

# ÉTUDE D'UN COMPTEUR D'IMPULSIONS ACOUSTIQUES, DESTINÉ A DES MESURES DE RYTHMES D'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE D'ANIMAUX MARINS.

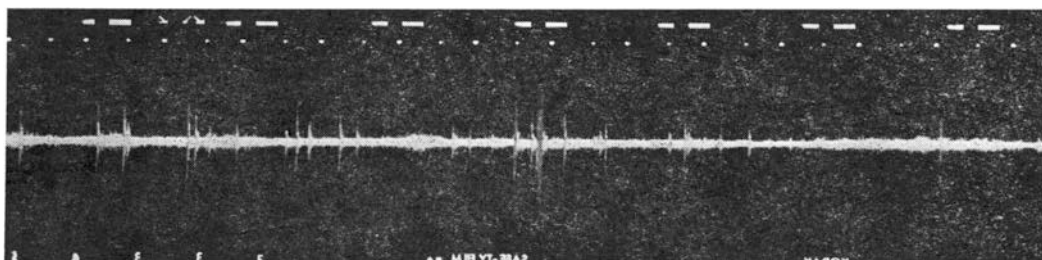
par

**Albin Dziedzic**

Laboratoire de Physiologie Acoustique, INRA, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise).

## Introduction

Les études des bruits sous-marins d'origine biologique et du bruit de fond de la mer, lorsqu'elles sont effectuées en permanence, à des distances relativement proches des côtes, révèlent des périodicités d'activité acoustique.



**Fig. 1. — Oscillogramme d'impulsions produites par *Balanus perforatus*.  
Base de temps : 1/50<sup>e</sup> sec.**

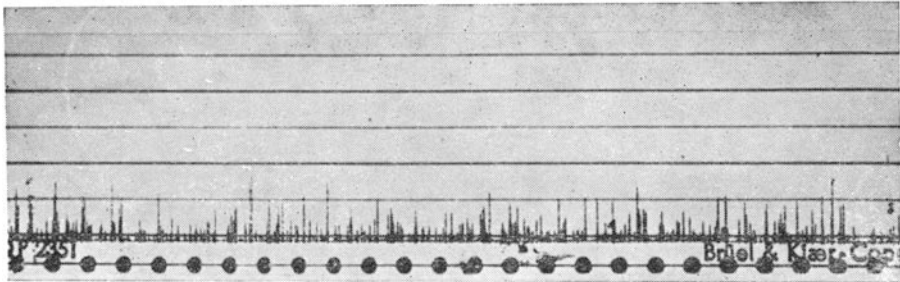
Busnel et Dziedzic (1), au cours de leurs recherches, ont notamment montré que l'on pouvait rapporter ces variations cycliques à certaines activités mécaniques de diverses espèces animales, appartenant la plupart du temps d'ailleurs au groupe des Crustacés, qu'il s'agisse d'*Alpheus*, de *Synalpheus* (2) ou de *Balanus* (1).

Les bruits produits par ces Crustacés se présentent en général sous la forme d'oscillations amorties de très courtes durées (environ 3 ms) et dont la fig. 1 représente un oscillogramme. Leur succession dans le temps est tout à fait erratique. L'amplitude de ces impulsions est elle-même très variable.

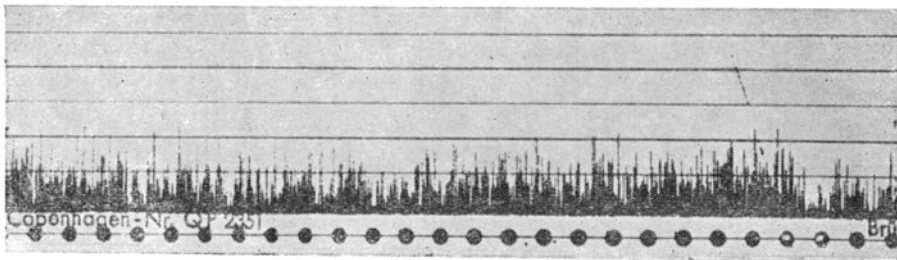
(1) *Cahiers Océanographiques*, n° 5, mai 1962.

(2) JOHNSON, M. W., EVEREST, F. A., et YOUNG, R. W. - *Biol. Bull.*, 1947, 93, pp. 122-138.

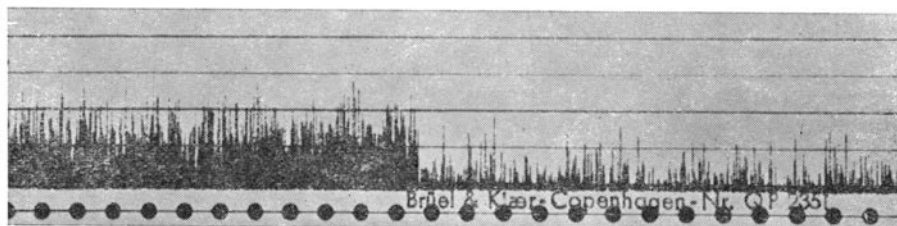
L'étude des rythmes quotidiens avait été faite jusqu'alors par ces auteurs, avec un dispositif général comprenant la chaîne suivante : hydrophone, amplificateur, filtre, enregistreur. Il est apparu que les tracés obtenus par ce montage, s'ils révélaient bien les différences, par exemple entre les activités diurnes et nocturnes, étaient cependant difficilement analysables et surtout chiffrables (fig. 2).



a



b



c

FIG. 2. — Chronologie de l'activité acoustique de *Balanus perforatus* en aquarium. a. - le jour. b. - la nuit. c. - passage brutal de l'obscurité à la lumière.

On a donc été conduit, pour obtenir une quantification de ces activités rythmiques, à étudier un dispositif d'analyse et d'enregistrement continu. La réalisation de cet appareil et ses caractéristiques techniques permettent son utilisation non seulement pour des problèmes de bio-acoustique marine, mais pour d'autres questions physiologiques ou biologiques diverses dont il sera donné quelques exemples.

### Position du problème et principe d'utilisation de l'appareil.

Il s'agissait, à partir d'un élément de détection périphérique, hydrophone ou microphone, et en passant par un étage d'amplification, de dénombrer des signaux caractérisés par :

1. leur fréquence propre ;
2. leur durée ;
3. leur amplitude ;
4. leur fréquence de répétition (avec possibilité de chevauchement dans certains cas).

Les signaux pouvaient être, d'une part différents les uns des autres et, d'autre part, accompagnés de bruits parasites et de bruit de fond.

Il fallait donc étudier :

- 1° un filtre passe-bande permettant de limiter la bande de fréquence à la bande utile ;
- 2° un détecteur-intégrateur avec constante de temps de détection réglable ;
- 3° un limiteur de niveau ;
- 4° un système de mise en forme fournissant des signaux d'amplitude et de forme appropriées pour l'attaque d'un système classique de décades de comptage à affichage ;
- 5° un dispositif complémentaire de commande automatique d'une caméra de prise de vue à intervalle de temps constant et remise à zéro assurant un enregistrement automatique.

