

Applications des ultrasons et de l'effet Doppler à la physiopathologie de la reproduction en médecine vétérinaire

Ch. HANZEN

*Chaire d'obstétrique et des troubles de la reproduction,
Faculté de Médecine Vétérinaire U.Lg.,
45, rue des Vétérinaires, 1070 Bruxelles*

- A. Introduction
- B. Les ultra-sons : données générales
 - 1. Définition des ultra-sons
 - 2. Production des ultra-sons
 - 3. Moyens d'analyse de l'information ultrasonique
- C. Applications de l'effet DOPPLER à la physiopathologie de la reproduction en médecine vétérinaire
 - 1. L'appareil d'auscultation DOPPLER
 - 2. Nature des échos perçus par effet DOPPLER
 - 3. Méthodes d'examen
 - 4. Applications de l'effet DOPPLER
- D. Conclusion.

A. INTRODUCTION

Les impératifs économiques de toute production animale obligent de plus en plus les éleveurs à rationaliser la con-

duite de leur élevage. Le diagnostic précoce de la gestation est une des étapes obligées de cette rationalisation.

La méthode ultrasonique est de plus en plus utilisée en ce domaine particulièrement chez la brebis, la chèvre et la truie. Mais le diagnostic précoce de gestation ne constitue pas la seule application possible des ultra-sons en médecine vétérinaire. D'autres domaines de recherche tels la physiologie cardiaque ou l'étude des mouvements fœtaux leur sont également de plus en plus ouverts.

B. LES ULTRA-SONS : DONNEES GENERALES

1. Définition

Toute pression exercée sur les molécules d'un gaz, d'un liquide ou d'un solide en provoque le déplacement. Quand cette pression est arrêtée la dépression qui en résulte crée un déplacement identique en sens opposé au premier. Un son audible apparaît quand ce mouvement de va et vient, appelé *cycle*, se répète au moins

16 fois par seconde. Si cette fréquence dépasse 16 000 à 20 000 cycles par secondes, le son devient inaudible : c'est le domaine des ultra-sons.

Le principe du diagnostic ultrasonique dérive de l'étude de deux propriétés essentielles des ultra-sons : la propagation et la réflexion.

Propagation

Les ultra-sons se propagent dans le corps humain ou animal à la vitesse moyenne de 1 500 mètres par seconde. Cette valeur moyenne est modulée par la nature et l'épaisseur différentes des tissus traversés. La vitesse de propagation dépend en effet de la « résistance » acoustique c'est-à-dire de l'*impédance acoustique* du milieu traversé (tableau 1).

TABLEAU 1. — Impédance acoustique de tissus biologiques (In Levi, 1972).

Milieu	Impédance acoustique (g/cm ² . s)
Air	0,04 10 ³
Eau (37 °C)	1,49 10 ⁵
Tissu adipeux	1,35 10 ⁵
Cerveau	1,54 10 ⁵
Muscle	1,60 10 ⁵
Sang	1,61 10 ⁵
Rein	1,62 10 ⁵
Rate	1,64 10 ⁵
Foie	1,65 10 ⁵
Os compact	6,10 10 ⁵
Os spongieux	2,55 10 ⁵

Réflexion

Si au cours de leur propagation, les ultra-sons frappent un second milieu d'impédance acoustique différente il se produit une réflexion ou écho dont l'intensité est fonction directe du coefficient

de réflexion et fonction indirecte du coefficient de transmission du milieu qui lui a donné naissance. L'interprétation diagnostique dépendra notamment de la connaissance de la valeur de ces coefficients.

2. Production des ultra-sons

La transformation de l'énergie électrique en énergie ultrasonore peut se faire par l'intermédiaire de cristaux piezo-électriques.

Des cristaux tels que le quartz mais aussi certains sels tels que le titanate de baryum ou le titanate-zirconate de plomb jouissent de cette propriété.

L'alternance des différences de potentiel appliquée sur une lame de cristal placée entre deux armatures métalliques entraîne un mouvement vibratoire au niveau de ce cristal suite aux dilatations et contractions qu'il subit. Inversement, la transformation d'énergie acoustique en énergie électrique relève également de cette propriété.

Les émissions ultrasonores employées sont de deux types :

2.1. L'émission continue

Celle-ci nécessite l'emploi de deux cristaux, l'un pour l'émission, l'autre pour la réception des ondes ultrasonores. Cet ensemble émetteur-récepteur est appelé *transducteur*. L'émission continue sert à détecter une activité qui donne lieu à l'apparition de l'*effet DOPPLER*.

L'effet décrit par l'Autrichien Christian DOPPLER en 1842 résulte d'une modification de la fréquence originale d'un son apparaissant quand la source sonore se déplace par rapport à l'observateur ou inversement. L'émission d'ultra-sons en direction d'un objet en mouvement donne lieu à un écho de fréquen-

ce différente de celle de la source qui lui a donné naissance.

L'effet DOPPLER sera donc recherché chaque fois qu'un mouvement rapide et régulier doit être mis en évidence.

2.2. *L'émission intermittente*

Le cristal est dans ce cas soumis à des variations de potentiel très brèves mais répétées. Il présente donc une phase « d'activité » pendant laquelle il joue le rôle d'émetteur et une phase « de repos » pendant laquelle il joue le rôle de récepteur.

Ce type d'émission intermittente trouve une application intéressante dans l'ultrasonoscopie unidimensionnelle et bidimensionnelle.

