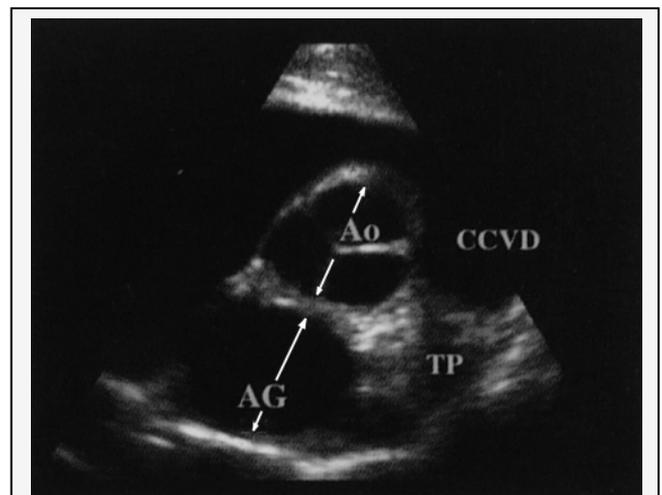


Figure 28 : Coupe petit axe transaortique et calcul du rapport Ao/AG [22]

exploration du flux pulmonaire en mode Doppler, rendu possible par le bon positionnement de l'axe de tir.

Une variante de cette coupe, appelée **coupe petit axe transaortique modifiée** et obtenue par un léger mouvement de rotation de la sonde, permet de « dérouler » le tronc pulmonaire à l'écran.

Ceci est utile pour visualiser la bifurcation du tronc pulmonaire en artère pulmonaire gauche et artère pulmonaire droite (ceci présente un intérêt dans les cas de

thromboembolie pulmonaire, notamment concernant la dirofilariose, ou encore dans les cas d'hypertension artérielle pulmonaire.)

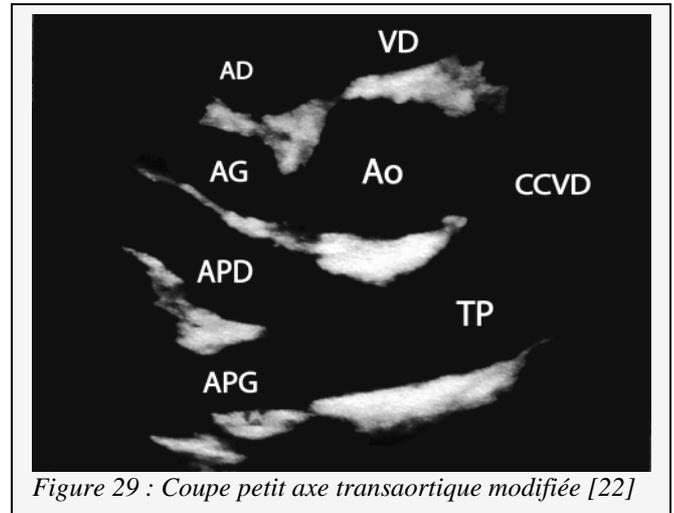


Figure 29 : Coupe petit axe transaortique modifiée [22]

La coupe petit axe transaortique permet de passer en mode Doppler et de mesurer le flux pulmonaire tant en Doppler pulsé qu'en Doppler à codage couleur.

Le mode Doppler couleur sert principalement à visualiser le sens du flux et des éventuelles régurgitations. On peut noter qu'il existe chez le chien sain une insuffisance pulmonaire physiologique dans 93% des cas.

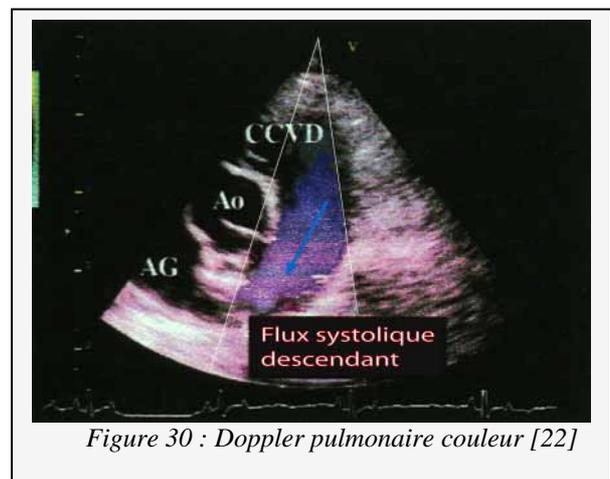


Figure 30 : Doppler pulmonaire couleur [22]

En mode Doppler pulsé, on peut effectuer des mesures précises. Cependant, la nature de ce mode ne permet pas de mesurer des flux dépassant une certaine vitesse. (cf. mode Doppler continu).

Chez le chien sain, la vitesse maximale mesurée est :

$$V_{\max} = 1,05 \pm 0,19 \text{ m/s}$$

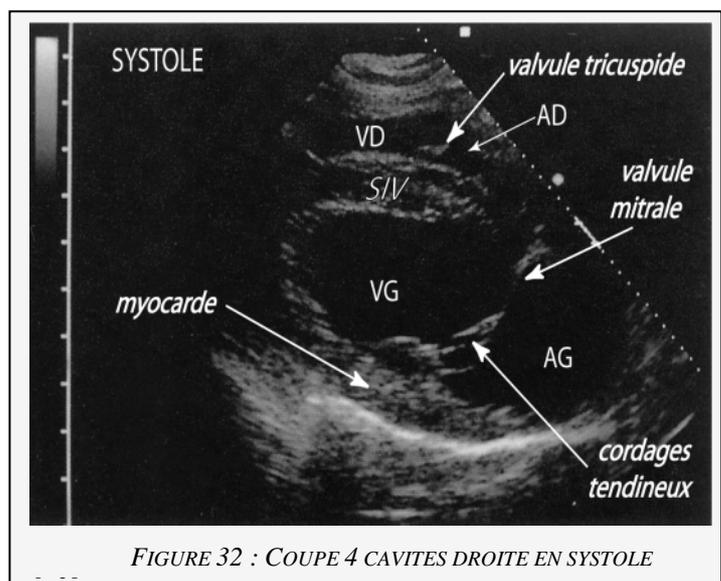
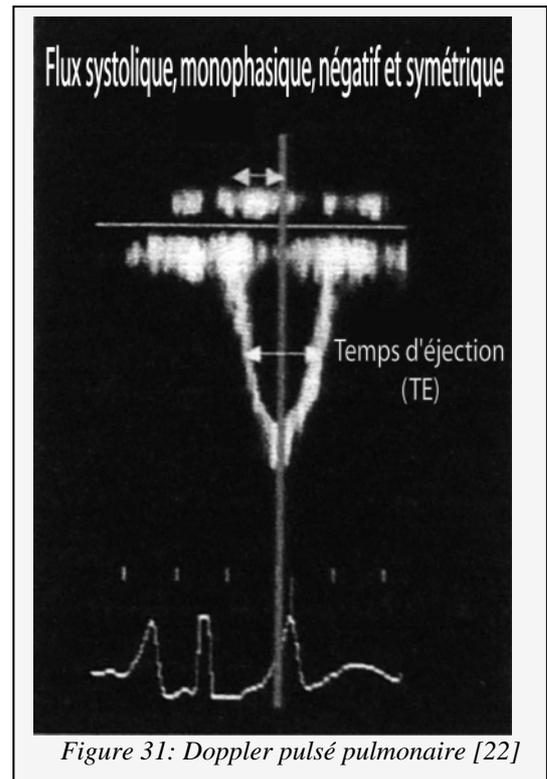
II.2.2) Coupes grand axe

a) Coupe 4 cavités

On impose ensuite à la sonde un mouvement de rotation de 90°, ce qui rend le faisceau parallèle au grand axe du cœur. On peut ainsi visualiser les quatre principales cavités du cœur, ce qui présente l'énorme avantage de pouvoir visualiser simultanément les deux systèmes atrio-ventriculaires (feuilletts mitraux et tricuspidiens)

et ainsi d'étudier leur morphologie, leur cinétique et leur implantation.

L'appréciation du diamètre de l'atrium droit pourra également être réalisée. (En effet celui-ci doit apparaître de taille inférieure à celle de l'atrium gauche).



En définitive, cette coupe sera principalement utilisée pour diagnostiquer les dysplasies, endocardites et endocardioses atrio-ventriculaires (ainsi que pour les communications interventriculaires, pathologie congénitale).

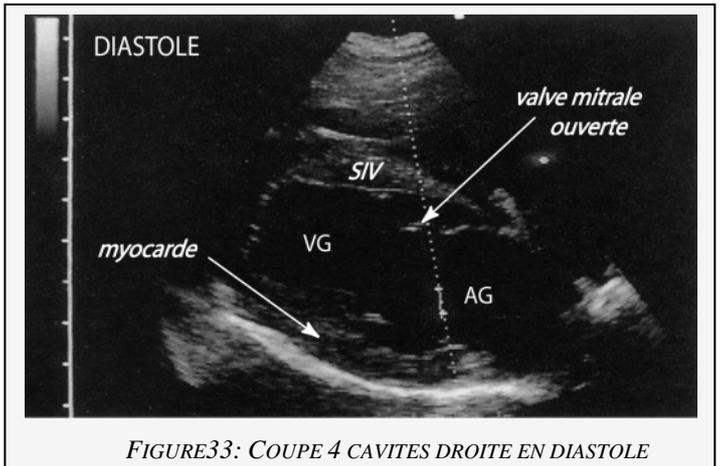


FIGURE 33: COUPE 4 CAVITES DROITE EN DIASTOLE

b) Coupe 5 cavités

Cette dernière coupe obtenue par incidence parasternale droite est presque identique à la précédente, mais passe cette fois au niveau de la valve mitrale.

L'image de l'atrium gauche est ici très réduite. Ceci permet de visualiser la chambre de chasse du ventricule gauche, les feuillets mitraux et le départ de l'aorte.

Ce type de coupe est celle préconisée pour positionner l'axe de tir du TM transaortique.

En raison des considérations selon lesquelles le TM transaortique ne présente qu'une faible valeur diagnostique en médecine vétérinaire, nous ne développerons pas celui-ci.

La coupe 5 cavités est donc principalement utilisée pour le diagnostic des myocardopathies (surtout la myocardopathie

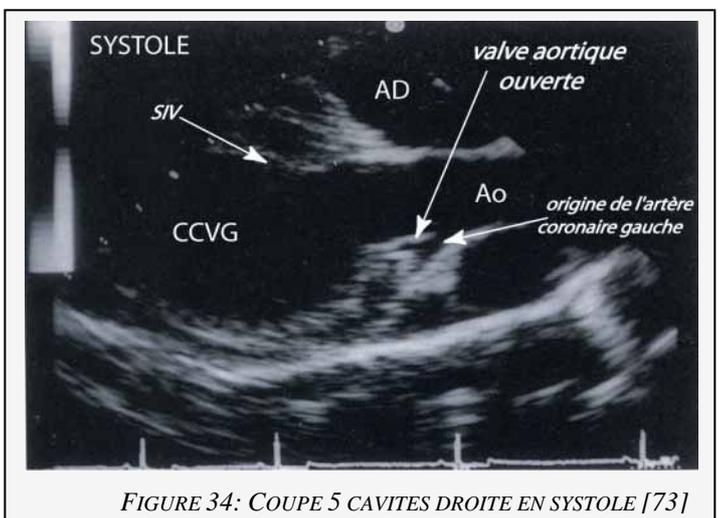


FIGURE 34: COUPE 5 CAVITES DROITE EN SYSTOLE [73]

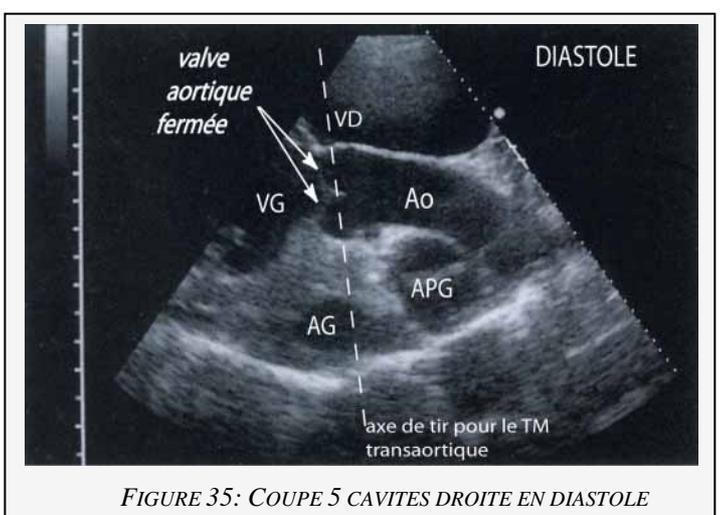


FIGURE 35: COUPE 5 CAVITES DROITE EN DIASTOLE

hypertrophique, caractérisée par la présence de bourrelets septaux) ainsi que pour les sténoses aortiques sous-valvulaires et les communications interventriculaires (pathologies congénitales).

On peut souligner le fait que le mode Doppler couleur peut être associé à ces deux derniers types de coupes pour évaluer les flux atrio-ventriculaires ou artériels, bien que l'abord parasternal gauche soit généralement préféré en raison de l'incidence plus parallèle du faisceau.

II.3) Abord parasternal gauche

Nous ne développerons ici que les coupes grand axe obtenues par abord gauche, à savoir les coupes 4 et 5 cavités. Les coupes petit axe (surtout la coupe transaortique) ne présentent pas d'intérêt particulier.

a) Coupe 4 cavités

Cette coupe est particulièrement adaptée au positionnement de l'axe de tir pour une analyse Doppler des flux atrio-ventriculaires.

On pourra en outre analyser les reflux systoliques atrio-ventriculaires.

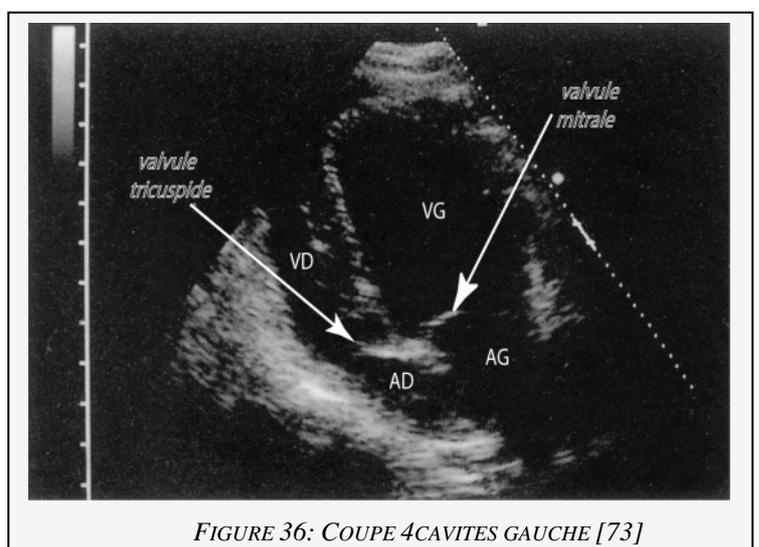
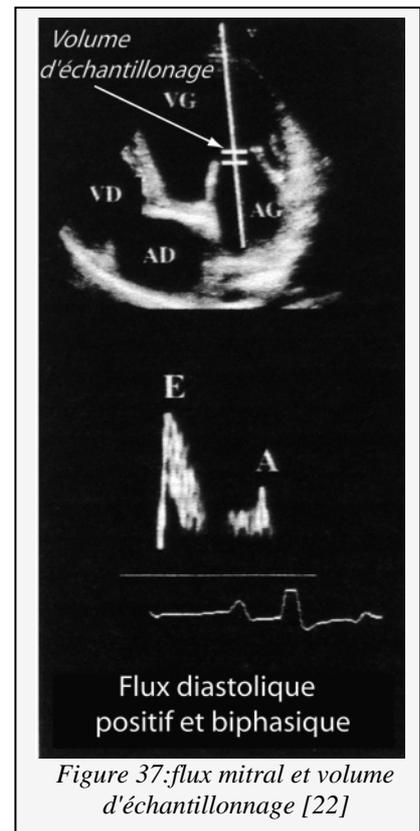


FIGURE 36: COUPE 4CAVITES GAUCHE [73]

Les flux atrio-ventriculaires sont représentés comme des pics diastoliques positifs en Doppler pulsé ou de couleur rouge (c'est-à-dire ascendants) en Doppler couleur.