L'originalité de cet appareillage consiste dans la possibilité de détecter et d'intégrer des signaux de formes très diverses, par l'utilisation de constantes de temps de détection commutables et l'emploi d'un filtre passe-bande qui a pour effet de n'utiliser que des fréquences composantes principales des signaux. Il diffère essentiellement en cela des appareillages classiques qui ne permettent le comptage que des signaux de forme et d'intensité constante, et qui ne peuvent donc s'appliquer aux problèmes biologiques divers qui se posent aux bio-acousticiens.

### Description de l'appareil.

Le diagramme général de l'appareil (fig. 3) donne les circuits des différents éléments constitutifs.

L'attaque du compteur se fait à partir de la sortie basse impédance d'un amplificateur d'une chaîne électro-acoustique comprenant soit un hydrophone et son préamplificateur, soit un microphone ; le gain moyen de l'ensemble utilisé dans les études sous-marines avec un hydrophone H.P. 20 (1) est de l'ordre de : — 85 dB (réf. Volt/barye).

---

(1) Référence Marine Nationale, Service de Détection sous-marine, laboratoire du BRUSC, Var, dont nous remercions ici les Directeurs responsables, M. l'Ingénieur en Chef du G.M. Meunier, et M. l'Ingénieur C.C.A.N. Foäche.

Le compteur ne détecte qu'à partir d'un niveau réglable, par l'amplification antérieure, la tension d'attaque minimum de l'appareil étant choisie égale à 0 dB, référence 1 mW/600 ohms.

L'appareil présente 9 ensembles distincts :

- 1 - Un filtre passe-bande.
- 2 - Le système de détection.
- 3 - L'amplificateur-intégrateur.
- 4 - L'étage de mise en forme.
- 5 - Les décades de comptage.
- 6 - Les tubes d'affichage.
- 7 - L'alimentation générale.
- 8 - La remise à zéro.
- 9 - La commande automatique et ses différentes fonctions avec, comme accessoire, une caméra de prise de vue.

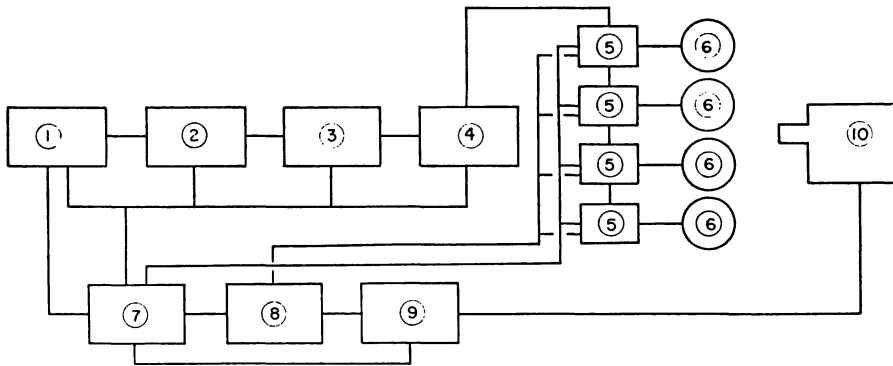


FIG. 3. — Bloc de diagramme. 1. - filtre passe-bande. 2. - système de détection. 3. - amplificateur. 4. - mise en forme. 5. - décades. 6. - tubes d'affichage. 7. - alimentation générale. 8. - remise à zéro. 9. - commande automatique. 10. - caméra.

Certains de ces ensembles étant classiques (étage de mise en forme, décades de comptages, tubes d'affichage (2)), notre description sera limitée aux organes originaux.

### 1. *Filtre passe-bande :*

On a utilisé un filtre actif à transistors et à éléments RC constitué par :

- a) une cellule passe haut à décades donnant un affaiblissement théorique de 12 dB/octave ;
- b) une cellule passe bas à décades de même caractéristique.

(2) Ces matériels fournis par la Sté COPRIM, 7, passage Charles-Dallery à Paris-11<sup>e</sup>, ont les références suivantes : il s'agit de circuits imprimés, les unités étant basées sur le principe du compteur en anneau. Unité de mise en forme : Type 88930/48 - Décades de comptages à tubes Z 7 0 W, type F C 7 6039, tubes d'affichage Z 510 M.

La fig. 4 représente le schéma de principe de l'ensemble dont la courbe de réponse est donnée fig. 5.

Pour chaque cellule, six fréquences de coupures ont été choisies et qui sont 250 - 500 - 1.000 - 2.000 - 4.000 et 8.000 Hz. De part et

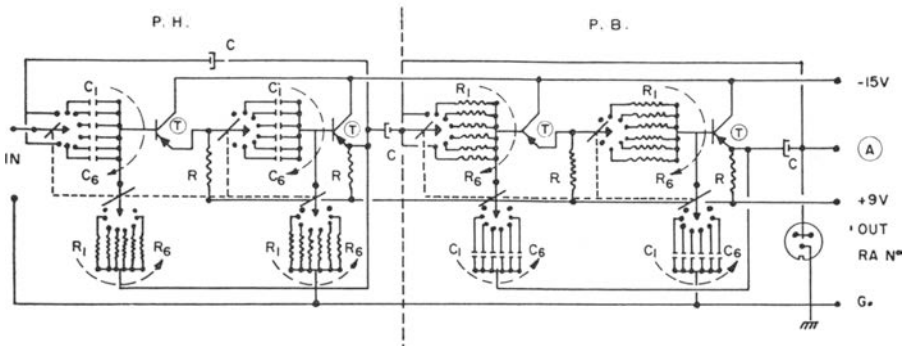


FIG. 4. — Schéma du filtre.

d'autre des fréquences extrêmes a été prévue une position de court-circuit des contacteurs.

