Zeitschrift: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel
Herausgeber: Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel
Band: 14 (1883-1884)

Artikel: La sirène électrique
Autor: Weber, Robert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88202

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

LA SIRÈNE ÉLECTRIQUE

Par M. le Dr Robert Weber, professeur.

La démonstration de l'origine du ton et la détermination du nombre de vibrations correspondant à chaque ton sont de la plus haute importance pour l'étude des rapports entre les différents tons, aussi bien au point de vue de l'acoustique qu'à celui de la théorie de la musique. Cette étude a été faite soit par des méthodes acoustiques, soit par des méthodes optiques; les résultats ne sont plus sujets à aucun doute.

Un appareil tendant à constater ces résultats n'aura donc plus guère de valeur, à moins qu'il ne donne quelque chose de nouveau.

La sirène décrite ci-après diffère des appareils analogues, essentiellement en ce que: 1) le milieu mis en vibration, et le mode de le mettre en vibration, sont nouveaux; et 2) la cause et l'effet sont à une distance arbitraire. Elle fournit une preuve expérimentale des lois et de la nature des sons résultants, étudiés par M. *Helmholtz*. Comme les sirènes connues, celle-ci donne à volonté un ou plusieurs tons et l'intervalle des tons peut être fixé à l'avance. Quant à l'inconvénient de toutes les sirènes de ne pas maintenir rigoureusement le même ton, cette nouvelle sirène y est moins soumise, ensuite d'une modification convenable de l'appareil.

I. DESCRIPTION DE L'APPAREIL.

1. Principe de l'appareil. — Sous sa forme la plus simple, la sirène se compose essentiellement des parties suivantes : une roue dentée *R* (fig. 1) est fixée sur un axe *A* autour duquel se fait la rotation. Sur le bord de la roue vient appuyer un ressort *L*, dont l'une des extrémités est fixée et en communication avec un fil métallique, et dont l'autre extrémité touche alternativement une dent et un creux rempli d'une substance isolante. Le fil, relié au ressort, va à l'un des pôles d'une pile *P*; l'autre pôle est en communication avec un téléphone *T*. Le circuit électrique est donc fermé en partant de la pile *P* pour passer par le téléphone *T* à l'axe *A*, à la roue *R*, et au ressort *L* à l'autre pôle de la pile. Si la roue dentée *R* est en rotation, le circuit est par conséquent fermé ou ouvert, suivant que le ressort *L* appuie sur une dent ou sur un creux isolant; il y aura dans le téléphone une série identique d'attractions et de relâchements de la plaque vibrante. De là résulte un ton.

La hauteur du ton, le nombre de vibrations correspondant, est donc directement proportionnelle 1) au nombre de dents de la roue *R*, et 2) à la vitesse de rotation de l'axe.

L'intensité du ton, l'amplitude des vibrations de la plaque du téléphone, est une fonction de l'intensité du courant électrique, et variable d'un téléphone à un autre.

Le timbre, soit le nombre, la hauteur et l'intensité des tons qui s'ajoutent au ton principal, dépend de

la constance de la pile, de la perfection de la roue *R* et du ressort *L*, et de la qualité du téléphone.

2. *Sirène multiple à courants primaires.* — La sirène, telle que je l'ai fait construire, se compose de quinze roues dentées, toutes fixées sur le même axe. Elles ont toutes le même diamètre de 4 cm. et se trouvent à égale distance les unes des autres, soit à 3 mm. Le nombre de dents varie d'une roue à l'autre : il est de 24 pour la première roue, de 27 pour la deuxième, de 30 pour la troisième, et ainsi de suite, chacune des suivantes ayant un nombre de dents correspondant aux tons successifs d'une même gamme jusqu'au quinzième. L'espace laissé entre les différentes roues et entre les dents est rempli uniformément d'une masse très dure et isolante. La surface du cylindre ainsi formé a été soigneusement tournée, pour ne présenter aucune aspérité. La surface seule des dents des roues est visible et chacune coïncide avec la surface du cylindre.

Une traverse, qui joint en outre les supports dans lesquels tourne l'axe de ce cylindre, porte les 15 ressorts. Chacun des ressorts est dirigé dans le plan de la roue correspondante, et appuie par suite avec une de ces extrémités alternativement sur la dent et sur le creux de cette roue. Un nombre de fils égal au nombre des ressorts établit la communication de ceux-ci avec le même nombre de serre-fils disposés sur la planchette qui porte le tout. Un ressort à balai permet de faire arriver le courant dans l'axe du cylindre; il est appuyé contre celui-ci d'une part et communique d'autre part avec le seizième serre-fil fixé sur la planchette.

