

## **Des variations chronométriques dans le déplacement de la surface d'inscription des enregistreurs graphiques du son**

Il est d'usage, lorsqu'on publie des tracés d'inscription du son, et quel que soit le procédé d'enregistrement, de les accompagner de tracés simultanés de diapasons, dont la périodicité a été préalablement établie. Cette pratique a pour but principal de permettre, le cas échéant, la détermination, en un endroit quelconque d'un phénomène sonore étudié, des longueurs graphiques enregistrées, correspondant aux secousses reçues par l'agent inscripteur. Accessoirement, le tracé d'un diapason, faisant fonction métronomique, peut servir pour l'établissement des rapports de durée, dans les cas où il s'agit de pousser cette détermination à un degré de haute précision.

La coutume en question a l'avantage de fournir des points de repère qui, sans cela, pourraient plus ou moins faire défaut, et elle a, en outre, le mérite de paraître fort scientifique : autrement dit, elle « fait bien ». Mais, en réalité, on s'est rarement donné la peine d'opérer les mesures exactes dont elle est censée fournir la possibilité, de faire les calculs s'y rattachant, et d'établir les graphiques qui permettent d'embrasser d'un coup d'œil les résultats acquis. Si l'on s'était plus souvent attaché à le faire, il est probable que les questions discutées dans cet article l'eussent été plus tôt. Jusqu'ici, que je sache, on ne s'en est pas occupé en détail dans une publication de phonétique expérimentale.

On peut admettre que tout enregistrement graphique de phénomène sonore implique, dans les appareils actuellement usités et quel qu'en soit le type, le déplacement plus ou moins régulier d'une surface uniforme, qui reçoit, par un procédé quel-

conque, l'impression de l'onde aérienne correspondante. On admet généralement aussi qu'un bon diapason, établi dans des conditions techniques satisfaisantes, offre, grâce à sa périodicité strictement régulière, un moyen de contrôle chronographique absolu. Nous ne nous attarderons donc pas à chercher d'autres méthodes de contrôle, qui seraient probablement moins parfaites et, pour la plupart, moins faciles à réaliser.

La pensée qui a suggéré d'accompagner, toujours et partout, le tracé du phénomène inscrit, d'un tracé de diapason est, disons-nous, celle de fournir la possibilité, pour peu qu'on veuille en prendre la peine, d'établir, à tout moment pendant la durée d'un son, si bref soit-il, la valeur exacte de ses vibrations. On admet qu'il faut une patience sans bornes et un bon microscope. On n'exige pas la régularité de déplacement de la surface d'inscription, incommode à atteindre, croit-on peut-être, et aisément remplacé par le contrôle — absolu et incontestable, pense-t-on — du diapason. On a poussé si loin cette complaisance vis-à-vis de la mécanique qui déroule la surface d'inscription (—ce qui est fort avantageux pour les constructeurs, qui peuvent ainsi fournir des appareils absolument quelconques, ne se distinguant en rien d'essentiel des plus ordinaires moteurs du commerce —), que Gutzmann, assurément pas le premier venu, a pu proposer d'utiliser, pour l'inscription des phouèmes du langage, un sphygmographe de voyage, construit par Zimmermann (Leipzig) (— qui peut, du reste, avoir en soi un mouvement régulier, ce que j'ignore, ne l'ayant pas utilisé —), en accélérant le mouvement *au moyen d'une traction exercée par la main!* On croit rêver, en entendant énoncer conseil semblable par un savant de haute valeur, mais la faute n'en est pas au Dr. Gutzmann, qui avait peut-être en vue des applications phonétiques du kymographe autres que celles qui nous occupent en ce moment. La faute en est à la foi aveugle, traditionnelle, dans le diapason électrique, muni d'une plume, comme moyen pratique de contrôle.

Étant donné combien est modeste notre but actuel de simples phonéticiens, nous n'empiéterons pas ici sur le domaine de la physique : nous laisserons hors de cause la régularité des diapasons matériels, régularité que nous supposerons absolue et sans compensations. Il va de soi que la vitesse de déplacement d'une

branche de diapason ne reste pas constante; que, par exemple, après avoir atteint son maximum de vitesse au moment où elle passe par l'axe médian de son parcours, elle se ralentit, pour arriver à la vitesse zéro au moment de changer de sens; mais nous présumerons qu'en un point donné de sa course la vitesse sera toujours identique, quelle que soit la vibration individuelle examinée. Il en est certainement ainsi dans la théorie, et nous ne nous demanderons même pas, ici, si la question d'une divergence, si légère soit-elle, entre la théorie et la réalisation pratique peut se poser. Pour éviter toute erreur d'interprétation, il convient d'ajouter que nous ne nous référons qu'aux diapasons dont les oscillations conservent une amplitude constante, grâce à l'entretien du mouvement vibratoire par une force invariable. Nous laissons de côté, tout en y reconnaissant une source probable de légères perturbations, les altérations pouvant s'attribuer à l'entretien au moyen de piles électriques. Nous ne restreindrons pas, du reste, nos recherches aux seuls diapasons à entretien électrique : à côté de ceux-ci, nous en examinerons d'autres, mis en vibration au moyen d'un courant d'air relativement puissant. Il est vrai que ces derniers ne sont pas, à proprement parler, des diapasons, mais de simples anches libres.

Nous partons donc du principe que le diapason en lui-même, lorsqu'il se trouve réalisé matériellement dans les meilleures conditions techniques, fonctionne d'une façon au-dessus de toute critique. Nous accepterons le diapason comme norme absolue, même quand il s'agira des plus minimes fractions de temps, attribuant à l'élément inscripteur, à la surface d'inscription, au mouvement de celle-ci, ou au frottement, toute variation se manifestant dans la régularité de l'enregistrement du mouvement oscillatoire du diapason. Mais nous nous proposons de démontrer, par des exemples concrets, qu'il n'est guère facile, dans la pratique, de prendre les mesures de précision censées être si simples, même avec une patience illimitée et le meilleur des microscopes, et qu'il serait infiniment plus simple, plus sûr, et plus rationnel d'exiger des constructeurs une régularité à peu près absolue dans le déplacement de la surface d'inscription.

Avant d'aborder notre étude, il convient de se demander de quel degré de précision on pourra se contenter, exprimé, pour la

commodité, sous forme de pourcentage. La réponse dépend de la nature des investigations qu'on a en vue. À supposer qu'il s'agisse de déterminer l'intonation des phonèmes du langage parlé, — un des buts les plus simples et les plus évidents qu'on puisse se proposer, — on pourra dire, *a priori*, qu'on ne saurait accepter comme suffisante une précision inférieure à celle qu'on atteindrait sans le secours du kymographe. Or, M. Jones, le phonéticien qui, à ma connaissance, a publié, sur cette question, le plus de documents obtenus par simple audition de phonogrammes non-lyriques, m'a dit qu'on arrivait ainsi facilement à apprécier le quart de ton. Si, donc, on n'arrive pas à une exactitude plus grande que par la méthode auditive, mieux vaut éviter l'énorme labeur qu'implique la micrométrie kymographique. Le quart de ton équivaut à 3 % à peu près, le comma à environ  $1\frac{1}{4}$  %. Des différences d'appréciation d'un comma, attendu qu'elles peuvent se produire tantôt en trop, tantôt en moins, exposent à des erreurs absolues de presque un quart de ton. Pour que la précision atteigne un niveau légèrement supérieur, la probabilité d'erreur ne devra pas dépasser, au maximum, 1 %, ce qui, dans les mesures des tableaux qui suivent, correspond, en moyenne, à 15 ou 20  $\mu$ .