Indépendamment du type d'émission, les ultra-sons peuvent être émis par des sondes de formes différentes : hémisphériques punctiformes ou planes. En médecine, c'est ce dernier type qui est actuellement le plus utilisé.

3. Moyens d'analyse de l'information ultrasonique

En passant d'un milieu à un autre milieu de densité différente, une partie seulement de l'énergie sonore continue à se propager. Le reste de cette énergie est réfléchi par l'interface. C'est cette onde réfléchie ou *écho* qui est exploitée dans les sonars ou dans les appareils d'échographie. La présentation des échos est de deux types (fig. 1) :

3.1. *Ultrasonoscopie unidimensionnelle*

Encore appelée A-Scan ou encore mode A (A pour amplitude) de présentation des échos, elle se caractérise par une présentation cartésienne des informations

échographiques sur un écran cathodique ou sur du papier graphique. La source ultrasonore est immobile.

Chaque pic apparaissant sur l'écran en ordonnée à partir de la ligne de base en abscisse est le témoin d'un écho dont l'intensité détermine la hauteur du pic. La distance séparant deux pics correspond à la distance séparant deux structures d'impédance acoustique différente ou égale.

Ce procédé trouve sa principale application dans la mesure des diamètres céphaliques fœtaux (biparietal notamment) ou en pelvimétrie.

3.2. *Ultrasonoscopie bidimensionnelle ou mode B*

L'écho apparaît dans ce cas non plus sous forme de déflexion perpendiculaire à la ligne de base mais sous forme de spot lumineux se déplaçant parallèlement à l'abscisse de l'écran cathodique. L'intensité du spot lumineux dépendra partiellement de l'intensité de l'écho dont il est la représentation visuelle.

Par ailleurs pour que le caractère bidimensionnel de cette méthode d'analyse apparaisse, la source ultrasonore est amenée manuellement ou mécaniquement à se déplacer pour effectuer un balayage de la zone à explorer. On obtient ainsi une image ultrasonique qui sera conservée momentanément en utilisant un écran à mémoire ou définitivement en la photographiant.

3.3. *L'effet DOPPLER*

La modification de fréquence subie par l'ultrason émis en direction d'un organe en mouvement est transformée en signaux acoustiques audibles qui peuvent être enregistrés sur bande magnétique ou reproduits par un enregistrement graphique.