Pour le Doppler mitral, les valeurs normales sont :

$$V_{\max} E = 0,9 \pm 0,1 \text{ m/s (avec } E/A > 1)$$



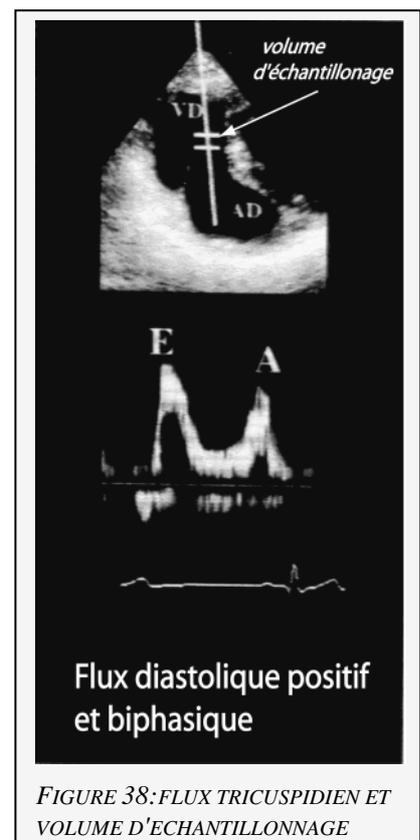
L'aspect du flux tricuspидien est similaire à celui du flux mitral.

Il est diastolique, positif en Doppler pulsé et ascendant (rouge) en Doppler couleur.

Dans les cas normaux, les valeurs de E et de A sont inférieures aux valeurs obtenues pour la valve mitrale.

$$V_{\max} E = 0,72 \pm 0,11 \text{ m/s}$$

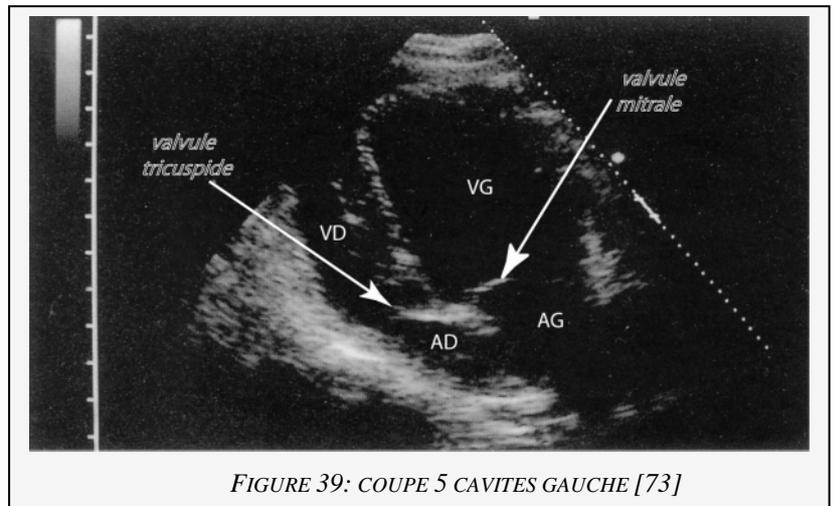
On peut noter l'existence chez la majorité des individus d'une insuffisance tricuspидienne physiologique (apparaissant sous la forme d'un flux systolique)



b) Coupe 5 cavités

Comme la précédente, cette coupe sert de support à la réalisation d'analyses en mode Doppler, en particulier pour le flux aortique (diagnostic des sténoses et insuffisances aortiques)

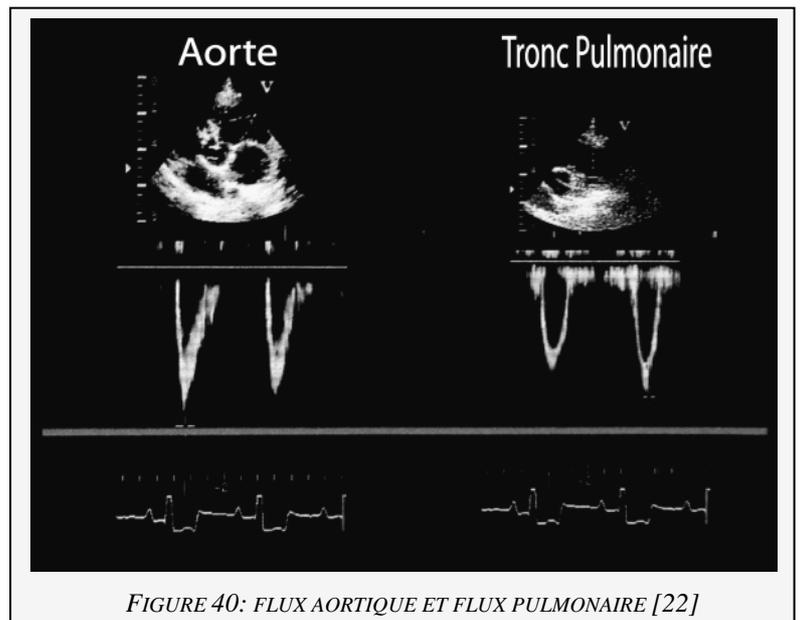
Le calcul du temps de relaxation isovolumique est également possible grâce à cette vue.



L'analyse du flux aortique est effectuée en mode Doppler sur la base de la coupe grand axe 5 cavités par abord gauche.

Elle est importante pour effectuer des mesures de vitesse du flux.

Ce flux est systolique, descendant (ou négatif), monophasique et asymétrique. Il est comparable au flux pulmonaire, mais présente une accélération bien supérieure et est asymétrique.



Les valeurs observées chez le chien sain sont :

$$V_{\max} = 1,3 \pm 0,2 \text{ m/s}$$

CHAPITRE III: DIAGNOSTIC ECHOGRAPHIQUE **DES CARDIOPATHIES ACQUISES CHEZ LE** **CHIEN**

L'échocardiographie permet de mettre en évidence, de façon non sanglante, les lésions cardiaques elles-mêmes et d'en apprécier les conséquences sur la fonction ventriculaire. De ce fait, elle constitue l'examen de choix pour le diagnostic de ces différentes affections et l'estimation des modifications atriales et ventriculaires qu'elles induisent. Selon les structures cardiaques atteintes, on peut regrouper chez le chien les cardiopathies acquises ainsi :

- les **valvulopathies** (endocardiose, endocardite infectieuse) ;
- les **affections myocardiques** (myocardiopathies dilatée ou hypertrophique, myocardite, fibrillation atriale idiopathique) ;
- les **affections péricardiques** (péricardite sèche et épanchements péricardiques) ;
- les **masses cardiaques** (tumeurs, parasites, thrombus) ;
- le **cœur pulmonaire** (associé à une hypertension artérielle pulmonaire).

En marge de ces cardiopathies, l'examen échocardiographique peut servir à estimer les **répercussions d'affections systémiques sur le fonctionnement cardiaque**. On pourra ainsi évoquer l'hypothyroïdie, le phéochromocytome, l'hypertension artérielle systémique et le cas particulier de la cardiotoxicose (qui n'est pas à proprement parler une cardiopathie mais la conséquence d'un traitement médicamenteux anticancéreux).

III.1) Diagnostic des valvulopathies acquises

III.1.1) Endocardiose mitrale

L'endocardiose est la pathologie cardiaque **la plus fréquente chez le chien**. Elle affecte la plupart du temps des animaux âgés et est plus fréquente chez le mâle.

60% des animaux présentant une endocardiose valvulaire ont une atteinte isolée de la valve mitrale, et environ 35% ont une atteinte tricuspидienne associée. (Les aspects échographiques de l'atteinte tricuspидienne étant semblables à ceux de la valve mitrale, nous ne traiterons que de l'endocardiose mitrale.)

C'est une **pathologie dégénérative** de la valve mitrale (dégénérescence myxoïde de la valve et de l'appareil sous valvulaire), provoquant une déformation du bord libre des feuillets (aspect en massue) progressivement responsable d'une incompetence de la valvule et d'une régurgitation. Une atteinte des cordages tendineux pouvant aller jusqu'à la rupture est possible.

L'évolution de cette maladie, qui est décrite selon 4 phases successives, conduisant systématiquement vers une insuffisance cardiaque gauche.

d) Quand penser à une endocardiose mitrale ?

L'éventualité d'une endocardiose pourra être soulevée en cas de:

- souffle systolique apexien** gauche, parfois associé à un souffle moyen droit d'insuffisance tricuspидienne ;
- chien âgé de petite et moyenne race** (surtout les **Caniches mâles**) -ou le **Cavalier King Charles** quel que soit son âge-présentant des symptômes **d'insuffisance cardiaque gauche** avec toux et dyspnée d'effort associées à un état général globalement satisfaisant (cardiopathies compensées) ;
- tout chien âgé présentant une **altération brutale de l'état général** (décompensation brutale lors de rupture des cordages tendineux par exemple) ou au contraire sporadique avec des crises d'œdème aigu du poumon (crépitations pulmonaires) se déroulant principalement en fin de journée ;

- ☑ toute image radiographique de cardiomégalie associée à une bronche lobaire gauche surélevée et un œdème péri-hilaire ;
- ☑ toute présence d'extrasystoles auriculaires relevées sur le tracé ECG.

L'échocardiographie permet d'établir un **diagnostic de certitude**, caractérisé en premier lieu par un **remaniement valvulaire**, entraînant systématiquement un **défaut de fermeture** des cuspidés et conduisant à l'installation d'un **prolapsus valvulaire**.

e) Aspect échocardiographique

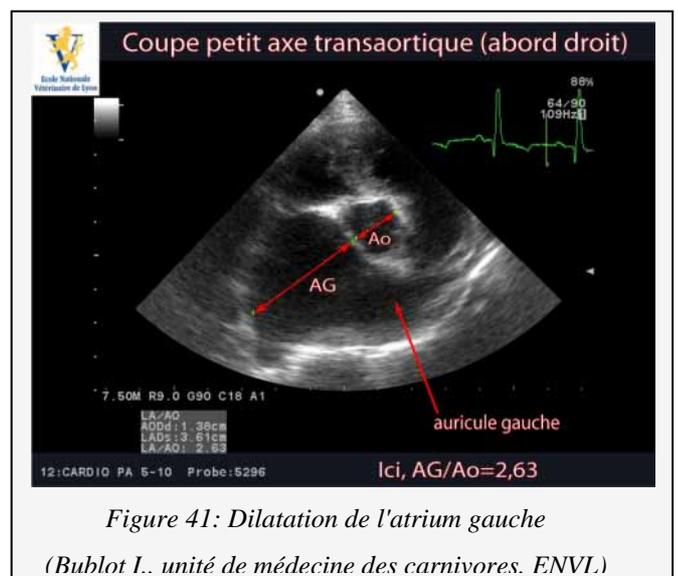
*N.B. Les images illustrant cette pathologie sont toutes issues de l'examen d'un chien **Ganiche de 10 ans** sauf la figure 44 (Teckel de 11 ans).*

Lors du diagnostic de l'endocardiose, on s'intéressera à la recherche de **trois modifications morphologiques** caractéristiques :

- une **dilatation des cavités gauches** du cœur souvent considérable, conséquence de l'insuffisance ;
- un **remaniement valvulaire** ;
- un éventuel **prolapsus** des feuillets mitraux ou degré de déplacement systolique de la valve mitrale dans l'oreillette gauche.

☑ Dilatation des cavités gauches

On distingue successivement une dilatation atriale gauche, puis secondairement une dilatation ventriculaire gauche (en raison de la surcharge volumétrique des cavités gauches faisant suite à la fuite mitrale).



C'est le **rapport AG/Ao** qui permet de caractériser la dilatation atriale. Un **dépistage précoce** de la maladie est ainsi possible, et cet indice est le plus fiable actuellement pour évaluer le pronostic et définir un traitement médicamenteux, en fonction du stade évolutif.

A plus ou moins longue échéance se rajoute une **dilatation**

ventriculaire, associée sur le tracé TM d'une hyperkynésie ventriculaire en début d'évolution, puis d'une hypokynésie à terme.

Il nous semble important de rappeler que dans le cas de l'endocardiose, le calcul de la Fraction de Raccourcissement (**FR**) peut donner des valeurs normales et est de ce fait **sans relation avec le stade clinique** de l'endocardiose. Cet indice ne devra pas être utilisé dans ce cas.

Remaniements valvulaires :

- modification **morphologique** typique de la valvule ;
- modification de la **cinétique valvulaire** par diminution de la mobilité des feuillets mitraux

L'endocardiose est caractérisée par l'apparition d'importantes **boursouflures myxoïdes**. Des lésions nodulaires, généralement localisées à l'extrémité du feuillet mitral, lui confèrent un aspect **hyperéchogène** en forme de **massue**.

Il faut cependant retenir que le **degré de remaniement** des valvules est **sans corrélation avec la gravité de la maladie** et le contexte clinique.

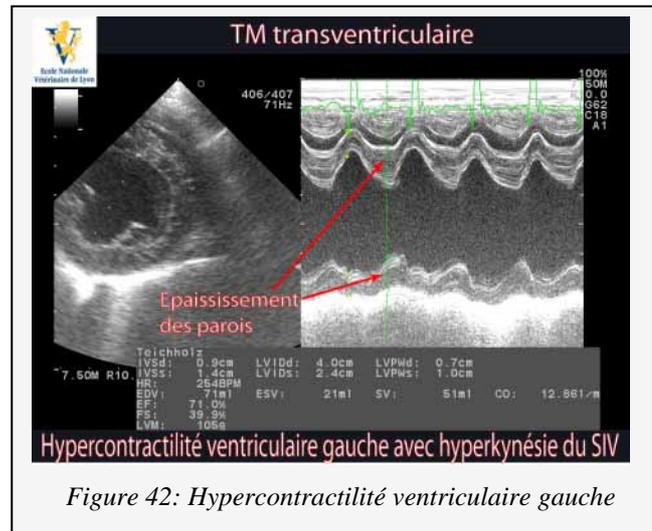


Figure 42: Hypercontractilité ventriculaire gauche

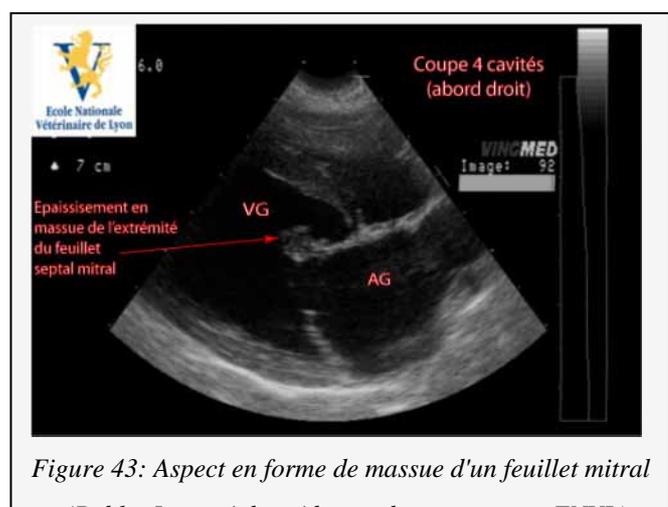


Figure 43: Aspect en forme de massue d'un feuillet mitral

La cinétique des valvules est modifiée par l'atteinte fibreuse des feuillets, entraînant une **nette diminution de leur amplitude d'ouverture** et une **coaptation imparfaite** en systole ventriculaire (à l'origine du prolapsus mitral)

(Dans le cas de dilatation atriale très importante, on peut avoir une **fibrillation auriculaire** surajoutée, et **disparition du ressaut A** de ce fait).

La distance **E-Septum diminue** dans un premier temps, puis augmente brutalement lors de la décompensation cardiaque. Cette augmentation est indissociable d'un effondrement du débit cardiaque.

Remarque : cette modification n'est

pas spécifique de l'endocardiose mitrale et se rencontre dans toute cardiopathie responsable d'une surcharge auriculaire (PCA, CIV, MCD...par exemple)

Présence d'un prolapsus mitral

L'endocardiose s'accompagne souvent du prolapsus d'un ou plusieurs feuillets atrio-ventriculaires. Le diagnostic consiste à observer sur la coupe 5 cavités par abord droit le degré de déplacement des feuillets mitraux en direction de l'atrium gauche lors de la systole ventriculaire.

