

Évaluation clinique d'un appareil d'échocardiographie bidimensionnelle miniaturisé

Le stéthoscope ultrasonique*

par J. ROELANDT**, P.W. SERRUYS et J. CREPLET

Nous décrivons un appareil d'échocardiographie bidimensionnelle miniaturisé autonome et semi-automatique basé sur le principe du balayage linéaire. L'utilisation de l'appareil pendant plus d'un an, en unité coronaire, soins intensifs, consultation et au lit du patient s'est avérée fructueuse. La comparaison avec les mesures de l'échocardiographie de mode TM montre une légère tendance à surestimer les dimensions, surtout du ventricule gauche.

Cette possibilité d'observer rapidement une coupe dynamique des structures cardiaques à l'aide d'un véritable stéthoscope ultrasonique aura sans doute le même effet stimulant sur le développement d'appareils miniaturisés que la mise au point du balayage linéaire par Bom en 1971 sur l'échocardiographie bidimensionnelle.

MOTS CLÉS : minivisor, ultrasons, échocardiographie bidimensionnelle, cardiomyopathie, valvulopathie, urgences.

La mise au point du transducteur à éléments multiples (Multiscan) par Bom [2, 9] a été à l'origine d'un intérêt considérable pour l'échocardiographie bidimensionnelle en temps réel. Après l'apparition de ce système à balayage linéaire électronique, Griffith et Henry [3] d'une part et Eggleton [4] d'autre part développèrent un système à balayage mécanique sectoriel. Ensuite, Von Ramm et Thurstone [14] mirent au point un système à balayage électronique sectoriel, appareil déjà proposé en 1968 par Somer [12] pour d'autres applications. Enfin, la résolution du système initial de Bom fût nettement améliorée par un dispositif de focalisation dynamique [6].

(*) Département d'échocardiographie clinique thoraxcentrum, hôpital académique Dijkzigt et université Erasmus, Rotterdam, Pays-Bas.

(**) Thoraxcentrum laboratoire d'échocardiographie, B.P. 1738, Rotterdam-3002, Pays-Bas.

Article reçu en juillet 1979 et accepté en décembre 1979.

Chacun de ces systèmes a ses avantages et ses inconvénients : le balayage électronique linéaire donne une excellente vue d'ensemble mais la géométrie du transducteur limitant sa mobilité ne permet pas d'étudier une région en détail. Par contre, les systèmes à balayage mécanique sectoriel donnent des images satisfaisantes dans un secteur de 30° à 85°. Les vibrations de certains de ces appareils peuvent être gênantes. Elles augmentent lorsqu'on essaie d'élargir le secteur étudié. Les systèmes à balayage électronique sectoriel (« phased array ») sont les plus élaborés et donc de loin les plus coûteux. Ils donnent des images d'excellente qualité et conviennent aussi bien à l'étude

Abréviations :

Ao : racine aortique ; OG : oreillette gauche ; PAVD : paroi antérieure du ventricule droit ; PPVG : paroi postérieure du ventricule gauche ; SIV : septum interventriculaire ; VA : valve aortique ; Veg : végétation ; VD : ventricule droit ; VG : ventricule gauche ; VMA : valve mitrale antérieure.

détaillée d'une région restreinte qu'à la représentation d'ensemble des structures cardiaques.

Parallèlement aux développements techniques, des études cliniques ont démontré l'intérêt et la validité de ces méthodes [1, 5, 8, 9, 10]. La méthode d'examen, les différentes incidences et leurs aspects anatomiques ont été bien systématisés [8, 13].

Cette évolution prometteuse a cependant relativement peu tenu compte d'un aspect pratique important : la possibilité d'effectuer l'examen au lit du malade.

Jusqu'à présent, les installations complexes et encombrantes se trouvent dans un laboratoire de techniques non-invasives où il faut déplacer le patient. Dans de nombreuses situations d'urgence ou de semi-urgence les décisions du clinicien devraient bénéficier des données fournies par l'échocardiographie bidimensionnelle. C'est dans ce souci de miniaturisation et de simplification que le groupe du Thorax-centrum a conçu un instrument capable de fonctionner sur batterie et aisément maniable [7, 11]. Après une brève description technique nous présentons les possibilités cliniques de cet appareil en cardiologie.