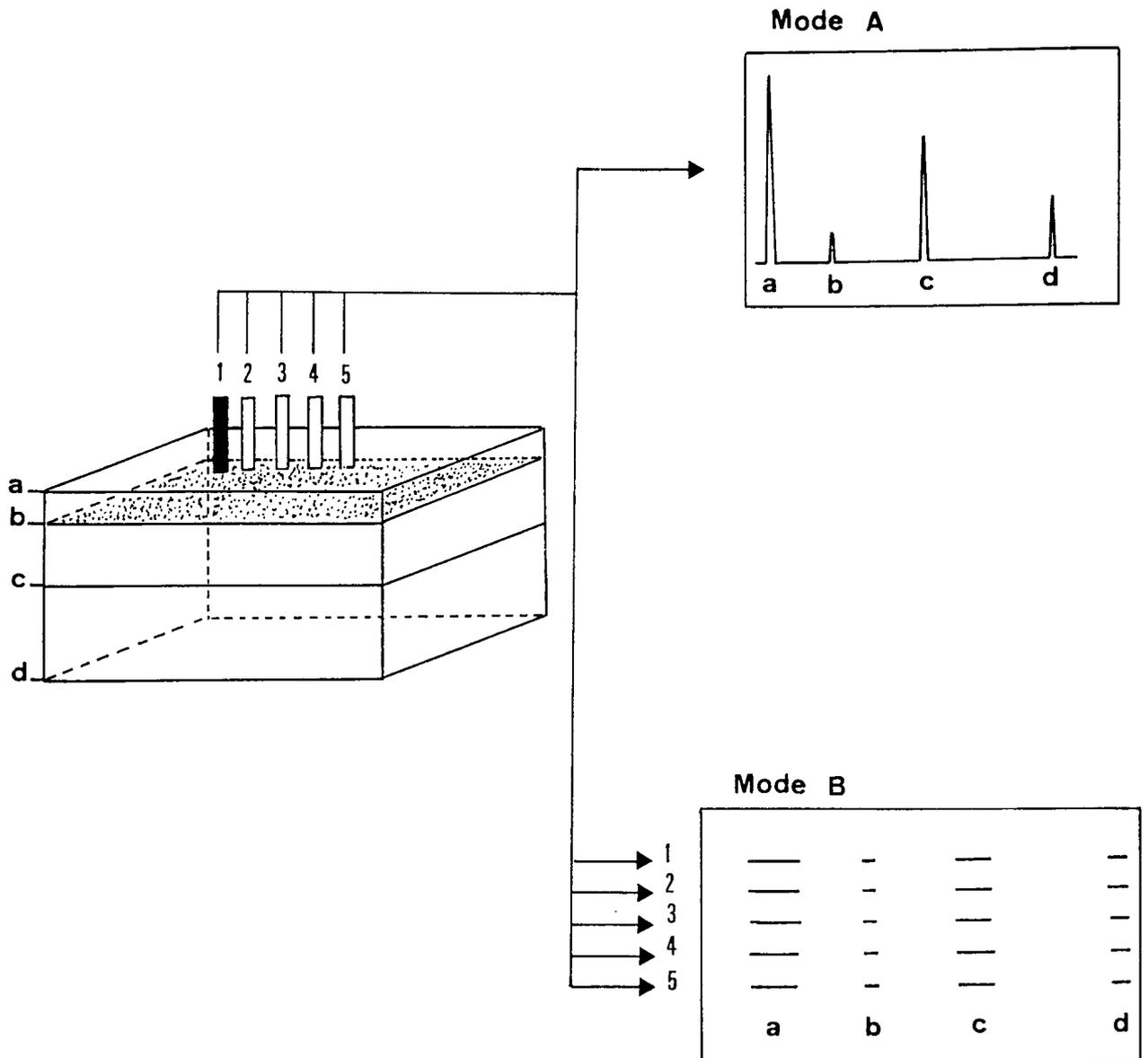


Fig. 1. — *Echographie de Mode A et de Mode B.* - Le parallépipède est composé de 3 milieux de structure différente. Quatre interfaces génératrices d'échos peuvent être distinguées, soit a, b, c, d. Si la sonde émettrice occupe successivement 5 positions différentes (1, 2, 3, 4, 5) l'échogramme apparaîtra identique en Mode A et B mais en Mode B à chaque position de la sonde s'ajoutera un nouvel échogramme. On aboutit ainsi à une image ultrasonique du parallépipède exploré.

C. APPLICATION DES ULTRA-SONS A LA PHYSIOPATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION EN MEDECINE VETERINAIRE

Leur utilisation en ce domaine remonte à 1966 (Lindahl, 1966). Bien que l'échographie de type A ou B ait été expé-

mentée à plusieurs reprises (Hansen et Christiansen, 1976 ; Lindahl, 1966 ; Holtz *et al.*, 1978 ; Lindahl, 1969 ; O'Reilly, 1976 ; Meredith, 1980 ; Palmer *et al.*, 1980), c'est cependant de l'effet DOPPLER qu'ont tiré parti la plupart des expérimentateurs.

1. L'appareil d'auscultation DOPPLER

1.1. La source sonore ou transducteur

Elle possède plusieurs caractéristiques:

Une *batterie* ou des piles blindées fournissent à la sonde l'énergie destinée à produire l'onde ultrasonore.

La *puissance* de la sonde émettrice est le flux d'énergie acoustique produit par celle-ci pendant une seconde.

L'*intensité* acoustique de l'émetteur correspondant au flux d'énergie passant par un cm^2 d'une surface perpendiculaire à la direction de propagation des sons. Elle varie selon le type d'appareil employé: 15 à 25 mW/cm^2 (Wilson et Newton 1969), 30 mW/cm^2 (Fraser et Robertson, 1968; TOO *et al.*, 1974)

28 mW/cm^2 (Fraser, 1976) 40 mW/cm^2 (Fraser *et al.*, 1971) 200 mW/cm^2 (Bosc, 1971).

L'appareil dont nous disposons en clinique (1) a une intensité acoustique de 10 mW/cm^2 . La batterie est logée dans le casque d'écoute au niveau duquel se connectent le transducteur et un second système d'écoute (fig. 2).

Pour des explorations rectales une sonde métallique sert de support rigide (fig. 3) au transducteur.

1.2. L'onde ultrasonore

Elle se caractérise par sa *fréquence* c'est-à-dire par le nombre d'oscillations

(1) Medata: Ultrasonic detector
Surrey GU 15 2 DG England.

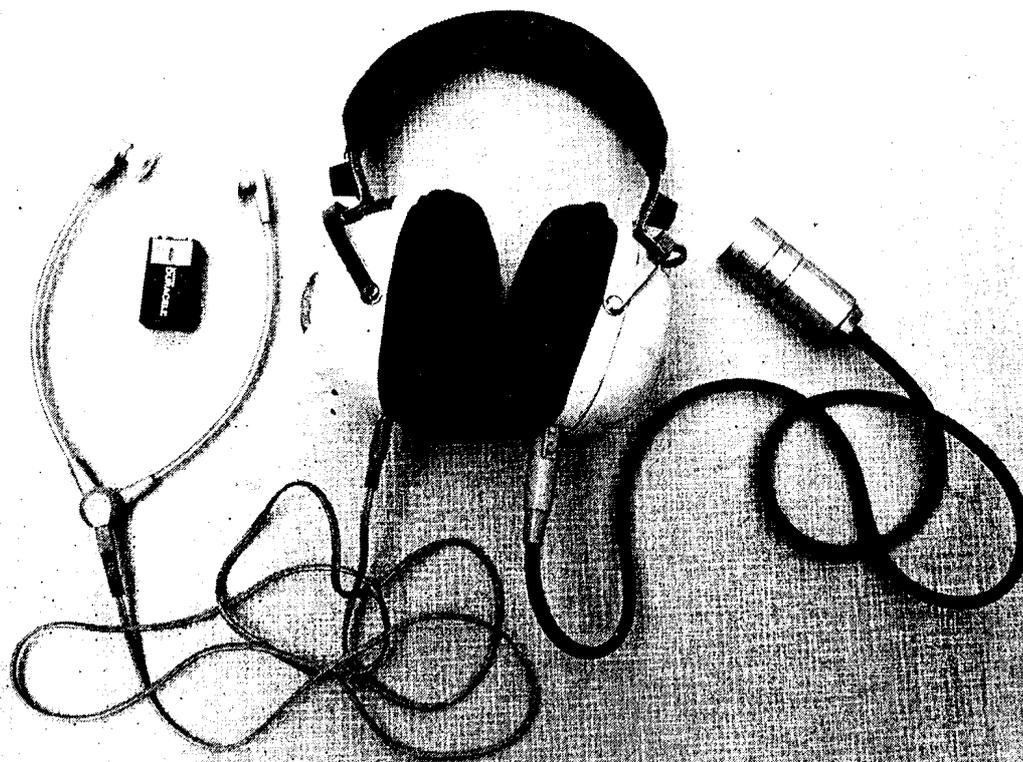


Fig. 2.