C'est à ce serre-fil qu'aboutit l'un des fils venant du

téléphone, l'autre allant à la pile. La disposition la plus commode de la pile est la suivante : le nombre d'éléments est égal au nombre des roues (ou à l'un de ses multiples) ; leurs pôles négatifs, par exemple, sont en communication et reliés au fil venant du téléphone. Le pôle positif de chaque élément (ou de chaque série d'éléments), au contraire, est relié chacun avec un serre-fil *S* et par lui à un seul des ressorts *L*, correspondant à une seule des roues *R*. Suivant que l'on veut faire parler ou non une quelconque des roues, on établit ou non par *S* le circuit indiqué.

Il est évident que le nombre d'éléments dont il faut disposer peut être plus petit que celui des roues, et égal au nombre maximum de roues que l'on veut faire parler à la fois. Mais une réduction de ce genre nécessite à chaque changement de roue un changement correspondant dans la communication des fils. La disposition schématique des roues, des ressorts, des éléments et du téléphone est indiquée par la fig. 2.

3. Emploi des courants induits. — Dans certains cas, surtout si la résistance dans le circuit est grande, il est avantageux de faire parler le téléphone par les courants induits. Dans ce but, on place près de la sirène et de la pile une bobine d'induction, dont la bobine primaire se trouve dans un même circuit avec la batterie et avec la sirène, tandis que la bobine secondaire n'est reliée qu'au téléphone.

Comme les courants induits de rupture sont d'une durée plus courte et d'une intensité plus grande que les courants de fermeture, ils doivent être particulièrement aptes à produire des impulsions énergiques et, par suite, des tons purs. Je n'ai pas fait

d'expériences sur ces tons; mais voici une disposition qui permettrait de les obtenir : il faudrait fixer sur un même axe deux roues (au lieu d'une comme dans le cas précédent) tout à fait identifiques. Supposons les deux roues isolées de l'axe et isolées l'une de l'autre. Sur chacune d'elles viennent s'appuyer deux ressorts, touchant tous les deux simultanément une dent ou un creux isolant. Par la première roue et ses ressorts, le circuit, qui contient encore la pile et la bobine primaire, est rédulièrement ouvert et fermé ; dans la bobine secongaire, on aura donc les courants induits de rupture et de fermeture. On arrive à éliminer le courant induit de fermeture en appliquant également à la seconde roue deux ressorts, qui se trouvent dans le même circuit avec la bobine secondaire et le téléphone. Toutefois les deux ressorts de cette roue doivent être fixés de sorte que le second circuit soit ouvert au moment de la fermeture du premier circuit, et réciproquement. La fig. 3 donne la disposition schématique de cette forme de sirène.

4. *Le compteur.* — Pour compter le nombre de vibrations qui correspondent à un certain ton dans un temps donné, on peut procéder de différentes manières. Mais il est indispensable de connaître, outre le nombre de dents de la roue respective, le nombre de tours de l'axe et le temps correspondant.

En suivant la méthode ordinaire, on peut se servir d'un compteur de tours quelconque, facile à mettre en mouvement par l'axe de la sirène, et permettant un ajustage et un retrait instantanés. Un ton étant donné et maintenu, on ajuste alors le compteur au commencement d'une seconde, pour le faire marcher pendant un intervalle de temps convenable ; il sera

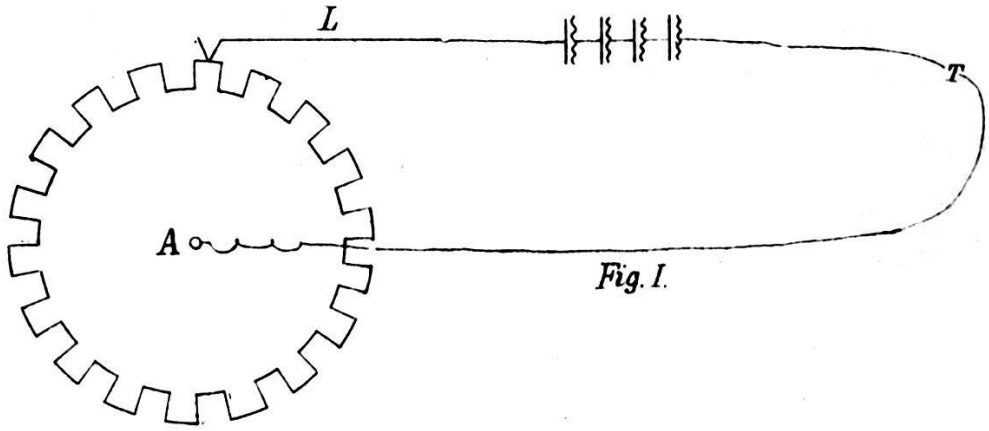


Fig. I.

