

# ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES PULSATEURS UTILISÉS POUR LA TRAITE MÉCANIQUE DES VACHES LAITIÈRES

EFFET DU NIVEAU DE DÉPRESSION ET DE LA VITESSE DE PULSATION  
SUR L'ÉVOLUTION DE LA COURBE DE PULSATION

Yvonne AMRAM et J. LABUSSIÈRE

*Centre national d'Études et d'Expérimentation  
de Machinisme agricole  
Parc de Tourvoie, 92 - Antony*

*Laboratoire de recherches de la Chaire de Zootechnie  
Centre de Recherches, I. N. R. A.,  
65, rue de Saint-Brieuc  
35 - Rennes*

---

## RÉSUMÉ

Ce travail décrit les variations des caractéristiques de la vague de pulsation en fonction de 8 niveaux de vide (18, 24, 28, 34, 38, 43, 51 et 57 cm de mercure) et de 3 vitesses de pulsation (45, 60 et 100 p/mn).

Il porte sur 14 pulsateurs (électriques ou pneumatiques) de marques différentes (tabl. 1). Les mesures sont effectuées à l'aide d'un enregistreur oscillographe ultra violet à 12 voies et de différents capteurs de pression placés sur le circuit, comme l'indiquent les figures 3 et 4.

Les résultats rapportés aux figures 5, 6 et 7 prouvent qu'à l'intérieur des marges de dépression et de vitesse de pulsation choisies pour notre étude (et qui sont souvent rencontrées dans la pratique) les différentes phases de la vague de pulsation peuvent être très fortement modifiées.

Lors du testage des machines à traire à la ferme, les diagnostics portant sur le fonctionnement des pulsateurs devront donc tenir compte de ces considérations.

---

## I. — INTRODUCTION

Le rôle du pulsateur dans l'installation de traite mécanique consiste à mettre en communication la chambre de pulsation du gobelet trayeur (fig. 1) alternativement avec le circuit de vide et l'air atmosphérique. Les changements de pression qui

résultent de ce mécanisme sont représentés sur un diagramme, appelé courbe de pulsation et obtenu au moyen d'un capteur de pression judicieusement placé. Ce diagramme se subdivise en quatre phases (fig. 1) dont les définitions proposées par THIEL, CLAEISSON, RABOLD (1969) ont été adoptées par la Fédération internationale de Laiterie (1970). Sa forme peut être largement modifiée par de nombreux facteurs, parmi lesquels il faut citer :

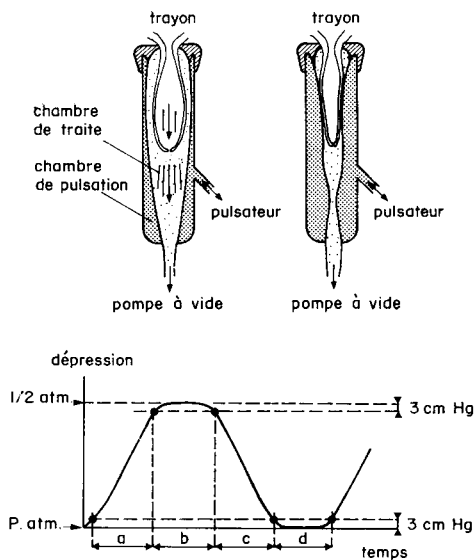


FIG. 1. — Aspect de la courbe de pulsation

- a) phase d'application de succion
- b) succion
- c) phase d'application du massage
- d) massage

$$\text{rapport de pulsation} = \frac{(a + b) 100}{(a + b + c + d)}$$

$$\text{vitesse de pulsation} = \text{nombre de pulsations par minute.}$$

#### A. — La longueur des tuyaux reliant le pulsateur à la griffe à lait

Lorsque cette longueur augmente, on constate un aplatissement de la courbe enregistrée à la chambre de pulsation, qui se traduit par une altération de chacune des phases (A. LEFÈVRE, Y. AMRAM, J. LABUSSIÈRE, 1972).

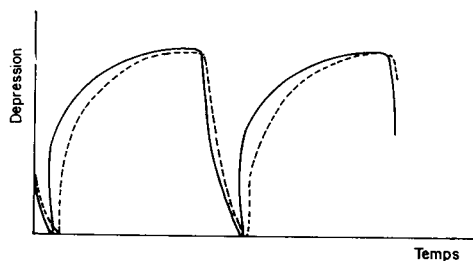


FIG. 2 — Comparaison des courbes de pulsation enregistrées au pulsateur et à la chambre de pulsation du gobelet trayeur

— au pulsateur      - - - - - au gobelet

B. — *L'endroit de l'enregistrement*

Les deux diagrammes tracés simultanément grâce à des capteurs de pression branchés l'un près du pulsateur, l'autre à la chambre de pulsation sont légèrement déphasés (fig. 2) et de formes différentes (A. LEFÈVRE, Y. AMRAM, J. LABUSSIÈRE, 1972).

C. — *Le vide et la vitesse de pulsation*

Ces critères se sont avérés également d'une grande importance lors de nos études préliminaires.

Le travail que nous nous proposons de rapporter concerne la variation des caractéristiques de la vague de pulsation (rapport, phases, fréquence) en fonction du niveau de vide dans l'installation de traite et des vitesses de pulsation utilisées. Il tient compte du principe de fonctionnement des pulsateurs (électriques, pneumatiques).

Cette étude nous a paru nécessaire afin de définir une méthodologie du testage des machines à traire à la ferme car les forces existant dans la chambre de pulsation conditionnent la qualité des mouvements du manchon <sup>(1)</sup> et par conséquent influencent la rapidité de traite, la quantité de lait obtenu et le bon état sanitaire du pis. (J. LABUSSIÈRE et Ph. RICHARD, 1965).

## II. — MATÉRIEL, ET MÉTHODES

A. — *Matériel de mesure*

Les enregistrements de pression, en fonction du temps, sont effectués à l'aide d'une chaîne de marque Bell et Howell qui comporte les éléments ci-dessous :

- capteurs de pression réf. 4 326 L 479,
- batterie d'alimentation des capteurs réf. 3 140,
- des galvanomètres haute performance réf. 7 342,
- un enregistreur oscillographique 12 voies réf. 5 127 p. 9-12.

B. — *Matériel de traite*

- Deux circuits de vide distincts sont réalisés au moyen des composants Alfa-Laval suivants :
  - 2 pompes à vide rotatives à palettes de puissances différentes :
    - type 16 L ; vitesse de rotation 1 470 t/mn ; débit = 375 l/mn d'air atmosphérique à 38 cm Hg,
    - type 76 L ; vitesse de rotation 1 150 t/mn ; débit = 950 l/mn d'air atmosphérique à 38 cm Hg,
  - canalisations 26/34 mm,
  - indicateurs de vide du type Bourdon,
  - régulateur à poids,
  - robinets de prise d'air sur les canalisations,

(<sup>1</sup>) La qualité des mouvements du manchon trayeur dépend également de la pression qui régné dans la chambre de traite et des propriétés physiques du manchon lui-même. Ces facteurs seront étudiés ultérieurement.