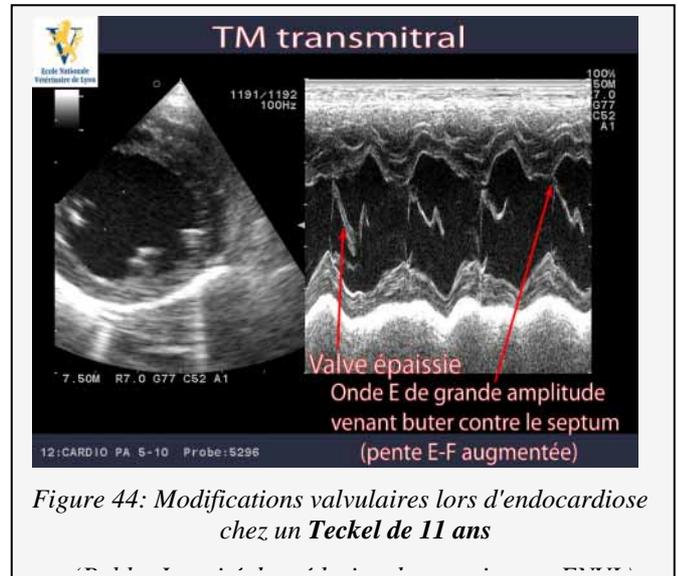


Figure 44: Modifications valvulaires lors d'endocardiose chez un **Teckel de 11 ans**

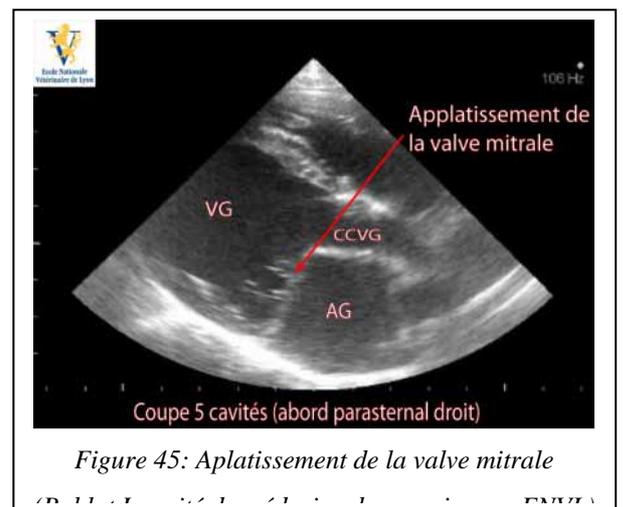


Figure 45: Aplatissement de la valve mitrale

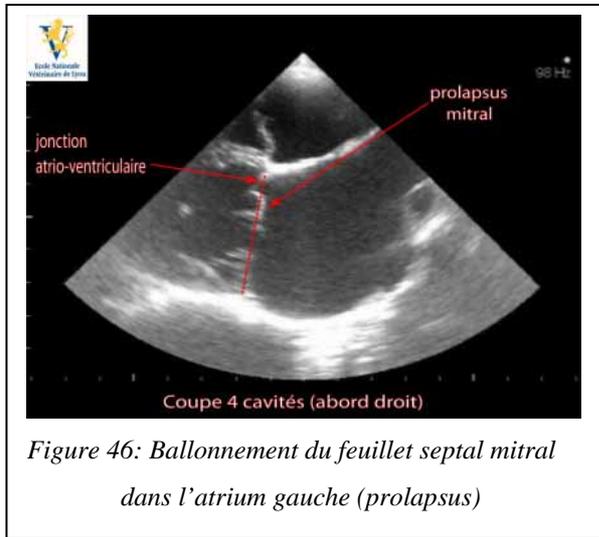


Figure 46: Ballonnement du feuillet septal mitral dans l'atrium gauche (prolapsus)

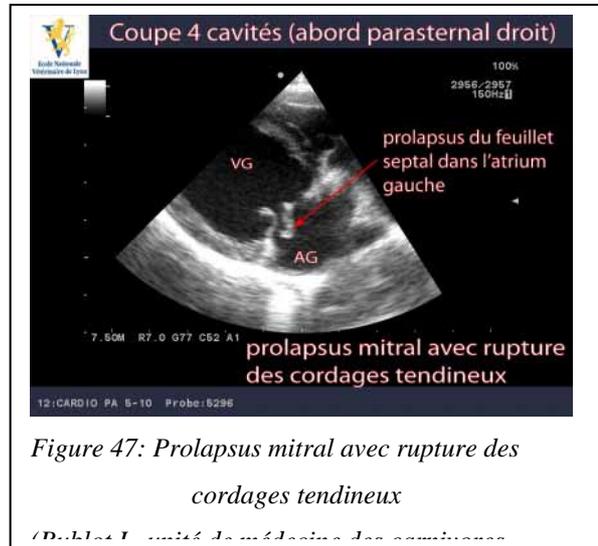


Figure 47: Prolapsus mitral avec rupture des cordages tendineux

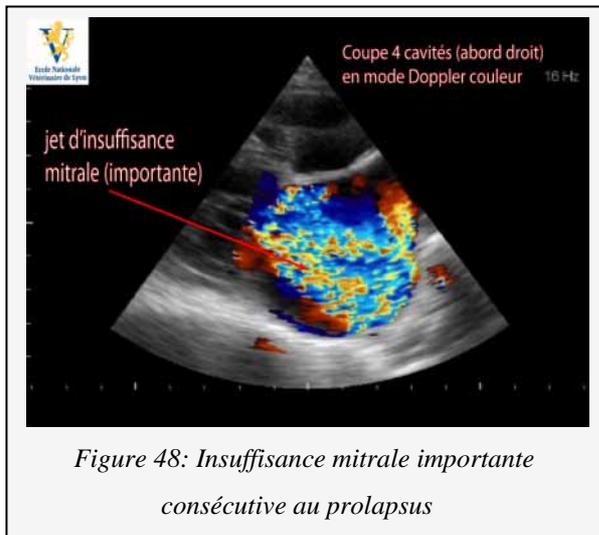


Figure 48: Insuffisance mitrale importante consécutive au prolapsus

Ces clichés reflètent les différents stades de l'établissement du prolapsus mitral (aplatissement de la valve, ballonnement dans l'atrium puis rupture des cordages tendineux et éversion de la valve dans l'atrium gauche). Les conséquences hémodynamiques sont très importantes (cf figure 48) ; on peut observer une régurgitation mitrale majeure (couvre l'ensemble de l'atrium au Doppler couleur) accompagnée de répercussions systémiques majeures.

f) Quelques pièges à éviter

- On prendra soin de ne réaliser ce diagnostic qu'avec un réglage de **gain le plus bas possible**. En effet, un gain trop élevé rendra artificiellement l'endocarde et les valvules hyperéchogènes, et l'épaisseur de l'écho sera exagérée par rapport à l'épaississement de la valve.
- Lorsque l'atteinte est nodulaire, il sera difficile de réaliser un diagnostic différentiel entre endocardiose et endocardite.
- Parfois, les modifications valvulaires sont peu ou pas détectables. Leur absence à l'écran ne signifie pas pour autant l'absence de maladie mitrale. Il pourra dès lors être utile d'étayer le diagnostic par un certain nombre d'éléments :

- le changement d'aspect est plus souvent visible sur le feuillet antérieur que sur le feuillet postérieur ;
 - l'échogénicité des cordages est souvent augmentée ;
 - l'endocardiose mitrale s'accompagne souvent de complications telles que la rupture des cordages tendineux.
- En raison de la possibilité de nombreux faux positifs et faux négatifs, le mode 2D est nettement plus sensible que le mode TM pour le diagnostic du prolapsus mitral.

g) Importance de l'échocardiographie concernant le traitement

On ne dispose pour cette affection que de traitements symptomatiques, variant en fonction du stade clinique et des données échocardiographiques.

L'indice le plus intéressant à l'heure actuelle d'un point de vue diagnostic, pronostic et thérapeutique est le rapport AG/Ao. En effet, celui-ci est étroitement corrélé aux différents stades de l'insuffisance cardiaque et de ce fait aussi aux traitements à mettre en place.

Tableau VIII : Classification de l'insuffisance mitrale et traitement [44]

	Insuffisance mitrale			
	Stade I	Stade II	Stade III	Stade IV
	Asymptomatique	Symptômes à l'effort	Symptômes au repos	Décompensation cardiaque / œdème aigu du poumon
Rapport Ao/AG	1-1,4	1,5-1,7	1,8-2	2-2,5
Corrélation entre les données échographiques et le diagnostic, le pronostic et le traitement médical	Aucun traitement médical n'est jugé nécessaire. Se limiter au traitement hygiénique	Traitement médical et hygiénique	Chez les grandes races : si AG/Ao > 2 ⇒ risque de fibrillation atriale	AG/Ao > 2,5 ⇒ mauvais pronostic à court terme Débit aortique effondré + distance E-Septum > 10 mm quelle que soit la taille de l'animal. ⇒ période terminale de l'insuffisance mitrale
Traitement	Restriction d'effort Contrôle de l'apport sodé	Régime hyposodé Repos Inhibiteurs de l'enzyme de conversion + /- diurétiques à la dose minimale efficace	Régime désodé strict Inhibiteur de l'enzyme de conversion Vasodilatateurs veineux (risordan) Furosévide Digoxine si perte de l'inotropisme ou si fibrillation auriculaire	Traitement inefficace

III.1.2) Endocardite infectieuse

L'endocardite infectieuse est **rarissime** chez le chien. Elle est caractérisée par l'apparition d'une **végétation** par **inflammation** de l'endocarde valvulaire, généralement d'origine bactérienne.

Dans la majorité des cas, c'est le cœur gauche qui est touché, et ce sont alors les valves mitrales et aortiques qui sont atteintes. On assiste alors à l'installation d'une **insuffisance cardiaque gauche**, dont l'évolution est généralement **sévère**.

Très souvent, l'installation d'une endocardite se déroule sur une valve déjà pathologique et siège d'une fuite. Le germe responsable se greffe sur la valve à la faveur d'une bactériémie transitoire. L'origine du foyer infectieux peut être très diverse (localisation cutanée, bucco-dentaire ou uro-génitale – origine prostatique fréquente chez les mâles-).

e) Quand penser à une endocardite ?

Le clinicien pourra avoir à l'esprit cette pathologie devant :

- tout antécédent d'infection ;
- toute lésion préexistante de l'appareil valvulaire (endocardiose, sténose, dysplasie valvulaire,...) ces lésions étant autant de sites prédisposés à la séquestration de bactéries ;
- tout sujet présentant des facteurs de risque (affections bucco-dentaires ou prostatiques) ;
- tout chien âgé présentant fatigue et léthargie associé à une hyperthermie persistante ou récidivante sans origine causale évidente ;
- tout souffle dont la localisation et l'intensité varient au cours du temps ;
- tout symptôme d'insuffisance cardiaque congestive.

f) Aspect échocardiographique

On cherchera à mettre en évidence une ou plusieurs **lésions valvulaires végétantes**, pouvant intéresser un ou plusieurs feuillets des **valves mitrales ou aortiques**. Ces lésions apparaissent sous forme de petits nodules **hyperéchogènes** de trois ou quatre mm d'épaisseur très souvent **pédiculés**.

Quelle que soit leur localisation, les lésions valvulaires gauches entraînent des signes de **surcharge des cavités gauches** (plus importantes lors des lésions aortiques). On recherchera alors :

- une dilatation atriale gauche puis ventriculaire gauche lors de lésions mitrales (même évolution que celle décrite pour l'endocardiose) ;
- une dilatation ventriculaire gauche, puis atriale gauche lors de lésions aortiques.

g) Les pièges à éviter

La résolution de l'échographe peut être le facteur limitant pour la détection de modifications valvulaires (notamment quand l'épaississement est inférieur à 2mm). Cette absence de modifications visibles ne signe pas l'absence d'endocardite.

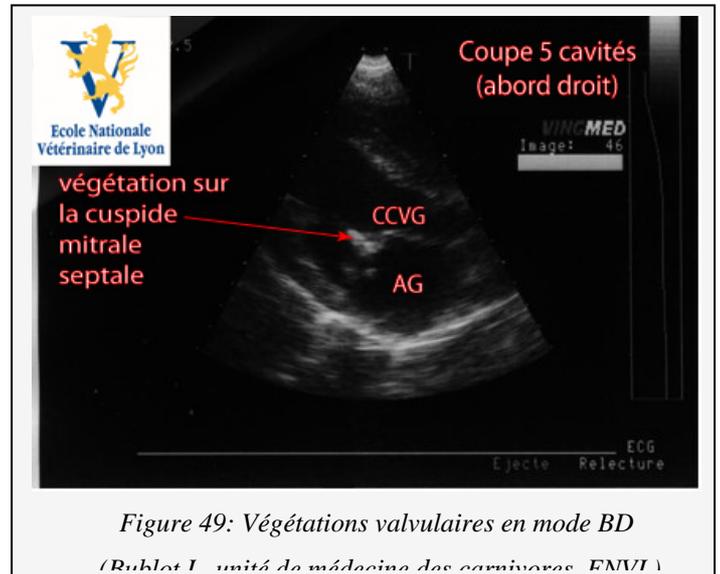


Figure 49: Végétations valvulaires en mode BD

(Rublot I, unité de médecine des carnivores, ENVI)

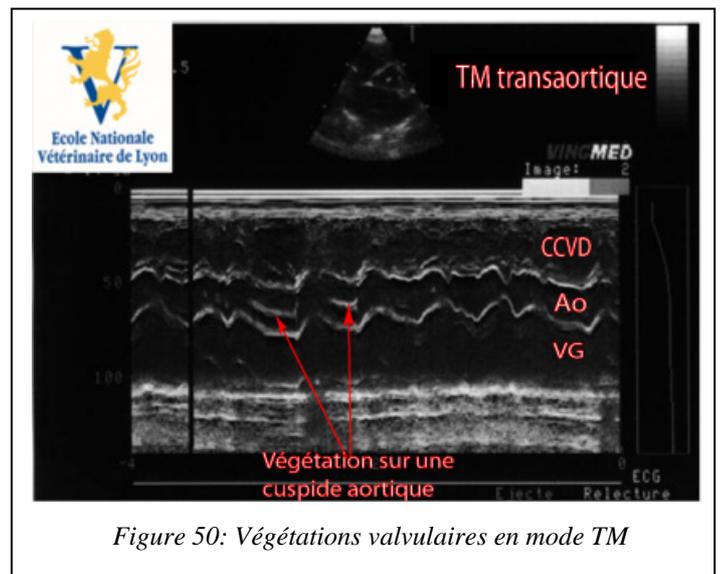


Figure 50: Végétations valvulaires en mode TM

La distinction entre endocardite et endocardiose est parfois difficile. C'est alors le contexte clinique qui permet de les différencier (épisodes fébriles ou foyers infectieux précédant l'apparition des lésions valvulaires). La localisation des lésions est généralement face ventriculaires pour les lésions aortiques et face auriculaire pour les lésions mitrales.

h) Traitement, pronostic et prévention

En dépit de résultats (biochimique et échographique) négatifs, toute suspicion d'endocardite doit donner lieu à une antibiothérapie à forte pénétration tissulaire (céfalexine + gentamicine).

Le pronostic est réservé et fonction des données échocardiographiques. L'examen permet d'une part d'évaluer le stade de l'insuffisance cardiaque mais aussi de contrôler l'évolution des lésions en cours de traitement. Le pronostic est extrêmement mauvais si les végétations persistent en dépit du traitement. La gravité de l'insuffisance cardiaque est corrélée à la localisation des lésions valvulaires. Les endocardites aortiques sont de très mauvais pronostic à court terme.

La prévention passe par un contrôle rigoureux de l'état dentaire du patient. Les soins dentaires sont systématiquement associés à une antibiothérapie préventive.

D'une façon plus générale, tout foyer infectieux chez un sujet porteur de modifications valvulaires doit donner lieu à une antibiothérapie longue (au moins 3 semaines).

III.2) Diagnostic des affections myocardiques

III.2.1) Cardiomyopathie dilatée (CMD)

Les cardiomyopathies au sens large sont des pathologies affectant **strictement** le muscle cardiaque et sont d'**étiologie inconnue**. Ce qui exclut toute cardiomyopathie secondaire à une maladie, à un traitement, ou à l'atteinte d'un élément conducteur du système cardio-vasculaire : dans ce cas les appareils valvulaires, le péricarde ou le système conducteur sont intègres.

Ces pathologies revêtent une grande importance, tant par leur fréquence que par leur **gravité potentielle**. Le pronostic est **mauvais à très court terme** car on assiste inexorablement à l'installation d'une insuffisance cardiaque gauche.

Chez le chien, c'est la forme dilatée qui est la plus fréquente, et occasionne de par l'amincissement des parois ventriculaires et la dilatation des cavités cardiaques un défaut d'éjection systolique par altération de la contractilité ventriculaire.

e) Quand penser à une cardiomyopathie dilatée ?