On verra par la suite qu'avec nos procédés actuels il n'est guère facile d'atteindre cette précision. Il est parfaitement possible de *prendre des mesures* avec ce degré d'exactitude, ainsi que nous l'avons fait ci-dessous, et même de la pousser plus loin, mais on s'apercevra que ce sont les données elles-mêmes qui ne reposent sur rien de bien solide. Il y a dans ces données divers facteurs de perturbation et d'incertitude. Nous signalerons ici, comme élément d'erreur *a priori*, le procédé matériel d'inscription, qui comprend trois causes principales de déception : la plume, la surface d'inscription, et le frottement de l'une contre l'autre.

Quant à la première, nous ne sommes pas encore parvenus à la rendre fine, microscopiquement parlant, quelle que soit la matière que nous choissions pour la fournir. Pour ce qui est de la surface d'inscription, le papier couché, sans être parfait, ne présente pas, à première vue, des défauts par trop saillants. Mais il y aurait lieu de faire une étude à part sur l'uniformité de sur-

face. En ce qui concerne le noir de fumée, tout en paraissant, à l'œil nu, admirable de finesse (lorsque la couche est convenablement faite), il faut avouer qu'il prend, sous le microscope, une tout autre apparence, et que les particules de suie entraînées par la plume troublent parfois gravement les tentatives de délimitation, et peuvent même les rendre virtuellement impossibles.

Il reste le frottement, mais nous allons, si vous le voulez bien, ami lecteur, escamoter cette question et, de crainte de voir s'écrouler sur nous tout l'édifice kymographique, nous cacher la tête dans le sable, à la manière de la prudente autruche. Ici quelques mesures d'une marche triomphale frappent mon oreille inquiète : ce sont MM. Rosset, Lioret, Struycken & C<sup>ie</sup> qui entonnent leur petit chant de victoire. Nous allons les tranquiliser d'un seul mot : tous les défauts, ci-dessus signalés, des anciens procédés d'inscription (— totalement désuets, cela va sans dire —), sauf celui du frottement (dont, à sérieusement parler, l'importance ne doit pas être exagérée outre mesure), se retrouvent, multipliés par quarante, dans les procédés d'enregistrement par la photographie, où il ne peut même pas être question d'examen microscopique (ni d'aucune autre étude de détail), vu la grossièreté, l'imprécision et la grisaille des tracés. C'est l'unique raison pour laquelle je n'ai pu m'en occuper dans la présente étude. Qu'on tâche de les perfectinnner; de prendre, par exemple, l'inscription sur film transparent, en vue de la projection.<sup>1</sup> Alors nous en reparlerons.

Sans nous attarder plus longtemps à discuter des généralités, nous prendrons maintenant des exemples concrets, et les difficultés pratiques que nous éprouverons pour les analyser nous fourniront l'occasion de faire des objections de détail, qui, prises dans leur ensemble, feront paraître bien relative la précision des méthodes d'inscription actuellement usitées.

Voici, pour commencer, un fragment de tracé, obtenu sur un kymographe phonétique portatif, fourni par Montalbetti (Paris)

1. Ceci, on a déjà dû le faire, mais je ne crois pas que les résultats aient été publiés. Il faudra forcer les contrastes; sans cela, on ne distinguera rien de net. Je ne sais pas ce que la projection donnera dans l'avenir. Mes essais avec des kymographies sur surface transparente ne m'en ont pas laissé une impression bien favorable.

au Laboratoire de Phonétique de l'Institut d'Estudis Catalans (Barcelone).<sup>1</sup>

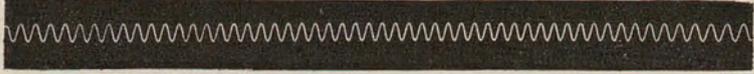


Fig. 1

Le diapason employé est de 100 vd., à entretien électrique, et a été construit par Zimmermann (Leipzig). Il est entretenu par une pile sèche Británica de la Sociedad Anglo-Española de Electricidad (Barcelone). La plume est en gélatine.

Ce qui saute aux yeux tout d'abord est le fait que certaines vibrations paraissent plus étroites que d'autres; et, en effet, en prenant des mesures approximatives, au moyen d'un décimètre gradué en dixièmes de millimètre, on constate aisément des écarts notables, selon qu'on examine les vibrations du commencement, du milieu, ou de la fin de l'exemple. Mais il est évident que cette méthode grossière ne peut servir que pour s'assurer qu'on n'est pas victime d'une illusion optique, en jugeant les vibrations inégales. Les différences qu'on vient de deviner à l'œil nu devront être déterminées avec plus de précision sous le microscope. Mesurées ainsi, les écarts entre les diverses vibrations de l'exemple ci-dessus deviennent fort sensibles. Pour s'en rendre nettement compte, on les examine avec un grossissement relativement faible, ce qui permet d'en embrasser plusieurs à la fois, et à l'aide d'un micromètre oculaire, qui fournit le moyen de prendre des mesures exactes.

1. Je voudrais ici remercier l'Institut d'Estudis Catalans pour l'excellent accueil que j'ai trouvé dans toutes ses sections, et pour les facilités de travail généreusement mises à ma disposition, tant au Laboratoire de Phonétique qu'à la Bibliothèque de Catalogne. Cette dernière est déjà l'une des meilleures d'Espagne et fait constamment de nouvelles acquisitions. Il en est de même du laboratoire, qui, grâce à l'initiative éclairée de son énergique directeur, aussi habile administrateur que savant phonéticien, perfectionne sans cesse son outillage technique, selon les données les plus modernes de la science. Un peu à l'étroit dans son local actuel, ce petit laboratoire modèle prendra un nouvel essor, lorsqu'il disposera de plus d'espace matériel, et, libéralement soutenu par la représentation nationale, deviendra sans doute le premier de la région méditerranéenne — nouvelle gloire dont s'enorgueillira la Catalogne, si riche déjà en institutions consacrées aux progrès de l'esprit.

Sans vouloir entrer ici en détail dans la technique (— moins simple qu'on ne pourrait la juger de prime abord —) de la micrométrie kymographique, on ne peut guère passer sous silence l'obstacle qui se présente d'emblée, dès qu'on essaie de prendre des mesures sur un tracé aux contours sinusoïdaux, comme les diapasons en donnent souvent. En effet, comment mesurer une vibration, alors qu'on ne saurait déterminer exactement où elle commence et où elle finit? La difficulté semble pouvoir se résoudre de plusieurs façons. Ici nous nous contenterons de rappeler la plus simple et la plus évidente, qui paraît, du reste, suffire, chaque fois que l'amplitude des vibrations est notable, que les vibrations ne sont pas trop étirées, qu'elles se déroulent autour d'une droite, et qu'il n'est pas question d'atteindre une très rigoureuse précision: on considère comme point final de chaque vibration, et point initial de la suivante, l'endroit où la courbe vibratoire se trouve croisée par son axe transversal. Ceci s'applique aux vibrations simples; s'il s'agit de mesurer des vibrations doubles, on ne tient compte que des points impairs de la série. L'axe en question ne paraît pas difficile à trouver, lorsqu'il s'agit d'une suite rectiligne de vibrations symétriques: on trace une ligne à travers la série, en s'assurant que les sommets des vibrations se trouvent également distribués des deux côtés de l'axe. Comme il est souvent peu commode ou désirable de tracer cette ligne matériellement sur la graphie même, on peut avoir recours à des procédés spéciaux, dont la description nous entraînerait trop loin ici, mais que nous indiquerons ailleurs. En prenant les mesures des exemples suivants, nous nous sommes abstenus de tracer l'axe sur les graphies. Le lecteur désireux de vérifier nos calculs pourra y suppléer en traçant lui-même cette ligne.