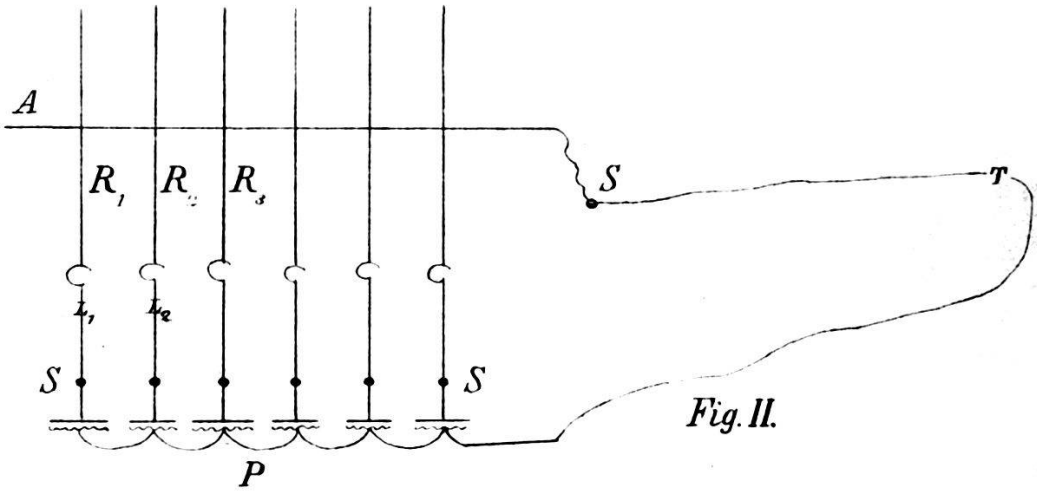


Fig. II.

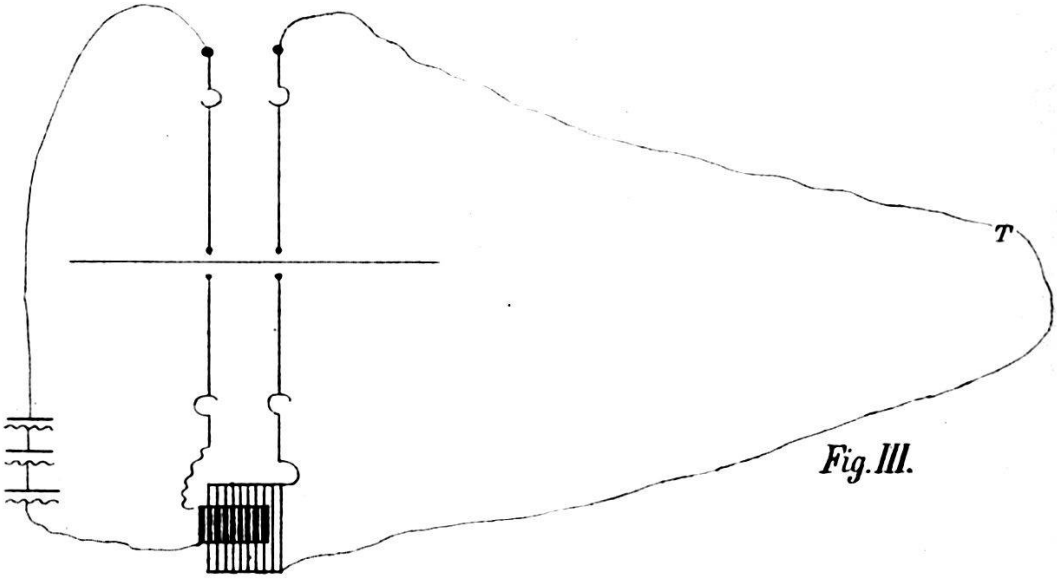


Fig. III.

R. Weber, del.

Lith. Sonrel.

retiré à la fin de la seconde voulue. C'est pour ce temps donné qu'on a déterminé le nombre de tours correspondant et inconnu. De cette manière, on aura déterminé tout ce qu'il est nécessaire de connaître pour calculer le nombre de vibrations du ton.