MÉTHODES

A) APPAREILLAGE

Il s'agit d'un système basé sur le principe du balayage linéaire (Multiscan). Le transducteur est formé d'une rangée de 20 éléments émettant des faisceaux ultrasoniques à la fréquence de 3,12 MHz. Il mesure 1 cm de large et 10 cm de long.

L'excitation successive de chaque élément permet d'observer en coupe les structures situées sous le transducteur sur une profondeur de 20 cm. La plaque de 10×20 cm ainsi explorée est représentée sur un écran de 2×4 cm avec une définition de 20 lignes par cm. Un réseau de points séparés par une distance correspondant à 2 cm donne l'échelle. La construction vise à satisfaire les exigences suivantes : faible poids, maniabilité, possibilité de lecture dans une position permettant l'auscultation cardiaque.

La figure 1 montre une coupe de l'appareil*. Il se présente sous la forme d'un diabolo, pèse

(*) Minivisor, Organon Teknika.

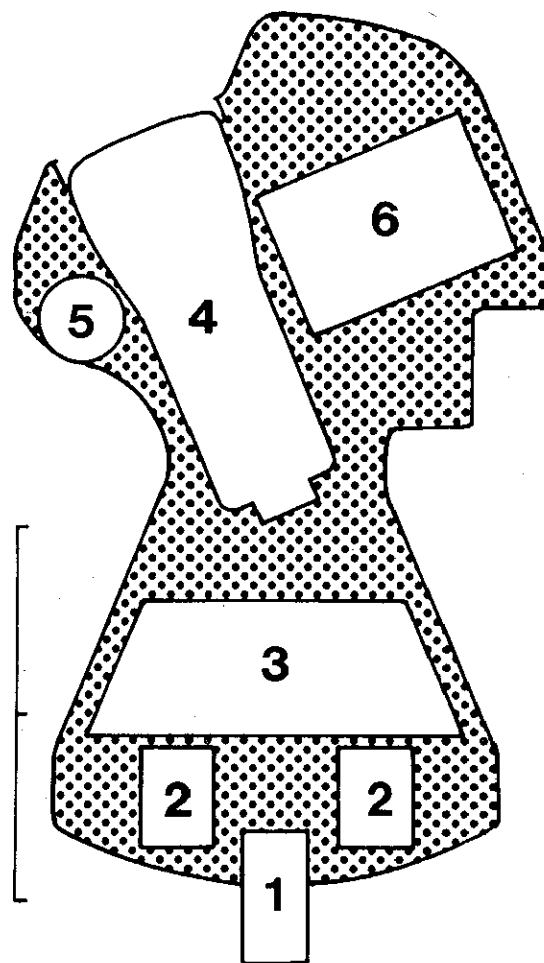


FIG. 1

Coupe schématique du stéthoscope ultrasonique : 1 : transducteur ; 2 : batteries pour l'excitation des cristaux ; 3 : circuits électroniques ; 4 : tube cathodique ; 5 : bouton de commande unique ; 6 : alimentation pour le tube cathodique.

environ 1,5 kg, mesure 25 cm de hauteur et 14 cm de longueur maximum. Un seul bouton commande la mise en marche et règle l'amplification par un dispositif semi-automatique de compensation de profondeur. Les batteries aux Nickel permettent un fonctionnement continu pendant une heure et demie. Elles sont rechargeables y compris pendant l'utilisation sur secteur. Le tableau I reprend les caractéristiques techniques de l'instrument.

B) TECHNIQUE DE L'EXAMEN

L'examineur se place à gauche du patient (fig. 2). Ce dernier est en décubitus dorsal ou

latéral gauche de degré variable. On comprend aisément pourquoi la dénomination de « stéthoscope ultrasonique » s'applique particulière-

ment bien. (Stethos = poitrine ; Scopen = voir, examiner).