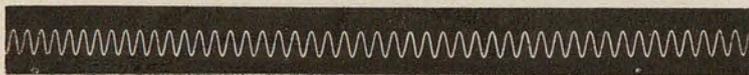


Fig. 2

Voici (fig. 2) un fragment de graphie du même diapason que celui qui a fourni la fig. 1, avec les mesures observées au moyen du

micromètre oculaire et d'un microscope Leitz (Wetzlar), type IIb. <sup>1</sup>

(Les chiffres indiquent des millièmes de millimètre.)

Vd.		Vd.		Vd.		Vd.	
N <sup>o</sup>	Longueur						
1	1 850 $\mu$	13	1 985 $\mu$	25	2 195 $\mu$	37	2 125 $\mu$
2	1 835 $\mu$	14	2 025 $\mu$	26	2 150 $\mu$	38	2 135 $\mu$
3	1 840 $\mu$	15	2 055 $\mu$	27	2 170 $\mu$	39	2 150 $\mu$
4	1 850 $\mu$	16	2 100 $\mu$	28	2 160 $\mu$	40	2 125 $\mu$
5	1 870 $\mu$	17	2 115 $\mu$	29	2 160 $\mu$	41	2 140 $\mu$
6	1 850 $\mu$	18	2 150 $\mu$	30	2 160 $\mu$	42	2 125 $\mu$
7	1 860 $\mu$	19	2 150 $\mu$	31	2 160 $\mu$	43	2 125 $\mu$
8	1 860 $\mu$	20	2 160 $\mu$	32	2 160 $\mu$	44	2 115 $\mu$
9	1 885 $\mu$	21	2 170 $\mu$	33	2 150 $\mu$	45	2 115 $\mu$
10	1 895 $\mu$	22	2 160 $\mu$	34	2 150 $\mu$	46	2 110 $\mu$
11	1 950 $\mu$	23	2 160 $\mu$	35	2 150 $\mu$	47	2 115 $\mu$
12	1 985 $\mu$	24	2 180 $\mu$	36	2 140 $\mu$		

Enfin, autre fragment, obtenu au moyen des mêmes appareils et observé dans les mêmes conditions.



Fig. 3

Vd.		Vd.		Vd.		Vd.	
N <sup>o</sup>	Longueur						
1	1 895 $\mu$	14	1 825 $\mu$	27	1 790 $\mu$	40	1 930 $\mu$
2	1 895 $\mu$	15	1 825 $\mu$	28	1 800 $\mu$	41	1 940 $\mu$
3	1 895 $\mu$	16	1 840 $\mu$	29	1 815 $\mu$	42	1 975 $\mu$
4	1 885 $\mu$	17	1 790 $\mu$	30	1 825 $\mu$	43	2 010 $\mu$
5	1 895 $\mu$	18	1 840 $\mu$	31	1 800 $\mu$	44	2 010 $\mu$
6	1 870 $\mu$	19	1 780 $\mu$	32	1 800 $\mu$	45	2 070 $\mu$
7	1 880 $\mu$	20	1 780 $\mu$	33	1 825 $\mu$	46	2 090 $\mu$
8	1 870 $\mu$	21	1 850 $\mu$	34	1 825 $\mu$	47	2 125 $\mu$
9	1 860 $\mu$	22	1 755 $\mu$	35	1 840 $\mu$	48	2 150 $\mu$
10	1 840 $\mu$	23	1 800 $\mu$	36	1 870 $\mu$	49	2 185 $\mu$
11	1 850 $\mu$	24	1 825 $\mu$	37	1 870 $\mu$	50	2 210 $\mu$
12	1 840 $\mu$	25	1 755 $\mu$	38	1 885 $\mu$	51	2 215 $\mu$
13	1 840 $\mu$	26	1 825 $\mu$	39	1 905 $\mu$		

1. Obligationnement mis à ma disposition par le Dr. L. González, Directeur de l'Institut d'Hygiène d'Alicante.

Voilà donc des résultats concrets. Cherchons les conclusions qu'on peut en tirer. La plus frappante, de prime abord, c'est que les écarts extrêmes (maximum et minimum) paraissent bien considérables pour une si courte durée, — soit une demi-seconde environ pour chaque figure. Dans le premier exemple il est évident qu'il y a ralentissement de la surface d'inscription dès le premier tiers de la figure; dans le second, il y a, d'une manière générale, accélération dans la première moitié du tracé, puis ralentissement, qui devient très prononcé vers la fin. On trouve des successions de vitesses d'une variété infinie, en examinant des fragments divers d'une même feuille kymographique. Le temps dont nous disposons nous oblige à nous contenter des exemples précédents, choisis au hasard parmi beaucoup de tracés des mêmes appareils.

Voyons maintenant quels sont les intervalles auxquels correspondent ces différences de longueur. Tenons-nous en à une seule de ces périodes de demi-seconde, par exemple à celle de la fig. 3. En parcourant le tableau des mesures, nous voyons que la 25<sup>me</sup> vd. = 1 755  $\mu$ , et que la 51<sup>me</sup> vd. = 2 215  $\mu$ . La différence est de 460  $\mu$ . La moyenne entre ces deux extrêmes sera de 1 985  $\mu$ . En supposant, pour l'instant, que ce soit là la vitesse normale de déplacement du cylindre, nous aurons : 198 500  $\mu$  = 100 vd. = 1 seconde. Que vaudraient, d'après cette norme, 1 755  $\mu$ ? Réponse : 226 vd. à la seconde, environ le *si*<sub>2</sub>. Et 2 215  $\mu$ ? Réponse : 179 vd., environ le *fa*<sub>2</sub>. Écart entre les deux : une quarte. Il n'est guère besoin d'insister sur l'inutilité de chercher ici une vitesse moyenne, pouvant servir de base pour la détermination *grosso modo* de l'intonation. À moins qu'il ne s'agisse uniquement de savoir à quelle *octave* appartient un son donné (— c. à d. de décider si l'on a affaire à une basse ou à un soprano —), les déductions qu'on peut tirer de pareils calculs sont nulles.