Les conditions les plus propices au diagnostic de cette maladie sont :

- Un **chien adulte mâle** présentant des symptômes d'**insuffisance cardiaque sévère** avec deux particularités : la **rapidité d'évolution** et l'**âge du patient** (entre 4 et 6 ans), surtout chez les **grandes races** (Berger Allemand, Montagne des Pyrénées...) –et chez les races Doberman, Boxer et Cocker Spaniel où elle revêt une forme particulière-.
- Tout symptôme d'appel type fatigue, maigreur, dyspnée.
- A l'observation radiographique d'une cardiomégalie (parfois impressionnante) associée à un œdème pulmonaire en région péri-hilaire.
- Quand on observe une fibrillation auriculaire ou un hypovoltage sur le tracé ECG.

f) Aspect échographique

Les cardiomyopathies dilatées sont comme leur nom l'indique caractérisées par une **dilatation des ventricules** avec **amincissement des parois ventriculaires**. Le diagnostic échographique reposera sur la démonstration de façon quasi pathognomonique de **trois modifications morphologiques** caractéristiques :

- une dilatation **ventriculaire gauche** souvent importante avec **baisse de la fraction de raccourcissement (FR)** associée ou non à une dilatation atriale ;
- un **amincissement** net des parois ventriculaire et septale ;
- une **hypokynésie** globale des parois ventriculaires.

Une atteinte myocardique de type dilatée va entraîner des **troubles hémodynamiques** par altération de la performance du ventricule gauche et du **fonctionnement des valves mitrales**. Ce sont ces répercussions que l'on va chercher à évaluer.

On observe sur ces deux clichés BD en mode Doppler couleur l'**insuffisance mitrale consécutive à la dilatation ventriculaire et à la distension de l'anneau mitral**.

La vitesse du flux de régurgitation est mesurée en Doppler pulsé.

Ces images ont été réalisées sur un **Terre-Neuve de 12 ans**.

La petitesse du jet de régurgitation explique que dans ce genre de situation, on n'observe généralement pas de souffle à l'auscultation.

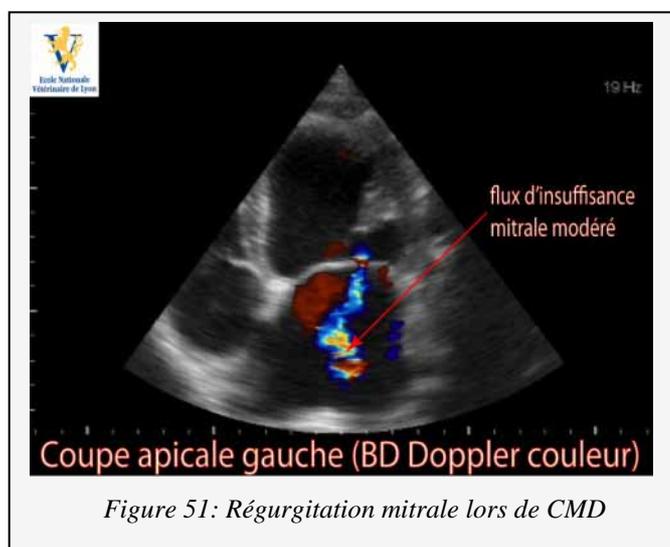


Figure 51: Régurgitation mitrale lors de CMD

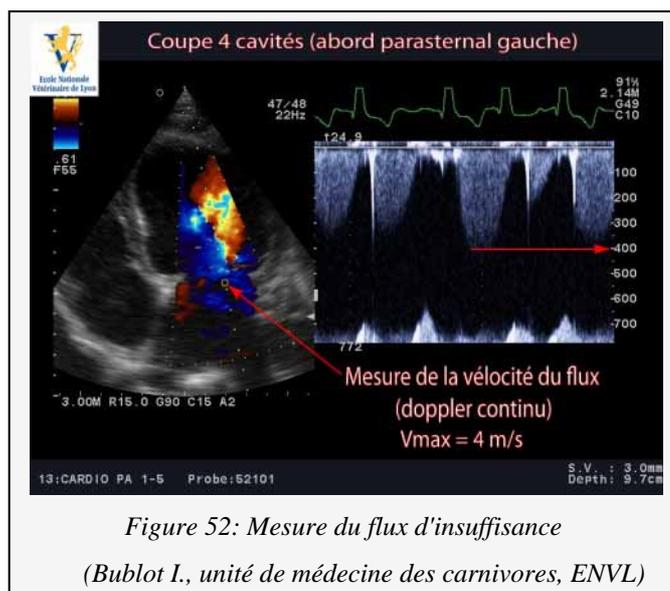


Figure 52: Mesure du flux d'insuffisance
(Bublout I., unité de médecine des carnivores, ENVL)

☑ Dilatation ventriculaire et diminution de la FR

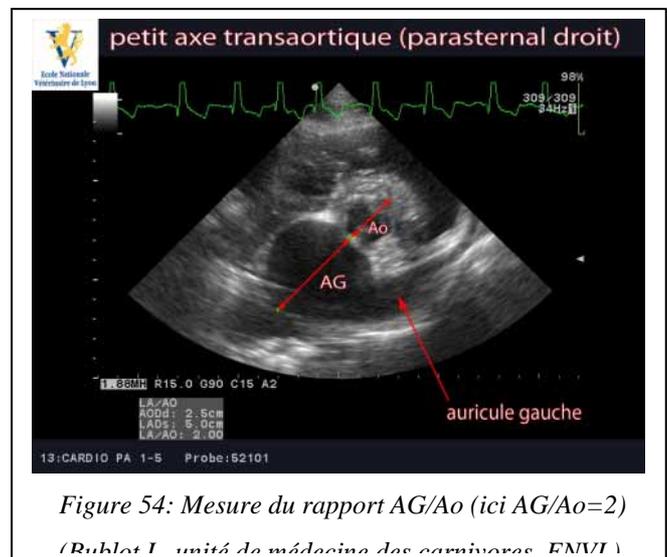
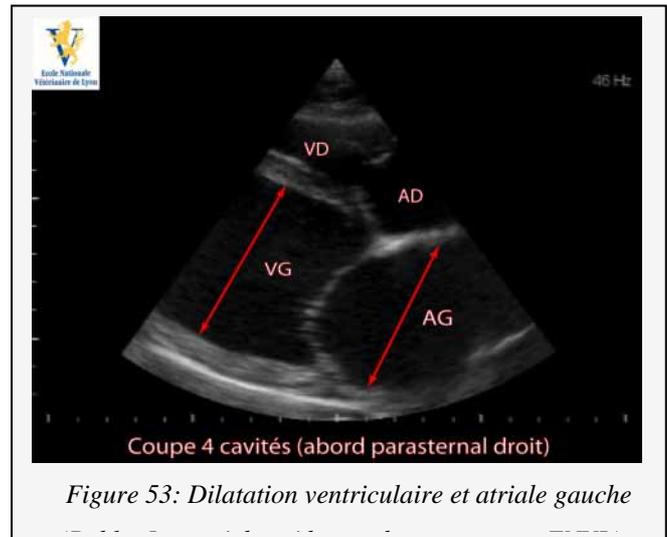
La dilatation ventriculaire et/ou atriale peut aisément être repérée sur une coupe BD grand axe. Une évaluation chiffrée de l'**augmentation du diamètre systolique** obtenue en mode TM est plus représentative, et revêt une importance capitale en ce qui concerne le **dépistage précoce de la maladie**.

En effet, toute augmentation du diamètre ventriculaire en systole non associée à une augmentation de ce diamètre en diastole signe le stade précoce de la maladie.

La dilatation ventriculaire va à partir d'un certain seuil, engendrer une distension de l'anneau mitral et ainsi provoquer l'installation d'une insuffisance valvulaire. (cf clichés Doppler couleur page précédente)

Le tracé TM de la valve mitrale nous renseigne ainsi secondairement sur l'avancement de la dilatation ventriculaire.

- L'apparition éventuelle d'une encoche B entre les points A et C sur le TM transmitral témoigne d'un retard à la fermeture valvulaire, conséquence de l'augmentation de la pression télédiastolique gauche.
- La visualisation anormalement bonne du feuillet postérieur mitral est rendue possible par la dilatation cavitaire.



Ainsi, même en l'absence de système Doppler normalement nécessaire au calcul du débit cardiaque, on peut évaluer la chute de celui-ci par l'observation de signes affectant la valve mitrale :

- Diminution de l'amplitude DE.
- Horizontalisation du segment CD.
- Augmentation de la distance E-Septum (modification précoce lors de myocardopathie dilatée).

La cinétique mitrale peut être modifiée à tel point que le ressaut A disparaît du tracé. On devra dans ce cas suspecter une fibrillation atriale. Enfin, la sévère diminution des capacités contractiles du ventricule et le défaut d'éjection systolique qui en résulte se traduisent par une **diminution nette de la FR.**

Hypokynésie ventriculaire gauche

La simple observation des mouvements cardiaques en mode 2D pour un échographiste expérimenté permet de détecter l'hypokynésie cardiaque. Ceci peut être confirmé par la réalisation de mesures en mode TM.

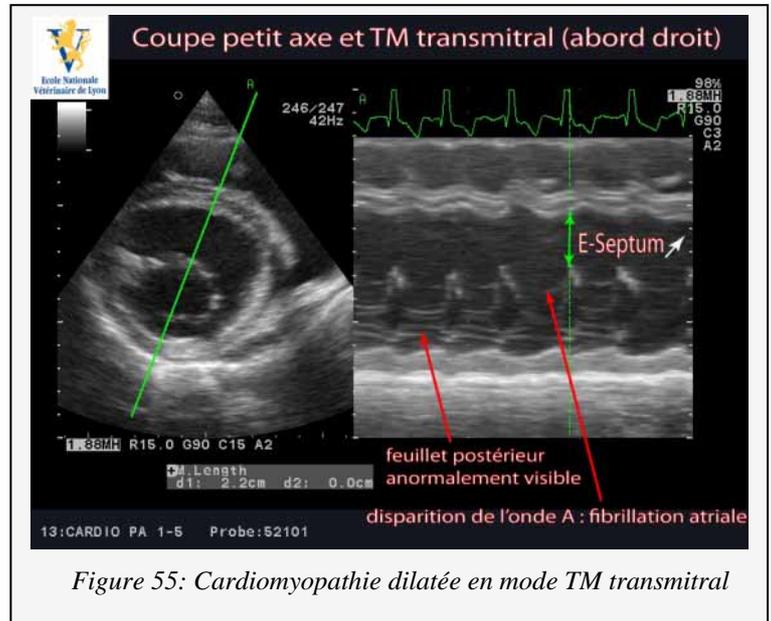


Figure 55: Cardiomyopathie dilatée en mode TM transmitral

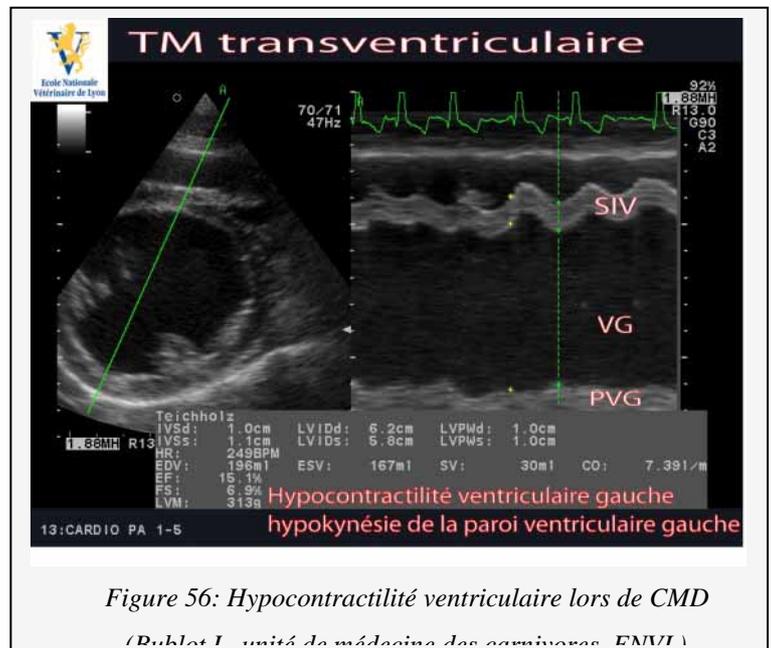


Figure 56: Hypocontractilité ventriculaire lors de CMD

(Duplat I, unité de médecine des carnivores, ENVI)

Amincissement des parois

La défaillance myocardique se traduit également par une diminution du pourcentage d'épaississement systolique des parois ventriculaire et septale.

g) Formes raciales particulières

Trois races de chiens méritent d'être étudiées de manière séparée, en raison de la plus grande incidence de la Cardiomyopathie Dilatée, dans ces races, ainsi qu'en raison des aspects échographiques atténués que l'on observe.

Nous parlons ici du **Boxer**, du **Doberman**, et du **Cocker Spaniel**.

Les aspects échographiques ainsi que les anomalies à rechercher dans ces races sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX • Formes raciales particulières de CMD (d'après 64)

	CARDIOMEGALIE DILATEE		
	Boxer	Doberman	Cocker spaniel
Age Sexe Autres races possibles	7-8 ans M>F Rarement Doberman et Dogue de Bordeaux	6-7 ans M>F	5-6 ans M=F
Symptômes cliniques	Syncope Mort subite	Asymptomatique ou OAP et mort subite	Symptôme congestif gauche (dyspnée, toux à l'effort puis toux constante)
Radiographie	Cardiomégalie non décelable	Cardiomégalie Œdème pulmonaire ne répondant pas au traitement	Cardiomégalie Œdème péri-hilalire
ECG	Arythmie ventriculaire Microvoltage Bloc de branche incomplet	Fibrillation auriculaire ESV Bloc de branche	Extrasystole atriale
ECHOGRAPHIE	Normal ou petite dilatation ventriculaire / Contractilité normale ou zone de contractilité hétérogène FR normal ou augmentée dans certains secteurs	Dilatation ventriculaire peu importante Distance E-S +/- augmentée Diminution très précoce des valeurs systoliques Diminution d'épaississement diastolique tardif	Longtemps sans modification puis dilatation ventriculaire marquée
Pronostic	Si syncope ou dysrythmie : 6 mois à 2 ans IC + dysrythmie < 6 mois	6 à 8 semaines avec mort par OAP Mort subite possible	Evolution lente sur 5 ans mais meurt 6 mois dès l'apparition de l'insuffisance cardiaque congestive

La présence simultanée d'hypertension artérielle, d'épanchement pleural ou abdominal, ou d'œdème pulmonaire sont autant d'éléments minorant le délai de survie.

► Il sera intéressant de réaliser un dépistage précoce de la maladie, particulièrement en élevage (predispositions raciale et familiale) dans la mesure où le traitement vise à retarder l'évolution des troubles à l'issue somme toute fatale.

► On cherche à traiter l'insuffisance cardiaque et les troubles du rythme éventuels.

Pour ce faire, on lutte contre le **défaut de contractilité myocardique** (IECA : Enalapril, Bénazapril ; inotrope sensibilisateur calcique : Pimobendane) ainsi que contre **l'apparition d'arythmie supra-ventriculaire** (inotrope anti-arythmique supra-ventriculaire : Digoxine). On veillera également à lutter **contre le syndrome congestif** en prescrivant un régime hyposodé et en administrant un diurétique (Furosémide, Spironolactone, Trinitrine).

La décision de digitalisation devra être prise avec précaution lors de dysrythmie ventriculaire.

III.2.2) Fibrillation atriale idiopathique (FAI)

Nous avons décidé d'évoquer cette entité directement après la CMD en raison des ressemblances importantes existant d'un point de vue diagnostique entre ces deux pathologies.

En effet, cette entité de découverte relativement récente (1994) n'est que partiellement connue, et est caractérisée par l'existence d'un **trouble du rythme** (une fibrillation) **atrial** sans causes identifiables.

Il n'existe ici **ni lésions valvulaires ni atteinte ventriculaire**, et l'atrium gauche pourra être selon les cas soit de taille normale soit dilaté à très dilaté.

c) Quand penser à la FAI ?

C'est ce qui pose problème dans le diagnostic de cette pathologie : le créneau épidémiologique est exactement le même que pour la CMD : les **chiens mâles de grandes races**. Ce seront surtout les symptômes de **fatigabilité** et d'**intolérance à l'effort** qui évoqueront cette maladie, bien que certains chiens puissent rester asymptomatiques pendant une longue période. L'**ECG** est l'examen complémentaire de choix.

d) Aspects échographiques

Elle revêt une importance particulière surtout dans le cadre du diagnostic différentiel avec la Cardiomyopathie Dilatée. On associera un examen par coupe grand axe droit et par un TM transventriculaire par abord gauche. Ceci permettra de valider l'absence de lésions valvulaires et une contractilité normale.

Le diagnostic différentiel est délicat dans la mesure où dans 50% des cas de CMD, on a une fibrillation atriale associée. Celui-ci reposera sur le fait que pour la FAI, la **contractilité systolique du ventricule gauche est conservée**. La fraction de raccourcissement est généralement normale.