TABLEAU I  
*Caractéristiques des différents pulsateurs étudiés*

	Marque	Modèle	Système d'entraînement	Obturation des orifices d'entrée d'air	Action sur les manchons gauches et droits	Rapport constructeur	Vitesses constructeurs (ou position vis de réglage) p/mm
1. Pulsateurs pneumatiques dont la vitesse est fixée par le constructeur à l'usine	Alfa-Laval	hydropulse HP 87	membrane	Tiroir avec liqu. amortisseur	alternative	75/25	60
	—	hydropulse HP 100	—	—	—	70/30	60
	Diabolo-Manus	Aerodyne	—	Tiroir	—	75/25	50
	—	hydraulique T 9	—	Tiroir avec liqu. amortisseur	—	75/25	60
	Westfalia	vacupuls constant	pistons	Tiroir	—	60/40	60
2. Pulsateurs électriques	Miele	électropuls	électro-aimant	noyau de fer doux cylindrique	simultanée	60/50	45, 60
	Surge-Melotte	impulseur statique	—	—	—	50/50	45, 60
	Alfa Laval	Alfa électrique	—	plaque circulaire	—	50/50	45, 60, 100
	Miele	membrane export	membrane	souppes	alternative	50/50	P <sub>1</sub> P <sub>2</sub> P <sub>3</sub>
3. Pulsateurs pneumatiques pourvus d'une vis de réglage de la vitesse	Westfalia	vacupuls	pistons	Tiroir	—	70/30	—
	Flaco-Copevage	Flaco-combi	membrane	souppes	alternative	50/50	—
	Fulwood-Cival	universel	—	—	simultanée	60/40	—
	Gascoigne	flor	—	—	—	60/40	—
	—	Ratiomatic	—	—	Tiroir	simultanée	70/30

- gobelets et griffes,
- pot trayeur,

• 14 pulsateurs, différents par leurs marques, conception, principe de fonctionnement et caractéristiques (tabl. 1).

C. — Méthodes expérimentales

1<sup>er</sup> paramètre étudié : Le niveau de vide dans les canalisations.

Pour obtenir un niveau de dépression variable, on dose l'arrivée d'air au régulateur à l'aide d'une série de poids dont les propriétés sont réunies au tableau 2.

TABLEAU 2

Les différentes valeurs du niveau de vide expérimental

Dépression	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>7</sub>	D <sub>8</sub>
Poids régulateur (g)	580	750	1 000	1 320	1 440	1 528	1 862	orifice d'entrée d'air à la valve Ø 3 mm
Niveau de vide obtenu (cm Hg)	18	24	28	34	38	43	51	57
Circuit pompe utilisé	16 L	76 L	16 L	76 L	76 L	76 L	76 L	76 L

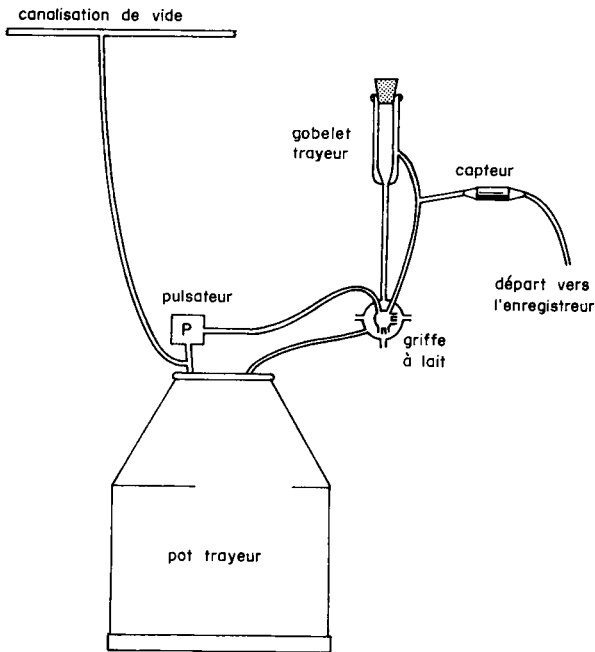


FIG. 3. — Schéma de branchement des pulsateurs pneumatiques

2<sup>e</sup> paramètre de variation : La vitesse du pulsateur.

Les trois valeurs choisies pour l'expérimentation « couvrent » celles couramment rencontrées sur les machines à traire, actuellement commercialisées pour les vaches (45, 60, 100 p/mn).

Avec une installation fonctionnant à la pression de 38 cm/Hg, ces vitesses sont obtenues :

a) sur les pulsateurs électriques, grâce à un commutateur situé sur la boîte de commande des relais électromagnétiques ;

b) sur les pulsateurs pneumatiques, à l'aide d'une « vis-pointeau » qui freine plus ou moins le passage de l'air induisant leur fonctionnement. Par conséquent, les vitesses correspondent à une position de cette vis :

- $P_1$  = peu ouverte (45 p/mn  $\pm$  2 p/mn),
- $P_2$  = moyennement ouverte (60 p/mn  $\pm$  2 p/mn),
- $P_3$  = ouverte (environ 100 p/mn).

Pour certains appareils, les vitesses sont fixées par les constructeurs et ne sont pas modifiables.

Les pulsateurs électriques et pneumatiques sont respectivement placés sur la canalisation de vide et sur le pot trayeur (fig. 3 et 4). Les gobelets sont bouchés et aucun liquide ne coule dans les tuyauteries.

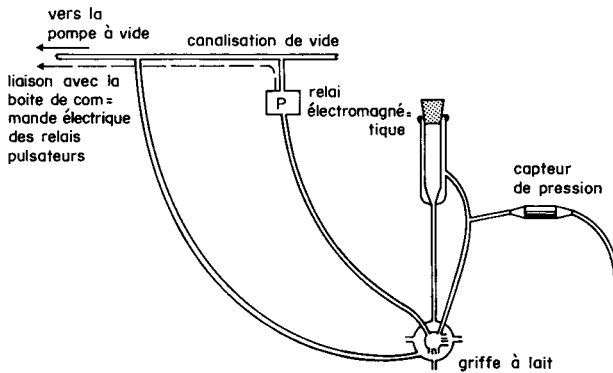


FIG. 4. — Schéma de branchement des pulsateurs électriques

Les capteurs de pression sont branchés à proximité de la chambre de pulsation et les mesures effectuées trois fois pour en vérifier la répétabilité. Les pulsateurs et les poids du régulateur se suivent sans ordre déterminé. Tous les autres facteurs sont maintenus constants.

