OVERSIGT OVER DET KGL. DANSKE VIDENSKABERNES SELSKABS
FORHANDLINGER. 1902. N° 3

QUELQUES REMARQUES SUR LES „*LOURS*“ (TROMPES) DE BRONZE CONSERVÉS AU MUSÉE NATIONAL DE COPENHAGUE

PAR

K. KROMAN

C'est un des trésors les plus précieux de notre Musée National que ces „lours“, ou trompes, qui datent de l'âge du bronze et ont par conséquent un passé de 3000 ans environ. Un certain nombre de ces instruments se trouvent encore utilisables, grâce à l'influence préservatrice de l'eau des tourbières dont ils ont été tirés; nous pourrions même nous avancer jusqu'à prétendre que plusieurs d'entre eux sont, à l'heure qu'il est, essentiellement dans le même état que lorsqu'ils quittèrent, il y a 3000 ans, l'atelier du fabricant. Le cas est unique. En dehors de ces lours, tout ce que nous possédons sur les instruments de musique de cette époque reculée se borne à des débris dont on ne saurait rien faire ou bien à des reproductions et à des descriptions imparfaites.

Cependant si j'ai eu l'idée d'entreprendre une étude plus approfondie de ces bronzes vénérables, l'intérêt qui m'y poussait n'était pas d'ordre archéologique; c'est au point de vue de la science musicale et de l'acoustique que je voudrais les examiner. Pour qui veut étudier la production du son dans les tuyaux cylindriques, coniques et autres, employés comme trompettes, c'est-à-dire de manière à produire le son au moyen des vibrations des lèvres, il reste encore à faire un bon nombre de recherches empiriques. Dans ces études, les instruments à vent modernes sont moins commodes à employer à cause de leur construction compliquée, tandis qu'il y a avantage à se servir, pour les expériences fondamentales, des lours en question qui sont essentiellement des tuyaux coniques réguliers.

Je me propose de donner ici un exposé sommaire de la théorie de la production du son dans des tuyaux de ce genre, théorie que j'appliquerai ensuite aux expériences effectuées avec les lours; enfin je tâcherai de caractériser ces derniers en tant qu'instruments de musique et de déterminer ce qu'ils nous apprennent sur le niveau musical du peuple qui les inventa.

Comme c'est le cas pour tant d'autres peuples primitifs, les Scandinaves de cette période ont sans doute commencé par employer de véritables cornes d'animaux, celles des bœufs, par exemple, comme instruments de musique. Ils se sont aperçus ensuite que leur matière ordinaire, le bronze, pouvait être utilisée pour en fabriquer d'autres encore plus grandes, plus belles et plus sonores; et du coup les lours se trouvèrent inventés. Probablement ils ont eu d'abord des formes plus courtes et plus évasées, imitant d'assez près le type naturel; plus tard ils se sont allongés et amincis, leurs courbures sont devenus plus fantastiques; tels les neuf exemplaires conservés au Musée et dont on peut encore tirer des sons. Dans ces exemplaires, le tuyau, qui atteint une longueur de 150—225^{cm}, présente en haut un diamètre intérieur de 0^{cm},5 à 0^{cm},8 et, en bas, un diamètre de 5—6^{cm}. La partie supérieure se termine par une embouchure adhérente; l'ouverture de la base est entourée d'une plaque essentiellement plane, en guise de pavillon. Le diamètre de cette plaque mesure jusqu'à 25^{cm}. Le tuyau conique, dont les parois sont épaisses de 0^{cm},10 à 0^{cm},15, est hardiment enroulé deux fois. Si on met l'instrument dans la position requise pour s'en servir, il décrit d'abord, à partir de l'embouchure, une ligne courbe presque horizontale et dirigée en avant, ensuite il se tourne à gauche (ou à droite) et en arrière en passant par-dessus l'épaule gauche (ou droite) de l'instrumentiste; de là il se porte obliquement en haut pour former une seconde courbure deux fois plus grande que la première et dirigée en avant de manière à venir présenter au-dessus de la tête du joueur de lour son ouverture et sa plaque de résonance également dirigées en avant. A un tiers environ de sa longueur, à partir du fond de l'embouchure, le lour peut être séparé en deux parties, celle du sommet s'emboîtant dans celle de la base sur une longueur de 4—5^{cm}, tandis qu'une espèce de fermoir, composé de deux anses reliées par une broche, empêche la rotation qui se produirait sans cela toutes les fois qu'on tiendrait l'instrument dans la position normale. Comme nous venons de l'indiquer, nos lours présentent deux formes symétriques, et nous pouvons ajouter qu'il suffira le plus souvent de regarder séparément la partie du sommet ou la partie de la base pour déterminer si elle a appartenu à un lour tourné à gauche ou bien à un lour tourné à droite.