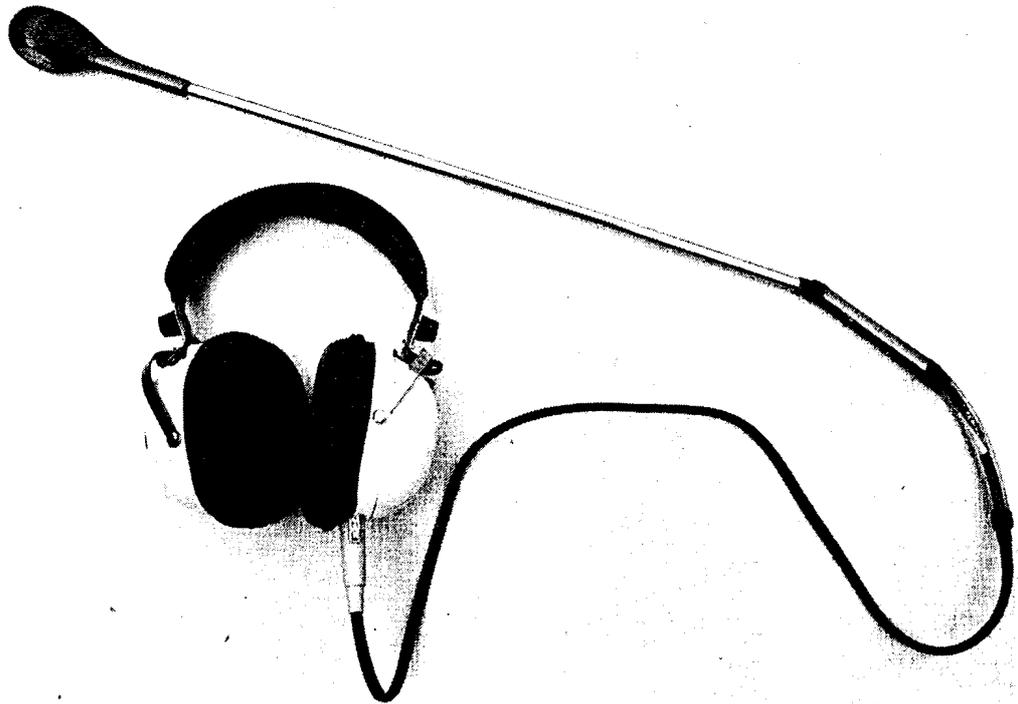


Fig. 3.

ou cycles (exprimés en hz) effectués par seconde.

Dans le choix de cette fréquence, il faut trouver un compromis entre la nécessité d'utiliser une émission pénétrante (la pénétration des ultra-sons dans les tissus est en relation inverse avec la fréquence d'émission) et la nécessité d'obtenir un effet DOPPLER important (les modifications de fréquence sont d'autant plus grandes que la fréquence est élevée).

La plupart des appareils réalise cependant le compromis nécessaire entre ces deux exigences.

Selon la marque de l'appareil, la fréquence d'utilisation pourra être de

2 MHz (Keane, 1969 ; Wilson et Newton, 1969 ; Mac Cau-

ghey, 1979 ; Mitchell, 1973 ; Fraser, 1976 ; Fraser *et al.*, 1975)

2,25 MHz (Deas, 1977 ; Fukui et Kawata, 1978 ; Too *et al.*, 1974 ; Fraser et Robertson, 1968)

3 MHz (Bosc, 1971 ; Fukui et Kawata, 1978)

5 MHz (Lindahl, 1971 ; Lindahl, 1969).

2. Nature des échos perçus par effet DOPPLER

Elle dépend de la nature des organes qui leur ont donné naissance. C'est la raison pour laquelle l'objectivation de ces sons n'est pas toujours des plus aisée (Fraser et Robertson, 1968 ; Fraser

et al., 1973 ; Too *et al.*, 1974 ; Wilson et Newton, 1969 ; Deas, 1977 ; Fraser *et al.*, 1971 ; Fraser, 1968).

2.1. Appareil circulatoire fœtal

Le cœur fœtal produit un bruit de galop claquant à un rythme nettement supérieur à celui du cœur maternel (« clappings sounds »).

L'artère ombilicale émet un son semblable à celui d'une badine cinglant l'air (« swishing sounds ») (« whipping sounds »).

Les vaisseaux placentaires produisent un bruit analogue à celui d'un vent violent dans les arbres (« Wind in the trees ») (« Blowing sounds ») (« Rising wind »).

2.2. Un bruit de jaillissement (« gushing sound ») synchrone du battement cardiaque maternel est perceptible à l'auscultation de l'artère utérine.

2.3. Les mouvements du fœtus dans la cavité utérine déterminent des sons perçants tranchants (« sharp whooping sounds »).

2.4. Différents bruits parasites peuvent également être perçus.

Le péristaltisme intestinal et les mouvements de gaz qui en résultent déterminent des bruits de roulement ou de bouillonnement (« roling and churning sounds »).

Le déplacement de la sonde sur la paroi abdominale provoque des bruits de craquement (« crushing sounds »).