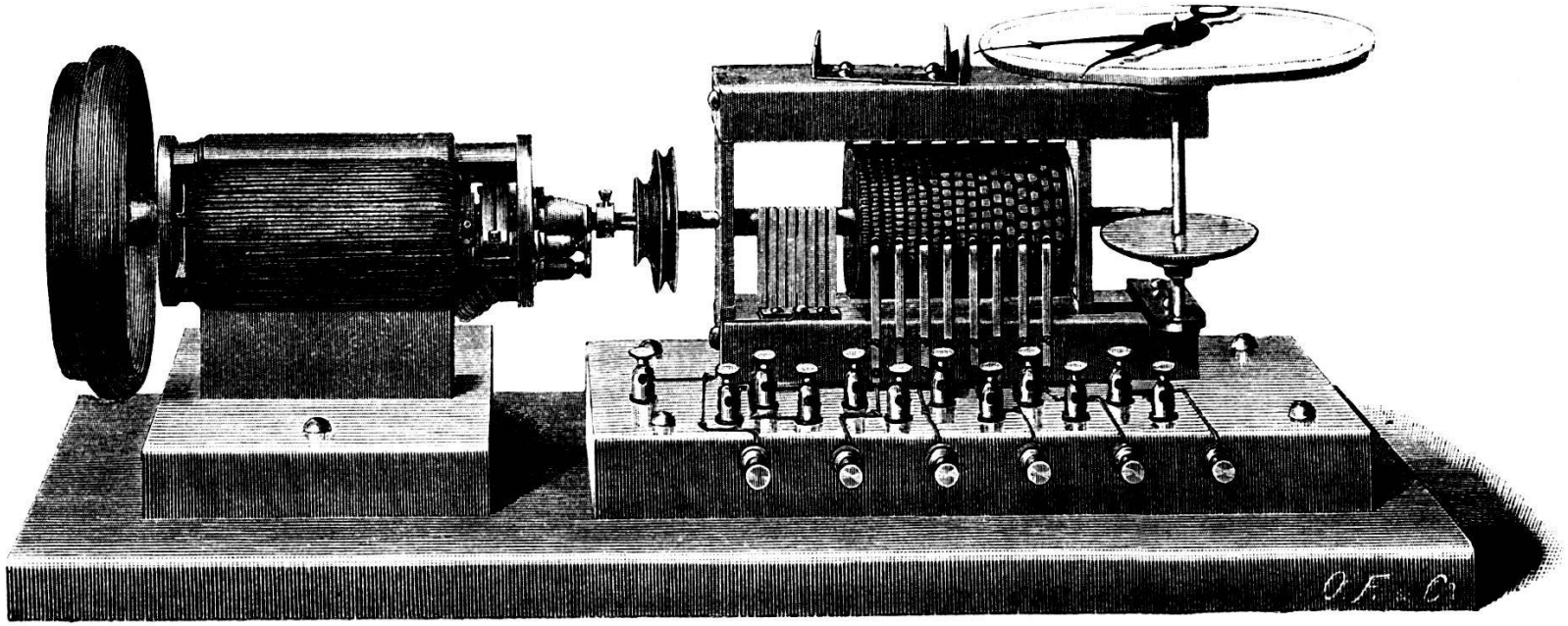
J'ai choisi une méthode en quelque sorte inverse de celle que je viens de décrire. A cet effet, l'axe de la sirène porte une vis sans fin, dans laquelle vient engrener une roue portant 150 dents, par exemple. Le même axe, qui porte cette roue, en porte une autre, placée plus haut, sur laquelle sont tracés deux rayons. A côté de cette roue, à la même hauteur et la touchant presque, est fixée une petite plaque *P* qui porte une marque. — Pour déterminer le nombre de tours de l'axe de la sirène, on procède comme suit : le ton voulu étant produit, le rayon indice de la roue supérieure viendra passer devant la marque sur la plaque fixe. A ce moment, je mets en marche un pendule à seconde ou les aiguilles d'un chronomètre à aiguilles indépendantes. Juste au moment où la roue supérieure passe la deuxième ou la troisième fois avec son rayon indice devant la marque, j'arrête les aiguilles. Le chronomètre me fait connaître le temps qu'il faut à la roue supérieure, à l'axe du compteur, pour faire un tour ou deux, soit le temps qu'il faut à l'axe de la sirène pour faire 150 ou deux fois 150 tours. De cette manière, et avec le nombre des dents de la roue-sirène, on a tout ce qu'il faut pour calculer le nombre de vibrations correspondant au ton.