Quels sont maintenant les sons qu'on pourra tirer d'un tel instrument? On sait que l'instrumentiste tient d'abord les lèvres serrées, puis il les force à s'écarter un instant en chassant par leur commissure une portion d'air. Mais, la pression diminuant, elles se referment, et si cette opération est répétée plusieurs fois de suite, un mouvement vibratoire s'établit. La vitesse de ces vibrations dépend de la longueur de la partie vibrante des lèvres, de la tension de cette partie, etc. Si le diamètre de l'embouchure est grand, il sera relativement facile de produire des vibrations lentes; s'il est petit, cette petitesse favorisera la production de vibrations plus rapides; mais tout en se servant d'une même embouchure, on pourra varier la vitesse dans une assez large mesure par une tension plus ou moins énergique des lèvres, et si l'instrumentiste réussit à produire un rythme vibratoire que l'instrument puisse conserver, il y aura résonance, et nous entendrons un des sons propres de l'instrument.

Pour déterminer quelles sont les vitesses vibratoires que l'instrument est fait pour conserver, nous pouvons procéder comme il suit:

Supposons que nous ayons une succession d'ondes sphériques élémentaires, c'est-à-dire des condensations et des dilatations alternatives de l'air produites selon une loi qui pourrait être représentée par une courbe du sinus, et se propageant avec une vitesse constante a, autour d'un point de départ commun O, comme des couches sphériques croissantes, l'excédent de densité μ, à la distance r, au temps t, sera alors déterminé par l'expression:

$$\mu = \frac{A}{r}\sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi r}{\lambda}\right) = \frac{A}{r}\sin(\alpha t - \beta r), \qquad (1)$$

dans laquelle A représente l'excédent de densité maximum à la distance 1 du centre; $\frac{A}{r}$ l'excédent maximum à la distance r où l'énergie du mouvement, qui est proportionnelle à A^2, a pris l'étendue d'une couche sphérique r^2 fois plus grande que la première; T la période (ou durée) de vibration; λ la longueur d'onde et, par conséquent, $\frac{a}{\lambda} = \frac{1}{T} = n$ le nombre vibratoire, tandis que α et β sont des expressions abrégées correspondant à $\frac{2\pi}{T}$ et à $\frac{2\pi}{\lambda}$ respectivement.

Supposons encore qu'une série d'ondes semblables arrive du dehors vers le centre et qu'elle présente au temps 0, à la distance r_1, une condensation naissante, et nous aurons pour l'excédent de densité total, à la distance r, au moment t, l'expression suivante:

$$\mu = \frac{A}{r}\sin(\alpha t - \beta r) + \frac{A}{r}\sin(\alpha t - \beta(r_1 - r)). \qquad (2)$$

Au moyen de la formule connue:

$$\sin p + \sin q = 2\sin\frac{p+q}{2}\cos\frac{p-q}{2},$$

l'expression (2) peut être transformée en:

$$\mu = \frac{2A}{r}\sin\left(at - \beta\frac{r_1}{2}\right)\cos\left(-\beta r + \beta\frac{r_1}{2}\right)$$

ou bien, en posant $2A = B$, $\beta\frac{r_1}{2} = \beta r_0 + \frac{\pi}{2}$ et en choisissant notre point de départ dans le temps de manière à faire disparaître la constante entre les premières parenthèses:

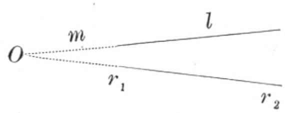
$$\mu = \frac{B}{r}\sin(\beta r - \beta r_0)\sin at. \tag{3}$$

Il s'ensuit que nous avons maintenant un excédent de densité qui changera proportionnellement au produit du sinus d'un angle augmentant avec le temps, par une quantité qui se trouvera constante pour chaque point considéré. C'est donc aux ondes *fixes* que nous avons affaire. Or des ondes approchant de ce type se formeront dans le tuyau conique.