L'enregistrement des courbes nous donne la possibilité de calculer :

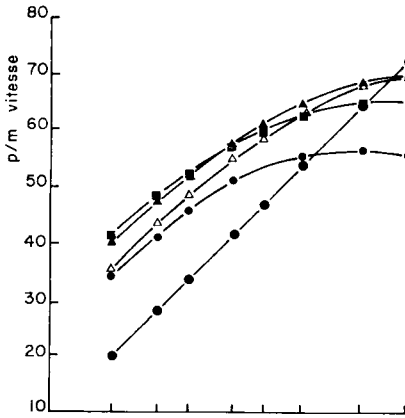
- la vitesse de pulsation (fig. 1) à partir de la longueur ( $a + b + c + d$ ) et la vitesse de déroulement du papier ;
- le rapport de pulsation et les phases  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ , (fig. 1) exprimées en pourcentage de la durée totale de la pulsation.

### III. — RÉSULTATS

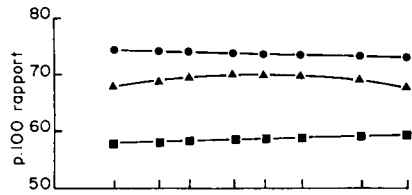
Les droites et les courbes des figures 5, 6, 7 illustrent l'ensemble des observations. Certains de ces graphiques représentent les valeurs moyennes des différentes mesures dont chacune a été effectuée trois fois. Tous les autres résultent d'une interprétation statistique et sont alors accompagnés des équations de régression correspondantes.

Les points essentiels nous paraissent être les suivants :

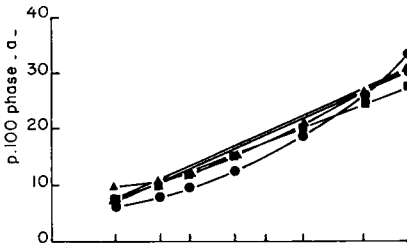
1. La vitesse des pulsateurs électriques demeure inchangée quelle que soit la valeur de la dépression, tandis que celle des pulsateurs mécaniques croît de façon



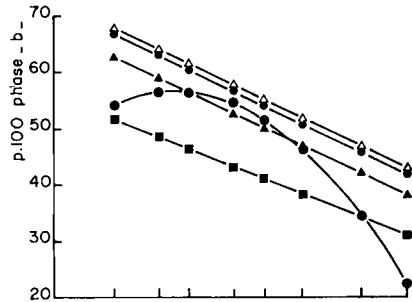
$\Delta y = 4,7 + 1,949x - 0,014x^2$   
 $\blacktriangle y = 13,61 + 1,703x - 0,012x^2$   
 $\bullet y = -4,577 + 1,346x \quad r = 0,999^{**}$   
 $\circ y = 4,62 + 2,03x - 0,015x^2$   
 $\blacksquare y = 15,86 + 1,69x - 0,149x^2$



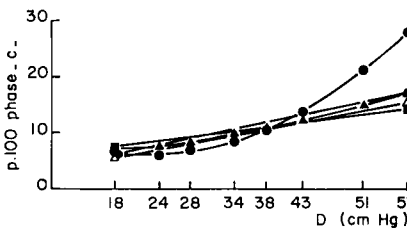
$\Delta y = 65,17 + 0,25x - 0,03x^2$   
 $\bullet y = 74,31 - 0,02x \quad r = 0,3399$   
 $\blacksquare y = 57,78 + 0,033x \quad r = 0,4573^*$   
 $\triangle$  au regard des tests statistiques  
 $\bullet$  il n'y a pas de corrélation



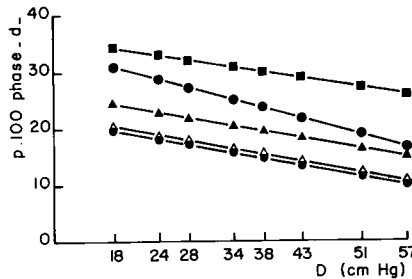
$\Delta y = -5,81 + 0,64x \quad r = 0,9881^{**}$   
 $\blacktriangle y = -3,54 + 0,59x \quad r = 0,9914^{**}$   
 $\bullet y = 8,708 - 0,356x + 0,0135x^2$   
 $\circ y = 4,67 + 0,623x \quad r = 0,9925^{**}$   
 $\blacksquare y = -3,09 + 0,54x \quad r = 0,9850^{**}$



$\Delta y = 79,42 - 0,64x \quad r = 0,98484^{**}$   
 $\blacktriangle y = 73,41 + 61x \quad r = 0,9853^{**}$   
 $\bullet y = 33,75 + 1,773x - 0,0344x^2$   
 $\circ y = 78,82 + 0,64x \quad r = 0,9857^{**}$   
 $\blacksquare y = 60,85 + 0,5068x \quad r = -9740^{**}$



$\Delta y = 1,78 + 0,244x \quad r = 0,9820^{**}$   
 $\blacktriangle y = 14,37 + 0,097x + 0,0019x^2$   
 $\bullet y = 14,95 + 0,783x + 0,0177x^2$   
 $\circ y = 1,77 + 0,255x \quad r = 0,9847^{**}$   
 $\blacksquare y = 4,29 + 0,186x \quad r = 0,9854^{**}$

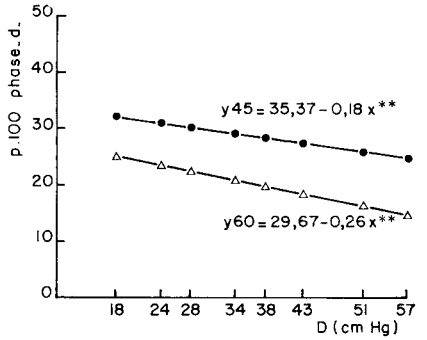
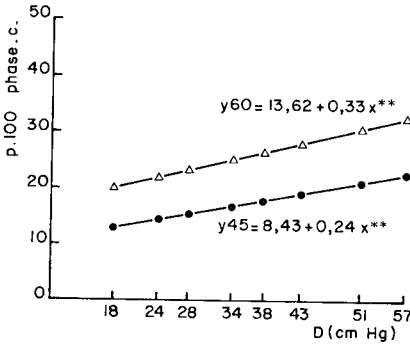
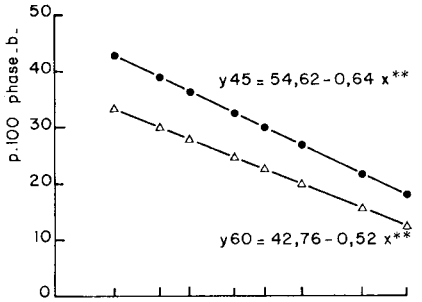
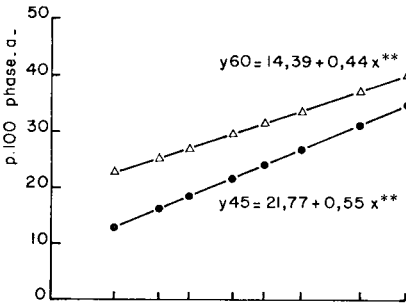
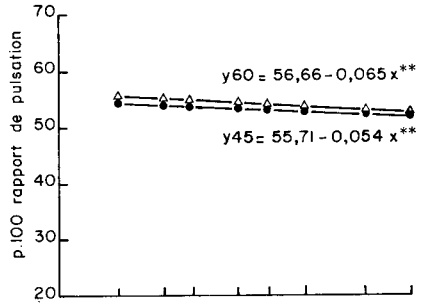
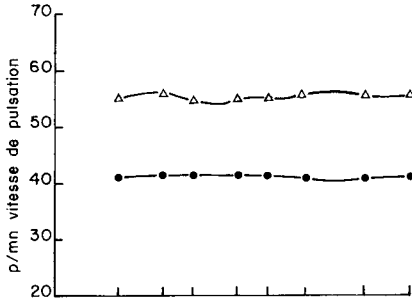