3. Méthodes d'examen

Quelle que soit l'application recherchée, l'écoute des sons caractéristiques de l'effet DOPPLER peut se faire par

voie transabdominale et rectale chez la brebis et la truie. Seule la voie rectale est utilisée chez la vache et la jument.

La méthode externe nécessite la tonte ou le rasage préalable de la zone à explorer et l'application d'un gel destiné à réduire les bruits parasites.

a) Brebis

La voie rectale a été préconisée sur l'animal debout ou couché sur le dos (Lindahl, 1971 ; Deas, 1977). Les matières fécales pouvant empêcher un contact intime de la sonde avec la paroi rectale, une mise à la diète préalable est conseillée. Certains auteurs ont constaté une interférence possible avec l'artère fémorale.

La profondeur d'introduction de la sonde est de 7 à 10 cm en début de gestation et de 15 cm dans la seconde moitié de cette dernière (Deas, 1977).

Lorsque la voie transabdominale est utilisée la brebis peut être placée en position debout, couchée sur le côté ou en position assise avec les membres antérieurs surélevés (Keane, 1969 ; Fraser et Robertson, 1968 ; Fraser *et al.*, 1977 ; Bosc, 1971 ; Lindahl, 1969 ; Hulet, 1969 ; Wilson et Newton, 1969).

Les endroits d'élection pour la recherche des bruits caractéristiques peuvent varier en fonction du stade de gestation. Au début de celle-ci la sonde sera appliquée en avant (5 cm) de la glande mammaire de part et d'autre (2,5 cm) de la ligne médiane (Keane, 1969 ; Hulet, 1969 ; Wilson et Newton, 1969 ; Bosc, 1971 ; Fraser et Robertson, 1968). En fin de gestation, la recherche se fera préférentiellement au niveau de l'arc costal droit (Fraser et Robertson, 1968) selon un arc de cercle plus ou moins parallèle

au diaphragme (Wilson et Newton, 1969).

b) Truie

Au cours de la deuxième moitié de la gestation, la sonde introduite *par voie rectale* sur une profondeur de 20 à 25 cm permettrait de détecter ainsi beaucoup plus facilement la modification de la pulsation de l'artère utérine (Fraser, 1966).

Par voie transabdominale, l'examen peut se faire en position debout (Ehnavall *et al.*, 1970 ; Fraser et Robertson, 1968 ; Mac Caughey, 1979 ou couchée (Too *et al.*, 1974). Les points de repère varient légèrement en fonction du stade de gestation. Pendant le premier tiers de cette dernière la recherche des sons caractéristiques se fera latéralement en avant du grasset (Too *et al.*, 1974 ; Fukui et Kawata, 1978) ou ventralement en avant de la symphyse pelvienne (Mac Caughey, 1979).

Par la suite, la recherche se fera préférentiellement en région ombilicale de part et d'autre de la ligne médiane (Mac Caughey, 1979) plus ou moins au niveau de la deuxième et troisième paire de mamelons (Fraser et Robertson, 1968).

c) Vache - Jument

La sonde s'introduit par voie rectale à une profondeur de 30 cm environ (Fraser, 1976 ; Mitchell, 1973).

4. Application de l'effet DOPPLER

4.1. Le diagnostic de gestation

a) Brebis

L'état de gestation peut être confirmé par les ultra-sons au plus tôt 126 jours environ avant le part (Lindahl, 1971). La

plupart des auteurs s'accordent cependant à dire qu'un diagnostic de gestation ne peut être établi avec une précision satisfaisante qu'entre 40 et 60 jours environ (Deas, 1977 ; Fraser et Robertson, 1968 ; Hulet, 1969 ; Lindahl, 1969 ; Bosc, 1971) après la saillie.

Plusieurs facteurs sont donc susceptibles d'influencer la précision d'un diagnostic ultrasonique.

— Le stade de gestation auquel est pratiqué l'examen :

Entre 20 et 50 jours de gestation, la fiabilité du diagnostic serait de 57 % (Bosc, 1971) à 76 % (Deas, 1977). 80 à 90 % de brebis gestantes de 60 jours environ pourraient être détectées par les ultrasons (Deas, 1977 ; Bosc, 1971 ; Lindahl, 1969 ; Lindahl, 1971). Enfin au-delà de 100 jours de gestation la précision d'une telle méthode de diagnostic est proche de 100 % (Wilson et Newton, 1969 ; Deas, 1977 ; Fraser et Robertson, 1968 ; Keane, 1969 ; Hulet, 1969).

— La position de l'animal lors de l'examen peut constituer une autre source d'erreur (Too *et al.*, 1974). Elle pourrait cependant ne pas être déterminante (Hulet, 1969).

— La fréquence d'émission de l'onde ultrasonore : la précocité d'un diagnostic demande des fréquences d'émission élevées (Lindahl, 1971).

— Les critères retenus pour s'assurer d'un état gestatif ; ils sont évidemment de par leur nombre un facteur de sécurité et de précision (Hulet, 1969).