Les incidences devenues classiques en échocardiographie bidimensionnelle sont successivement explorées : coupe longitudinale de l'apex à la base (fig. 3), des coupes transversales à différents niveaux et, dans un plan intermédiaire, le transducteur orienté vers le haut à partir d'une position légèrement plus basse, la coupe visualisant les quatre cavités.

C) POPULATION ÉTUDIÉE

Depuis plus d'un an l'appareil est utilisé en routine à l'unité coronaire, aux soins intensifs, à la garde, en consultation ou au lit du malade hospitalisé. Cent patients adultes choisis au hasard (dans leur ordre d'arrivée à la polyclinique) ont été examinés au laboratoire d'échocardiographie par deux observateurs

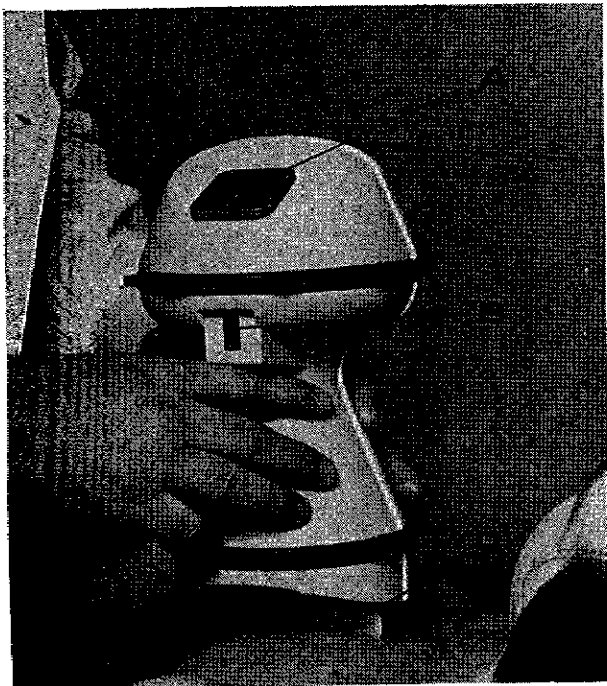


FIG. 2

Le stéthoscope ultrasonique pendant l'examen critique : A : écran miniature ; B : bouton de mise en marche et de réglage semi-automatique de l'amplification ; C : transducteur.

TABLEAU I
CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTRUMENT

Poids	1,5 kg
Hauteur	25 cm
Largeur maximale	14 cm
Fréquence	3,12 MHz
Dimensions de l'image	2 x 4 cm
Définition	20 lignes par cm
Réglage de l'amplification	semi-automatique
Alimentation	batteries ou secteur
Autonomie sur batteries	1 1/2 heure en continu

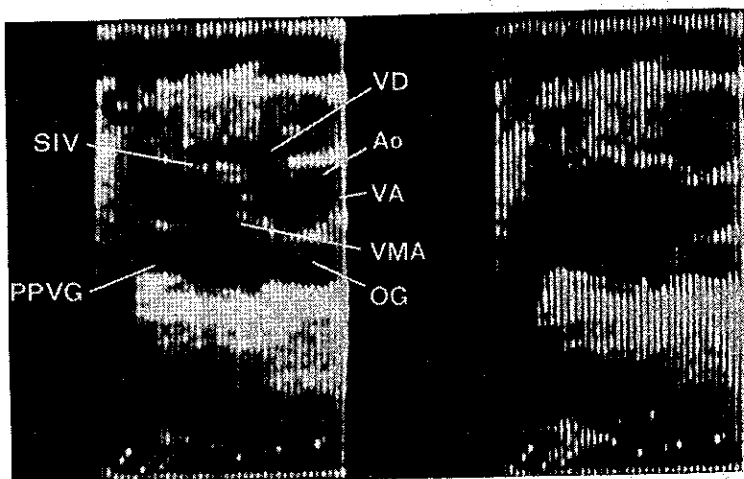


FIG. 3

Cœur normal : coupe longitudinale en diastole (à gauche) et en systole (à droite).

indépendants travaillant l'un avec un appareil d'échocardiographie TM classique et l'autre avec l'instrument bidimensionnel miniaturisé. L'estimation de la taille des cavités et de l'aorte par observation directe sur l'écran du stéthoscope ultrasonique a été comparée aux mesures sur le tracé TM. Pour l'aorte et l'oreillette gauche la dimension normale est inférieure à 40 mm. Au delà de 60 mm l'oreillette gauche est considérée comme très dilatée.