$\Delta y = 24,58 - 0,2484x \quad r = 0,986^{**}$   
 $\blacktriangle y = 28,26 - 0,2273x \quad r = 0,9812^{**}$   
 $\bullet y = 37,48 - 37,03x \quad r = 0,9804^{**}$   
 $\circ y = 23,86 + 0,23x \quad r = 0,9832^{**}$   
 $\blacksquare y = 37,86 - 0,279x \quad r = -0,9552^{**}$

FIG. 5. — Pulsateurs pneumatiques à vitesse non réglable

1.  $\Delta$  —  $\Delta$  Alfa-Laval Hydropulse HP 87  
 3.  $\bullet$  —  $\bullet$  Diabolo-Manus Aérodyne  
 5.  $\blacksquare$  —  $\blacksquare$  Westfalia. Vacupuls constant.  
 \* significatif à 5 p. 100.

2.  $\blacktriangle$  —  $\blacktriangle$  Alfa-Laval Hydropulse HP 100  
 4.  $\circ$  —  $\circ$  Diabolo-Manus Hydraulique Tg  
 \*\* hautement significatif à 1 p. 100.



\* significatif à 5 p.100  
 \*\* hautement significatif à 1 p.100

△ 60  
 ● 45

FIG. 6 a. — Pulsateur électrique Melotte  
 Impulseur Statique



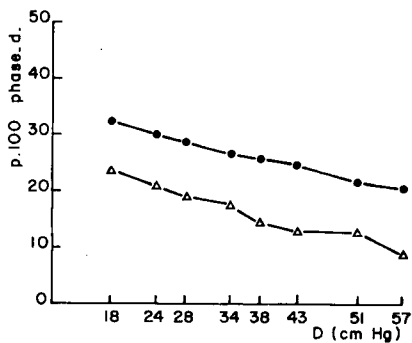
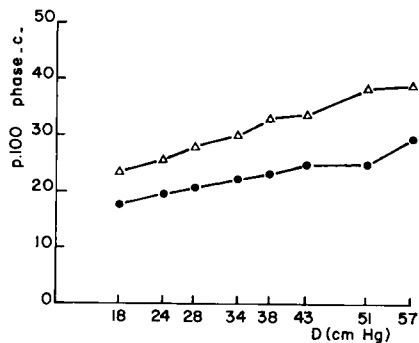
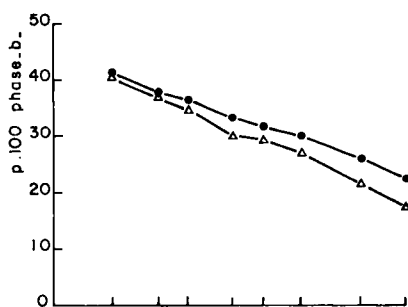
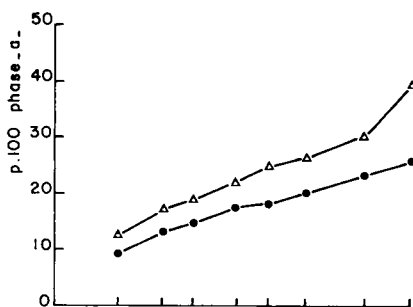
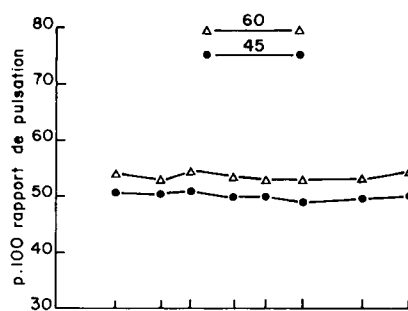
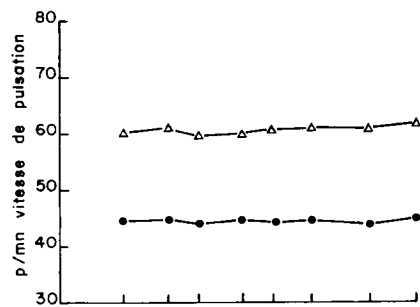


FIG. 6 b. — Pulsateur électrique Miele  
Electropuls

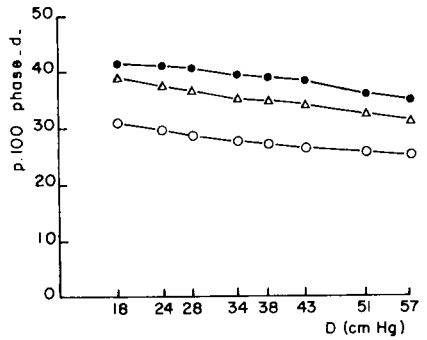
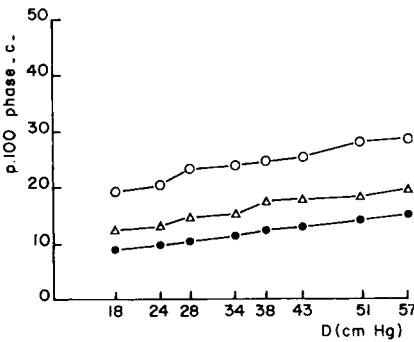
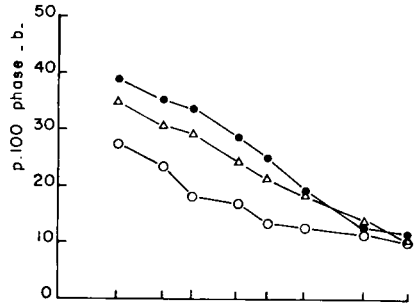
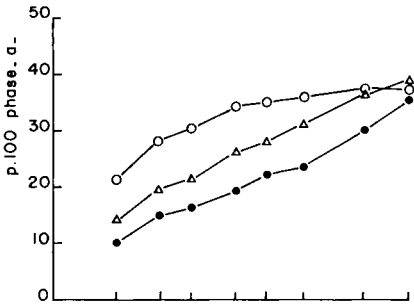
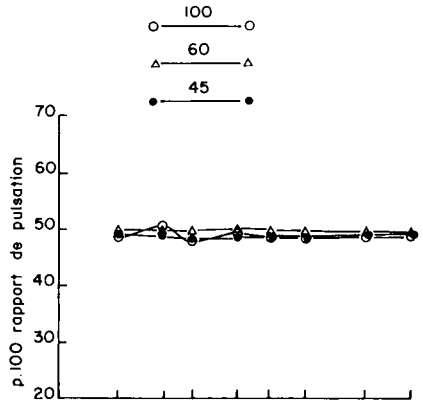
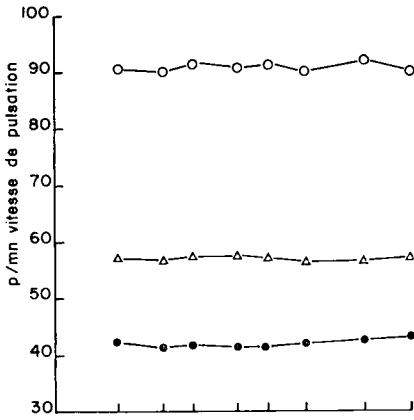