— L'« acharnement » et l'habileté de l'opérateur à trouver les modifications sonores caractéristiques : des périodes d'examen de 2' (Wilson et Newton, 1969), 3' (Keane, 1969), 5' (Hulet, 1969) ont été conseillés. Mais pour Bosc

(1971) la durée de l'examen n'aurait que peu d'influence sur la justesse du diagnostic.

b) Truie

Un délai de 25 à 30 jours après la saillie semble indispensable pour poser un diagnostic de gestation (Too *et al.*, 1974 ; Mac Caughey, 1979). La précision du diagnostic ne deviendrait valable qu'après 40 (Too *et al.*, 1974) à 50 jours (Fraser et Robertson, 1968) de gestation. Les différences relevées entre les auteurs relèvent de facteurs identiques à ceux de la brebis.

c) Vache - Jument

La détection du pouls fœtal peut se faire au plus tôt, chez la vache 58 jours (Mitchell, 1973) et chez la jument 42 à 56 jours après la saillie (Fraser *et al.*, 1973, Mitchell, 1973).

4.2. Physiologie cardiaque fœtale

Les ultra-sons trouvent dans ce domaine deux champs d'application :

— Ils permettent de tester la viabilité fœtale en cours de gestation ou lors de part dystocique dont la conduite peut se trouver ainsi modifiée (Fraser et Robertson, 1968).

— Ils permettent de préciser la date de l'accouchement. Dans la plupart des espèces (ruminants, truie, jument) en effet une corrélation étroite a pu être établie entre la fréquence cardiaque fœtale et le stade de la gestation, la fréquence étant d'autant plus élevée que le stade de gestation est précoce. Ainsi en est-il chez les ruminants, la truie et la jument.

Chez la brebis l'équation suivante a été établie par Fraser *et al.* (1970) sur la base de 41 observations.

$$Y = 209,4 - 0,5604 X$$

Y représente l'âge du fœtus en jours.

X représente la fréquence cardiaque fœtale (nombre de battements cardiaques par minute).

Vers le 43^e jour de gestation, 143 pulsations sont perçues en moyenne au niveau de l'artère ombilicale dans cette espèce (Deas, 1977). La prévision de la date de l'accouchement obtenue par cette méthode apparaît satisfaisante puisque 1/3 des brebis testées ont accouché dans les 3 jours de la date prévue et les 2/3 dans les 10 jours (Fraser *et al.*, 1970).

Chez la truie, le pouls fœtal serait détecté dès la 7^e semaine de gestation (Fraser et Robertson, 1967).

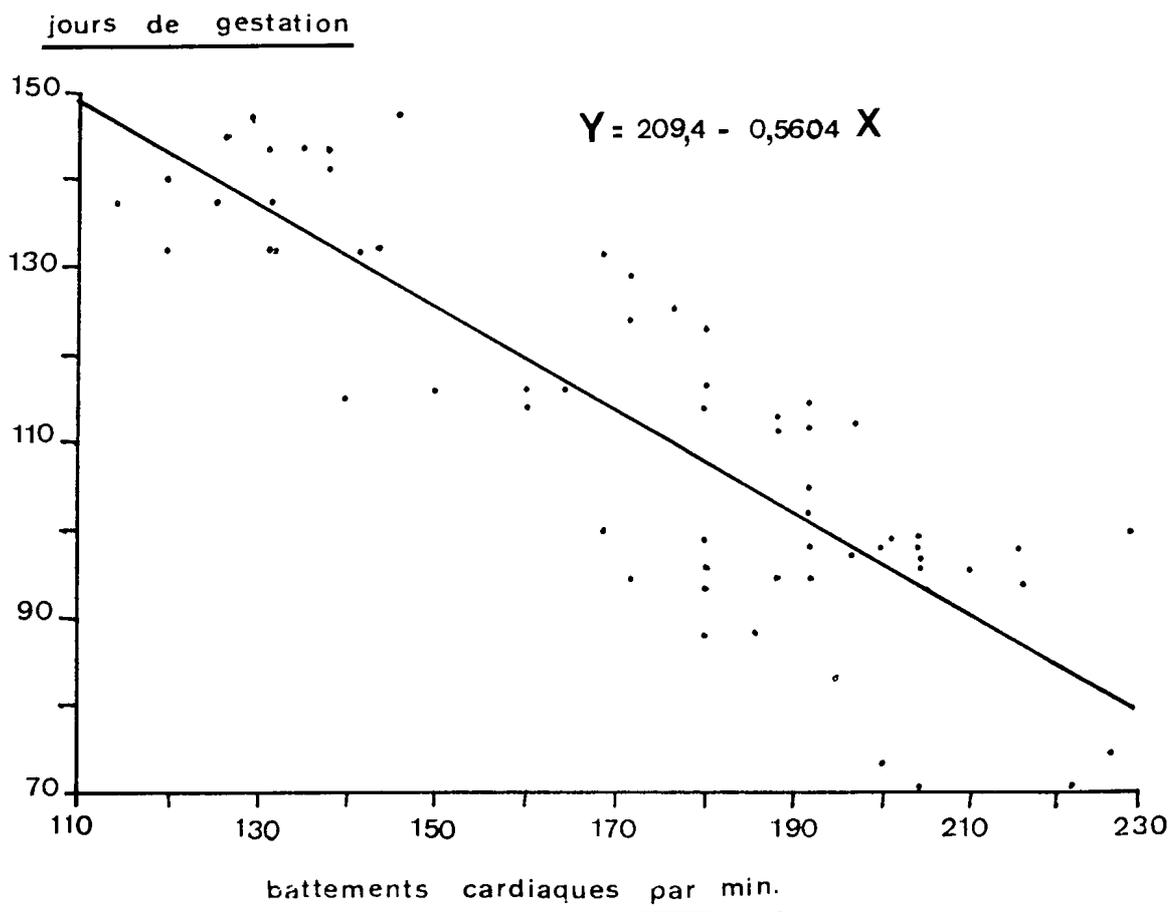
Une diminution de sa fréquence est observée en cours de gestation (tableau 2).