La sortie du filtre se fait sous une impédance de 5.000 ohms. Elle est reliée en permanence à la prise « sortie » de l'appareil ; une simple commutation du contacteur « fréquence de détection » de

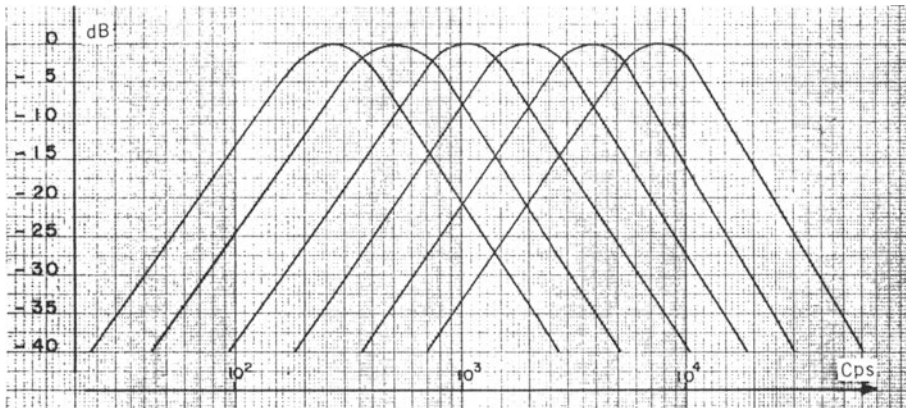


FIG. 5. — Courbes de réponse du filtre.

la position zéro sur l'une des positions choisies, assure le branchement sur l'entrée « comptage ». La position zéro de ce commutateur permet d'utiliser l'appareil comme simple filtre.

2. Système de détection :

La fig. 6 représente le système complet de transformation des signaux de formes complexes et variées afin d'assurer une attaque normale du système de mise en forme des décades de comptage. Un

potentiomètre de 10 K. ohms permet une variation de 10 dB du niveau d'entrée. Le système détecteur est constitué par une diode O.A. 85 ; la constante de temps est réglable par commutation de 4 condensateurs de 1 - 10 - 100 et 200  $\mu$ F.

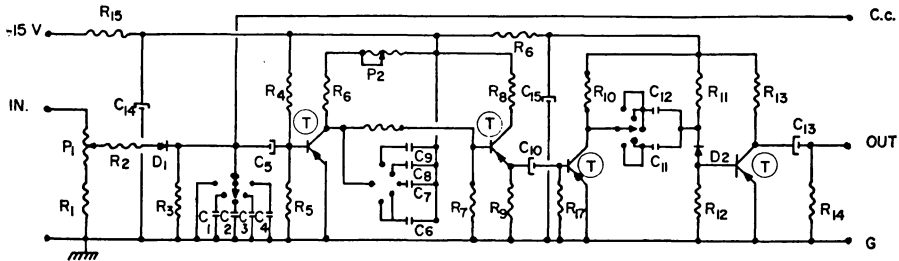


Fig. 6. — Schéma du détecteur-intégrateur.

### 3. Amplificateur-intégrateur :

L'impulsion de courant ainsi obtenue bloque le transistor ( $T_1$ ) sur le collecteur duquel apparaît une impulsion négative dont l'amplitude et la largeur sont fonction de la position du potentiomètre 5 K. ohms de charge de ce transistor. La variation totale d'amplitude pouvant être obtenue, est également de 10 dB. Le transistor  $T_2$  est monté en amplificateur cathodyne qui, sous faible impédance, attaque par signaux négatifs le commutateur constitué par  $T_3$  et  $T_4$ . Au repos,  $T_3$  est bloqué et sa tension Base-Emetteur est = 0. Par contre,  $T_4$  polarisé par le pont 22 K. ohms 13  $P_2$  - 2 K. ohms est conducteur. Une impulsion négative appliquée sur la base de  $T_3$  débloque ce dernier, ce qui a pour effet de transmettre, par l'intermédiaire de la capacité de 0,05  $\mu$ F, une impulsion positive sur la cathode de la diode 13/ $P_2$  du pont de polarisation de  $T_4$  ; celui-ci est alors bloqué pendant la durée de décharge du condensateur, dans la résistance de 22 K .ohms. Pendant tout ce temps, une impulsion négative est apparue sur le collecteur de  $T_4$  qui est appliqué à l'unité de mise en forme, attaquant elle-même les décades de comptage.

### 4, 5, 6. Pour mémoire.

### 7. Alimentation générale :

La fig. 7 représente l'alimentation générale du système de l'unité de comptage et de mise en forme. La haute tension d'alimentation (420 V) des tubes d'affichage et des thyratrons Z 70 W est stabilisée. La tension d'écrêtage des décades (100 V) est prélevée sur le diviseur entre le point milieu de  $P_2$  et la masse constituée par  $R_{18}$ ,  $P_2$ ,  $R_{19}$ .

En E, on obtient par la décharge de C, une impulsion de crête de 280 V, de remise à zéro des décades.

Une alimentation séparée fournit — 15 V d'alimentation de l'unité de mise en forme et du système de détection et filtrage.

Enfin, un transformateur (Tr 2) indépendant donne l'alimentation du système de commande automatique de prise en vue et remise à zéro.

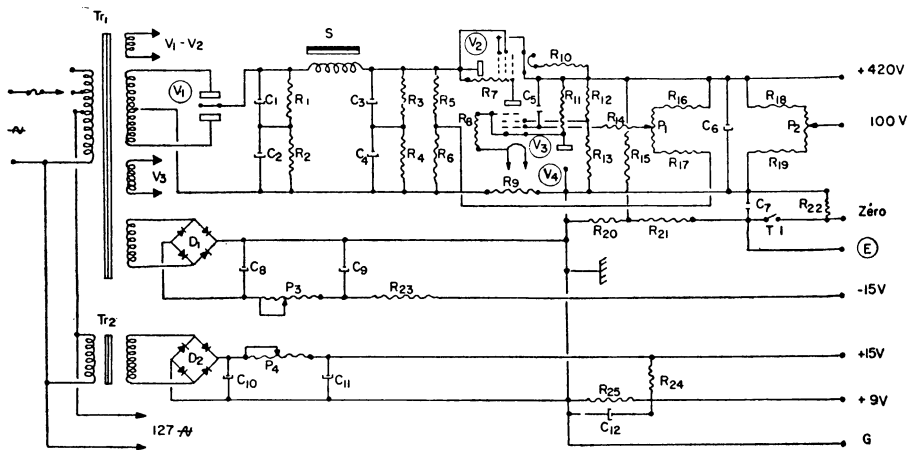


FIG. 7. — Schéma de l'alimentation.