FIG. 6 c. — Pulsateur électrique Alfa-Laval

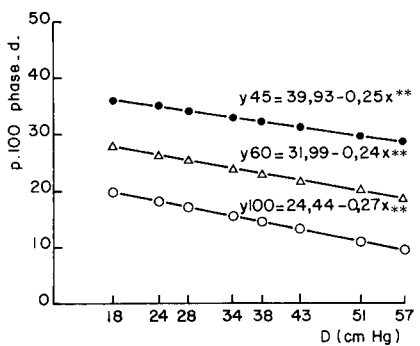
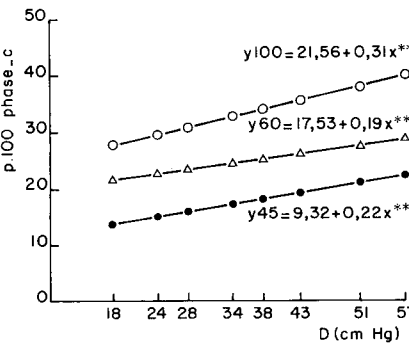
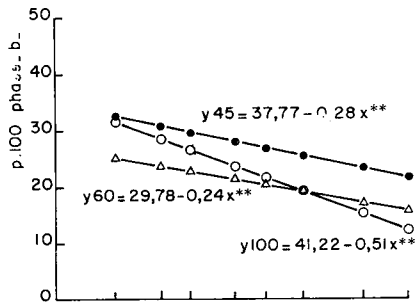
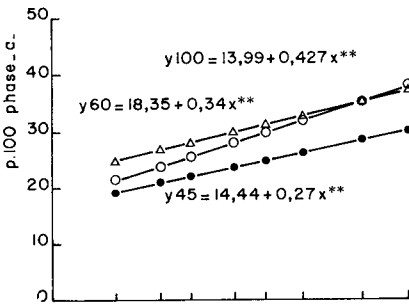
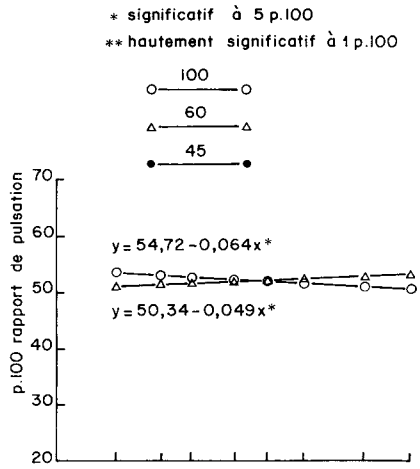
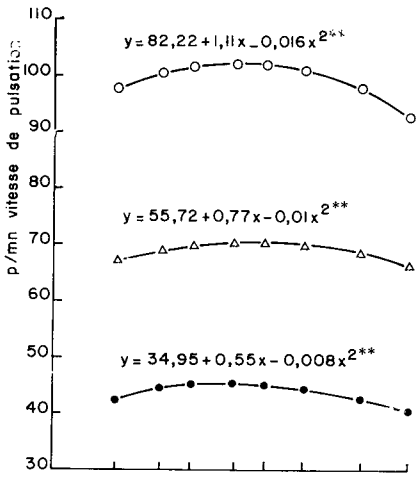


FIG. 7 a. — Pulsateur Miele  
Modèle Export

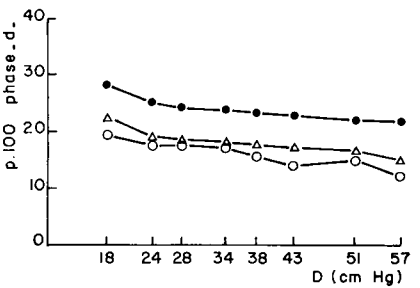
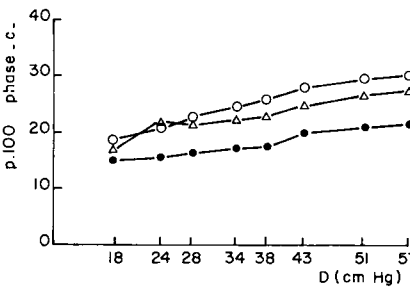
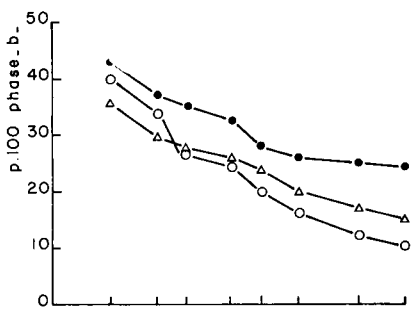
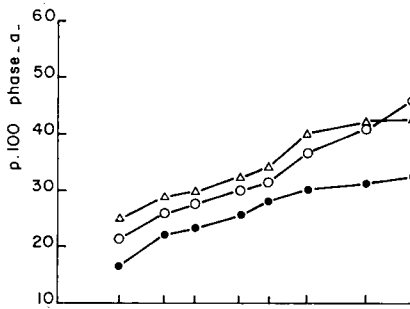
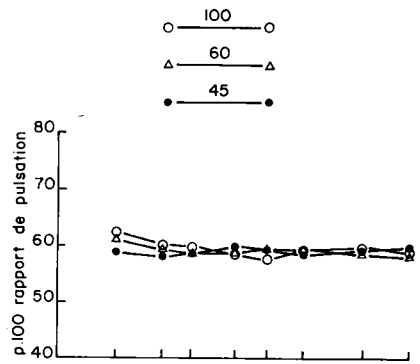
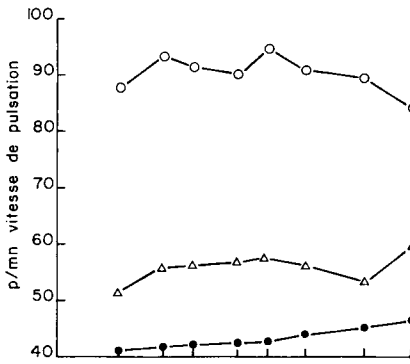