III.2.3) Cardiomyopathie hypertrophique (CMH)

Cette forme de **cardiomyopathie primitive** est l'apanage de l'espèce féline, mais est assez **rare** chez le chien. En effet, très peu de cas sont décrits et semblent concerner principalement deux races : le **Rottweiler** et le **Berger Allemand** (mais aussi les Boxer et Pointer). On rencontre cette pathologie chez des chiens très jeunes, âgés de quelques mois au plus. Nous ne développerons pas en détail cette maladie, car il semble qu'elle soit **congénitale** et **probablement héréditaire** (et dont les caractéristiques évoquent la CMH chez l'homme).

Cette affection primitive ne doit toutefois pas être confondue avec toutes les formes pouvant exister d'hypertrophie myocardique secondaire (hypertension artérielle, état de choc, épanchement péricardique...)

e) Principaux symptômes

On rencontre dans ce cas :

- fatigue ;
- amaigrissement ;
- anorexie ;
- toux ;
- dyspnée ;
- syncope ;
- cyanose ;
- souffle cardiaque ;
- bruit de galop.

f) Aspects échographiques

N.B. : Les images de CMH sont présentées ici à titre d'exemple car issues de l'examen d'un chat (affection beaucoup plus fréquente dans l'espèce féline).

On observera une **hypertrophie myocardique** symétrique au dépend de la cavité ventriculaire, avec **obstruction dynamique de la chambre de chasse du ventricule gauche** et **mouvement systolique antérieur (SAM)** de la valve mitrale. En outre, des dilatations atriales seront observées et aussi fréquemment une endocardiose mitrale associée.

Explication concernant le SAM ou Mouvement Systolique Antérieur de la valve mitrale.

Le SAM est le principal signe d'une myocardiopathie **obstructive**. Cette forme est généralement une complication dans l'espèce féline, mais est plus fréquemment observée chez le chien. Il convient pour le praticien de pouvoir distinguer une forme obstructive d'une forme non obstructive, de par la différence de pronostic que cela engendre.

Le SAM, pour *Systolic Anterior Motion*, correspond à l'anomalie cinétique la plus caractéristique de la myocardiopathie hypertrophique et consiste en un mouvement anormal de tout l'appareil mitral en direction du septum interventriculaire pendant la systole. L'obstruction dynamique de la voie d'éjection du ventricule gauche est due non seulement à l'hypertrophie septale faisant protrusion et rétrécissant la chambre de chasse, mais aussi à l'interposition de l'appareil mitral, aspiré lors de la systole.

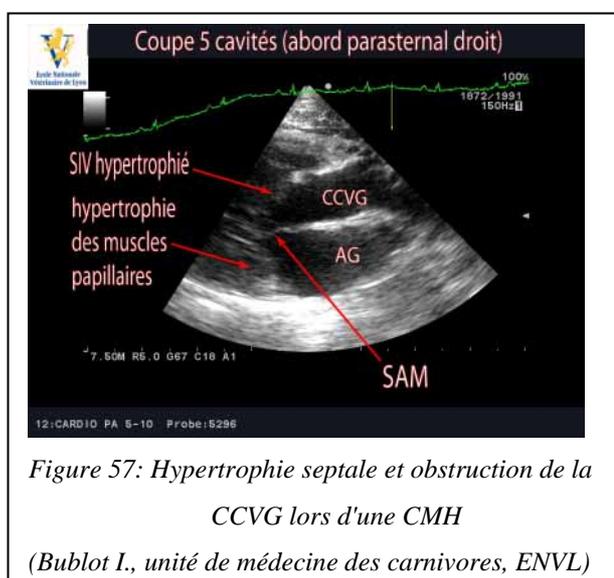


Figure 57: Hypertrophie septale et obstruction de la CCVG lors d'une CMH
(Bublott I., unité de médecine des carnivores, ENVL)

Ces clichés illustrant la cardiomyopathie hypertrophique permettent d'observer l'obstruction partielle de la chambre de chasse par l'appareil mitral aspiré en systole. Consécutivement se développe une insuffisance mitrale en raison de la non coaptation des feuillets. Ceci s'observe en Doppler couleur par l'apparition de flux dont le panachage de couleurs traduit l'aspect turbulent. Secondairement à cette insuffisance, on peut observer une dilatation atriale gauche (une endocardiose mitrale est d'ailleurs fréquemment associée).

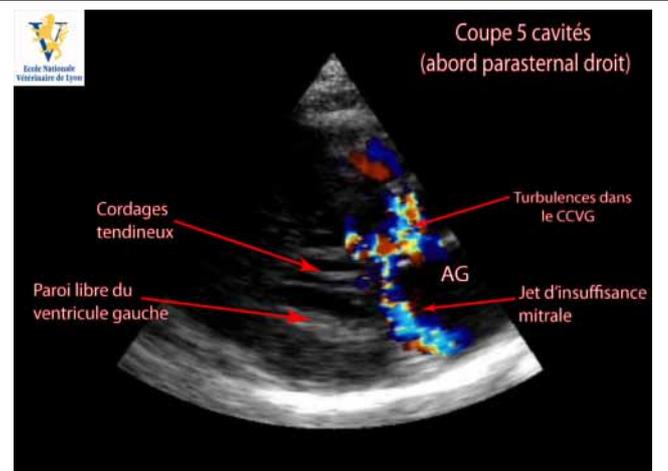


Figure 58: SAM, obstruction de la CCVG et insuffisance mitrale lors d'une CMH

(Bublot I., unité de médecine des carnivores, ENVL)

g) Pièges de l'imagerie

L'examen doit être minutieux avant de pouvoir affirmer l'existence d'une CMH. En effet, une tachycardie ou la modification de la volémie peuvent être à l'origine d'une fausse hypertrophie pariétale (surtout chez les individus de petite taille). L'hypovolémie mimera une hypertrophie concentrique par diminution de la lumière du ventricule gauche, et la tachycardie, par l'insuffisance de remplissage ventriculaire diastolique qu'elle induit aboutira également à une réduction du diamètre endocavitaire.

h) Pronostic et traitement

Le pronostic de cette pathologie est sombre (car mal contrôlé par le traitement). Le décès survient rapidement.

Le traitement que l'on pourra mettre en œuvre sera :

- Traitement de la fonction diastolique et de l'ischémie myocardique (inhibiteurs calciques : Diltiazem ; bêta-bloquants : Propranolol ou Alténolol)
- Traitement d'une éventuelle dysfonction systolique (digoxine, pimobendane).

III.2.4) Myocardite

Cette affection des muscles cardiaques est d'origine inflammatoire ou infectieuse, et peut être soit primitive, soit secondaire à des traumatismes, des virus (parvovirus), des bactéries, ou des parasites (babésia, trypanosomia,...).

Dans ce cas, c'est à la faveur d'une septicémie que le germe se greffe dans le myocarde après diffusion à partir d'un foyer primitif (endocardite, abcès prostatique, métrite, gingivite,...)

Cette affection peu fréquente et dont le diagnostic précis est difficile, est caractérisée par des lésions type micro-abcès et zones de nécrose.

d) Principaux symptômes

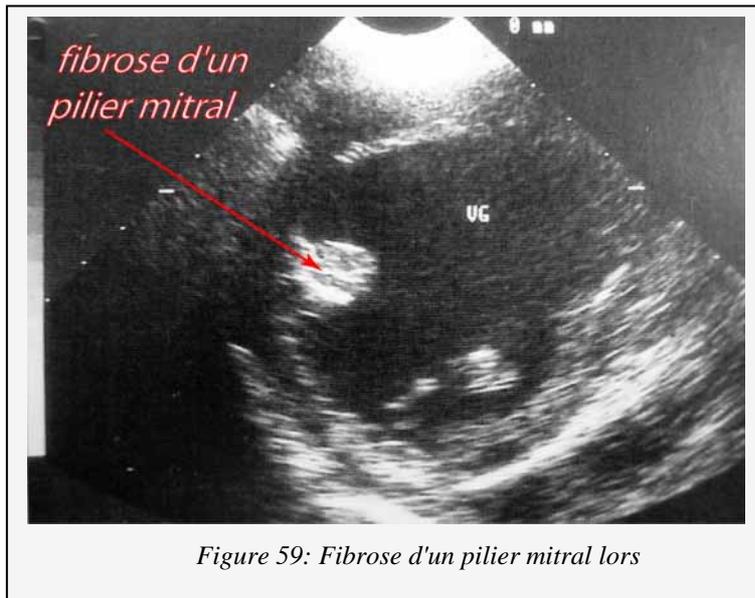
Les signes d'appel qui orientent le praticien sur cette pathologie sont :

- fatigue/abattement ;
- hyperthermie ;
- auscultation « pendulaire », exagération du deuxième bruit cardiaque ;
- trouble du rythme ;
- insuffisance cardiaque ;
- symptômes de la maladie causale (ex : digestifs lors de la parvovirose, hématologiques lors de piroplasmose...).

e) Aspect échographique

On pourra observer à l'échographie des lésions et micro-abcès myocardiques, et des foyers fibreux parfois en association avec des lésions de l'endocarde.

En outre, on pourra parfois observer des modifications liées à une insuffisance cardiaque (dilatations cavitaires,..)



f) Pronostic et traitement

- ▶ Le pronostic concernant cette maladie est toujours réservé car une mort subite est possible par dysrythmie ventriculaire. Il dépend également de la maladie causale.
- ▶ Le traitement sera principalement axé sur la maladie causale (parvovirose, babésiose) et comprendra obligatoirement un traitement anti-infectieux (céfalexine, céfalotine, ampicilline, associations ampicilline + aminosides, céphalosporines + aminosides, pénicilline G + gentamicine)

III.3) Diagnostic des affections péricardiques

Les affections péricardiques sont **fréquentes** chez les carnivores domestiques. Généralement, elles sont de **très mauvais pronostic**, mais celui-ci est à nuancer chez le chien suivant l'étiologie de l'affection considérée.

Parmi les affections du péricarde, l'accumulation de **liquide d'épanchement** (par suite d'une inflammation de la séreuse ou péricardite) prédomine largement devant les **péricardites dites sèches**.

Quand penser à une affection péricardique ?

On pourra évoquer cette éventualité devant :

- cardiomégalie (et arrondissement) sur les clichés radiographique de face comme de profil ;
- hypovoltage avec parfois un phénomène d'alternance électrique (un QRS sur deux est d'amplitude élevée) ;
- signe généraux de fatigue et baisse de l'état général :
 - de la simple léthargie progressive ;
 - à la baisse de tolérance à l'effort avec toux, dyspnée, discordance voire détresse respiratoire ;
 - à une asthénie d'installation rapide avec des difficultés respiratoires, bruits cardiaques atténués, pouls petit, parfois même des signes de collapsus cardiovasculaire par tamponnade.
- ascite, temps de remplissage capillaire augmenté, pâleur des muqueuses, hépatomégalie et splénomégalie en cas d'épanchement péricardique.

Remarque : On parle souvent dans la littérature de **péricardite** au lieu d'**épanchement péricardique**, pour désigner une inflammation de séreuse avec accumulation de liquide (ou **péricardite exsudative**) par opposition aux péricardites « sèches ». Il faut cependant garder à l'esprit que l'étiologie de ces épanchements est très variée. En effet, chez le chien, la moitié des épanchements est consécutive à une **atteinte tumorale primitive ou métastatique** du myocarde ou du péricarde.

20 à 30 % sont idiopathiques. Le reste des cas rassemble des étiologies aussi diverses que des cardiopathies (endocardiose,

myocardiopathie,...), des processus infectieux (pneumonie, pleurésie), une complication d'un traumatisme thoracique ou un syndrome urémique.

Les tumeurs primitives du péricarde, les mésothéliomes, seront étudiés plus en détail dans la partie consacrée aux masses cardiaques.

III.3.1) Epanchements péricardiques

Les épanchements péricardiques sont **fréquents** chez le chien et représentent la majorité des affections du péricarde. La survie spontanée est courte. L'accumulation de liquide a lieu entre les deux feuillets du **sac péricardique**, c'est-à-dire entre le feuillet viscéral ou épicarde et le feuillet pariétal ou péricarde (à noter que physiologiquement, il existe un espace virtuel délimité par ces deux feuillets et que celui-ci renferme une **petite** quantité de liquide, invisible à l'échographie)

e) Quand penser à un épanchement péricardique ?

On pensera à cette éventualité face :

- à des difficultés respiratoires, une situation d'inconfort ;
- à un cœur difficilement audible ;
- Chez les races **Dogues, Berger Allemand, Golden Retriever et Saint Bernard** (épanchement hémorragique idiopathique) ;
- face à une turgescence des jugulaires et l'apparition rapide d'une ascite abdominale traduisant la compression des veines caves par le liquide d'épanchement et la difficulté de circulation de retour.

f) Aspect échographique

Cette fois encore, l'échographie est le seul recours pour poser un diagnostic de certitude (en effet, la clinique est certes évocatrice, mais la radiographie ne permet pas de trancher entre épanchement et cardiomégalie globale).

Les images bidimensionnelles obtenues traduisent l'épanchement par un **espace anéchogène** (c'est-à-dire **noir**) **entre l'épicarde et le péricarde**

en région postérieure du **ventricule gauche**. Tout espace libre d'écho visible dans cette zone est significatif d'épanchement.

Outre l'intérêt diagnostique, l'échocardiographie permet :

- de localiser précisément l'épanchement en vue d'une péricardocentèse ;
- de préciser son abondance et ses répercussions hémodynamiques ;
- de réaliser une péricardocentèse souvent salvatrice et offrant la possibilité d'un diagnostic étiologique.

Le mode TM est très commode pour repérer des épanchements péricardiques, même de très petite taille (on recherchera un ruban anéchogène accolé à la paroi postérieure du ventricule gauche).

Le sac péricardique recouvre essentiellement les parois ventriculaires. La distension de celui-ci s'arrête généralement à la jonction auriculo-ventriculaire. (Contrairement à l'épanchement péricardique que l'on peut visualiser sur cette coupe grand axe) Les coupes seront donc **orientées vers l'apex** par abord droit.

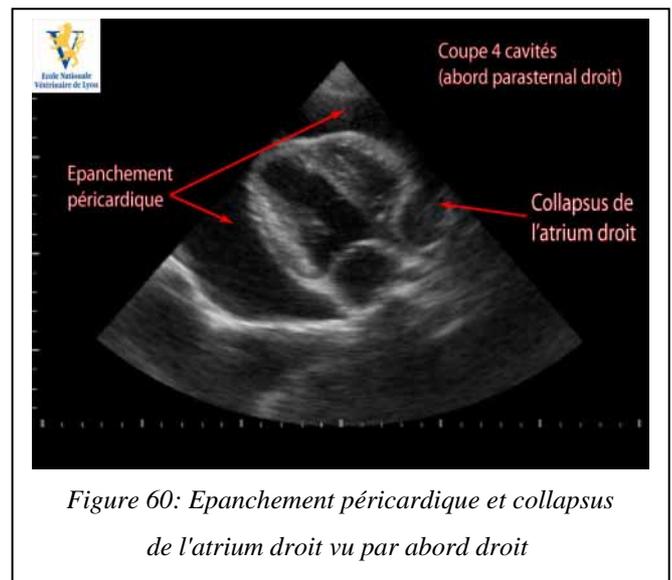


Figure 60: Épanchement péricardique et collapsus de l'atrium droit vu par abord droit

Lors d'épanchements plus importants, on observe un décollement circonférentiel. Le cœur devient alors **hyperkynétique**, et flotte dans le sac péricardique en présentant des mouvements antéro-postérieurs (un faux prolapsus mitral et un faux SAM pourront alors être visualisés).

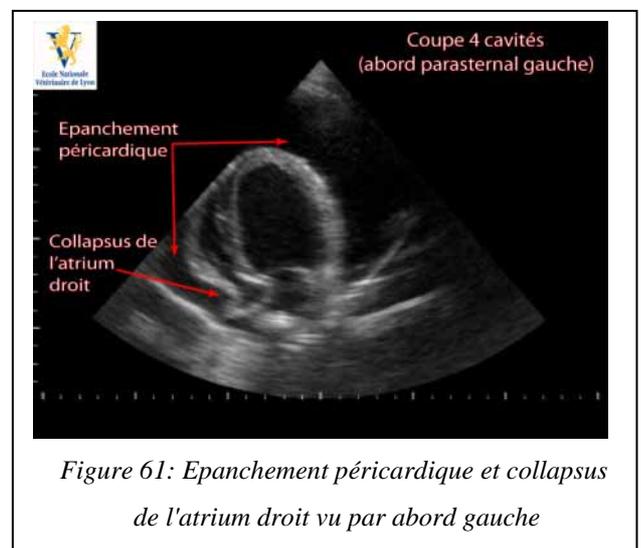


Figure 61: Épanchement péricardique et collapsus de l'atrium droit vu par abord gauche

Ce critère permet en mode BD d'évaluer l'importance de l'épanchement. En mode TM, on pourra réaliser une évaluation chiffrée de l'épaisseur de l'épanchement et ainsi suivre son évolution.