8. Remise à zéro et dispositif de commande automatique de prise de vue :

Il est représenté fig. 8 ; son fonctionnement est le suivant : un moteur synchrone SAPMI (1) 127 V, 1 tour-heure, entraîne un disque

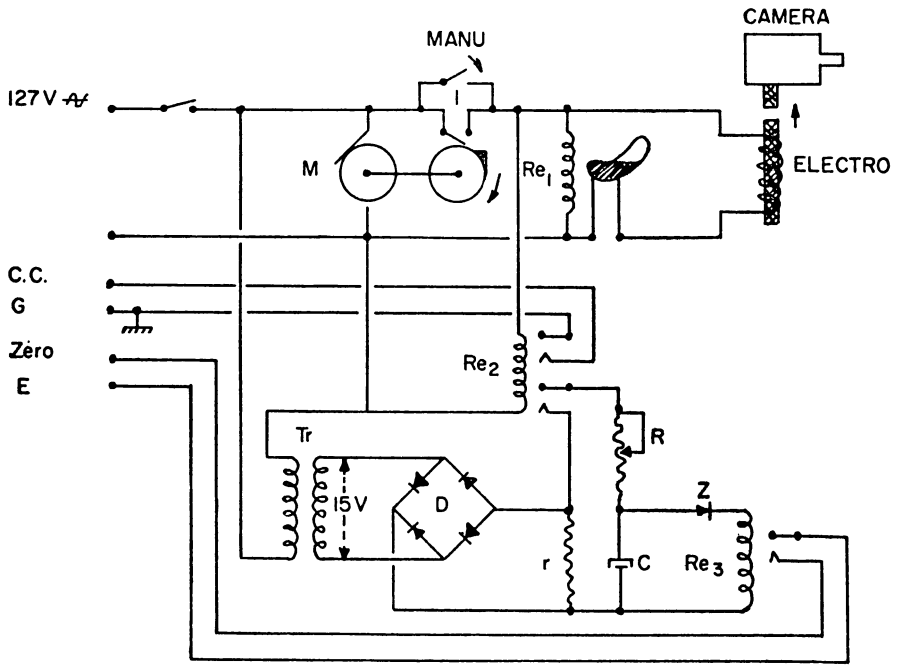


FIG. 8. — Schéma du système de remise du zéro.

de 10 cm de diamètre sur le bord duquel peuvent se fixer des cames qui ferment un micro-contact sur leur passage.

(1) Sté S.A.P.M.I., rue du Bac, Granges-lès-Valence (Ardèche).

A la fermeture du microcontact, un relais à 3 positions repos-travail est excité, provoquant simultanément :

- 1° La mise en court-circuit de l'entrée du système de détection ;
- 2° L'excitation d'un télérupteur actionnant un électro-aimant dont le moteur actionne le déclencheur de prise de vue d'une caméra ;
- 3° La commande d'un relais retardé dont le contact repos-travail est monté en parallèle sur le bouton poussoir de remise à zéro manuel.

L'électro-aimant baignant dans l'huile a un mouvement amorti d'une 1/2 seconde. Le télérupteur coupe son excitation au bout de 1". La constante de temps de 3" du relais retardé actionne donc la remise à zéro après la prise de vue. Les dimensions des cames du disque assurent la fermeture du contact pendant 5", temps au bout duquel le système revient à son état initial.

### Résultats métrologiques.

La fig. 9 représente pour chacune des 4 valeurs du condensateur de détection, les niveaux minima de la tension d'entrée de comptage,

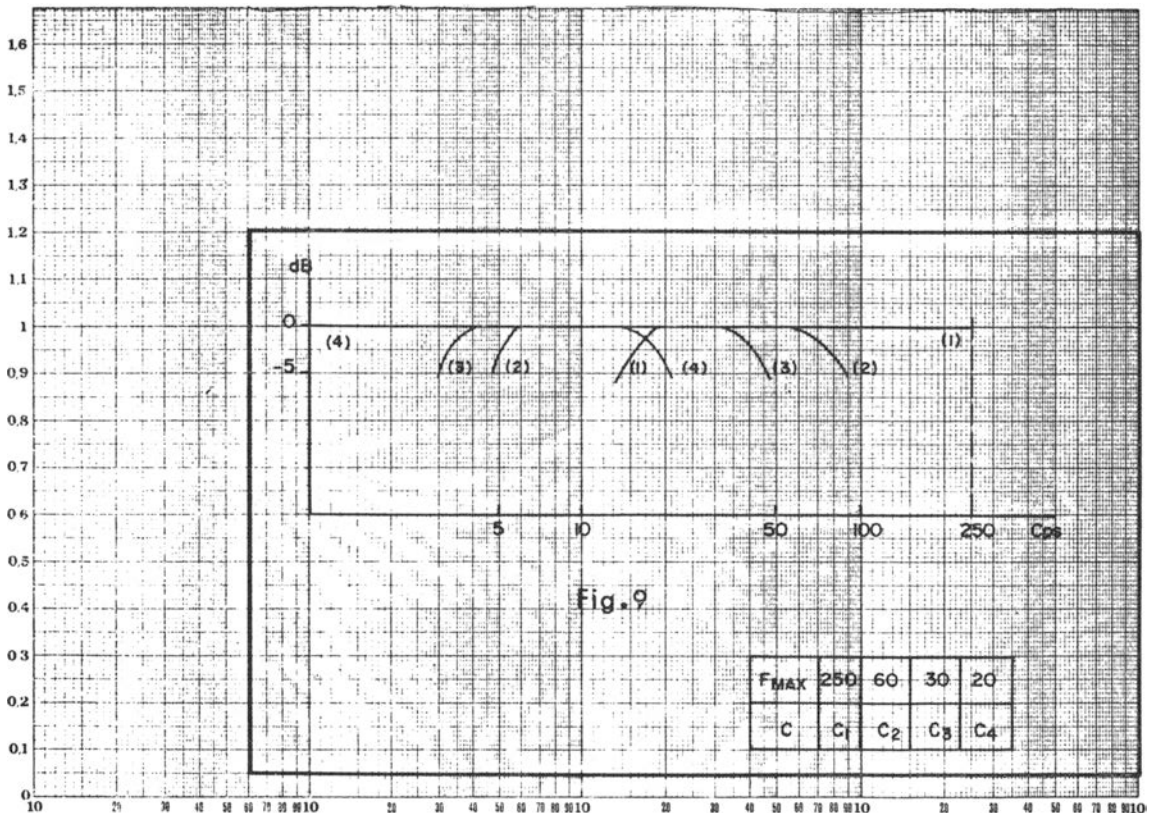


FIG. 9. — Fréquence maximum de comptage en fonction du condensateur de détection.



en fonction de la fréquence en régime sinusoïdal et impulsif, ainsi que les valeurs maxima de la fréquence de comptage, en fonction de la valeur de ces condensateurs.

La fig. 10 (A.B.C.) représente l'aspect d'un signal sinusoïdal en différents points du système détecteur :

1° à l'entrée (A) sur le collecteur de  $T_3$  (B), 2° à la sortie du système (C) (collecteur de  $T_4$ ).

La fig. 11 caractérise la forme d'un signal d'entrée rectangulaire aux mêmes points des circuits A, B, C, définis pour la fig. 10.

La fig. 12 et la fig. 13 représentent, toujours aux trois points A, B, C, des circuits, les valeurs d'un signal d'entrée qui, pour la fig. 12, est un top de métronome, et pour la fig. 13 un coup de sifflet. Dans ce dernier cas, le signal d'attaque de l'unité de mise en forme a une durée sensiblement égale à celle du signal initial ; il peut être réglable en fonction de la constante de temps.