Mais, dira-t-on, il reste toujours la ressource de se prévaloir de la simultanéité des inscriptions (— diapason et phénomène sonore étudié —) pour établir, à chaque instant, la relation qui existe entre elles. Fort bien; seulement, ici se présente une nouvelle difficulté. (Nous passons sous silence l'énorme augmentation de travail dans les observations et les calculs.) Comment

faire concorder exactement une vibration du diapason avec une vibration, ou un groupe de vibrations, du son étudié? Sauf miracle, cette concordance ne se produit jamais, de sorte qu'on en est réduit à apprécier, d'une façon empirique et des plus approximatives, les correspondances entre diapason et son étudié. Comme il s'agit généralement de durées qu'il y a lieu de multiplier par 50 ou 100, pour en déduire la fréquence par seconde, il est évident que l'approximation est justement ce qu'il faudrait pouvoir éviter. La quasi-nécessité de n'embrasser qu'un petit groupe de vibrations à la fois provient surtout de ce que la plupart des sons, et notamment ceux du langage, se maintiennent rarement à une hauteur strictement constante pendant un laps de temps un peu notable, sans compter que, si le tracé du diapason varie, lui aussi, sans cesse, toute possibilité d'embrasser, dans un même calcul, une section plus étendue des tracés disparaît *ipso facto*.

Il y aurait donc un grand intérêt à n'enregistrer que sur kymographes dont le mouvement resterait strictement régulier pendant la durée de l'expérience au moins, le tracé du diapason ne servant, dans ce cas, qu'à déterminer la vitesse de l'appareil au moment de commencer l'inscription. Cette vitesse une fois connue, il n'y aurait plus à recourir à ces continuelles comparaisons entre diapason et son étudié, aussi fastidieuses que stériles. De tels kymographes existent-ils? Je l'ignore, mais, en tout cas, il y a sensiblement mieux, au point de vue de la régularité, que le petit appareil Montalbetti qui nous a fourni nos exemples jusqu'ici, et qui est manifestement peu utilisable pour des études sur l'intonation.

Les exemples qui suivent ont été enregistrés sur un appareil plus grand, construit par Teinturier (Paris), et fourni par Montalbetti au Laboratoire de Phonétique de l'Université de Montpellier. Le diapason utilisé est de 200 vd. par seconde (— à l'octave, par conséquent, de celui qui a donné les tracés précédents—) et a été construit par L. Landry, élève de R. Kœnig (Paris). Il porte une plume souple en gélatine, n'exerçant qu'une pression relativement faible sur la surface d'inscription. Il est entretenu électriquement par deux piles Leclanché.

La vitesse à laquelle ont été enregistrés les exemples suivants

étant un peu moindre que celle de l'appareil précédent, et le diapason vibrant deux fois plus vite que l'autre, il en résulte que la forme des tracés diffère aussi. Au lieu d'être sinusoïdale, elle est nettement angulaire. D'où la possibilité de mesurer les vibrations en prenant leurs sommets comme points de repère. On peut suivre soit les crêtes d'en haut, soit celles d'en bas.

Les mesures que nous avons prises ainsi l'ont été avec autant de précision que possible, — précision relative, cependant, car lorsqu'il s'agit, non plus d'indiquer d'une façon générale la méthode à suivre, mais de l'appliquer à des cas concrets, les difficultés pratiques surgissent aussitôt.

Nous venons de dire que les vibrations des tracés que nous allons étudier ont une forme nettement angulaire, ce qui est vrai à l'œil nu, et même, dans un certain sens, sous le microscope, mais quelques éclaircissements supplémentaires s'imposent, à ce sujet. Une vibration prise dans un tracé comme le suivant



Fig. 4

présente, sous le microscope, un contour de ce genre-ci :

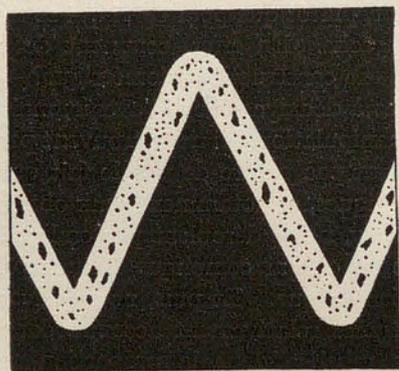


Fig. 5

c.-à.-d. que, dans beaucoup de cas, le tracé prend une forme angulaire du côté intérieur de chaque crête, et courbe du côté extérieur. L'unique point de repère précis pour l'œil paraît être le sommet de l'angle interne, assez acceptable peut-être, si les vibrations conservaient toujours une forme à peu près symétrique. Mais le tracé présente parfois l'apparence que voici :

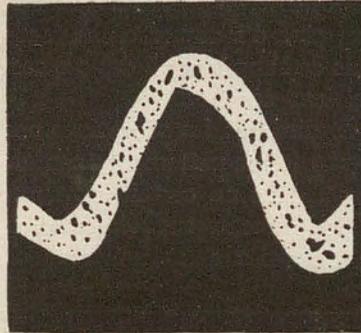


Fig. 6

Doit-on, dans ce cas, considérer le sommet angulaire interne comme véritable point culminant de la vibration. Évidemment, non. Il n'y a, dira-t-on, qu'à prendre un point idéal au milieu du sommet externe. Parfaitement, mais en pratique on ne sait jamais se décider pour un point, plutôt que pour celui qui se trouve légèrement à droite ou à gauche. En effet, comment déterminer le point culminant, sans une construction géométrique? — solution qui ne sera peut-être pas à dédaigner pour l'avenir, mais qui présuppose des moyens de manipulation qui ne se trouvent pas réalisés actuellement. Il ne faut pas perdre de vue le fait que la plupart des tracés kymographiques, et notamment ceux obtenus au moyen de tambours de Marey, ne se déroulent pas en ligne même approximativement droite, ce qui complique beaucoup l'application de tout procédé géométrique. Et puis, nous n'avons examiné jusqu'ici que des tracés relativement accommodants, mais voyons quelques formes rebelles, dont la proportion est considérable. Ce sont de gros grains de suie, entraînés par la plume, qui ont tronqué la crête de la dernière vibration de la fig. 7, et qui em-

pêchent tout-à-fait de trouver le point culminant, tâche qui n'est guère plus aisée dans les autres exemples, vu l'asymétrie des formes, qui ne sont nullement exceptionnelles.

Pratiquement, cependant, nous devons pour l'instant nous rabattre, dans la plupart des cas, sur les angles internes comme points de repère, comptant sur les compensations qui doivent bien se produire, et à juste titre lorsqu'il s'agit de toute une série de vibrations, mais avec moins de raison quand il est question de petits groupes. Le risque d'erreur s'accroît au fur et à mesure que le nombre de vibrations embrassées dans un même calcul diminue. Moins on examine de vibrations à la fois, moins il y a de chances de rencontrer des points de repère sûrs. En outre, toute erreur d'appréciation se trouvera répartie sur un nombre d'éléments moindre. Par exemple, une erreur de  $\frac{1}{50}$ e (qui se commet aisément, en essayant de délimiter une vibration isolée), multipliée par 200 (— comme il y aurait lieu de le faire dans le cas du diapason Landry —), équivaut à 4 vd. d'écart par seconde; et, l'erreur pouvant se produire aussi bien dans un sens que dans l'autre, on peut parfaitement trouver 204 vd. pour un diapason de 200 vd. et le même chiffre pour un autre diapason de 208 vd., bien que l'écart réel entre eux soit d'environ un tiers de ton. Aussi, je mesure les vibrations du diapason Landry par groupes de 2 vd.