N.B. : Ces deux images sont issues de l'examen d'un Cane Corso de 1 an, suspecté d'être atteint d'un mésothéliome, mais dont l'épanchement péricardique a typiquement l'aspect d'un épanchement idiopathique.

g) Les pièges de l'imagerie échographique

Lors d'un examen trop rapide, il est possible de confondre épanchement pleural et épanchement péricardique. Mais ils sont faciles à distinguer sur une **coupe grand axe**, sur laquelle on observe que l'épanchement péricardique prédomine à l'**apex** du cœur mais **disparaît à sa base**.

Un autre biais de l'imagerie réside dans le fait qu'une dilatation atriale gauche importante peut mimer un épanchement péricardique sur les **coupes TM transmitrale et transventriculaire**. En effet, dans ce cas, l'atrium gauche devient ectopique et un espace anéchogène se forme postérieurement au ventricule gauche. On fera facilement la différence en passant au mode BD.

h) Conséquences hémodynamiques de l'épanchement péricardique

Le sac péricardique, lorsqu'il est distendu par du liquide, va rapidement provoquer une compression du cœur. La complication aiguë de ce phénomène est la **tamponnade cardiaque**, qui est potentialisée par trois facteurs : la rapidité de constitution de l'épanchement, son abondance et la capacité plus ou moins importante du péricarde à se dilater.

En cas d'épanchement péricardique significatif, il est important d'évaluer les signes évocateurs de tamponnade :

- signes de **compression des cavités droites** (cf. figures 60 et 61)
L'élévation de pression à l'intérieur du sac péricardique est telle qu'elle finit par dépasser la pression de remplissage du ventricule droit. Anatomiquement moins épaisses que les structures gauches, les parois ventriculaires et atriales droites vont, sous la pression,

présenter des signes de collapsus voire devenir quasi virtuelles. Le remplissage en diastole des structures droites n'est alors plus assuré et une insuffisance droite s'installe ;

- **diminution de la taille des cavités gauches.** Celle-ci arrive secondairement, après la compression des structures droites ;
- **hyperkynésie cardiaque** et apparition d'un mouvement de balancier affectant le cœur. Ce mouvement est caractéristique de la tamponnade cardiaque : le cœur flotte dans le sac péricardique et est animé de mouvement de rotation et d'oscillation autour du pédicule vasculaire donnant l'aspect de cœur dansant. Ces mouvements, qui sont facilement observés sur le tracé TM transventriculaire, rendent impossible l'évaluation de la fonction cardiaque.

L'ensemble de ces symptômes est **réversible** si une ponction évacuatrice du liquide d'épanchement est réalisée rapidement.

i) Cytoponction échoguidée de l'épanchement péricardique : pronostic et traitement

La cytoponction de l'épanchement péricardique est un acte à la fois diagnostique (car il permet d'orienter le diagnostic suite à une analyse bactériologique et/ou cytologique du liquide d'épanchement) et curatif. En effet, le guidage de la cytoponction par échographie rend ce geste simple, il est réalisé sans risque de léser le myocarde et est souvent salvateur en délivrant le cœur des forces de compression.

La péricardocentèse réalisée permet de retirer trois grands types de liquide d'épanchement :

► *Epanchements hémorragiques*

Ils sont **fréquemment** observés chez le **chien âgé de moyenne ou grande race**. On soupçonnera systématiquement une origine **néoplasique** (hémangiosarcome surtout, loin devant les chémodectomes, les mésothéliomes, les tumeurs de la thyroïde ou autres lymphomes). Cependant, il faut garder à l'esprit que les

épanchements idiopathiques sont eux aussi très souvent hémorragiques, d'où l'importance du recours à la cytologie.

► *Transsudats*

Quelquefois observés chez les carnivores domestiques lors d'**insuffisance cardiaque congestive** (avec des épanchements pleuraux ou abdominaux associés), d'hernie phréno-péricardique, d'hypoprotéinémie, ou au cours des crises d'urémie.

► *Exsudats*

Assez peu fréquemment observés chez le chien, on évoquera dans ce cas la possibilité d'une leptospirose. (Remarque : ce type d'épanchement est fréquent chez le chat lors de pathologies infectieuses comme la PIF, la toxoplasmose ou la pasteurellose).

Le pronostic de cette affection est **réservé**, en raison du fort risque de mort brutale par troubles du rythme et tamponnade cardiaque.

Le traitement repose sur la vidange du sac péricardique par péricardocentèse dans la majorité des cas. Une corticothérapie à 0,5 mg/kg/j sera effectuée dans l'attente des résultats d'analyse et permettra une rémission au moins dans un premier temps en cas d'épanchement idiopathique.

En dépit des traitements cités, les épanchement péricardiques ont tendance à récidiver et conduisent inéluctablement à la mort de l'animal. En l'absence de masses cardiaques visibles, il faudra préconiser chez le chien une **péricardectomie** avant la deuxième récurrence. Cette technique certes un peu délicate, est de pronostic très favorable devant un épanchement idiopathique.

Tableau X: Fréquence des principales causes d'épanchement péricardique chez le chien

Tumorale	++++	
	Hémangiosarcome	+++
	Chémoadectome	+
	Autres (mésothéliome, métastases,...)	+/-
Idiopathique	++++	
Cardiaque	+++	
	Myocardiopathie	++
	Insuffisance mitrale par endocardiose	+/-
Traumatique	+/-	
Infectieuse	+/-	
Métabolique (urémie)	+/-	
Rupture atriale	+/-	

III.3.2) Péricardites sèches ou constrictives

Les péricardites sèches sont **exceptionnelles** chez les carnivores domestiques et sont une complication de péricardite aiguë. Il n'y a pas cette fois d'accumulation de liquide mais l'inflammation de la séreuse conduit à la **fibrose** de celle-ci. Les deux feuillets péricardiques deviennent adhérents et perdent ainsi leur capacité de glisser l'un sur l'autre. Cela génère une adiaastolie progressive par compression chronique du cœur.

c) Examen échographique

Il est **très difficile**. Cependant, trois signes majeurs peuvent orienter le praticien vers un diagnostic de péricardite sèche :

- ☑ un **épaississement anormal du complexe éplicardo-péricardique**, se manifestant par l'apparition d'échos hyperéchogènes, denses et pluristratifiés au niveau du péricarde ;
- ☑ des **modifications cavitaires**. Dans les cas les plus avancés, des **anomalies du remplissage ventriculaire** apparaissent et entraînent une **dilatation biatriale** et une **altération des tracés TM tranventriculaires**. La gêne au remplissage ventriculaire se traduit à l'image par un mouvement de la paroi postérieure du ventricule gauche abrupt en phase de remplissage rapide suivi d'une horizontalisation de la paroi pendant la phase de remplissage lent ;
- ☑ des **anomalies septales**, avec soit un mouvement paradoxal du septum, soit un mouvement rapide et ample du septum en direction de la paroi postérieure du ventricule gauche. Ceci traduit une pression diastolique ventriculaire droite supérieure à la pression diastolique du ventricule gauche (difficulté de remplissage du ventricule gauche).

d) Pronostic

Le pronostic de cette affection est **mauvais à court terme**.

III.4) Masses cardiaques

On peut regrouper arbitrairement les entités suivantes dans la catégorie de masses cardiaques :

- les tumeurs primitives ou métastatiques ;
- les parasites (en particulier *Dirofilaria immitis*) ;
- les thrombi (dont l'étude ne sera pas développée).

III.4.1) Les affections tumorales cardiaques

Les tumeurs cardiaques sont **exceptionnelles** chez les carnivores domestiques (moins de 1% des affections tumorales chez le chien).

Elles sont le plus souvent de haute malignité, et sont plus souvent des métastases que des tumeurs primitives.

Parmi les tumeurs primitives, une seule tumeur péricardique est à retenir, le **mésothéliome**, et trois tumeurs cardiaques *sensu stricto* : l'**hémangiosarcome**, le **chémoadectome** et le **myxome**, classés ici par ordre décroissant de malignité et de fréquence d'apparition.

a) Quand faut-il penser à une tumeur cardiaque ?

- chez des animaux âgés, présentant des symptômes frustes tels qu'abattement, intolérance à l'effort, fatigue associés à la présence d'un épanchement pleural et/ou péricardique ;
- chez le Berger Allemand d'une dizaine d'années (hémangiosarcome) et les races brachycéphales (chémoadectome) ;
- lorsque les clichés radiographiques révèlent une déformation de l'atrium droit (myxome), une cardiomégalie non spécifique, un épanchement pleuro-péricardique, un déplacement dorsal de l'œsophage par rapport à la trachée sur radio de profil avec transit baryté (chémoadectome) ;
- lorsque l'ECG présente une onde P « pulmonaire » (myxome), une tachyarythmie ou des alternances électriques (hémangiosarcome)

ou chémodectome). Ces troubles du rythme ne sont cependant pas toujours présents. Il s'agit le plus souvent de tachyarythmies à moins qu'on ne détecte qu'un hypovoltage conséquence de l'épanchement.

L'examen échographique BD permet dans ces cas d'**étayer** les hypothèses diagnostiques, car à chaque type de tumeur est associée une **localisation assez précise**.

Cependant, il faut garder à l'esprit que l'imagerie échographique ne permet pas de faire la distinction entre types histologiques distincts. En outre, des faux négatifs sont possibles (tumeurs dont la taille est inférieure à 2cm, hémangiosarcome peu échogènes,...) ainsi que des faux positifs (thrombus à localisation atriale droite mimant un myxome).

Le diagnostic échographique est par conséquent à compléter par une analyse histologique. Celle-ci est rendue possible par la présence fréquente d'un épanchement péricardique ou pleural (**80% des cas**) généré par la gêne circulatoire et mécanique consécutive à l'écrasement (chémodectome, myome) ou l'envahissement (hémangiosarcome) de la cavité auriculaire.

La ponction échoguidée est à nouveau l'indication majeure (comme pour les péricardites) et permet outre la possibilité d'**effectuer l'analyse cytologique** du liquide de ponction, d'**apporter un confort à l'animal** et de **limiter les conséquences** liées à la présence du volume liquidien.

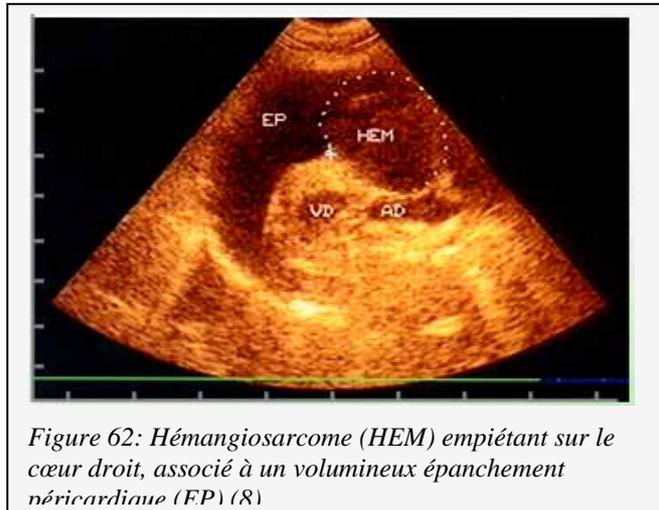
Dans le cadre d'un épanchement tumoral, le liquide est **toujours très hémorragique et richement cellulaire**.

La **cytologie est généralement diagnostique**, sauf dans de rares cas d'hémangiosarcome où il n'est possible d'observer que des cellules moyennement atypiques ne permettant pas au cytologiste de conclure.

b) Examen échographique

► Hémangiosarcome

L'examen échographique révèle dans ce cas une **masse intraluminaire** envahissant la cavité atriale droite. Le tissu néoplasique, gorgé de sang est assez **peu échogène**. Il est facilement visualisable sur les coupes petit axe transaortique ou 4 cavités gauche. Ceci est généralement facilité par la présence d'un **volumineux épanchement péricardique**, parfois associé à un épanchement pleural.

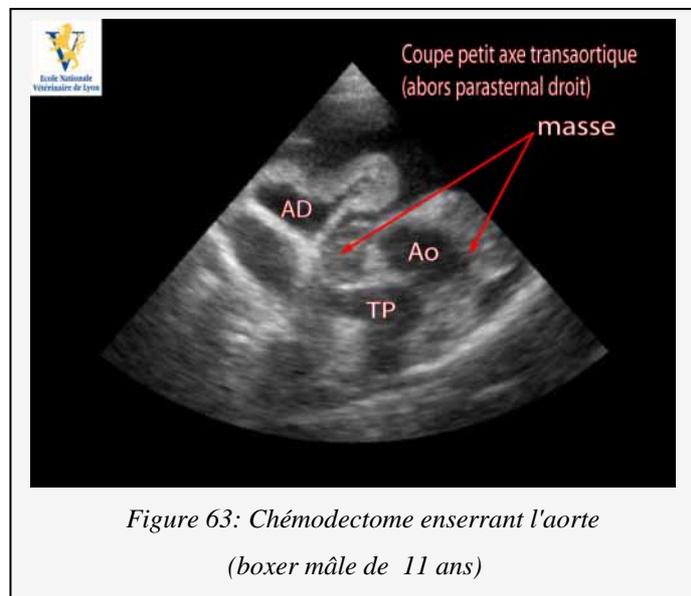


► Chémodectome

On observe ici une **masse tissulaire hyperéchogène unique** bien circonscrite, de forme ovale ou circulaire à la **base du cœur** et comprimant l'oreillette gauche. La taille de cette masse peut varier de **0,5 cm à une douzaine de centimètres**.

Les chémodectomes peuvent parfois revêtir une forme plurinodulaire, avec des nodules de petite taille (quelques mm à 1 cm).

Inversement à l'hémangiosarcome, on retrouve plus souvent associé au chémodectome, un épanchement pleural massif d'apparition brutale et moins souvent un épanchement péricardique.



► Myxome

Les myxomes sont typiquement des tumeurs affectant la cavité atriale droite, sont **pédiculés** et souvent attachés au septum inter-auriculaire. On observera dans ce cas une **masse échogène ovoïde intraluminaire**, d'aspect grenu, aux contours réguliers. Il existe souvent au centre de cette masse tumorale une zone vide d'échos correspondant aux plages hémorragiques intra-tumorales.

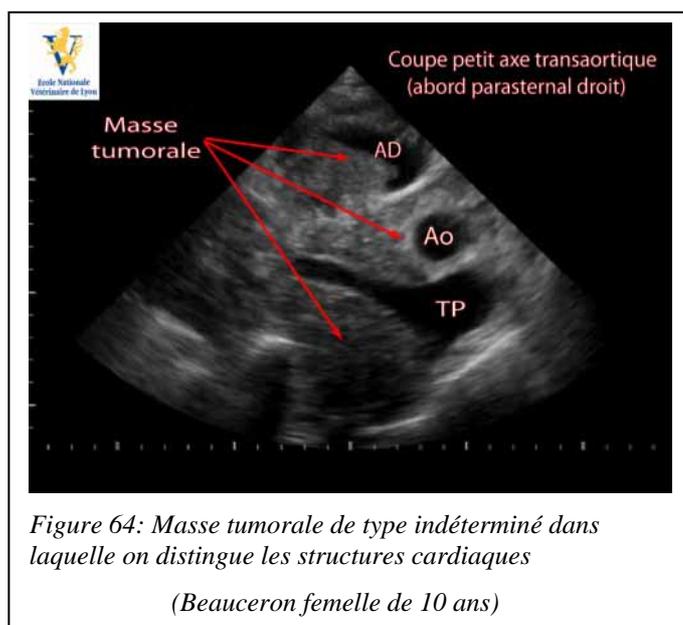
► Mésothéliome péricardique

Ce type tumoral est issu du revêtement interne des séreuses (pariétales ou viscérales). Les mésothéliomes affectent en priorité la cavité pleurale, plus rarement les cavités péricardique ou viscérale. Cette atteinte est généralement simultanée mais peut n'affecter qu'une cavité.