### Résultats d'application.

Les mesures ont été faites dans les exemples ci-après, aux mêmes points A, B, C, des circuits définis initialement pour la fig. 10. La fig. 14 est un exemple de comptage d'un groupe de *Balanus perforatus*, en eau de mer, analysé à l'oscillographe cathodique, la base de temps correspondant à 50 cycles/seconde (n'ont été représentées ici que les formes de signaux en A et C).

En C, on voit que sont intégrées et enregistrées les impulsions dépassant très légèrement le niveau de bruit de fond ; ce niveau de comptage est d'ailleurs réglable.

La fig. 15 est l'analyse d'une série de clics d'écholocation d'un *Delphinus delphis* de la Méditerranée.

La fig. 16 est le comptage d'une série de grognements émis en mer par un poisson marin, indéterminé, déjà signalé dans une étude précédente (1).

La fig. 17 est un enregistrement d'une séquence de pulsations cardiaques humaines.

---

(1) *Cahiers Océanographiques*, n° 5, mai 1962.

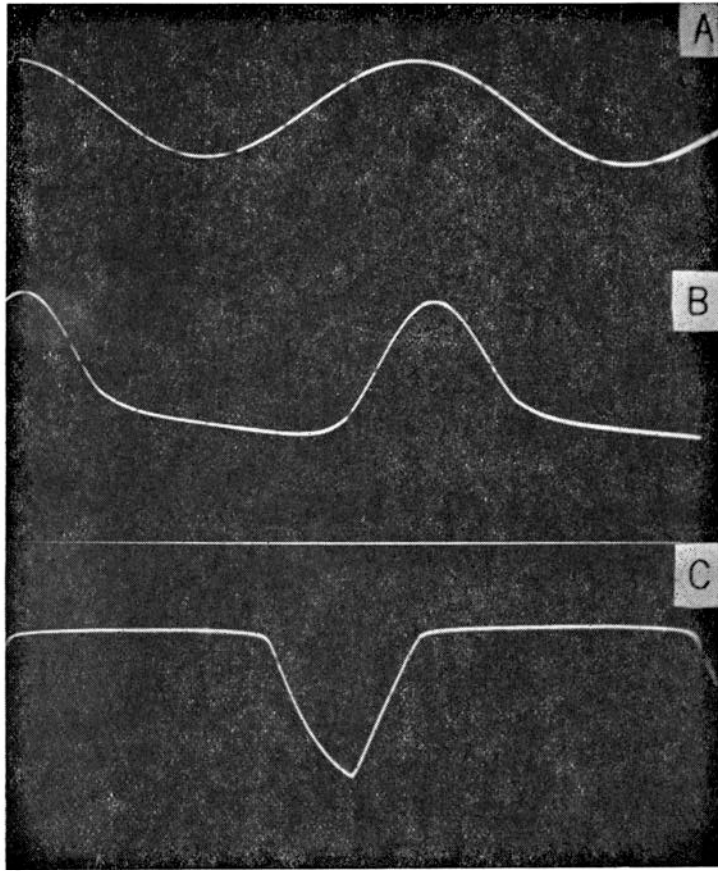


FIG. 10. — Aspects d'une onde sinusoïdale (A) aux deux points (B) et (C) du système détecteur-intégrateur.

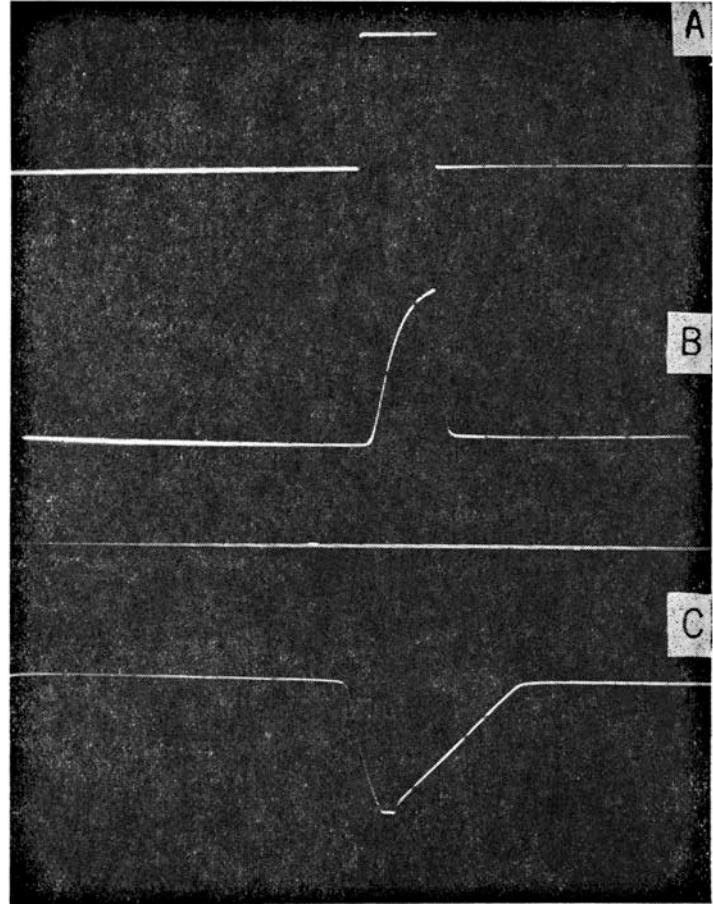


FIG. 11. — Aspects d'une sonde d'impulsions rectangulaires (A) aux 2 points (B) et (C) du système détecteur.

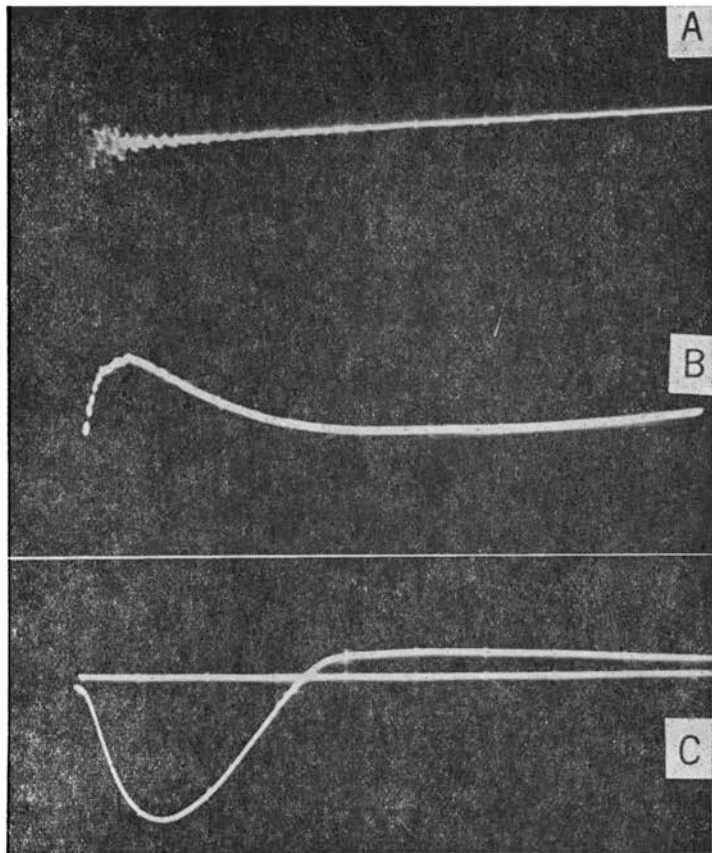


FIG. 12. — Aspects d'une onde correspondant à un bruit de métronome (A) aux 2 points (B) et (C) du système détecteur-intégrateur.