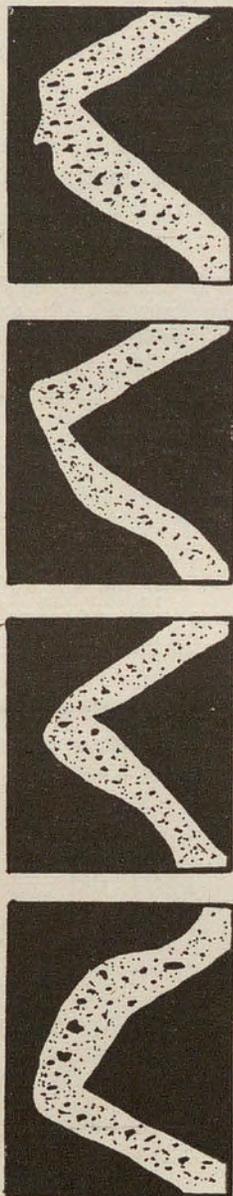


Fig. 7

au moins. Ceci a l'avantage, non seulement de réduire quelque peu les probabilités d'erreurs d'appréciation (inévitables en micrométrie), mais également de permettre, dans une certaine mesure, aux compensations matérielles de s'établir. Mieux vaut encore embrasser un nombre plus considérable de vibrations (4, 6, 8), à condition qu'on sache par expérience que la vitesse de déplacement de la surface d'inscription ne varie pas, à chaque instant, dans l'appareil dont on dispose, et que le son examiné conserve une hauteur fixe pendant la durée du groupe de vibrations étudié. Toutefois, avec les microscopes biologiques courants, il arrive souvent que leur champ restreint ne permet pas, même avec de faibles grossissements, d'embrasser des groupes un peu étendus.

La graphie de la fig. 8 a donc été mesurée par groupes de 2 vd., et en prenant, autant que possible, les angles internes des vibrations comme points de repère. Afin de permettre une comparaison entre les divers modes de repérage, pour tenter un contrôle d'une méthode par l'autre (en vue de trouver une moyenne se rapprochant de la vérité), et pour s'assurer que les différences apparentes ne proviennent pas uniquement d'erreurs d'appréciation, mais bien de variations réelles dans la vitesse de déplacement de la surface d'inscription, les mesures ont été prises, d'abord, au sommet des vibrations, puis à la base, et, enfin, en suivant l'axe transversal, — ligne idéale, équidistante du sommet et de la base, et non figurée dans l'exemple.

Groupe (2 vd.) N°	Longueur (Base)	Longueur (Axe)	Longueur (Sommet)
1	1 595 $\mu$	1 570 $\mu$	1 595 $\mu$
2	1 615 $\mu$	1 615 $\mu$	1 610 $\mu$
3	1 615 $\mu$	1 610 $\mu$	1 605 $\mu$
4	1 630 $\mu$	1 640 $\mu$	1 615 $\mu$
5	1 615 $\mu$	1 610 $\mu$	1 615 $\mu$
6	1 610 $\mu$	1 615 $\mu$	1 615 $\mu$
7	1 630 $\mu$	1 630 $\mu$	1 640 $\mu$
8	1 615 $\mu$	1 615 $\mu$	1 615 $\mu$
9	1 625 $\mu$	1 640 $\mu$	1 630 $\mu$
10	1 650 $\mu$	1 630 $\mu$	1 625 $\mu$
11	1 640 $\mu$	1 625 $\mu$	1 615 $\mu$

Groupes (2 vd ) N°	Longueur (Base)	Longueur (Axe)	Longueur (Sommet)
12	I 615 μ	I 640 μ	I 640 μ
13	I 640 μ	I 640 μ	I 630 μ
14	I 640 μ	I 625 μ	I 615 μ
15	I 640 μ	I 640 μ	I 625 μ
16	I 640 μ	I 640 μ	I 640 μ
17	I 615 μ	I 640 μ	I 615 μ
18	I 625 μ	I 640 μ	I 615 μ
19	I 615 μ	I 615 μ	I 615 μ
20	I 615 μ	I 615 μ	I 610 μ
21	I 615 μ	I 610 μ	I 610 μ
22	I 615 μ	I 615 μ	I 595 μ
23	I 595 μ	I 615 μ	I 595 μ
24	I 610 μ	I 605 μ	I 595 μ
25	I 605 μ	I 585 μ	I 595 μ
26	I 605 μ	I 610 μ	I 610 μ
27	I 595 μ	I 610 μ	I 605 μ
28	I 615 μ	I 610 μ	I 615 μ
29	I 610 μ	I 610 μ	I 605 μ
30	I 610 μ	I 610 μ	I 595 μ
31	I 610 μ	I 615 μ	I 615 μ
32	I 605 μ	I 595 μ	I 605 μ
33	I 625 μ	I 650 μ	I 625 μ
34	I 615 μ	I 615 μ	I 580 μ
35	I 615 μ	I 615 μ	I 640 μ
36	I 630 μ	I 640 μ	I 640 μ
37	I 615 μ	I 640 μ	I 605 μ
38	I 615 μ	I 625 μ	I 640 μ
39	I 625 μ	I 655 μ	I 625 μ
40	I 615 μ	I 615 μ	I 615 μ
41	I 655 μ	I 655 μ	I 640 μ
42	I 630 μ	I 615 μ	I 630 μ
43	I 640 μ	I 655 μ	I 640 μ
44	I 630 μ	I 655 μ	I 630 μ
45	I 640 μ	I 655 μ	I 655 μ
46	I 665 μ	I 665 μ	I 640 μ
47	I 665 μ	I 665 μ	I 655 μ
48	I 655 μ	I 665 μ	I 655 μ
49	I 655 μ	I 655 μ	I 630 μ
50	I 655 μ	I 665 μ	I 665 μ
51	I 650 μ	I 655 μ	I 640 μ
52	I 640 μ	I 640 μ	I 650 μ

On constate qu'il y a, d'une façon générale, quelque concordance, en ce sens que les chiffres ont une tendance à monter, ou à baisser, à peu près ensemble dans les trois colonnes, mais, d'autre part, les fréquentes différences secondaires, entre les diverses mesures d'une même vibration, démontrent combien il est difficile d'arriver à une appréciation juste des détails d'un tracé obtenu par cette méthode, et combien est relative la valeur de chiffres qu'on pourrait croire de haute précision. En additionnant, dans l'une ou l'autre des colonnes ci-dessus, les valeurs d'un certain nombre de vibrations, et en en prenant la moyenne, pour la comparer à celle d'un autre groupe similaire suivant ou précédant la première, on démontre aisément que la vitesse de déplacement de la surface d'inscription a varié, mais dans des proportions autres que ne le feraient croire les mesures de détail, trompeuses, malgré le soin et la précision avec lesquels elles ont été déterminées.