On peut suivre une troisième méthode, si l'on complète quelque peu le compteur décrit. Dans ce but, la roue (disque) *D* est divisée sur son pourtour

en 400 parties égales, de sorte que deux divisions et demie correspondent à un tour de l'axe de la sirène. Les chiffres marqués sur le disque *D* indiquent le nombre de tours faits par cet axe. L'axe de ce disque *D* porte deux aiguilles indépendantes, plus longues que le rayon du disque, et placées l'une au-dessus de l'autre. La plaque *P* dépasse en hauteur le disque *D* ; c'est donc elle qui arrêtera ordinairement les aiguilles, quand l'axe vertical tourne. Mais une découpure convenable, faite dans *P*, permettra à un mouvement très simple de libérer l'une des aiguilles, soit au commencement d'une seconde voulue. Un certain nombre de secondes s'étant écoulé, on peut ensuite faire marcher la seconde aiguille sans modifier en rien la marche du cylindre de la sirène, car une seconde découpure dans la plaque *P* permet facilement de dégager cette seconde aiguille. La différence des chiffres indiqués par les deux aiguilles et le nombre de secondes qu'a duré l'observation fournissent encore tout ce qu'il faut connaître pour pouvoir calculer le nombre de vibrations correspondant au ton.

5. *Le moteur.* — Le mouvement de rotation de l'axe de la sirène peut lui être imprimé par un moteur quelconque. Je me suis servi à l'ordinaire du volant d'une machine. A cet effet, l'axe porte à l'extrémité opposée à celle du compteur une poulie sur laquelle passe la courroie venant du volant.

Le mouvement de rotation peut s'obtenir encore par un petit moteur électro-dynamique de M. *Hipp*, construit sur un modèle américain, dont la force est suffisante pour faire marcher une machine à coudre. Côte à côte et l'axe de l'une sur le prolongement de



LA SIRÈNE ÉLECTRIQUE (avec moteur). ROBERT WEBER.

l'axe de l'autre, les deux machines sont fixées sur une même planchette. Une espèce de fourchette, qui fait pièce avec l'axe du moteur, entre dans la poulie fixée sur l'axe de la sirène.

Enfin un volant, fixé sur ce même axe, régularise le mouvement de rotation.

Le moteur électrique accouplé à la sirène est représenté dans la fig. 4.

Cette sirène a été construite d'après mes indications par M. le Dr *Hipp*, directeur de la Fabrique de télégraphes à Neuchâtel, qui est disposé à en construire d'autres sur commande.

II. EXPÉRIENCES ET RÉSULTATS.

6. Influence de la largeur des dents. — Comme il a été dit plus haut, ce sont les dents qui établissent le circuit et les creux remplis de substance isolante qui arrêtent le courant. L'espace plus ou moins grand occupé par la dent ou le creux entraîne un contact ou une interruption plus ou moins longue. Ce n'est évidemment que le rapport des deux espaces qui entre en ligne de compte; c'est pour cela que j'ai fait tailler quatre roues de même diamètre, ayant chacune le même nombre de dents, soit quarante. Les espaces occupés par la dent et par le creux isolant sont dans le rapport de 1 à 12 dans la première roue, de 3 à 12 dans la deuxième, de 6 à 12 dans la troisième et de 9 à 12 dans la quatrième.

Chacune de ces roues a donné, toutes autres choses égales d'ailleurs, le même ton quant à la hauteur et quant à l'intensité, mais ces tons étaient différents

quant au timbre. Pour les quatre roues, le ton était bon et agréable, mais plusieurs sons harmoniques viennent s'ajouter au son fondamental.

Ainsi, au ton de la quatrième roue, qui produit l'impression d'un ton fort et bas, il vient s'ajouter au ton fondamental son octave et sa double octave, c'est-à-dire des tons dont les nombres de vibrations sont avec le nombre de vibrations du ton fondamental dans les rapports de 1 : 2 : 4. C'est surtout l'octave, le premier ton harmonique, qui est intense.

Au ton produit par la troisième roue sont venus s'ajouter le premier et le deuxième ton harmonique (1 : 2 : 3), et c'est la quinte (1 : 3) qui est plus intense que l'octave (1 : 2). Le ton est plus clair que le précédent.

Au ton fondamental produit par la deuxième roue s'ajoutent les tons harmoniques suivants : l'octave (1 : 2), qui est très faible ; la quinte de l'octave (1 : 3), qui est plus intense ; l'octave (1 : 4) est facilement saisie, de même que les tons harmoniques 1 : 5, et 1 : 6, et 1 : 8.

La première roue donne un ton plus faible que les trois autres, en même temps il semble être plus haut. On n'entend pas son octave ; mais, d'autre part, la double octave (1 : 4) est facilement perceptible.