TABLEAU 2. — Fréquences cardiaques fœtales et maternelles au cours de la gestation chez la truie. (Too *et al.* 1974).

Jours de gestation	fréquence cardiaque fœtale	fréquence cardiaque maternelle
26-39	232 ± 12	73 ± 17
40-49	229 ± 10	75 ± 17
60-79	217 ± 12	93 ± 30
80-99	203 ± 15	87 ± 15
100-114	189 ± 13	103 ± 14

Deux équations de corrélations ont été rapportées.

D'une part l'équation $Y = 252,6 - 0,572 X$ où Y représente la fréquence cardiaque fœtale et X l'âge du fœtus (Too *et al.*, 1974) et d'autre part $Y = 262,86 - 3,645 X$ où Y représente l'âge fœtal et X la fréquence cardiaque fœtale (Fraser *et al.*, 1971).



F. 4. — Corrélation entre âge fœtal (Y) et fréquence cardiaque fœtale (X) chez 41 brebis de races différentes. (d'après FRASER A.F. *et al.* 1970.)

Chez la vache, la relation $Y = 188,4 - 0,1903 X$ a été établie entre l'âge fœtal (Y) et la fréquence cardiaque fœtale (X) (Mitchell, 1973). Celle-ci serait de 180 battements cardiaques par minute à 90 jours de gestation et de 120 à 130 battements cardiaques par minute à 270 jours de gestation.

Chez la jument, une relation entre l'âge fœtal (Y) et la fréquence cardiaque fœtale (X) a été également établie : $Y = 179,2 - 0,2387 X$ (Mitchell, 1973).

4.3. La recherche du nombre de fœtus

L'intérêt en est à rechercher dans l'adaptation optimale du régime de la mère en fonction de la taille de sa por-

tée. Cela est particulièrement évident dans les espèces plus fréquemment polytociques, la brebis et la truie.

Indirectement, le dénombrement des fœtus peut permettre d'en estimer la taille (Fukui et Kawata, 1978).

Basée sur la détection des battements cardiaques fœtaux en des endroits différents de l'abdomen, la méthode ultrasonique n'est apparue que peu (Fraser *et al.*, 1971 ; Hulet, 1973) ou pas (Fukui et Kawata, 1978) fiable (Lindhahl, 1971).

D'autres méthodes faisant appel au dosage radioimmunologique de la progestérone (Gadsby *et al.*, 1972) ou à la laparotomie pour la numération des corps

jaunes ou des vésicules amniotiques (Hulet, 1973) ou au toucher rectal au moyen d'un spéculum rigide (Hulet, 1973) ou encore à l'exploration radiologique (Richardson, 1972) ont une précision beaucoup plus grande mais présentent le désavantage d'être moins rapides ou moins économiques.

4.4. L'étude des mouvements fœtaux

Les mouvements effectués par le fœtus *in utero* président à son développement ostéo-articulaire et musculaire et assurent une présentation fœtale normale dans les jours précédant l'accouchement (Fraser *et al.*, 1975). L'étude de ces mouvements a essentiellement été pratiquée par voie rectale chez la vache et la jument (Fraser *et al.*, 1975 ; Fraser, 1976).

Deux types d'activité peuvent être différenciées (Fraser *et al.*, 1975).

Les *simple fetal movements* (SFM) (mouvements fœtaux simples apparaissent vers le 3^e mois chez la jument et plus tardivement chez la vache ; ils sont constitués de mouvements de flexion et d'extension du dos et des membres. Leur fréquence diminue dans les dernières semaines de la gestation.

Les *complexes fetal movements* (CFM) (mouvements fœtaux complexes) sont constitués de SFM se produisant à un rythme beaucoup plus élevé. Ces mou-

vements réflexes sont surtout observés dans les jours précédant le part. Entre les phases d'activité interviennent des périodes de repos de 10' environ. Dans les 48 heures qui précèdent le part l'activité fœtale est suspendue.

D. CONCLUSION

La multiplicité des méthodes de diagnostic précoce de gestation (Richardson 1972 ; Royal et Tainturier 1976 ; Royal et Tainturier 1978) témoigne de leur valeur relative. Peu d'entre elles en effet répondent aux différents critères souvent exigés par la pratique à savoir la rapidité, la facilité, la précision, le coût, l'innocuité et la précocité.

Répondant à ces critères, la méthode ultrasonique est de plus en plus utilisée particulièrement chez la brebis, la chèvre et la truie. Il apparaît en effet que cette méthode est *rapide* : 2 à 5' d'exploration ultrasonique suffisent à poser un diagnostic ; *facile* : la contention des animaux est minime ou nulle ; *fiable* : un diagnostic de gestation est rarement faussement positif au-delà du 60^e jour chez la brebis et du 50^e jour chez la truie ; *relativement peu coûteuse*, entièrement *exempte de danger* pour la mère et le(s) fœtus et *relativement précoce* puisque le diagnostic de gestation peut être posé dès le 50^e jour chez la brebis et la 40^e jour chez la truie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOSC M.J. Etude d'un diagnostic de gestation par ultrasons et effet Doppler chez la brebis. *Ann. Zootechn.*, 1971, **20**, 107.
- DEAS D.W. Pregnancy diagnosis in the ewe by an ultrasonic rectal probe. *Vet. Rec.*, 1977, **101**, 113.
- EHNVALLE R., EINARSSON S., LARSSON K. Dräktighetsdiagnostik hos svin. En undersökning av tillförlitlighet hos två ultraljudapparater. *Svensk. Vet. Tidn.*, 1978, **30**, 461.
- FRASER A.F., ROBERTSON J.G. The detection of foetal life in ewes and sows. *Vet. Rec.*, 1967, **80**, 528.