Selon toute probabilité, les ondes qui parcourent le tuyau ne seront jamais simples ou pendulaires; mais puisque toute forme de vibration correspondant à un son musical peut être considérée comme étant composée de plusieurs vibrations pendulaires dont la plus lente et la plus énergique détermine la hauteur du son, tandis que les autres contribuent seulement à en déterminer le timbre, les formules ci-dessus nous suffiront jusqu'à nouvel ordre.

Une condensation, partie de l'embouchure, parcourra le tuyau en prenant la forme d'une onde sphérique, abstraction faite provisoirement des influences dues aux parois. Si l'ouverture du tuyau n'est pas trop large, l'onde y sera réfléchie sans perte considérable pour parcourir de nouveau le tuyau en sens inverse et être de nouveau réfléchie à l'embouchure; et supposé que les lèvres vibrent avec une vitesse qui favorise ce mouvement en lui donnant de l'énergie en compensation de celle qui se perd à la réflexion et au parcours du tuyau, des ondes fixes s'établiront dans le tuyau, et nous entendrons un de ses sons propres. Il nous faudra donc chercher les conditions nécessaires pour que le mouvement puisse devenir continu; nous les introduirons ensuite dans l'équation (3).

Il est clair d'abord qu'à l'orifice du tuyau s'ouvrant dans l'atmosphère l'excédent de densité se maintiendra toujours à zéro ou dans le voisinage immédiat de zéro.



Marquons par O le sommet du cône et par $r_1 r_2 = l$ le côté du tuyau; nous aurons alors

$$\mu_2 = \frac{B}{r_2} \sin(\beta r_2 - \beta r_0) \sin \alpha t = 0;$$

cette condition sera remplie si nous posons $r_0 = r_2$, et la formule générale s'écrira donc:

$$\mu = \frac{B}{r} \sin(\beta r - \beta r_2) \sin \alpha t.$$

En r_1, où s'opère la production active du son, μ atteindra au contraire son maximum (ou son minimum): il s'y établira un *nœud* de vibration. Nous introduisons cette condition en égalant à zéro la dérivée:

$$\frac{d\mu}{dr} = \left[\frac{B\beta}{r} \cos(\beta r - \beta r_2) - \frac{B}{r^2} \sin(\beta r - \beta r_2)\right] \sin \alpha t$$

pour $r = r_1$, d'où

$$\beta r_1 = \operatorname{tg}(\beta r_1 - \beta r_2) \tag{4a}$$

ou bien

$$\beta m = \operatorname{tg}(-\beta l) = \operatorname{tg}(k\pi - \beta l), \tag{4b}$$

où m désigne le côté du sommet (fictif) du cône, tandis que k est un nombre entier quelconque. Par cette dernière expression les sons du tuyau conique se trouvent déterminés[1].

[1] L'expression en question qui avait d'ailleurs déjà été obtenue par M. v. Helmholtz au moyen de deux procédés différents du nôtre, a une portée considérable. En permutant dans (4a) r_1 et r_2 nous arrivons à la formule du tuyau conique renversé. Et si nous prenons dans (4b) $m = \infty$ c'est la formule du tuyau cylindrique employé comme trompette qui en résultera. Enfin il s'ensuit de tout ce qui vient d'être dit que la formule doit être vraie encore, dans certaines limites, pour un tuyau quelconque pourvu qu'il soit de forme conique au voisinage de r_1.