J'ai pu vérifier ces résultats par la méthode optique. A cet effet, je me suis servi d'un téléphone de grandes dimensions, à aimant en forme de fer à cheval, donnant un ton intense. Sur le bord de l'embouchure, j'ai ajusté une capsule manométrique semblable à celle proposée par M. *Kœnig* pour l'étude des vibrations de l'air. Les flammes, vues au miroir tournant, prennent des formes très caractéristiques, très mar-

quées et tout à fait différentes pour les tons produits avec les différentes roues.

Un groupe de dents se détachait toujours nettement, soit le groupe qui correspond au son fondamental. Ordinairement, ce groupe se composait de quatre dents moins tranchées, qui avaient des longueurs différentes suivant la roue à laquelle elles correspondent. La première roue donne des dents toutes de même hauteur, de même valeur; il n'y a donc, outre le ton fondamental, que le ton (1 : 4). En faisant jouer les autres roues, ces dents de second ordre prennent des longueurs différentes : la première et la troisième plus longues que la deuxième et la quatrième; la deuxième et la troisième plus grandes que la première et la quatrième, la quatrième est la plus grande.

Ainsi, en résumé, les roues à dents larges donnent des tons plus forts et moins purs que les roues à petites dents.

7. *Tons directs de la sirène.*— Disposant la sirène, les piles et le téléphone comme il a été dit plus haut, le téléphone rend facilement le ton correspondant à une roue quelconque, et les tons hauts avec la même facilité que les tons bas.

En établissant le circuit pour deux ou plusieurs roues, le téléphone donne le nombre correspondant de tons.

8. *Sons résultants.* — Si, en fermant le circuit sur deux ou plusieurs roues, on envoie dans le téléphone deux ondulations électriques de différente longueur d'onde, ces ondulations électriques interfèreront comme les vibrations le font en général. Il y aura donc, à côté des ondes principales, une série

d'ondulations de second ou troisième ordre, résultant justement de ces interférences. Elles agiront toutes sur la plaque de fer doux du téléphone, pour donner naissance à des vibrations sonores correspondantes. On prévoit qu'on doit obtenir ainsi les tons résultants, étudiés surtout par *M. Helmholtz*, et divisés par lui en *sons différentiels* et en *sons additionnels*.

En effet, avec un téléphone de grandes dimensions et un courant provenant de 3 à 4 Daniells par roue, on arrive à produire des tons fondamentaux assez intenses pour entendre facilement quelques-uns des tons résultants. La perception est plus facile encore quand on choisit les tons fondamentaux de telle manière que les tons résultants se trouvent dans la région moyenne des tons perceptibles, et qu'en outre, les tons résultants sont dissonants avec les tons fondamentaux. Avec un peu d'exercice, on acquiert la faculté de saisir également le reste des tons résultants.

Si je désigne par un chiffre romain le numéro de la roue de la sirène et par les chiffres ordinaires, écrits au-dessous, le nombre des dents de cette roue, on aura les correspondances suivantes :

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
24	27	30	32	36	40	45	48	54	60	64	72

et les

ut_1	$ré_1$	mi_1	fa_1	sol_1	la_1	si_1	ut_2	$ré_2$	mi_2	fa_2	sol_2

auront un nombre de vibrations qui sera un multiple quelconque des nombres de la série précédente. Soit p ce multiple.

Voici quelques-uns des résultats qu'on obtient facilement :

1) Les roues I et III donnant les tons fondamentaux $ut_1 = p.24 = n_1$, et $mi_1 = p.30 = n_2$, donnent naissance aux tons résultants suivants :

$$\begin{aligned} ut_1 &= p.6 = p\,(n_2 - n_1) \\ sol_0 &= p.18 = p\,(2\,n_1 - n_2) \\ ré_2 &= p.54 = p\,(n_1 + n_2) \\ la_1 &= p.40 \end{aligned}$$

2) De même, les roues I et VII, donnant

$$ut_1 = p.24 = n_1 \text{ et } si_1 = p.45 = n_2,$$

ont les sons résultants

$$\begin{aligned} (la^{\sharp}_{0}) &= p.21 = p\,(n_2 - n_1) \\ (sol^{\flat}_{2}) &= p.69 = p\,(n_1 + n_2) \end{aligned}$$

3) Les roues III et VII donnent

$$mi_1 = p.30 = n_1 \text{ et } si_1 = p.45 = n_2$$

et en outre

$$\begin{aligned} mi_0 &= p.15 = p\,(n_2 - n_1) \\ sol^{\sharp}_{2} &= p.75 = p\,(n_2 + n_1) \end{aligned}$$