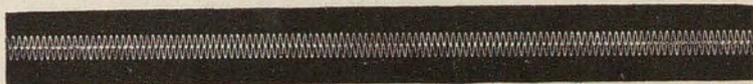


Fig. 9

Voici maintenant (fig. 9) une démonstration à l'œil nu du manque de régularité dans l'inscription de deux lignes juxtaposées de tracés d'un même diapason, exécutés à un intervalle d'un tour de cylindre, soit 4 secondes environ. Que penser d'un mouvement rotatoire de cylindre qui ne reste pas constant d'un tour à l'autre? Et qu'en dira-t-on, si l'on constate qu'il varie d'un centimètre (c. à d. d'un seizième de seconde) à l'autre? En examinant ce tracé à l'œil nu, on voit que, tandis que dans les 2 premiers cm. les vibrations sont à cheval l'une sur l'autre, dans les 3<sup>me</sup> et 4<sup>me</sup> cm. il y a concordance plus ou moins exacte, qu'au 5<sup>me</sup> il y a de nouveau divergence, qui disparaît dans les 6<sup>me</sup> et 7<sup>me</sup> cm., pour reparaître au courant du 8<sup>me</sup>, s'accroissant ensuite dans le 9<sup>me</sup>.

La fig. 10 montre un autre exemple pris sur la même feuille kymographique : il a fait l'objet d'une étude micrométrique, dont le tableau suivant indique les résultats.

Fig. 8



Fig. 10



Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14



N. B. — Les tracés des fig. 8, 10, 11, 12, 13, 14 ne sont reproduits ici qu'à seule fin que le lecteur puisse se rendre compte de leur allure générale. La photographie ci-dessus ne saurait, en effet, être utilisée en vue d'un contrôle rigoureux des mesures trouvées. Non-seulement ces tracés ont-ils éprouvé de sérieuses altérations, au cours de vaines tentatives de reproduction par d'autres procédés, mais il y a, dans la méthode de copie qui a dû finalement être adoptée, une source d'écarts notables. La fig. 8 est particulièrement inexacte.



Groupe (2 vd.) N <sup>o</sup>	Tracé Supérieur		Tracé Inférieur	
	(Base)	(Sommet)	(Base)	(Sommet)
0	(825)	—	—	—
1	I 615 $\mu$	I 650 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$
2	I 640 $\mu$	I 630 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$
3	I 640 $\mu$	I 630 $\mu$	I 640 $\mu$	I 665 $\mu$
4	I 640 $\mu$	I 650 $\mu$	I 645 $\mu$	I 655 $\mu$
5	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$
6	I 630 $\mu$	I 640 $\mu$	I 655 $\mu$	I 640 $\mu$
7	I 655 $\mu$	I 640 $\mu$	I 655 $\mu$	I 640 $\mu$
8	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$	I 645 $\mu$	I 640 $\mu$
9	I 630 $\mu$	I 640 $\mu$	I 630 $\mu$	I 640 $\mu$
10	I 630 $\mu$	I 625 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$
11	I 615 $\mu$	I 625 $\mu$	I 630 $\mu$	I 630 $\mu$
12	I 650 $\mu$	I 625 $\mu$	I 615 $\mu$	I 625 $\mu$
13	I 625 $\mu$	I 625 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$
14	I 625 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$	I 610 $\mu$
15	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$
16	I 630 $\mu$	I 615 $\mu$	I 625 $\mu$	I 615 $\mu$
17	I 610 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$
18	I 615 $\mu$	I 625 $\mu$	I 610 $\mu$	I 615 $\mu$
19	I 605 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$	I 625 $\mu$
20	I 605 $\mu$	I 605 $\mu$	I 610 $\mu$	I 610 $\mu$
21	I 615 $\mu$	I 630 $\mu$	I 610 $\mu$	I 615 $\mu$
22	I 605 $\mu$	I 605 $\mu$	I 610 $\mu$	I 610 $\mu$
23	I 595 $\mu$	I 585 $\mu$	I 585 $\mu$	I 610 $\mu$
24	I 615 $\mu$	I 625 $\mu$	I 595 $\mu$	I 595 $\mu$
25	I 610 $\mu$	I 605 $\mu$	I 595 $\mu$	I 610 $\mu$
26	I 615 $\mu$	I 595 $\mu$	I 605 $\mu$	I 595 $\mu$
27	I 625 $\mu$	I 615 $\mu$	I 595 $\mu$	I 595 $\mu$
28	I 640 $\mu$	I 650 $\mu$	I 610 $\mu$	I 610 $\mu$
29	I 625 $\mu$	I 615 $\mu$	I 610 $\mu$	I 610 $\mu$
30	I 665 $\mu$	I 680 $\mu$	I 655 $\mu$	I 640 $\mu$
31	I 665 $\mu$	I 665 $\mu$	I 655 $\mu$	I 650 $\mu$
32	I 665 $\mu$	I 685 $\mu$	I 665 $\mu$	I 640 $\mu$
33	I 650 $\mu$	I 650 $\mu$	I 655 $\mu$	I 665 $\mu$
34	I 655 $\mu$	I 655 $\mu$	I 655 $\mu$	I 665 $\mu$
35	I 655 $\mu$	I 655 $\mu$	I 655 $\mu$	I 655 $\mu$
36	I 665 $\mu$	I 665 $\mu$	I 665 $\mu$	I 650 $\mu$
37	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$	I 615 $\mu$	I 640 $\mu$
38	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$	I 615 $\mu$
39	I 650 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$
40	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$
41	I 640 $\mu$	I 640 $\mu$	I 625 $\mu$	I 640 $\mu$

Groupe (2 vd.) N°	Tracé Supérieur		Tracé Inférieur	
	(Base)	(Sommet)	(Base)	(Sommet)
42	1 615 μ	1 640 μ	1 640 μ	1 640 μ
43	1 640 μ	1 640 μ	1 640 μ	1 615 μ
44	1 650 μ	1 630 μ	1 640 μ	1 615 μ
45	1 630 μ	1 640 μ	1 615 μ	1 615 μ
46	1 630 μ	1 615 μ	1 615 μ	1 615 μ
47	1 625 μ	1 615 μ	1 615 μ	1 615 μ
48	1 630 μ	1 625 μ	1 615 μ	1 625 μ
49	1 615 μ	1 615 μ	1 615 μ	1 610 μ
50	1 630 μ	1 615 μ	1 610 μ	1 605 μ
51	1 605 μ	1 595 μ	1 595 μ	1 610 μ
52	1 595 μ	1 615 μ	1 570 μ	1 595 μ
53	1 570 μ	1 570 μ	1 595 μ	1 595 μ
54	1 585 μ	1 570 μ	1 595 μ	1 605 μ
55	1 570 μ	1 595 μ	1 595 μ	1 570 μ
56	1 615 μ	1 595 μ	1 570 μ	1 605 μ
57	1 585 μ	1 595 μ	1 595 μ	1 570 μ
58	1 585 μ	1 595 μ	1 595 μ	1 595 μ
59	1 615 μ	1 630 μ	1 615 μ	1 595 μ
60	(820) μ	1 615 μ	(805) μ	1 615 μ

Les écarts maxima (qui sont les mêmes pour les quatre colonnes) atteignent, dans l'espace de quelques cm. — soit une fraction de seconde,  $\frac{1}{18}$ e (1 570 μ : 1 665 μ), c. à d. environ un demi-ton. Si, donc, on voulait prendre une valeur moyenne (par ex. 1 615 μ) et la considérer comme norme absolue équivalant exactement au centième de seconde, afin d'en faire une base de comparaison pour déterminer l'intonation d'un son quelconque inscrit simultanément avec le diapason, on s'exposerait, dans le court laps de temps représenté par le tracé de la fig. 10, — sans parler du risque d'appréciations erronées dans la micrométrie — à commettre une foule d'erreurs de l'ordre d'un quart de ton. Autrement dit, mieux vaudrait s'abstenir de tout calcul, les résultats devant forcément être entachés de nullité. Non seulement il ne pourrait être question de déterminations mathématiquement exactes, mais une oreille exercée fournirait, sans secours instrumental, des appréciations plus justes. Et il convient d'ajouter que les tracés que nous venons d'examiner se distinguent plutôt par leur régularité, par comparaison avec le rendement moyen

de cet appareil. Elles ont été faites dans des conditions relativement bonnes : ressort du moteur à moitié remonté; appareil en marche depuis plusieurs minutes; inscription au meilleur endroit de la surface, c. à. d. au beau milieu du cylindre; plume en gélatine aussi fine et aussi souple que nous avons pu la réaliser; courant électrique ni très fort ni très faible; surface de papier couché en bon état; enfumage soigné; fixage dans les meilleures conditions qui nous fussent connues.