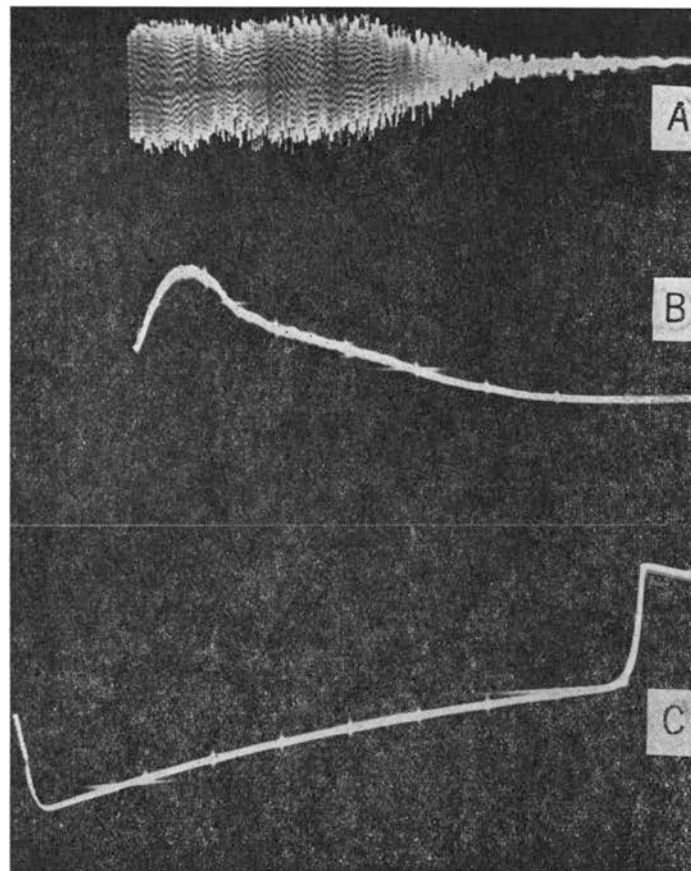


FIG. 13. — Aspects d'une onde correspondant à un coup de sifflet (A) aux 2 points (B) et (C) du système détecteur-intégrateur.

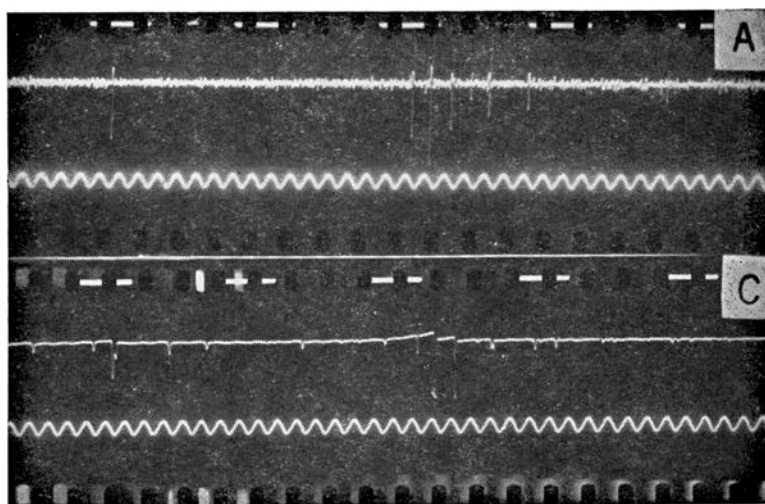


FIG. 14. — Aspects d'une onde correspondant à des « clics » de *Balanus perforatus* (A) au point (C) du système détecteur-intégrateur. Base de temps : 1/50<sup>e</sup> sec.

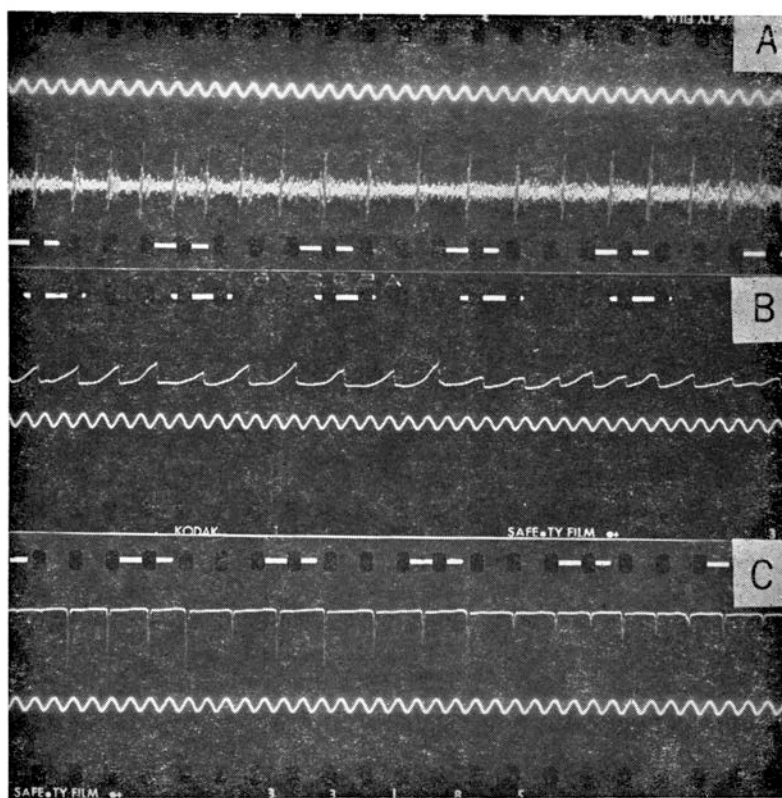


FIG. 15. — Aspects d'une onde correspondant à des « clics » d'écholocation de Delphinidae (A) aux 2 points (B) et (C) du système détecteur-intégrateur. Base de temps : 1/50<sup>e</sup> sec.