4) Les roues V et VIII donnent d'abord

$$sol_1 = p.36 = n_1 \text{ et } ut_2 = p.48 = n_2$$

et en même temps

$$\begin{aligned} ut_0 &= p.12 = p\,(n_2 - n_1) \\ ut_1 &= p.24 = p\,(2\,n_1 - n_2) \\ (la^{\sharp}_{2}) &= p.84 = p\,(n_1 + n_2) \end{aligned}$$

5) Les roues I et IX donnent

$$ut_1 = p.24 = n_1 \text{ et } ré_2 = p.54 = n_2,$$

et les sons résultants

$$\begin{aligned} mi_1 &= p.30 = p\,(n_2 - n_1) \\ ut_1 &= p.6 = p\,(n_2 - 2n_1) \\ (la^{\flat}_{2},\ la_2) &= p.78 = p\,(n_1 + n_2) \end{aligned}$$

6) Les roues I et X donnent

$$ut_1 = p.24 = n_1 \text{ et } mi_2 = p.60 = n_2,$$

et en outre les sons

$$\begin{aligned} sol_1 &= p.36 = p\,(n_2 - n_1) \\ ut_2 &= p.48 = \\ (la^{\sharp}_{2}) &= p.84 = p\,(n_1 + n_2) \end{aligned}$$

7) Les roues X et XI donnent

$$ut_1 = p.24 = n_1 \text{ et } fa_2 = p.64 = n_2,$$

et comme sons résultants

$$\begin{aligned} la_1 &= p.40 = p\,(n_2 - n_1) \\ ut_2 &= p.48 \\ (si^{\flat}_{2},\ si_2) &= p.88 = p\,(n_2 + n_1) \end{aligned}$$

8) Les roues I et XIII donnent

$$ut_1 = p.24 = n_1 \text{ et } la_2 = p.80 = n_2,$$

et encore

$$\begin{aligned} (ré_2,\ ré^{\sharp}_{2}) &= p.56 = p\,(n_2 - n_1) \\ fa_1 &= p.32 = p\,(n_2 - 2n_1) \\ ut_2 &= p.48 = p\,\{n_2 - (n_2 - 2\,n_1)\} \\ la_1 &= p.40 = \\ (ut^{\sharp}_{3},\ ré_3) &= p.104 = p(n_2 + n_1) \end{aligned}$$

9) Les roues I et XIV donnent

$$ut_1 = p.24 = n_1 \text{ et } si_2 = p.90 = n_2,$$

et en outre

$$\begin{aligned} (fa_2) &= p.66 = p\,(n_2 - n_1) \\ (la^{\sharp}_{1}) &= p.42 = p\,(n_2 - 2n_1) \\ sol_0 &= p.18 = p\,(n_2 - 3n_1) \\ (ré^{\sharp}_{3},\ mi^{\flat}_{3}) &= p.114 = p\,(n_2 + n_1) \end{aligned}$$

10) Les roues I et XVI donnent

$$ut_1 = p.24 = n_1 \text{ et } ré_3 = p.108 = n_2,$$

et encore les sons résultants

$$(la\sharp_2) = p.84 = p\,(n_2 - n_1)$$
$$mi_2 = p.60 = p\,(n_2 - 2\,n_1)$$
$$sol_1 = p.36 = p\,(n_2 - 3n_1)$$
$$(fa\sharp_3) = p.132 = p\,(n_2 + n_1)$$

11) Les roues I et XVII donnent d'abord

$$ut_1 = p.\ 24 = n_1 \text{ et } mi_3 = p.\ 120 = n_2$$

et les sons résultants

$$ut_3 = p.96 = p\,(n_2 - n_1)$$
$$sol_2 = p.72 = p\,(n_2 - 2n_1)$$
$$ut_2 = p.48 = p\,(n_2 - 3n_1)$$

12) Les roues XIV et XVII donnent

$$ut_3 = p.96 = n_1 \text{ et } mi_3 = p.120 = n_2$$

et le son résultant

$$ut_1 = p.24 = p\,(n_2 - n_1).$$

Les sons fondamentaux n'ont été que faibles quand la vitesse de rotation était la même que dans les cas précédents; mais, d'autre part le son de différence de premier ordre a été très intense, plus intense même que les sons fondamentaux.

Au lieu d'étudier les sons résultants de deux tons fondamentaux, cette sirène permet d'étudier les sons résultants de trois ou plusieurs sons fondamentaux.