Le ventricule gauche normal a une dimension interne télédiastolique inférieure à 55 mm le long du petit axe. Il est considéré comme très dilaté au delà de 70 mm.

RÉSULTATS

A) ESTIMATION DE LA DIMENSION DE LA RACINE AORTIQUE

Le tableau II compare les résultats des deux méthodes. Aucune mesure n'est possible dans 6 cas avec le stéthoscope ultrasonique, un de ces cas étant également inaccessible au mode M. 89 sur 91 normaux sont correctement classés. Deux mesures directes surestiment la dimension aortique. Les trois aortes dilatées en mode M le sont également en observation directe.

B) ESTIMATION DE LA CAVITÉ VENTRICULAIRE GAUCHE

Le tableau III montre la classification concordante de 43 cas sur 67 normaux en

TABLEAU II
ESTIMATION DU DIAMÈTRE DE LA RACINE AORTIQUE

	Stéthoscope ultrasonique			
	N =	↑	↓	?
Mode M Normale (< 40 mm) ..	89	2	—	5
Dilatée (≥ 40 mm)	3	—	—	—
?				1

= : concordance entre les deux méthodes ; ↑ : sur-estimation par le stéthoscope ultrasonique ; ↓ : sous-estimation par le stéthoscope ultrasonique ; ? : non mesurable.

mode M, 8 non évaluables à l'observation directe et 16 surestimés. Sur 27 ventricules gauches dilatés en mode M, 17 sont également dilatés à l'observation directe, 2 sont surestimés et 5 sousestimés. L'étude statistique montre que l'observation directe tend à surestimer les mesures du mode M ($p < 0,05$).

C) ESTIMATION DE LA DIMENSION DE L'OREILLETTE GAUCHE

56 cas sur 67 normaux en mode M sont correctement classés (tableau IV). Dans 4 cas

TABLEAU III
ESTIMATION DE LA DIMENSION INTERNE DU VENTRICULE GAUCHE

	Stéthoscope ultrasonique			
	N =	↑	↓	?
Mode M Normale (< 55 mm)	43	16*	—	8
Dilatée (55-70 mm)	17	2	5*	3
Très dilatée (> 70 mm)	6	—	—	—
?				—

= : concordance entre les deux méthodes ; ↑ : sur-estimation par le stéthoscope ultrasonique ; ↓ : sous-estimation par le stéthoscope ultrasonique ; ? : non mesurable ; * : $p < 0,05$.

TABLEAU IV
ESTIMATION DE LA DIMENSION AURICULAIRE GAUCHE

	Stéthoscope ultrasonique				
	N =	↑	↑↑	↓	?
Mode M Normale (< 40 mm)	56	8*	1	—	
Dilatée (40-60 mm)	20	7	—	1*	
Très dilatée (> 60 mm)	2	—	—	—	
?					?

= : concordance entre les deux méthodes ; ↑ : sur-estimation par le stéthoscope ultrasonique ; ↓ : sous-estimation par le stéthoscope ultrasonique ; ↑↑ : nette surestimation par le stéthoscope ultrasonique ; ? : non mesurable ; * : $p < 0,05$.

l'observation directe est impossible, dont 2 également réfractaires au mode M. Sur 28 dilata-tions en mode M, 20 sont retrouvées en sté-thoscope ultra-sonique, 7 surestimées et 1 sous-estimée. Deux dilata-tions s'avèrent très impor-tantes pour les deux méthodes. La tendance à la surestimation des cavités par le stéthoscope ultrasonique se révèle également significative ($p < 0,05$).