FIG. 7 b. — Pulsateur Fullwood  
Type Universel

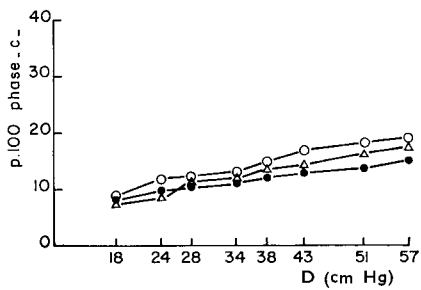
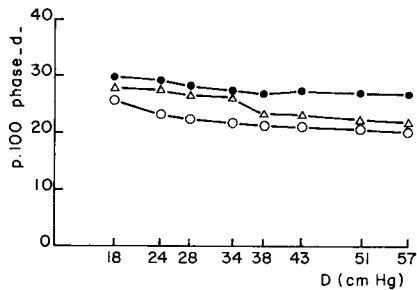
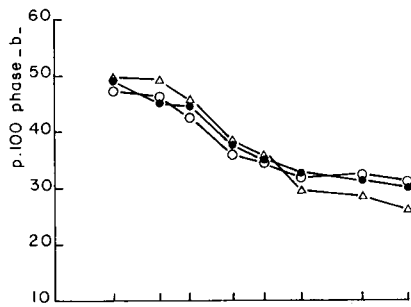
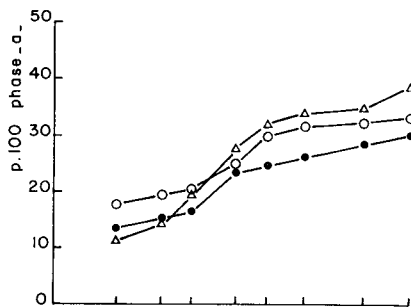
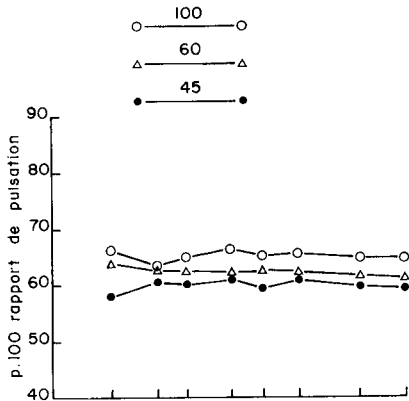
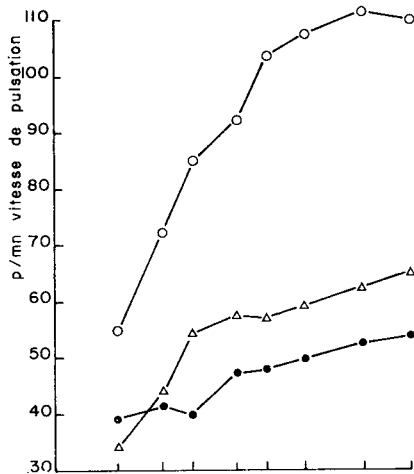