L'examen ne révélera bien souvent qu'un épanchement isolé (pleural) ou plusieurs épanchements cavitaires importants et d'évolution progressive. L'échographie n'aura **dans la majorité des cas montré aucune masse suspecte**, sauf éventuellement un épaississement de la séreuse et un aspect hétérogène.

c) Les pièges de l'imagerie

De manière générale, il faudra garder à l'esprit que dans le cadre des tumeurs, l'échographie ne peut **en aucun cas permettre de poser un diagnostic de certitude**. Inversement, l'absence de masses apparentes à l'échographie ne signe pas l'absence de tumeur. Seul l'examen histologique du tissu biopsié ou cytologique du liquide ponctionné peut révéler la nature exacte du tissu concerné.



d) Éléments pronostics et traitement des principales tumeurs

Tableau XI : Eléments pronostics et traitement des principales tumeurs cardiaques chez le chien (d'après [64])

	<i>Localisation</i>	<i>Comportement de la tumeur primitive</i>	<i>Traitement</i>	<i>Pronostic</i>
<i>Myxome</i>	Lumière de l'atrium droit	Croissance lente, pas de métastases	Exérèse chirurgicale	Lié à la taille de la tumeur. Bon si de petite taille (évolution lente)
<i>Hémangiosarcome</i>	Parois auriculaires atrium droit > atrium gauche	Métastases très fréquentes et rapides (poumon, foie)	Chimiothérapie Ponction évacuatrice des épanchements	Très sombre à court terme
<i>Chémoadénome aortique</i>	Racine de l'aorte : médiastin crânial	Métastases rares, envahissement local	Chimiothérapie et exérèse chirurgicale + ponction	Bon à court et moyen terme si épanchements maîtrisés
<i>Mésothéliome</i>	Péricarde	Epanchement péricardique et péricardite constrictive ; envahissement local ; hémothorax fréquent	Traitement palliatif par ponctions évacuatrices répétées bien toléré pendant plusieurs semaines	Fonction de la maîtrise de l'épanchement Reste sévère en raison de l'insuffisance circulatoire induite
<i>Métastases d'hémangiosarcome</i>	Myocarde	Cancers de siège extracardiaque à haut potentiel métastatique	Traitement palliatif par ponctions évacuatrices	Très mauvais à court terme
<i>Métastases de carcinome (mammaire, thyroïdien, pulmonaire)</i>	Myocarde péricarde		L'euthanasie devra être envisagée	
<i>Lymphome malin</i>	Péricarde	Lymphome multicentrique	Chimiothérapie palliative	Très mauvais

III.4.2) Maladie cardio-vasculaire parasitaire :

La Dirofilariose

La dirofilariose est une maladie due à l'infestation du cœur droit et des gros troncs artériels par un nématode, **Dirofilaria immitis** (parasite hématophage endémique de certaines régions chaudes et humides.

Outre l'**artérite chronique** provoquée par la présence de ce parasite dans les artères pulmonaires, une **embolisation** dans le lit vasculaire pulmonaire est possible et conduit à une **hypertension artérielle pulmonaire**, évoluant vers un tableau **d'insuffisance cardiaque droite**.

a) Quand penser à une dirofilariose ?

Les signes d'appel de cette pathologie sont nombreux et variés. Il faudra en premier lieu prêter attention au contexte épidémiologique.

Entre 5 et 25 % des formes sont asymptomatiques. On pourra observer sinon :

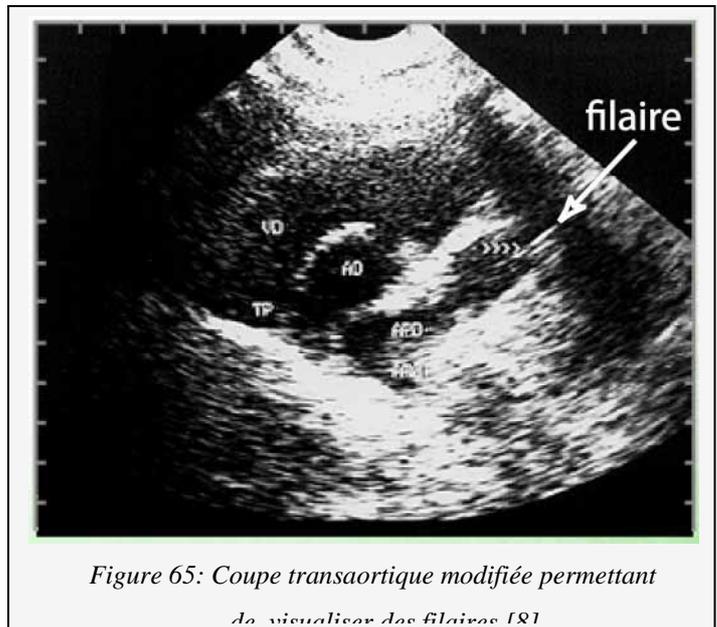
- amaigrissement ;
- syncopes ;
- dyspnée ;
- toux progressive ;
- épanchement pleural ;
- hépatomégalie ;
- ascite ;
- œdèmes déclives ;
- souffle systolique d'insuffisance tricuspidiennne ;
- insuffisance respiratoire aiguë ;
- syndrome cave postérieur (hémoglobinurie dirofilarienne) ;
- coagulation intravasculaire disséminée ;
- symptômes neurologiques (forme atypique d'anoxie cérébrale) ;
- symptômes cutanés (dépilations prurigineuses) ;

b) Aspect échographique

L'échographie ne présente pas à proprement parler d'intérêt diagnostique, dans la mesure où des **tests sérologiques** (de recherche d'anticorps par ELISA ou hémagglutination) sont disponibles et permettent de poser un diagnostic de certitude.

L'échocardiographie permet surtout de visualiser directement les filaires dans les troncs artériels, et ainsi d'affiner le pronostic et de contrôler l'efficacité d'un traitement mis en place.

Outre la **visualisation directe des filaires** dans les artères pulmonaires, on pourra observer une **dilatation atriale et ventriculaire droite** ainsi qu'une dilatation du tronc pulmonaire. Une **fuite tricuspидienne** sera audible au Doppler et on observera à la fois une perturbation du flux artériel pulmonaire et une élévation des pressions artérielles pulmonaires.



c) Traitement et pronostic

Le traitement de la dirofilariose repose sur l'administration de chlorhydrate de mélarsomine (traitement adulticide ayant comme éventuelle conséquence une embolisation pulmonaire) et/ou d'ivermectine et de milbémycine oxime.

III.5) Maladies systémiques ayant un retentissement cardiaque

III.5.1) Cœur pulmonaire chronique

Le cœur pulmonaire est une altération de l'anatomie et de la fonction cardiaque **consécutive à une hypertension artérielle pulmonaire chronique**. Celle-ci peut être due à une maladie pulmonaire chronique (bronchite chronique, allergie, fibrose, infection,...), à une affection des voies respiratoires supérieures (voile du palais, sténose des narines, collapsus trachéal,...), à certaines maladies parasitaires (dirofilariose, angiostrongylose) ou encore à l'obésité.

d) Quand penser à un cœur pulmonaire ?

Cette affection n'a pas d'épidémiologie propre, et, étant conditionnée par l'étiologie, elle est dominée par des symptômes respiratoires.

- toux ;
- dyspnée ;
- auscultation pulmonaire anormale (sifflements ou crépitations) ;
- auscultation cardiaque parfois anormale (souffle d'insuffisance tricuspидienne ou pulmonaire, bruit de galop) ;
- signes d'insuffisance cardiaque droite.

e) Diagnostic échographique

C'est un diagnostic de certitude. On observera une **cardiomégalie droite**, un **mouvement septal paradoxal**, une augmentation de la pression artérielle pulmonaire (calcul en mode Doppler à partir des gradients de pression transpulmonaire et transtricuspidien).

Le diagnostic en mode TM est facile. On peut ici valider

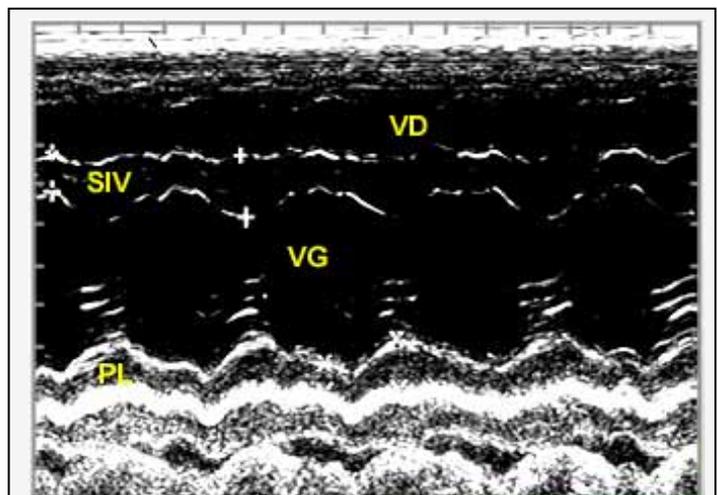


Figure 66: TM transventriculaire correspondant à un cœur pulmonaire chronique (8)

l'hypertrophie cardiaque (épaisseur du SIV supérieure à celle de la paroi libre du ventricule gauche). On observe également une **dilatation ventriculaire droite**.

Dans un contexte d'atteinte respiratoire chronique, le diagnostic n'est pas difficile.

Cependant, il faudra effectuer le diagnostic différentiel avec les autres causes isolées d'atteinte cardiaque droite (notamment la sténose pulmonaire).

f) Pronostic et traitement

Le pronostic dépend de la maladie causale mais reste réservé car évolue souvent vers une insuffisance cardiaque droite.

Le traitement est celui de la maladie causale (bronchopneumonie, dirofilariose, bronchite chronique,...) et si besoin est un traitement de l'insuffisance cardiaque.

III.5.2) Hypothyroïdie

De par l'implication des hormones thyroïdiennes dans le fonctionnement cellulaire, une baisse d'activité de la glande thyroïde a des répercussions sur le fonctionnement cardiaque (bradycardie, hypocontractilité) et vasculaire (athéromatose).

d) Quand penser à une hypothyroïdie ?

Il existe une prédisposition chez les grandes races, mais cette dysendocrinie somme toute assez commune peut toucher n'importe quelle race.

On pensera à une hypothyroïdie en présence, outre les symptômes classiques (léthargie, prise de poids, alopecie...), d'une **bradycardie**.

e) Diagnostic échographique

L'examen a comme double objectif de différencier cette affection des autres causes d'hypocontractilité myocardique, et de pouvoir suivre l'efficacité du traitement mis en place.

L'obtention d'une coupe TM transventriculaire permet d'évaluer **l'hypocontractilité myocardique** (le calcul de la **FR** donne des valeurs entre **20 et 30 %**, inférieures à la normale mais supérieures à celles obtenues lors de CMD) ainsi que la **bradycardie**

Dans le cadre du diagnostic différentiel, il faut noter que si le contexte épidémiologique est le même (chiens de grandes races), la Cardiomyopathie Dilatée engendre une tachycardie non sinusale et la FR est effondrée.

f) Traitement

Le traitement est celui de l'hypothyroïdie. (Administration de T4 ou L-thyroxine)

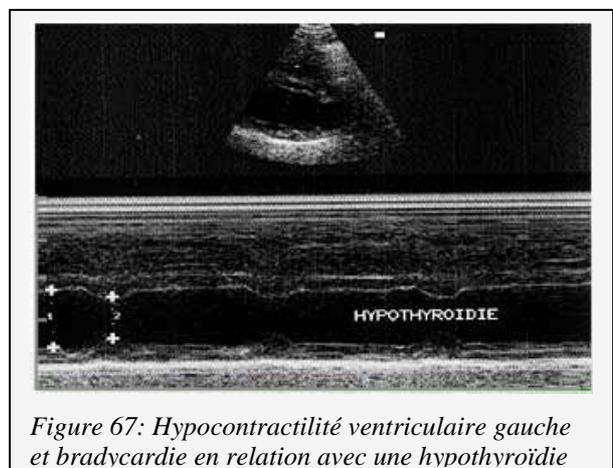


Figure 67: Hypocontractilité ventriculaire gauche et bradycardie en relation avec une hypothyroïdie

III.5.3) Phéochromocytome

Le phéochromocytome est une tumeur des **cellules chromaffines** de la médullosurrénale. Lorsqu'elle est sécrétante, celle-ci sature l'organisme d'**adrénaline**, entraînant des conséquences sur le plan vasculaire (hypertension artérielle) et cardiaque (hypertrophie et tachycardie).

Aucune prédisposition n'a été évoquée, et le tableau clinique, lorsqu'il existe (1/3 des cas seulement sont symptomatiques), n'a rien de spécifique. (Fatigue et tachycardie)

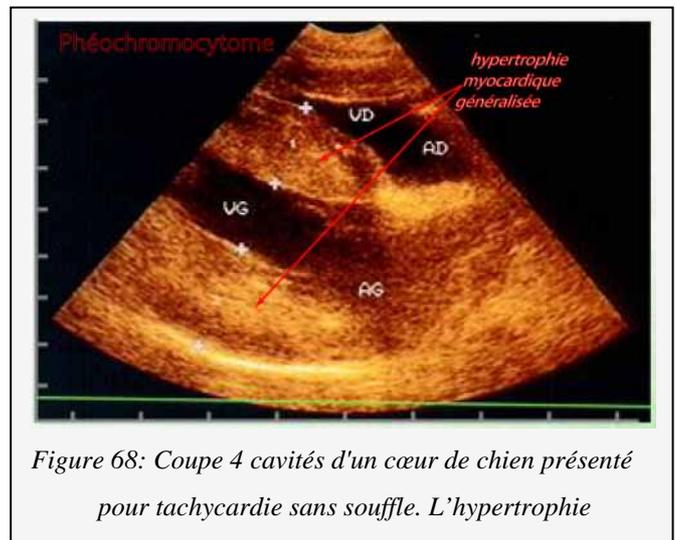
c) Examen échographique

Lorsque les conséquences cardiaques existent, l'échocardiographie demeure le seul moyen de valider l'**hypertrophie myocardique consécutive à l'hypertension artérielle**. Ici, on visualise bien cette hypertrophie généralisée. Il faudra distinguer cette étiologie des autres causes d'hypertrophie myocardique (CMH vraie, assez rare chez le chien, ou sténose aortique congénitale, dont le souffle est caractéristique).

L'identification de la tumeur en échographie abdominale reste le moyen le plus simple et le plus sûr de diagnostiquer le phéochromocytome.

d) Traitement

Le traitement repose essentiellement sur la maîtrise de l'hypertension artérielle (α -bloquants, IECA, diurétiques) et une ablation des phéochromocytomes pourra être envisagée.



III.5.4) Cardiotoxicose à l'adriblastine

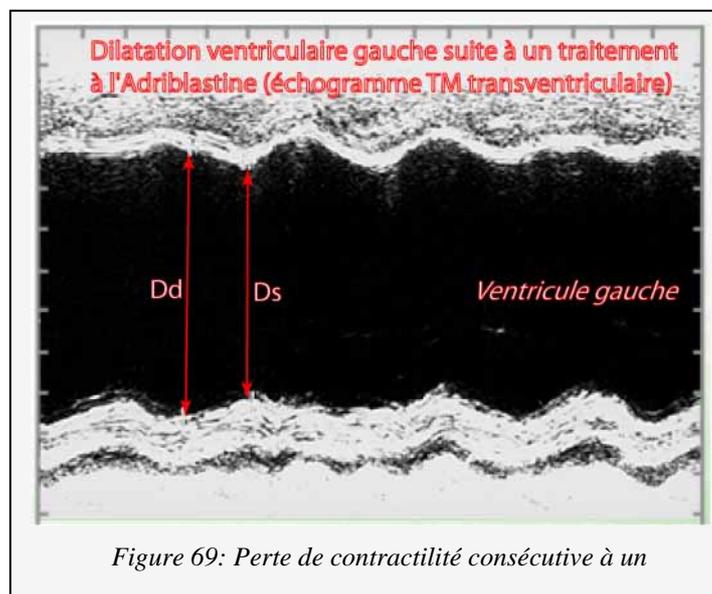
L'utilisation d'un antimétabolite (tel que l'adriamycine ou doxorubicine) en cancérologie s'accompagne d'une atteinte myocardique iatrogène. Ceci n'est pas à proprement parler une affection systémique.

Parler de diagnostic n'a ici aucun sens, le contexte thérapeutique étant défini au départ. Cependant, l'échographie revêt une certaine importance dans le suivi du traitement par détection précoce de la perte de contractilité (une échocardiographie devra donc être réalisée avant le début du traitement). En effet, chez certains individus, une toxicité chronique et irréversible apparaît dès 240mg/m² (doses cumulées).

Cette atteinte mime en tous points la **Cardiomyopathie Dilatée**, caractérisée par une **perte de contractilité**, avec les symptômes classiques **d'insuffisance cardiaque** congestive droite, gauche ou globale.

Le mode TM permet plus facilement que le mode BD d'estimer la perte de contractilité en mesurant la **Fraction de Raccourcissement**.

Elle est dans le cas présenté particulièrement visible (FR=10%)



CONCLUSION

Bénéficiant des acquis de la médecine humaine, l'échographie est devenue l'examen complémentaire de référence en cardiologie vétérinaire.

Cette technique se révèle être un examen précieux en médecine des animaux de compagnie, équipant un nombre croissant de cliniques vétérinaires.

L'obtention d'images dynamiques permet de renseigner le clinicien de manière quantitative et qualitative.