D) EXEMPLES CLINIQUES

La figure 4 montre en diastole et en systole une coupe longitudinale dans un cas d'endo-cardite bactérienne avec végétations sur la valve mitrale. L'observation dynamique montre nettement mieux que l'image statique les caractères classiques de la végétation : masse d'échos solidaires d'une valve dont la mobilité est

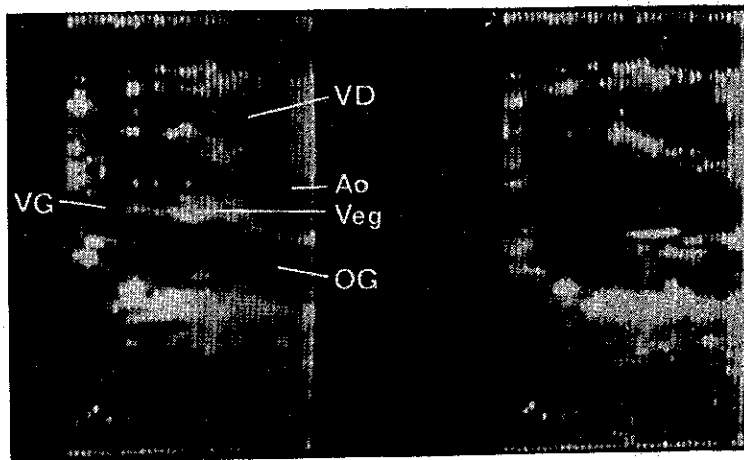


FIG. 4

Coupes longitudinales du cœur obtenues chez un sujet avec végétations de la valve mitrale en diastole (à gauche), en systole (à droite). La mobilité de la valve mitrale en diastole ainsi que la cinétique augmentée du ventricule gauche.

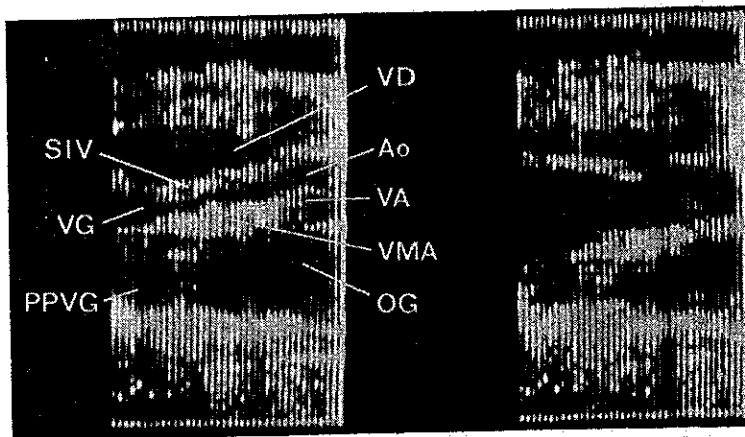


FIG. 5

Coupes longitudinales obtenues chez un patient avec sténose de la valve mitrale. En diastole (à gauche), en systole (à droite). La valve mitrale antérieure est nettement épaissie et très échogène. La fermeture retardée, brusque et la faible amplitude du mouvement valvulaire s'observaient clairement sur la représentation dynamique directe.

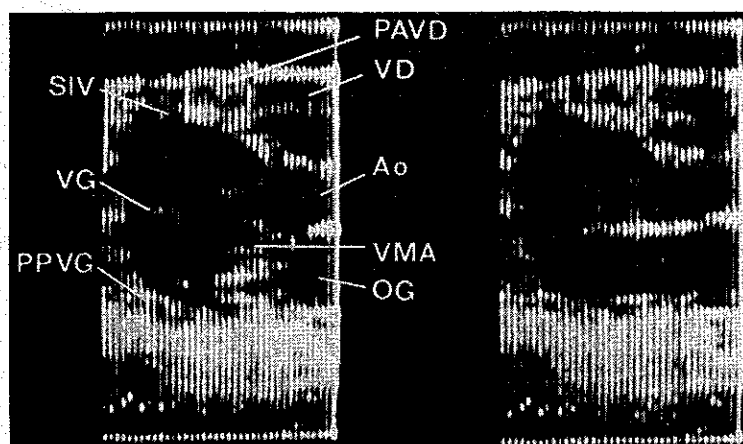


FIG. 6

Cardiomyopathie avec importante dilatation du ventricule gauche. A gauche, diastole, à droite, systole. La dilatation est nettement visible sur la photo. En outre, l'observation directe mettait clairement en évidence l'hypokinésie des parois du ventricule gauche.

conservée. La surcharge en volume du ventricule gauche se traduit par les mouvements amples des parois et un certain degré de dilatation.