FIG. 7 c. — Pulsateur Westfalia  
Modèle Vacupuls

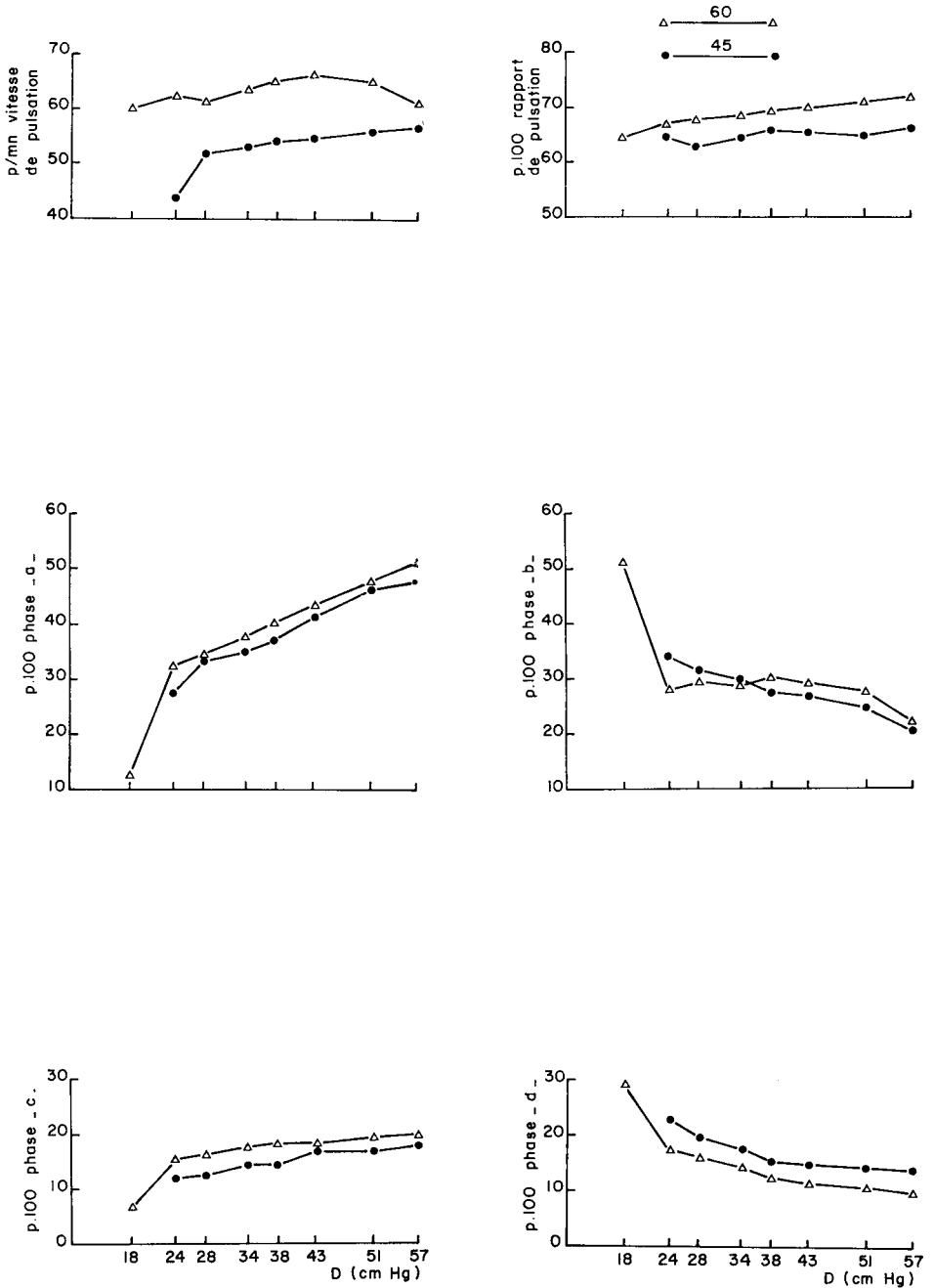


FIG. 7 d. — Pulsateur Gascoigne  
Modèle Ratiomatic

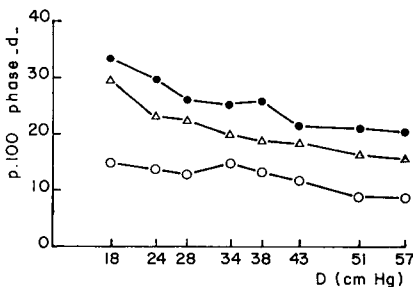
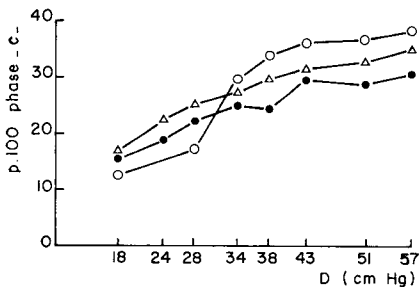
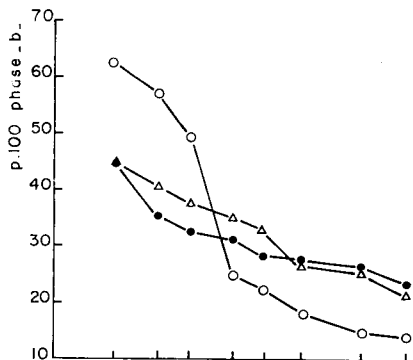
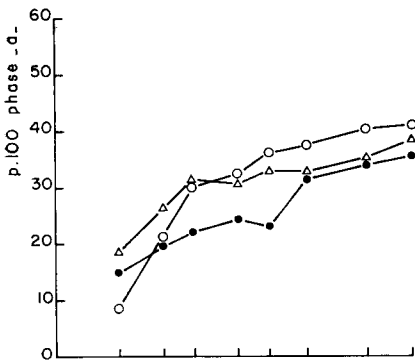
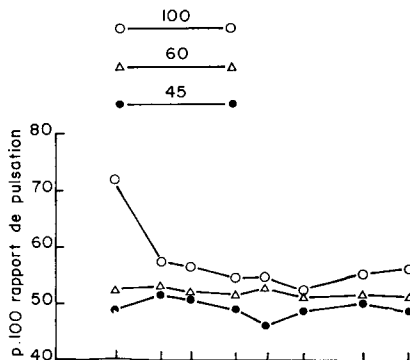
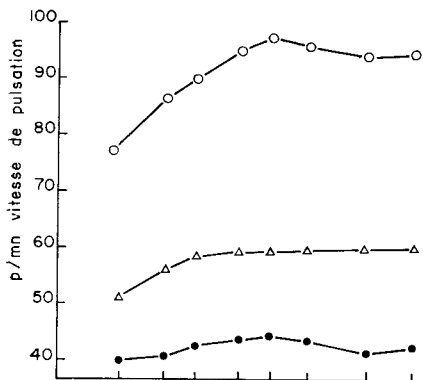


FIG. 7 e. — Pulsateur Flaco  
Type Combi

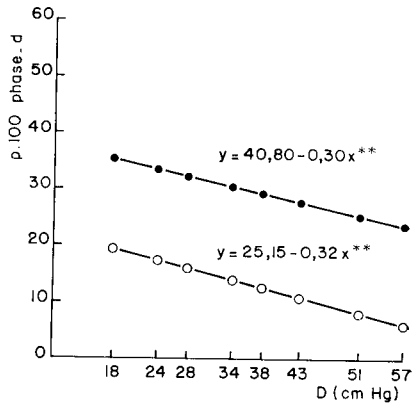
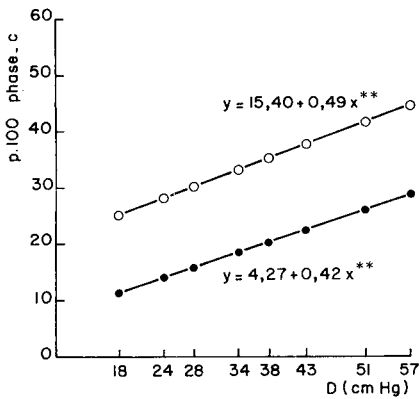
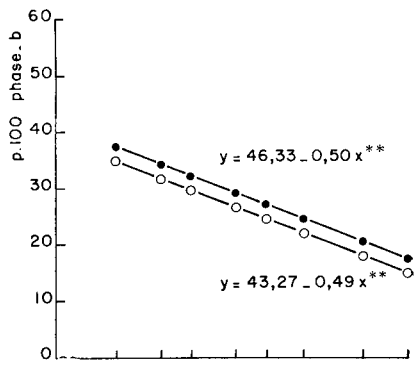
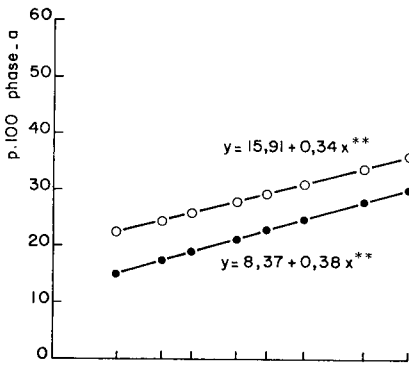
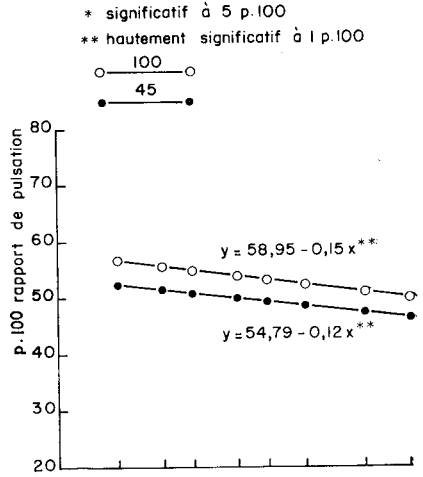
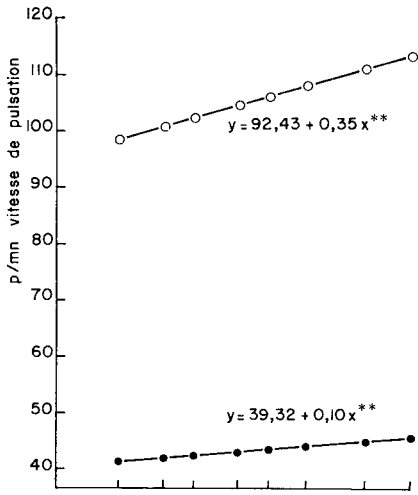


FIG. 7 f. — Pulsateur Gascoigne  
 Type F. L. O. R.



linéaire ou hyperbolique. On note cependant quelques exceptions, parmi lesquelles :

- le pulsateur Miele type Export, dont les vitesses varient sous forme de paraboles aplaties,
- le pulsateur Gascoigne Ratiomatic qui ne donne aucune réponse au vide de 18 cm Hg et ne pulse pas pour le réglage correspondant à une vitesse théorique de 100 p/mn.