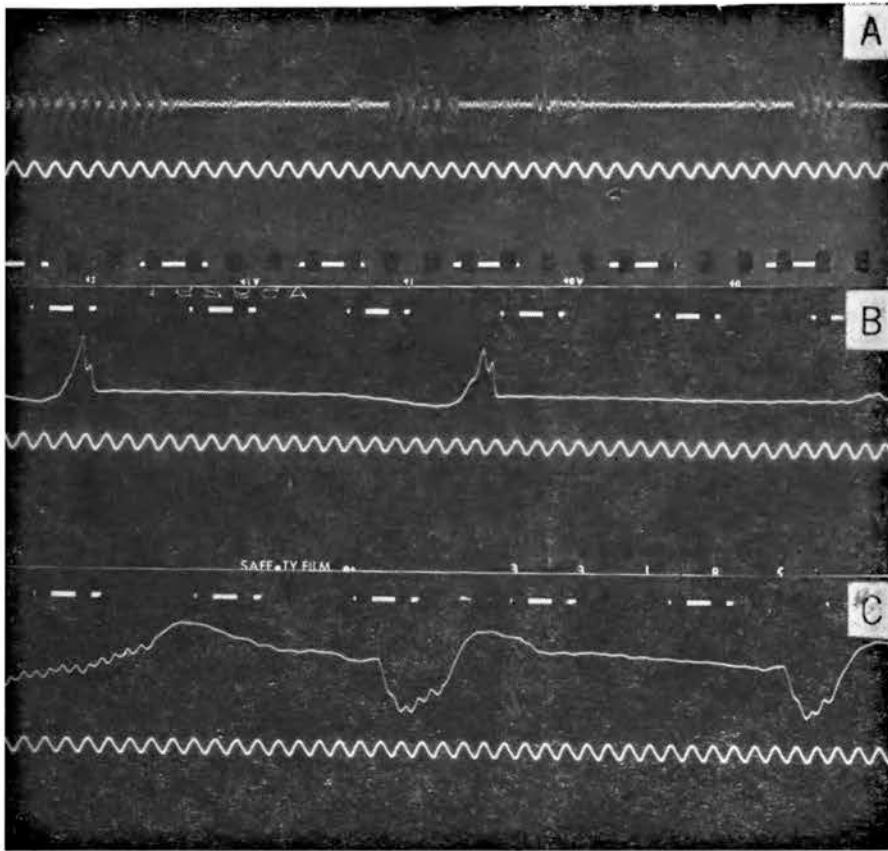


Fig. 16. — Aspects d'une onde correspondant à un cri de Poisson (A) aux 2 points (B) et (C) du système détecteur-intégrateur. Base de temps : 1/50<sup>e</sup> sec.

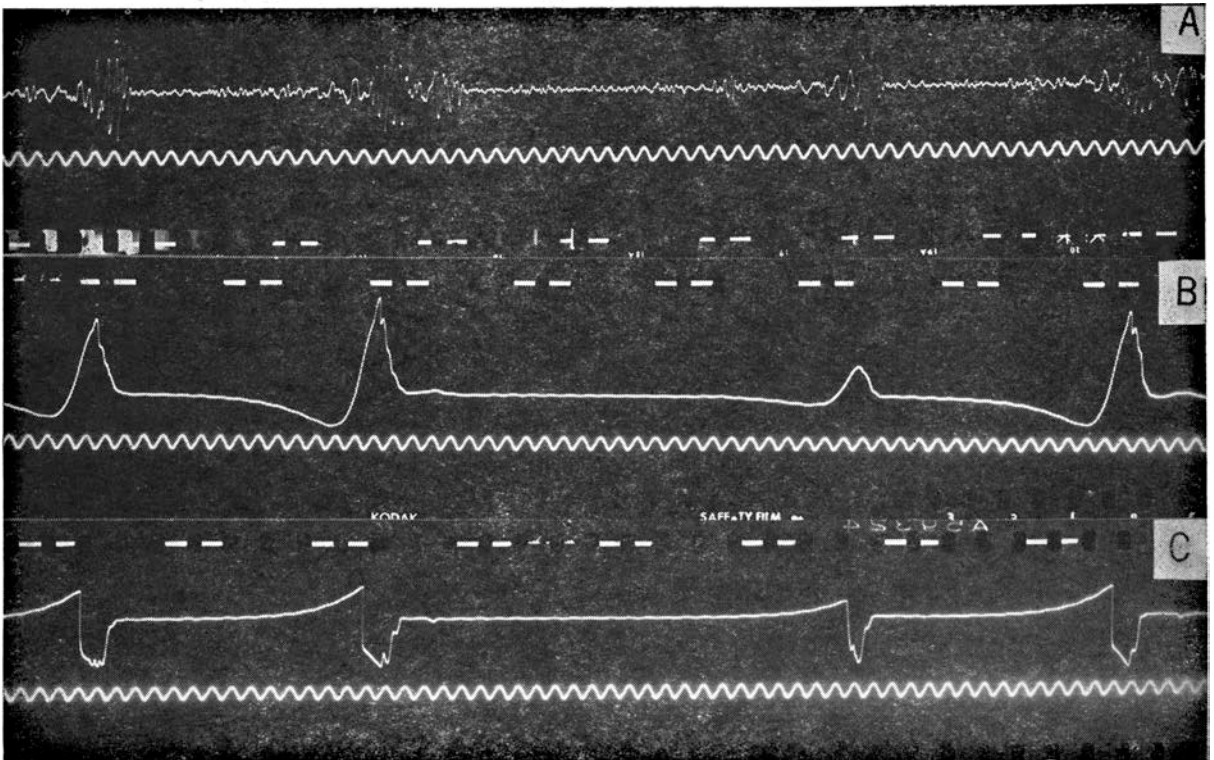


Fig. 17. — Aspects d'une onde correspondant à des pulsations de cœur humain (A) aux 2 points (B) et (C) du système détecteur-intégrateur. Base de temps : 1/50<sup>e</sup> sec.

### Conclusion

L'appareil décrit possède, par rapport aux compteurs que l'on trouve dans diverses branches de l'industrie, une caractéristique différentielle importante, à savoir la faculté de fonctionner pour des signaux de formes et de durées différentes.

Il faut cependant que les réglages des filtres et de la constante de temps d'intégration soient définis soigneusement sur le type de signal que l'on veut analyser.

L'appareil peut s'utiliser pour la plupart des signaux acoustiques biologiques, qu'ils soient d'origine sous-marine ou d'origine aérienne. Il permet une chronographie qui rend son usage précieux pour l'étude rythmique de certaines activités acoustiques ou mécaniques d'origine animale.

### INDEX

Nomenclature des pièces détachées électroniques par éléments.