La figure 5 montre une valve mitrale fibrosée et calcifiée dans un cas de sténose mitrale rhumatismale. L'aspect dynamique diffère totalement de ce qu'on observait dans le cas précédent : la valve épaissie présente une mobilité réduite et une fermeture tardive et abrupte.

La dimension et la dynamique du ventricule gauche sont plutôt diminuées.

La figure 6 illustre un cas de cardiomyopathie avec nette dilatation du ventricule gauche. La forme globuleuse apparaît clairement, due principalement à un déplacement antérieur du septum. En observation dynamique la contraction des parois est faible.

DISCUSSION

Cette étude montre la possibilité d'obtenir des images échocardiographiques bidimensionnelles dynamiques au lit du malade, en complément de l'examen clinique et même simultanément à l'auscultation.

Sur le plan qualitatif, l'appareil n'offre qu'une estimation de la taille des cavités avec une tendance à la surestimation par rapport aux mesures du mode M.

D'autre part, la simplification des réglages par une amplification semi-automatique se fait au détriment de la définition des structures antérieures. C'est pourquoi, l'estimation de la cavité ventriculaire droite par la méthode s'avère difficile.

TABLEAU V

CHAMPS D'APPLICATION DU STÉTHOSCOPE ULTRASONIQUE

Unité coronaire, soins intensifs

- Solution rapide de problèmes de diagnostic :
 - épanchement péricardique,
 - cardiopathie congestive,
 - hypovolémie.
- Evaluation des effets thérapeutiques :
 - épreuves de remplissage,
 - drogues inotropes.
- Contrôle de la position des cathéters.

Consultations

- Réponse rapide dans des problèmes de diagnostic différentiel :
 - gros cœurs,
 - souffles,
 - dyspnées,
 - suspicion de tumeur intracardiaque,
 - alternative à la radioscopie.

Laboratoire d'échocardiographie et de techniques non-invasives

- optimisation d'échocardiographie de mode TM,
- enseignement,
- auscultation simultanée.

Dans la pratique clinique, nous avons pu contribuer à résoudre, entre autres, les problèmes suivants :

— diagnostic différentiel des gros cœurs, souffles d'origine indéterminée, contrôle de la position d'un cathéter dans l'artère pulmonaire et contrôle d'une péricardiocentèse. Dans un grand nombre de cas cet appareil devrait pouvoir remplacer la radioscopie.

L'évaluation des effets de diverses interventions thérapeutiques : administration de dro-

gues inotropes ou épreuves de remplissage peut s'effectuer en observant la dynamique ventriculaire gauche et ses dimensions, ainsi que l'oreillette gauche. Au laboratoire d'échocardiographie, un examen bidimensionnel donnant une vue d'ensemble de la géométrie cardiaque, permet d'optimiser l'examen en mode M.

Le tableau V résume les champs d'application de cet appareil miniaturisé. Sa réalisation correspond au désir de construire des appareils disponibles en toute circonstance auprès du malade.

SUMMARY

An autonomous, miniaturised, semi-automatic linear-array system of real time imaging is described. This device was used for over one year in the coronary care unit, in the out-patient clinic and in the ward at the patient's bedside. Comparison with echocardiographic measurements obtained at M-mode echocardiography showed a slight tendency towards over estimation, especially of the dimensions of the left ventricle.

The possibility of obtaining a rapid dynamic scan of the cardiac structures with the aid of an ultrasonic stethoscope will undoubtedly have the same stimulating effect on the development of miniaturised systems of real time imaging as the perfectioning of linear array system by Bom in 1971 had on two dimensional echocardiography.