2. Le rapport de pulsation peut être considéré comme indépendant de la pression et de la vitesse à laquelle on le mesure. Signalons toutefois que celui du pulsateur Gascoigne Flor décroît lorsque la dépression passe de 18 à 57 cm Hg. Mais cette diminution de l'ordre de 4 p. 100 est si faible qu'on peut la négliger.

3. La croissance avec le vide des phases intermédiaires *a* et *c* est hautement significative quel que soit le type de pulsateur. Elle s'effectue aux dépens des temps de succion *a* et de massage *b* qui seraient vraisemblablement supprimés si on intensifiait le vide.

La symétrie souvent constatée entre les phases *a* et *b* d'une part, *c* et *d* d'autre part, résulte de la constance du rapport de pulsation. Nous y reviendrons au cours de l'interprétation de ces phénomènes.

Il est intéressant de noter que l'ouverture de la vis-pointeau permettant de modifier la vitesse de pulsation a le même effet que l'augmentation du vide sur les critères mesurés.

#### IV. — DISCUSSION

On trouve l'explication de tous ces résultats dans la conception des pulsateurs et leurs schémas de fonctionnement : on comprend par exemple que la vitesse et le rapport des relais électromagnétiques relèvent moins de la dépression que des impulsions électriques qui leurs sont transmises par la boîte de commande.

Si l'on considère, par contre, le cas des pulsateurs pneumatiques, le rapport dépend surtout de leurs facteurs mécaniques (orifices d'admission d'air, surfaces des soupapes, etc.) qui fixent le retour au point de départ du système d'entraînement. Ces facteurs demeurent évidemment constants. La vitesse s'accélère lorsque le niveau de vide croît. En effet, le déséquilibre des pressions qui s'établit de part et d'autre de la membrane (ou des pistons) constitue la force motrice de ce type d'appareil.

Les phases intermédiaires sont liées aux pertes de charge sous les clapets. Ces pertes de charge prennent de l'importance étant donné que le débit d'air augmente avec la dépression. Les temps de succion et de massage subissent des modifications dans le sens inverse de celles des phases transitoires à cause de la stabilité du rapport de pulsation.

#### V. — CONCLUSION

Les marges de dépression que nous avons choisies pour notre étude (entre 18 et 57 cm Hg) sont rencontrées sur de nombreuses installations de traite en fonctionnement par les services de testage à la ferme. Dans ces conditions nous avons été amenés à constater que les valeurs des phases intermédiaires pouvaient être multipliées

ou divisées par trois, même si par ailleurs les autres caractéristiques de la courbe demeurent stables.

Il convient donc, lors d'un testage :

1° De ne pas conclure prématurément au mauvais fonctionnement du pulsateur qui peut rester en parfait état de marche. Dans ce cas, le réglage de la vitesse par la vis-pointeau, si elle existe sur l'appareil, doit permettre de compenser les variations provoquées par le changement du niveau de vide ;

2° De ne pas retenir uniquement le rapport de pulsation comme seul critère d'appréciation, mais de surveiller également les phases intermédiaires dont l'influence importante sur l'efficacité de la traite a été mise en évidence par les travaux de WHITTLESTONE et OLNEY (1962), ou de PHILLIPS (1963).

Ces considérations, si elles ne sont pas respectées, rendent en effet illusoire la définition précise de ces phases, et en particulier celle de l'optimum proposé par PHILLIPS (1963) pour l'ouverture rapide ( $a < 18$  p. 100) et la fermeture lente ( $c = 23$  p. 100).

Il importe enfin que ce premier travail effectué pour chaque pulsateur, sur un seul exemplaire de la marque soit repris sur un plus grand nombre d'appareils par un organisme national dont le but serait de décrire à l'aide d'abaques les principales caractéristiques du matériel de traite sous diverses conditions d'utilisation.

*Reçu pour publication en avril 1972.*

## SUMMARY

### STUDY OF THE PULSATORS USED IN MACHINE MILKING OF DAIRY COWS EFFECT OF THE VACUUM LEVEL AND PULSATION RATE ON THE SHAPE OF THE PULSATION CURVE

In the present study, the variations of the pulsation wave characteristics according to 8 vacuum levels (18, 24, 28, 34, 38, 43, 51 and 57 cm of mercury) and 3 pulsation rates (45, 60 and 100 p/mn) have been examined.

Fourteen pulsators (electric or pneumatic) of different trade marks were used. The measurements were made by means of an ultra-violet oscillographe recorder (12 ways) and various pressure transducers placed on the circuit, as indicated in figures 3 and 4.

The results shown in figures 5, 6 and 7 prove that within the vacuum and pulsation rate limits chosen for our study (and can often used in practice), the different phases of the pulsation wave may be widely changed.

Consequently, when testing the milking machine in the farms, evaluation of the pulsators' working should be made taking into account these considerations.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- THIEL C. C., CLEASSON C. D., RABOLD K., 1969. Machine Milking. Definitions and Terminology. *Dairy Sci. Abstr.* **31**, 49-53.
- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LAITERIE, 1970. *Machine à traire* : définitions et terminologie B (7) 5-8.
- LABUSSIÈRE J., RICHARD Ph. 1965. La traite mécanique. Aspects anatomiques, physiologiques et technologiques (mise au point bibliographique). *Ann. Zootech.* **14**, 63-126.

- LEFÈVRE A., AMRAM Y., LABUSSIÈRE J., 1972. Étude du fonctionnement des pulsateurs. Effet de la longueur des tuyaux de pulsation et du point d'enregistrement (à paraître).
- PHILLIPS D. S. M., 1963. The effect of pulsator ratio on milking rate. *Proc. Ruakura Farm. Conf. Week.* 219-234.
- WHITTLESTONE W. G., OLNEY G. R., 1962. Machine milking and mastitis. 3. Some properties of the bovine teat sphincter under machine milking conditions. *Aust. J. Dairy Techn.* **17** (4), 205-213.
-