#### Filtre passe-bande.

<i>Résistances</i>	$R_6 = 8,5 \text{ K}\Omega$ $R = 20 \text{ } \gg$	$C_4 = 10,000 \text{ pF}$ $C_5 = 5,000 \text{ } \gg$ $C_6 = 2,000 \text{ } \gg$ $C = 10 \text{ } \mu\text{F}$
$R_1 = 10 \text{ K}\Omega$ $R_2 = 5 \text{ } \gg$ $R_3 = 17,1 \text{ } \gg$ $R_4 = 6,7 \text{ } \gg$ $R_5 = 10 \text{ } \gg$	<i>Condensateurs</i> $C_1 = 0,047 \text{ } \mu\text{F}$ $C_2 = \text{ } \gg$ $C_3 = 10,000 \text{ pF}$	<i>Transistors</i> $4 \times 0 \text{ C } 72$

#### Détecteur - Intégrateur.

<i>Résistances</i>	$R_{15} = 1 \text{ K}\Omega$ $R_{16} = 1 \text{ } \gg$ $R_{17} = 1 \text{ } \gg$	$C_{12} = 1 \text{ } \mu\text{F}$ $C_{13} = 10 \text{ } \gg$ $C_{14} = 500 \text{ } \gg$ $C_{15} = 500 \text{ } \gg$
$R_1 = 5 \text{ K}\Omega$ $R_2 = 10 \text{ } \gg$ $R_3 = 1,5 \text{ } \gg$ $R_4 = 100 \text{ } \gg$ $R_5 = 10 \text{ } \gg$ $R_6 = 1 \text{ } \gg$ $R_7 = 10 \text{ } \gg$ $R_8 = 3,3 \text{ } \gg$ $R_9 = 4,7 \text{ } \gg$ $R_{10} = 3,3 \text{ } \gg$ $R_{11} = 220 \text{ } \gg$ $R_{12} = 10 \text{ } \gg$ $R_{13} = 4,7 \text{ K}\Omega$ $R_{14} = 15 \text{ } \gg$	<i>Condensateurs</i> $C_1 = 1 \text{ } \mu\text{F}$ $C_2 = 10 \text{ } \gg$ $C_3 = 100 \text{ } \gg$ $C_4 = 200 \text{ } \gg$ $C_5 = 50 \text{ } \gg$ $C_6 = 15,000 \text{ pF}$ $C_7 = 0,1 \text{ pF}$ $C_8 = 1 \text{ } \gg$ $C_9 = 2 \text{ } \mu\text{F}$ $C_{10} = 10 \text{ } \gg$ $C_{11} = 0,047 \text{ } \gg$	<i>Potentiomètres</i> $P_1 = 10 \text{ K}\Omega$ $P_2 = 5 \text{ } \gg$  <i>Diodes</i> $D_1 = 0 \text{ A } 85$ $D_2 = 13 \text{ P } 2$  <i>Transistors</i> $4 \times 0 \text{ C } 71$

ALIMENTATION

<p><i>Condensateurs</i></p> <p>C<sub>1</sub> : 32 μF, 450 V</p> <p>C<sub>2</sub> : 32 » »</p> <p>C<sub>3</sub> : 8 » »</p> <p>C<sub>4</sub> : 8 » »</p> <p>C<sub>5</sub> : 0,47 » 400</p> <p>C<sub>6</sub> : 8 » »</p> <p>C<sub>7</sub> : 0,1 » »</p> <p>C<sub>8</sub> : 1000 » 25 V</p> <p>C<sub>9</sub> : 500 » »</p> <p>C<sub>10</sub> : 500 » »</p> <p>C<sub>11</sub> : 500 » »</p> <p>C<sub>12</sub> : 100 » »</p> <p><i>Résistances</i></p> <p>R<sub>1</sub> : 1,5 MΩ</p> <p>R<sub>2</sub> : 1,5 »</p> <p>R<sub>3</sub> : 1,5 »</p> <p>R<sub>4</sub> : 1,5 »</p> <p>R<sub>5</sub> : 150 KΩ</p> <p>R<sub>6</sub> : 560 Ω</p> <p>R<sub>7</sub> : 470 KΩ</p> <p>R<sub>8</sub> : 1 MΩ</p> <p>R<sub>9</sub> : 10 KΩ</p>	<p>R<sub>10</sub> : 1 MΩ</p> <p>R<sub>11</sub> : 38 KΩ</p> <p>R<sub>12</sub> : 82 »</p> <p>R<sub>13</sub> : 180 »</p> <p>R<sub>14</sub> : 150 »</p> <p>R<sub>15</sub> : 820 KΩ</p> <p>R<sub>16</sub> : 560 »</p> <p>R<sub>17</sub> : 180 »</p> <p>R<sub>18</sub> : 330 »</p> <p>R<sub>19</sub> : 100 »</p> <p>R<sub>20</sub> : 2 MΩ</p> <p>R<sub>21</sub> : 1 »</p> <p>R<sub>22</sub> : 1 KΩ</p> <p>R<sub>23</sub> : 710 Ω</p> <p>R<sub>24</sub> : 1 KΩ</p> <p>R<sub>25</sub> : 1,5 »</p> <p><i>Potentiomètres</i></p> <p>P<sub>1</sub> : 200 KΩA</p> <p>P<sub>2</sub> : 20 »</p> <p>P<sub>3</sub> : 50 Ω</p> <p>P<sub>4</sub> : 1 KΩ</p> <p><i>Tubes</i></p> <p>V<sub>1</sub> : 6 × 4 W A</p>	<p>V<sub>2</sub> : 6005</p> <p>V<sub>3</sub> : 6 AM6 S</p> <p>V<sub>4</sub> : 0 B.2 W A</p> <p><i>Redresseurs</i></p> <p>D<sub>1</sub> : 4 - 0 A 200</p> <p>D<sub>2</sub> : BP. 30 V. - 320 mA</p> <p><i>Bobinage</i></p> <p><i>Transformateur</i></p> <p>Tr<sub>1</sub> :</p> <p>2 × 550 V - 50 mA</p> <p>6,3 V - 1 A</p> <p>6,3 V - 0,5 A</p> <p>20 V - 50 mA</p> <p>Tr<sub>2</sub> :</p> <p>15 V. - 100 mA</p> <p>S : Self : 250 40 mA</p> <p>I : remise à Zéro manuel</p> <p>L : Lampe 6,3 V 100 mA</p>
--	--	---

REMISE A ZÉRO

<p>R = 50 Ω - Loto</p> <p>r = 10 KΩ</p> <p>C = 2000 μΩ - 25 V</p> <p>Z = 11 Z 4</p>	<p>M : moteur S A P M I</p> <p>Re<sub>1</sub> : relais M A P 10"</p> <p>Re<sub>2</sub> : relais A C R M, type D. 2</p> <p>Re<sub>3</sub> : relais A C R M, type R R B. 2</p> <p>D : redresseur Soral B P. 30 V, 450 mA</p>
---	--