RESUMEN

Describimos un aparato de ecocardiografía bidimensional miniaturizado autónomo y semiautomático basado en el principio del barrido lineal. La utilización de este aparato durante más de un año, en una unidad de enfermos coronarios, en tratamientos intensivos, en la consulta y en el lecho del enfermo, se ha revelado fructuosa. La comparación con las mediciones de la ecocardiografía de modo TM muestra una ligera tendencia a sobrestimar las dimensiones, sobre todo del ventrículo izquierdo.

Esta posibilidad de observar rápidamente un corte dinámico de las estructuras cardíacas valiéndose de un verdadero estetoscopio ultrasónico tendrá sin duda el mismo efecto estimulante sobre el desarrollo de aparatos miniaturizados que el perfeccionamiento del barrido lineal realizado por Bom en 1971 en la ecocardiografía bidimensional.

Bibliographie

1. BOM N., HUGENHOLTZ P.G., KLOSTER F.E., ROELANDT J., POPP R.L., PRIDIE R.B., SAHN D.J. : Evaluation of structure recognition with the multiscan echocardiograph. A cooperative study in 580 patients. *Ultrasound Med. Biol.*, 1, 243, 1974.
2. BOM N., LANCÉE C.T., VAN ZWIETEN G., KLOSTER F.E., ROELANDT J. : Multiscan echocardiography. I. Technical description. *Circulation*, 48, 1066, 1973.
3. GRIFFITH J.M., HENRY W.K. : A sector scanner for real time two-dimensional echocardiography. *Circulation*, 49, 1147, 1974.
4. EGGLETON R.C., JOHNSTON K.W. : Real-time mechanical scanning system compared with array techniques. Institute of electrical and electronic engineers. Proceedings in sonics and ultrasonics, 1974.
5. KISSLO J., VON RAMM O.T., THURSTONE F.L. : Cardiac imaging using a phased array ultrasound system. II. Clinical technique and application. *Circulation*, 53, 262, 1976.
6. LIGHTVOET C.M., RIDDER J., LANCÉE C.T., HAGEMeyer F., VLETER W.B. : A dynamically focused multiscan system. Dans echocardiology, La Haye. Ed. Bom N., Martinus Nijhoff, 1977.
7. LIGHTVOET C.M., RUSTERBORGH H., KAPPEN L., BOM N. : Real time ultrasonic imaging with a hand-held scanner. I. Technical description. *Ultrasound Med. Biol.*, 4, 91, 1978.
8. ROELANDT J. : Practical echocardiology. Forest Grove. Research Studies Press, 1977.
9. ROELANDT J., BOM N., HAGEMeyer F., HUGENHOLTZ P.G. : Visualisation bidimensionnelle et directe du cœur par échocardiographie à éléments multiples. *Arch. Mal. Cœur*, 68, 281, 1975.
10. ROELANDT J., KLOSTER F.E., TEN CATE F.J., VAN DORP W.G., HONKOOP J., BOM N., HUGENHOLTZ P.G. : Multidimensional echocardiography. An appraisal of its clinical usefulness. *Br. Heart J.*, 36, 29, 1974.
11. ROELANDT J., WLADIMIROFF W., BAARS A.M. : Ultrasonic real time imaging with a hand-held scanner. II. Initial clinical experience. *Ultrasound Med. Biol.*, 4, 93, 1978.
12. SOMER J.C. : Electronic sector scanning for ultrasonic diagnosis. *Ultrasonics*, 6, 153, 1968.
13. TAJIK T.J., SEWARD J.B., HAGLER D.J., MAIR D.D., LIE J.T. : Two-dimensional real time ultrasonic imaging of the heart and great vessels. Technique, image orientation, structure identification and validation. *Mayo Clinic Proc.*, 53, 271, 1978.
14. VON RAMM O.T., THURSTONE F.L. : Cardiac imaging using a phased array ultrasound system. I. System design. *Circulation*, 53, 258, 1976.