Voici un autre tracé obtenu par des moyens un peu différents. La plume (en gélatine), au lieu d'être fixée directement sur le diapason, est portée par une paille attachée à l'une des branches. Il en résulte plus de souplesse et moins de frottement sur la surface d'inscription, — moins de pression surtout. De plus, la forme du tracé se trouve modifiée, et l'on obtient de véritables traits droits, comme points de repère d'une vibration à l'autre. Il est évident qu'on risque ainsi d'introduire dans le problème à résoudre un coefficient inconnu, celui de l'élasticité de la paille. Mais ne fait-on pas de même dans tous les calculs qui se rapportent aux inscriptions du son par le tambour de Marey, c. à. d. dans une notable partie de la phonétique expérimentale? Ce risque se trouve peut-être compensé par l'amoindrissement du frottement, qui, dans la méthode ordinaire d'inscription au moyen de la plume fixée directement sur le diapason, a bien des chances d'être un facteur de quelque importance, difficile à apprécier et peu constant. En tout cas, cette ligne droite et relativement mince que le diapason a tracé à chaque vibration de la fig. II est séduisante, à la fois par son élégance et par la précision de démarcation qu'elle permet facilement d'atteindre, même sous le microscope. Cet exemple donne les mesures suivantes:

Groupe (2 vd.)		Groupe (2 vd.)		Groupe (2 vd.)		Groupe (2 vd.)	
N°	Longueur	N°	Longueur	N°	Longueur	N°	Longueur
1	1 665 $\mu$	7	1 675 $\mu$	13	1 665 $\mu$	19	1 710 $\mu$
2	1 665 $\mu$	8	1 685 $\mu$	14	1 665 $\mu$	20	1 720 $\mu$
3	1 665 $\mu$	9	1 685 $\mu$	15	1 680 $\mu$	21	1 700 $\mu$
4	1 680 $\mu$	10	1 680 $\mu$	16	1 680 $\mu$	22	1 665 $\mu$
5	1 680 $\mu$	11	1 680 $\mu$	17	1 685 $\mu$	23	1 655 $\mu$
6	1 680 $\mu$	12	1 680 $\mu$	18	1 710 $\mu$	24	1 640 $\mu$

Groupe (2 vd.)		Groupe (2 vd.)		Groupe (2 vd.)		Groupe (2 vd.)	
N°	Longueur	N°	Longueur	N°	Longueur	N°	Longueur
25	1 655 $\mu$	34	1 675 $\mu$	43	1 695 $\mu$	51	1 615 $\mu$
26	1 655 $\mu$	35	1 640 $\mu$	44	1 665 $\mu$	52	1 610 $\mu$
27	1 685 $\mu$	36	1 615 $\mu$	45	1 640 $\mu$	53	1 625 $\mu$
28	1 685 $\mu$	37	1 650 $\mu$	46	1 615 $\mu$	54	1 640 $\mu$
29	1 695 $\mu$	38	1 640 $\mu$	47	1 615 $\mu$	55	1 630 $\mu$
30	1 685 $\mu$	39	1 665 $\mu$	48	1 605 $\mu$	56	1 685 $\mu$
31	1 700 $\mu$	40	1 710 $\mu$	49	1 605 $\mu$	57	1 685 $\mu$
32	1 695 $\mu$	41	1 675 $\mu$	50	1 615 $\mu$	58	1 665 $\mu$
33	1 680 $\mu$	42	1 685 $\mu$				

Voyons maintenant ce que donnent les anches libres qu'ébranle un courant d'air. Chacune des anches ayant servi aux expériences suivantes se trouvait contenu dans un petit tube ouvert aux deux extrémités. L'une de ces extrémités a été appliquée à la bouche et l'anche mise en vibration par le souffle humain. L'autre extrémité a été mise en communication, au moyen d'un tube en caoutchouc, avec un tambour de Marey muni d'une plume inscriptrice fine et souple. Les tableaux suivants montrent les mesures obtenues.

#### ANCHE I (fig. 12, 1<sup>re</sup> ligne)

Groupe (8 vd.)		Groupe (8 vd.)		Groupe (8 vd.)		Groupe (8 vd.)	
N°	Longueur	N°	Longueur	N°	Longueur	N°	Longueur
1	2 240 $\mu$	12	2 205 $\mu$	23	2 195 $\mu$	34	2 185 $\mu$
2	2 265 $\mu$	13	2 255 $\mu$	24	2 215 $\mu$	35	2 215 $\mu$
3	2 215 $\mu$	14	2 215 $\mu$	25	2 215 $\mu$	36	2 205 $\mu$
4	2 250 $\mu$	15	2 215 $\mu$	26	2 215 $\mu$	37	2 210 $\mu$
5	2 240 $\mu$	16	2 265 $\mu$	27	2 215 $\mu$	38	2 195 $\mu$
6	2 215 $\mu$	17	2 215 $\mu$	28	2 215 $\mu$	39	2 185 $\mu$
7	2 240 $\mu$	18	2 215 $\mu$	29	2 185 $\mu$	40	2 140 $\mu$
8	2 240 $\mu$	19	2 230 $\mu$	30	2 215 $\mu$	41	2 140 $\mu$
9	2 225 $\mu$	20	2 195 $\mu$	31	2 195 $\mu$	42	2 125 $\mu$
10	2 250 $\mu$	21	2 215 $\mu$	32	2 215 $\mu$	43	2 125 $\mu$
11	2 250 $\mu$	22	2 240 $\mu$	33	2 215 $\mu$	44	2 125 $\mu$

ANCHE II (fig. 12, 2<sup>e</sup> ligne)