La mise en œuvre rapide, la parfaite innocuité de l'examen, ainsi que la possibilité de visualiser directement les structures cardiaques, font de l'échographie un outil d'imagerie supérieur à la radiographie en cardiologie.

Elle pourra être utilisée en première intention dès les premiers signes d'atteinte cardiaque, ou dans le cadre du dépistage systématique des cardiopathies.

Le but de ce document est d'établir une synthèse des connaissances actuelles concernant l'échocardiographie du chien, et de présenter les aspects du cœur normal et des modifications observables lors des cardiopathies acquises dans cette espèce.

Il doit permettre au praticien vétérinaire de découvrir les bases du fonctionnement de cette technique, et d'adopter une démarche d'examen standardisé afin d'assurer une bonne répétabilité de celui-ci.

Il constitue en outre un recueil des principales valeurs chiffrées mesurables en échographie cardiaque, ainsi que la clé de leur interprétation.

En définitive, il apparaît que cette technique d'imagerie est le complément idéal de l'examen clinique en pratique quotidienne de la cardiologie vétérinaire.

Ce travail de thèse a donc pour vocation d'accompagner le praticien dans sa découverte de l'échographie cardiaque, et à qui il appartiendra de poursuivre son apprentissage grâce aux références bibliographiques et à la manipulation régulière de l'échographie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Amaglio-Bureau S. ; 1995

Les cardiomyopathies dilatées chez le chien. Etude clinique et statistique à partir de 49 cas. Thèse : Méd. Vét. : Nantes ; 17

2. Barone R. ; 1996

Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 5. Angiologie.- Paris : Vigot.- 1015 p.

3. Barr F. ; 1994

Principles of diagnostic ultrasound (1-20)

In: Price C.J., Bedford P.G.C. & al (eds.). Diagnostic ultrasound in the dog and cat. Oxford: Blackwell science. Library of veterinary practice.- 272 p.

4. Barr F. ; 1990

Imaging of the heart-Echocardiography (115-149)

In : Price C.J., Bedford P.G.C. & al. (eds.). Diagnostic ultrasound in the dog and cat. Oxford: Blackwell science. Library of veterinary practice,- 272 p.

5. Barr F. ;1995

Diagnostic ultrasound (57-167)

In : Lee R. (ed.), Manual of small animal diagnostic imaging.- 2ème édition.- Shurdington : BSAVA.-200 p.

6. Le Bobinec G. ; 1985

Echocardiographie bidimensionnelle chez le chien. Principes de base et intérêt.

Prat. Méd. Chir. Anim. Cie., **20** (4) : 313-322

7. Le Bobinec G. ; 1987

Intérêt diagnostique de l'échocardiographie bidimensionnelle chez les carnivores

Rec. Méd. Vét., **163** (8-9) : 757-761

8. Le Bobinec G. ; 1999

Atlas d'échocardiographie bidimensionnelle du chien.- Paris : Intervet;- cdrom

9. Bommer W.J. et Miller L. ; 1982

Real-time, two dimensional color flow Doppler: enhances Doppler in the diagnosis of the cardiovascular diseases (Abstr.).

Am. J. Cardiol. **49** : 944

10. Bonagura J.D. et O'Grady M.R. ; 1985

Echocardiography, principles of interpretation

Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract., **165**(6): 1177-1194

11. Bonagura J.D. ; 1994

Clinical update, Echocardiography

J. Am. Vet. Med. Assoc., **204** (4): 516-522

12. Boon J.A. ; 1998

The physics of ultrasound (1-34)

In : Boon J.A. (ed.). *Manual of veterinary echocardiography*. Baltimore: Williams & Wilkins.- 478p.

13. Boon J.A. ; 1998

The echocardiographic examination (35-150)

In: Boon J.A. (ed.). *Manual of veterinary echocardiography*. Baltimore: Williams & Wilkins.- 478p.

14. Boon J.A., Wingfield W.E. et Miller C.W. ; 1983

Echocardiographic indices in the normal dog

Vet. Radiol. **24**: 214-221

15. Bousquet S. ; 1992

Echocardiographie Doppler, principes et applications chez le chien

Thèse : Méd. Vét. : Lyon ; 69

16. Boyd J.S. ; 1991

Thorax (104-108)

In: Boyd J.S., Paterson C., May A.H. (eds.). *A color atlas of clinical anatomy of the dog & cat*. London: Wolfe publishing.- 220 p.

17. Budras K.-D., Fricke W. et MacCarthy P.H. ; 1994

The heart (18-18A)

In: *Anatomy of the dog, an illustrated text*, 3ème édition;- Londres: Mosby-Wolfe,-217 p.

18. Burk R.L. et Ackerman N. ; 1996

Small animal radiology and ultrasonography a diagnostic atlas and text,
2ème edition.- Philadelphia: W.B. Saunders Company.- 644 p.

19. Cawbee R.E. et Hudson J.A. ; 1993

Ultrasonography

Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract., **23** (2) : 345-377

20. Cartee R.E. ; 1995

The heart, vessels, lungs and mediastinum (68-87)

In: Cartee R.E., Selcer B.A. & al (eds.). Practical Veterinary Ultrasound.-
Baltimore: William & Wilkins.- 329 p.

21. Chetboul V., Pouchelon J.L. ; 1995

Echographie en cardiologie : technique et aspect normal

Rec. Méd. Vét., **171** (41S) : 287-298

22. Chetboul V., Pouchelon J.-L. & al ; 1999

Echocardiographie et écho-Doppler du chien et du chat.- Paris : Masson

.-

169 pp.

23. Chetboul V., Tessier-Vetzel D. et Pouchelon J.L. ; 2006

Mémo-fiches Echocardiographie et Doppler du chien et du chat.- Paris :
Masson.-24 p.

24. Cobb M.A ; 1992

Idiopathic dilated cardiomyopathy: advances in etiology, pathogenesis
and mangement

J. Small Anim. Pract., **33**: 113-118.

25. Constantinescu G.M. ; 2005

Guide pratique d'anatomie du chien et du chat.-Paris : Med'Com.-380 p.

26. Darke P.G.G. ; 1990

Dopplerechocardiography in small animals

Vet. Intern. **2**: 3-13

27. Darke P.G.G ; 1992

Doppler echocardiography

J.Small Anim. Pract., **33** : 104-112

28. Darke P.G.G., Bonagura J.D. & al ; 1993
Transducer orientation for Doppler echocardiography in dogs
J. Small Anim. Pract., **34**, 2-8

29. Dyce K.M., Sack W.O. et Wensing C.J.G. ; 1987
The thorax of the carnivores (403-405)
In: Textbook of veterinary anatomy, première édition.- Philadelphia: W.B. Saunders Company.-864 p.

30. Edler I. et Hertz C.H. ; 1954
The use of ultrasonic reflectoscope for the continuous recording of the movements of heart walls
Kungl. Fysiografiska Sällskapet i Lund Förhandlingar **14**: 40-58

31. Evans H.E. ; 1993
The heart and arteries (586-601)
In: Miller's anatomy of the dog, 3ème édition.- Philadelphia: W.B. Saunders Company.- 1113 p.

32. Farcot J.-C. ; 1986
Comprendre l'échocardiographie.- Paris: Editions MSD Médicales.-192 p.

33. Farrow C.S. ; 1996
Chap.2, How ultrasound works (7-27)
In: Green W.G. (ed.), Small Animal Ultrasound.- Philadelphia: Lippincott-Raven;-377 p.

34. Farrow C.S. ; 1996
Chap.4, Heart (59-88)
In: Green W.G. (Ed.). Small Animal Ultrasound.- Philadelphia: Lippincott-Raven, 377 p.

35. Garnier M., Delamare V. & al ; 1995
Dictionnaire des termes de médecine, 24ème éd.- Paris: Maloine;-1095 p.

36. Goodins J.P., Robinson W.F, Mews J.C. ; 1986

Echocardiographic ventricular dimensions in clinically normal English Cocker Spaniels.

Am.J.Vet.Res., **47** (2) : 296-300

37. Henry W.L., De Maria A., Gramiak R. & al ; 1980

Report of the American Society of Echocardiography Committee on nomenclature and standards in two dimensional echocardiography

Circulation, **62** (2) : 212-217

38. Herring D.S.et Bjornton G. ; 1985

Physics, facts, and artifacts of diagnostic ultrasound

Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract., **165** (6): 1107-1122

39. Holmes J.H. ; 1974

Diagnostic ultrasound: historical perspective (1-15)

In: King D.L. (ed.) Diagnostic ultrasound CV.- Saint Louis : Mosby Company.-311 p.

40. Holmes J.H.et Howry D.H. ; 1963

Ultrasonic diagnosis of abdominal diseases

Am. J. Dig. Dis. **8**: 12-32

41. Jaudon J.-P. ; 1990

Echocardiographie canine : contribution à l'établissement de normes quantitatives

Thèse : Méd. Vét. : Lyon ; 5

42. Jaudon J.-P., Perrot C. & al ; 1991

Bases physiques, technologiques et sémiologiques de l'ultrasonographie médicale

Point Vét., **23**(135): 11-18

43. Keidel W.D. ; 1950

Über eine neue Methode zur Registrierung der Volumenänderungen des Herzens am Menschen

Zeitschr. Kreislaufforschung **39**: 257-271

44. Kienle R.D. ; 1998

Echocardiography (95-117)

In: Kittleson M.D., Kienle R.D. (Eds.). Small Animal Cardiovascular Medicine. C.V.- St Louis: Mosby.-603 p.

45. Kirberger R.M. ; 1995

Imaging artifacts in diagnostic ultrasound-A review

Vet. Radiol. Ultrasound, **36** (4) : 297-306

46. Kittleson M.D. (site consulté le 30/09/2007), Case studies in small animal cardiovascular medicine

URL: <http://www.vmeth.ucdavis.edu/cardio/cases/index.htm>

47. Legrand J.-P. ; 1992

Physique et bases des ultrasons

In: Encyclopédie Vétérinaire.- Paris : Elsevier, Imagerie (1800), 10 p.

48. Lombard C.W. ; 1984

Normal values of Canine M-Mode echocardiogram

Am. J. Vet. Res. **45** : 2015-2018

49. Lonsdale R.A., Labuc R.H., Robertson I.D. ; 1998

Echocardiographic parameters in training compared with no-training Greyhounds.

Vet. Radiol. Ultrasound, **39**, 4: 325-330

50. Lusk R.H. & Ettinger S.J. ; 1990

Echocardiographic techniques in the dog and cat

J. Am. Anim. Hosp. Assoc., **26** (5): 473-488

51. De Madron E. ; 1983

L'échocardiographie en mode M chez le chien normal

Thèse : Méd. Vét. : Créteil, 33

52. De Madron E. ; 1983

Aspects échocardiographiques normaux du coeur du chien

Prat. Méd. Chir. Anim. Cie., **18** (5) : 39-51

53. De Madron E., Bonagura J.D. & al ; 1985

Mouvement normal et paradoxal du septum interventriculaire chez le chien

Prat. Méd. Chir. Anim. Cie., **20** (3) : 223-233

54. De Madron E. ; 1991

Rôle de l'échocardiographie Doppler en mode continu et pulsé dans le diagnostic et l'évaluation de la sévérité des cardiopathies des petits animaux, première partie : principe de l'examen Doppler
Prat. Méd. Chir. Anim. Cie., **26** (1) : 23-30

55. De Madron E. ; 1993

Echocardiographie : technique et interprétation
In: Encyclopédie Vétérinaire.- Paris : Elsevier, Imagerie (2700), 11 pp.

56. De Madron E. ; 1995

Valeurs normales (111- 121)
In : Haroutunian G. (ed.). Echographie du chien et du chat.- Paris : Vigot.-232 p.

57. De Madron E. ; 1995

Mise au point sur les valeurs échocardiographiques TM normales chez le chien
Prat. Méd. Chir. Anim. Cie., **30** (6) : 647-654

58. Martin M.W.S. ; 1995

Small animal echocardiography (131-164)
In: Goddard P.J. (Ed.). Veterinary ultrasonography.- Wallingford: Cab International

59. Martin M.W.S., Corcoran B.M. ; 1997

Echocardiography (52-69)
In: Cardiorespiratory diseases of the dog and cat.- Oxford: Blackwell Science (Library of veterinary practice).- 352 p.

60. Nyland T.G., Mattoon J.S. & al ; 1995

Physical principles, instrumentation, and safety of diagnostic ultrasound (3-18)
In: Nyland T.G., Mattoon J.S. (eds), Veterinary Diagnostic Ultrasound.- Philadelphia : W.B. Saunders Company.- 357 p.

61. O'Rourke R.A., Hanrath P. & al ; 1984

Report of the joint International Society and Federation of Cardiology/World Health Organisation Task Force on Recommendations for Standardisation of measurements from M-Mode echocardiograms
Circulation, **69**: 854A-857A

62. Pages A.N., Edmunds G., Atwell R.B. ; 1993

Echocardiographic values in the greyhound.

Aust. Vet. J., **70**: 361-364

63. Penninck D.G. ; 1995

Imaging artifacts in ultrasound (19-29)

In: Nyland T.G., Mattoon J.S. (eds). *Veterinary Diagnostic Ultrasound*.- Philadelphia : W.B. Saunders Company.-357 p.

64. Romand-Gostomski S. ; 2002

Echocardiographie du chien et du chat

Thèse : Méd. Vét. : Lyon ; 121

65. Sahn D.J., Demaria A. & al ; 1978

Recommendations regarding quantitation in M-Mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements

Circulation, **58**: 1072

66. Satomura S. ; 1959

Study of the flow patterns in peripheral arteries by ultrasonics

J. Acoust. Soc. Jpn. **15**: 151-158

67. Scheublé C. ; 1993

Principes physique de l'échocardiographie Doppler en mode spectral pulsé et continu et en mode bidimensionnel ou Doppler couleur (1-26)

In : Lesbre J.-P., Tribouilloy C. (eds), *Echographie Doppler des cardiopathies valvulaires acquises*.- Paris : Flammarion.- 222 p.

68. Snyder P.S., Sato T. et Atkins C.E. ; 1995

A comparison of echocardiographic indices of the racing healthy greyhound to reference values from other breeds.

Vet Radiol. Ultrasound, **36**: 387-392

69. Temple R.S., Stonaker H.H. et Howry D. ; 1956

Ultrasonic and conductive methods for estimating fat thickness in live cattle

Proc. Am. Soc. Anim. Prod. West Sec. **7**: 477-479

70. Thomas W.P. ; 1984

Two dimensional, real-time echocardiography in the dog, technique and anatomic validation

Vet. Radiol., **25** (2), 50-64

71. Thomas W.P., Gaber C.E. & al ; 1993

Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional echocardiography in the dog and cat. Echocardiography committee of the specialty of cardiology, American College of Veterinary Internal Medicine.

J. Vet. int. Med., 7: 247-252

72. Tobias R., Nautrup C.P. ; 2000

The heart (127-142)

In : Cartee R.E. (ed.), Diagnostic Ultrasonography of the Dog and Cat.-
Londres: Manson Publishing.- 400 p.

73. Tobias R., Nautrup C.P. ; 2005

Guide pratique d'échographie canine et feline.- Paris : Med'Com.- 400 p.

SERMENT DES VETERINAIRES **DIPLOMES DE DAKAR**

« Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, fondateur de l'enseignement vétérinaire dans le monde, je promets et je jure devant mes maîtres et mes aînés :

- ⌘ d'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire ;
- ⌘ d'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code de déontologie de mon pays ;
- ⌘ de prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire ;
- ⌘ de ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

Que toute confiance me soit retirée s'il advient que je me parjure. »

RESUME

L'échocardiographie

Principes, réalisation de l'examen et diagnostic des principales cardiopathies acquises dans l'espèce canine.

Année 2008 – N°54

L'échographie cardiaque est devenue l'examen complémentaire de référence en cardiologie vétérinaire.

Notre travail a consisté à exposer les principes de fonctionnement et la réalisation de l'examen grâce à cette technique.

Ce document doit permettre au clinicien de découvrir l'échocardiographie chez les carnivores domestiques, et d'adopter une démarche standardisée lors de la réalisation de son examen.

L'aspect échographique du cœur normal est présenté ici pour rendre possible la comparaison avec les images obtenues lors des cardiopathies acquises.

Les clés du diagnostic de ces pathologies –signes d'appel aspect échographiques, pièges de l'imagerie-ainsi que le pronostic et le traitement sont développés, constituant ainsi un document de travail accompagnant le vétérinaire clinicien dans son apprentissage.

Mots clés : Echocardiographie, Cardiologie, Imagerie, Chien.

Auteur : Jacques FORGET 1, rue du Sundgau
68720 Zillisheim (France) 00 336 45 90 97 28
forgetj@hotmail.com

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRE
(E.I.S.M.V.)