Une expérience préliminaire fait connaître que les sons résultants deviennent très nombreux et très intenses, et que les sons fondamentaux, au contraire, deviennent plus faibles.

Je reprendrai peut-être cette partie de mon étude plus tard, si je puis réaliser les conditions nécessaires pour les expériences.

9. *Question physiologique.* — Les physiologistes se sont disputés longtemps sur la question de savoir si les tons résultants ont une existence réelle, physique, en dehors de l'organe de l'ouïe, ou s'ils ne sont qu'une perception du sens de l'ouïe ayant pour cause un certain trouble dans les parties de l'organe qui transmettent les vibrations.

M. *Helmholtz* a donné en 1856, dans les Annales de Poggendorff (1), une théorie des sons résultants, indépendante de questions physiologiques, et il a ajouté à cette théorie une preuve expérimentale de l'existence physique de ces sons résultants, en démontrant qu'une membrane convenablement tendue résonne à l'unisson avec ces sons résultants.

Les expériences faites avec la sirène, dont nous avons donné le résumé sous n° 8, fournissent une preuve nouvelle et meilleure de l'exactitude de l'idée de M. *Helmholtz ;* car, si un ton résultant est entendu au téléphone, c'est bien par la vibration réelle de la plaque du téléphone et de l'air que nous l'entendons.

10. *Tons moléculaires.* — On sait, depuis environ 50 ans, qu'un électro-aimant donne un ton quand on fait varier le magnétisme par la variation rapide de l'intensité du courant circulant dans la bobine. Ces tons étant attribués à des vibrations moléculaires du fer, ont reçu le nom de sons moléculaires. On les entend déjà facilement avec un téléphone ordinaire dépourvu de sa plaque.

En se servant de la sirène pour interrompre un circuit dans lequel sont encore intercalés une pile de 5

(1) Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. 99, p. 497 à 540.

à 8 Daniells et l'électro-aimant d'un relai, ces sons moléculaires deviennent particulièrement forts. L'électro-aimant, à lui seul, sans armature, donne un ton perceptible à distance ; le ton est renforcé quand on place sur le fer à cheval un morceau de fer de forme quelconque : aiguille longue, bloc cubique ou plaque large et mince. Pour avoir le maximum d'intensité, il faut séparer l'armature en fer de l'aimant par une mince feuille de papier.

Ce sont encore les mêmes sons moléculaires qui se font entendre dans un grand électro-aimant à travers lequel on fait arriver le courant d'une machine dynamo-électrique.

III. APPLICATIONS.

11. *Piano-sirène.* — Le fait que la cause des vibrations (la roue dentée et la pile) peut se trouver à une distance quelconque de l'effet des vibrations (du ton produit dans le téléphone), donne la possibilité de faire de la musique en un nombre quelconque d'endroits très éloignés entre eux et du lieu où l'on fait naître la cause de cette musique.

A cet effet, il suffit d'exécuter le principe suivant : le cylindre de la sirène doit avoir une longueur telle qu'il puisse contenir les roues correspondant aux tons de 6 à 7 gammes avec leurs dièzes et bémols. Entre chaque ressort qui touche sa roue et la pile correspondante, on intercale la touche d'un clavier. A l'état ordinaire de cette touche, le contact électrique entre les deux parties n'est pas fait ; ce n'est qu'en abaissant la touche que le circuit est établi et que

les interruptions du courant sont déterminées par la roue de la sirène, donnant au téléphone la hauteur et la durée du ton. Pour varier l'intensité du ton, il suffit d'ajouter une série de résistances différentes, dont on introduit dans le circuit électrique une quantité plus ou moins grande suivant les intentions de la personne qui fait la musique. Enfin, le tout doit être mis en communication avec un réseau téléphonique.

Ces conditions réunies, un pianiste pourra donner un concert à un grand nombre de personnes à la fois, éloignées de lui et réparties dans différentes maisons. Le pianiste même n'entendra pas son jeu, à moins qu'il ne se munisse, lui aussi, d'un téléphone.

Il est possible de construire un appareil purement mécanique si l'on veut confier les contacts, non plus au pianiste, mais à un cylindre tournant, garni de talons qui viendraient faire des contacts au moyen de lames en communication avec les roues de la sirène. Ce cylindre aurait quelque ressemblance avec le cylindre des boîtes à musique ; toutefois, l'appareil étant électrique, la construction en serait différente.

La musique que donneraient ces instruments ne manquerait pas d'avoir un caractère tout particulier, grâce au nombre et à l'intensité des sons résultants ; mais il est même possible que ces sons résultants rendraient cette musique peu agréable à l'oreille.