- FRASER A.F. A method of pregnancy diagnosis in sows by ultrasonic detection of the gravid uterine pulse per rectum. *Vet. Rec.*, 1968, **83**, 360.
- FRASER A.F., ROBERTSON J.G. Pregnancy diagnosis and detection of foetal life in sheep and pigs by an ultrasonic method. *Br. Vet. J.*, 1968, **124**, 239.
- FRASER A.F., NAGARATNAM V., CALLICOTT R.B. A correlation between heart rate and age in the sheep foetus and its use in predicting the birth date. *Trop. Anim., Hlth and Prod.*, 1970, **2**, 65.
- FRASER A.F., NAGARATNAM V., CALLICOTT R.B. The comprehensive use of Doppler ultrasound in farm animal reproduction. *Vet. Rec.*, 1971, **88**, 202.
- FRASER A.F., KEITH N.W., HASTIE H. Summarised observations on the ultrasonic detection of pregnancy and foetal life in the mare. *Vet. Rec.*, 1973, **92**, 20.
- FRASER A.F., HASTIE H., CALLICOTT R.B., BROWNLIE S. An exploratory ultrasonic study on quantitative foetal kinesis in the horse. *Applied Animal Ethology*, 1975, **1**, 395.
- FRASER A.F. Some features of an ultrasonic study of bovine foetal kinesis. *Applied Animal Ethology*, 1976, **2**, 379.
- FUKUI Y., KAWATA K. Studies pregnancy diagnosis in domestic animals by an ultrasonic Doppler method. 2. An evaluation for predicting litter size in utero in the pig. *Jap. J. Anim. Reprod.*, 1978, **24**, 174.
- GADSBY J.E., HEAP R.B., POWELL D.G., WALTERS D.E. Diagnosis of pregnancy and of the number of foetuses in sheep from plasma progesterone concentrations. *Vet. Rec.*, 1972, **90**, 339.
- HANSEN L.H., CHRISTIANSEN I.J. The accuracy of porcine pregnancy diagnosis by a newly developed ultrasonic A-Scan. *Tester Br. Vet. J.*, 1976, **132**, 66.
- HOLTZ W., KAUFMANN F., HERRMANN H.H. Die trachtigkeitsfeststellung mit dem Echolot-Verfahren beim Schwein. *Zuchthyg.*, 1978, **13**, 183.
- HULET C.V. Pregnancy diagnosis in the ewe using an ultrasonic Doppler instrument. *Journal of Animal Science*, 1969, **23**, 4.
- HULET C.V. Determining fetal numbers in pregnant ewes. *Journal of Animal Science*, 1973, **36**, (2), 325.
- KEANE M.G. Pregnancy diagnosis in the sheep by an ultrasonic method. *Irish Veterinary Journal*, 1969, **23**, 194.
- LEVI S. Diagnostic par ultrasons en gynécologie-obstétrique. 1972, Masson et Cie Eds.
- LINDAHL I.L. Detection of pregnancy in sheep by means of ultrasound. *Nature*, 1966, **212**, 642.
- LINDAHL I.L. Comparison of ultrasonic techniques for the detection of pregnancy in ewes. *J. Reprod. Fert.*, 1969, **18**, 117.
- LINDAHL I.L. Pregnancy diagnosis in the ewe by intrarectal Doppler. *Journal of Animal Science*, 1971, **32**, (5), 921.
- Mc CAUGHEY W.J. Pregnancy diagnosis in sows: a comparison of the vaginal biopsy and Doppler ultrasound techniques. *Vet. Rec.*, 1979, **104**, 255.
- MEREDITH M.J., MADANI MOK. The detection of pregnancy in sheep by A-Mode ultrasound. *Br. Vet. J.*, 1980, **136**, 325.
- MITCHELL D. Detection of foetal circulation in the mare and cow by Doppler ultrasound. *Vet. Rec.*, 1973, **93**, 365.
- O'REILLY P.J. Pregnancy diagnosis in pigs by ultrasonic amplitude depth analysis. A field evaluation. *Irish Veterinary Journal*, 1976, 165.
- PALMER E., DRIANCOURT M.A.. Use of ultrasonic echography in equine gynecology. *Theriogenology*, 1980, **13**, 3, 203.
- RICHARSON C. Pregnancy diagnosis in the ewe. A review. *Vet. Rec.*, 1972, **90**, 264.
- ROYAL L., TAINTURIER O. Mise au point sur les procédés modernes de diagnostic de gestation chez la brebis. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 1976, **7**, 1009.
- ROYAL L., TAINTURIER O. Mise au point sur les procédés modernes de diagnostic de gestation chez la truie. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 1978, **3**, 365.
- TOO K., KAWATA K., FUKUI Y., SATO K., KAGOTA K., KAWABE K. Studies on pregnancy diagnosis in domestic animals by an ultrasonic Doppler method Pregnancy diagnosis in the pig and fetal heart rate changes during pregnancy. *Jap. J. Vet. Res.*, 1974, **22**, 61.
- WILSON I.A.N., NEWTON J.E. Pregnancy diagnosis in the ewe: a method for use on the farm. *Vet. Rec.*, 1969, **84**, 356.