Groupe (4 vd.) N <sup>o</sup>	Longueur						
1	1 615 μ	16	1 610 μ	31	1 605 μ	46	1 605 μ
2	1 625 μ	17	1 615 μ	32	1 610 μ	47	1 610 μ
3	1 625 μ	18	1 615 μ	33	1 610 μ	48	1 585 μ
4	1 615 μ	19	1 610 μ	34	1 580 μ	49	1 605 μ
5	1 625 μ	20	1 615 μ	35	1 605 μ	50	1 595 μ
6	1 615 μ	21	1 615 μ	36	1 585 μ	51	1 595 μ
7	1 615 μ	22	1 605 μ	37	1 605 μ	52	1 605 μ
8	1 615 μ	23	1 595 μ	38	1 595 μ	53	1 605 μ
9	1 610 μ	24	1 610 μ	39	1 580 μ	54	1 595 μ
10	1 615 μ	25	1 610 μ	40	1 605 μ	55	1 610 μ
11	1 615 μ	26	1 605 μ	41	1 595 μ	56	1 615 μ
12	1 610 μ	27	1 605 μ	42	1 585 μ	57	1 640 μ
13	1 610 μ	28	1 605 μ	43	1 605 μ	58	1 650 μ
14	1 615 μ	29	1 610 μ	44	1 595 μ	59	1 665 μ
15	1 615 μ	30	1 610 μ	45	1 595 μ	60	1 665 μ

ANCHE III (fig. 13)

Groupe (3 vd.) N <sup>o</sup>	Longueur						
1	1 940 μ	14	1 940 μ	27	1 930 μ	39	1 905 μ
2	1 940 μ	15	1 930 μ	28	1 910 μ	40	1 925 μ
3	1 940 μ	16	1 930 μ	29	1 905 μ	41	1 905 μ
4	1 940 μ	17	1 940 μ	30	1 915 μ	42	1 940 μ
5	1 930 μ	18	1 925 μ	31	1 910 μ	43	1 925 μ
6	1 930 μ	19	1 930 μ	32	1 925 μ	44	1 940 μ
7	1 940 μ	20	1 930 μ	33	1 910 μ	45	1 940 μ
8	1 925 μ	21	1 930 μ	34	1 910 μ	46	1 940 μ
9	1 940 μ	22	1 925 μ	35	1 895 μ	47	1 965 μ
10	1 940 μ	23	1 930 μ	36	1 915 μ	48	1 975 μ
11	1 925 μ	24	1 930 μ	37	1 925 μ	49	1 975 μ
12	1 940 μ	25	1 930 μ	38	1 905 μ	50	2 020 μ
13	1 915 μ	26	1 925 μ				

## ANCHE IV (fig. 14)

Groupe (2 vd.) N°	Longueur						
1	1 755 $\mu$	14	1 815 $\mu$	27	1 885 $\mu$	40	1 880 $\mu$
2	1 780 $\mu$	15	1 815 $\mu$	28	1 855 $\mu$	41	1 840 $\mu$
3	1 780 $\mu$	16	1 850 $\mu$	29	1 850 $\mu$	42	1 860 $\mu$
4	1 735 $\mu$	17	1 855 $\mu$	30	1 855 $\mu$	43	1 865 $\mu$
5	1 780 $\mu$	18	1 855 $\mu$	31	1 860 $\mu$	44	1 880 $\mu$
6	1 780 $\mu$	19	1 860 $\mu$	32	1 855 $\mu$	45	1 870 $\mu$
7	1 765 $\mu$	20	1 850 $\mu$	33	1 850 $\mu$	46	1 850 $\mu$
8	1 765 $\mu$	21	1 850 $\mu$	34	1 840 $\mu$	47	1 855 $\mu$
9	1 765 $\mu$	22	1 880 $\mu$	35	1 870 $\mu$	48	1 895 $\mu$
10	1 800 $\mu$	23	1 870 $\mu$	36	1 860 $\mu$	49	1 885 $\mu$
11	1 790 $\mu$	24	1 855 $\mu$	37	1 860 $\mu$	50	1 855 $\mu$
12	1 755 $\mu$	25	1 850 $\mu$	38	1 840 $\mu$	51	1 905 $\mu$
13	1 780 $\mu$	26	1 880 $\mu$	39	1 895 $\mu$	52	1 915 $\mu$

Les résultats ne diffèrent pas essentiellement de ceux que donnent les diapasons à branches, quoique les chances d'erreur dues à des causes multiples, et avant tout à l'irrégularité probable de la pression d'air, fussent plus grandes.

Ces dernières recherches ne font donc que confirmer nos conclusions précédentes, — à savoir, d'une part, que la délimitation exacte de petits groupes de vibrations (et, à plus forte raison, d'une seule vibration) est difficile et peu sûre, vu la grossièreté relative de nos procédés actuels d'inscription, et, d'autre part, que la vitesse de déplacement de la surface d'inscription est fort loin d'être constante dans les kymographes courants, circonstance qui entraîne une foule de conséquences funestes pour la précision des déterminations, sans compter l'énorme et futile labeur qu'elle implique, avec l'inévitable corollaire d'un temps précieux dépensé en pure perte.

À la première de ces objections il faudra remédier en cherchant de nouvelles méthodes d'inscription, permettant de trouver plus facilement des points de repère sûrs. Il faudra, pour le moins, disposer d'une surface d'inscription n'influant que peu

par elle-même sur la netteté des tracés, et surtout trouver le moyen de rendre les plumes beaucoup plus fines.

Quant au second et principal reproche que nous adressons aux appareils actuels, il cessera d'être mérité, dès que nous aurons le courage d'exiger des constructeurs un travail sérieux dans les parties essentielles du mécanisme. Nous nous laissons trop facilement séduire par le fini extérieur, qui flatte l'œil, tout en coûtant fort peu de chose au fabricant, auquel nous nous fions ensuite aveuglément pour ce qui concerne les éléments d'importance. En quoi nous avons tort, pour deux raisons. D'abord, parce que les constructeurs ne *savent* généralement pas ce qui est nécessaire; et, ensuite, parce que la plupart d'entre eux, se plaçant au point de vue affaires, n'ont qu'un but : fabriquer à bon compte, pour vendre très cher après. Je sais bien qu'il y a également le côté du constructeur, qui peut parfois perdre beaucoup de temps, dont il ne se trouve pas suffisamment rémunéré, sans compter que la vente des appareils est assez restreinte pour l'instant. Ce qui n'empêche que les conditions qu'on nous fait pour des appareils, au fond très simples, dont les éléments se trouvent dans l'industrie à des prix dérisoires, sont d'une flagrante impertinence.

Si les constructeurs nous exploitent aussi scandaleusement, c'est parce que nous sommes des citoyens de Laputa, de simples idéologues, dépourvus de tout sentiment de la réalité et de la valeur commerciale. Ces bons apôtres, qui nous ruinent et brisent notre essor (— car, enfin, il y a des limites aux ressources du laboratoire le mieux doté —), ont raison de croire qu'en vendant leurs médiocres mécaniques dix fois ce qu'elles valent ils nous laissent battus et contents. En effet, cela nous flatte de payer leurs prix de fantaisie : cela nous donne une haute idée de notre importance (— et aux autres, donc! —) quand nous pensons que nous employons des appareils se distinguant des vulgaires machines du commerce par leur coût excessif et leur mathématique PRÉCISION!

Je termine en souhaitant que cette petite excursion dans un domaine aride et ingrat puisse servir, d'une part, à mettre en garde contre l'exploitation née de notre risible candeur, et,

d'autre part, contribuer à dissiper le léger snobisme qui s'y rattache, — dangereux à plusieurs égards, et surtout parce qu'il peut influer sur les résultats purement scientifiques, en atrophiant chez nous le sens critique d'où naît tout progrès.

E. SUDDARD

Alicante, mars-avril 1917.