L'équation (4) est de nature transcendante, mais il sera facile de la résoudre approximativement, et l'approximation pourra être aussi forte qu'on le voudra. Nous commencerons par nous faire une idée préalable de l'état des choses à l'aide des remarques suivantes:

$\beta m = \frac{2\pi}{\lambda} m$ étant en général une quantité peu considérable, surtout tant que nous nous en tenons aux sons plus graves où λ a sa plus grande valeur, $k\pi - \beta l$ pourra être considéré comme étant un angle de faible grandeur et pourra être égalé, approximativement, à sa propre tangente. Nous aurons alors:

$$\beta m = k\pi - \beta l,$$

$$\beta (m+l) = \frac{2\pi}{\lambda}(m+l) = k\pi,$$

$$\lambda = \frac{2(m+l)}{k} = \frac{a}{n}; \quad n = \frac{k \cdot a}{2(m+l)}; \quad k = 1, 2, \ldots \tag{5}$$

Le premier son du tuyau conique c'est-à-dire le son le plus grave, le son fondamental, aura donc une longueur d'onde égale à la double longueur du côté du cône, et les sons suivants auront des longueurs d'onde $= \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \ldots$ fois celle du son fondamental ou des nombres vibratoires $= 2, 3, 4, \ldots$ fois celui du son fondamental.

Ainsi se trouve établie la limite inférieure. La limite supérieure est plus vague. L'énergie vibratoire étant proportionnelle à n^2, elle dépendra essentiellement de l'excédent de densité qu'on pourra produire à r_1, et cet excédent, de son côté, sera essentiellement déterminé par l'étroitesse et la longueur du tuyau.

Les notes de l'échelle musicale correspondant aux nombres vibratoires relatifs que voici[1]:

Ceci trouvera son application dans les calculs relatifs aux instruments à vent modernes dont l'embouchure non adhérente présente un évidement conique.

[1] On sait que l'échelle des sons se divise en plusieurs octaves. Les notes de chaque octave sont ordinairement désignées comme nous l'avons indiqué ci-dessus; la notation danoise se trouve ici en parfait accord avec

C	D	E	F	G	A	(B)	H	c	d	....	c_1	d_1	....	c_2	d_2	....
ut_1	$ré_1$	mi_1	fa_1	sol_1	la_1	$(si_1\flat)$	si_1	ut_2	$ré_2$	....	ut_3	$ré_3$	....	ut_4	$ré_4$	....
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$(\frac{9}{5})$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{9}{4}$		4	$\frac{9}{2}$		8	9	

il nous sera facile de déterminer les sons qu'on pourra tirer d'un tuyau conique dont le son fondamental est C par exemple. Les 15 premiers seront:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	(6)
C	c	g	c_1	e_1	g_1	b_1^-	c_2	d_2	e_2	f_2^+	g_2	a_2^-	b_2^-	h_2	

On remarquera que la plupart de ces sons coïncident assez exactement avec les notes de la gamme. Toutefois, le 7[e] son du tuyau sera un b_1 un peu inférieur à celui de la gamme qui fait non pas 7 vibrations mais $\frac{36}{5}$ pendant que C en fait 1. De plus, le 11[e] son du tuyau fait 11 vibrations, pendant que f_2 de la gamme n'en fait que $\frac{32}{3}$; le 13[e] son du tuyau en a 13, pendant que a_2 de la gamme en a $\frac{40}{3}$, et le 14[e] son du tuyau en a 14 au lieu de $\frac{72}{5}$.

Mais abstraction faite de ces petites inexactitudes nous pouvons classer comme il suit, par octaves, les sons du tuyau:

$$
\begin{array}{llllllll}
C \\
c & g \\
c_1 & e_1 & g_1 & b_1 \\
c_2 & d_2 & e_2 & f_2 & g_2 & a_2 & b_2 & h_2
\end{array}
$$

et en exprimer la loi générale en nous servant des dénominations musicales courantes:

La première octave du tuyau conique est représentée par la tonique; la seconde, par la tonique et la quinte; la troisième, par la tonique, la tierce majeure, la quinte et la septième

celle usitée en Angleterre et en Allemagne. Le nombre des vibrations de l'$a_1 = la_3$ ayant été fixé à 435 par seconde, on trouvera facilement au moyen des chiffres mis en regard le nombre vibratoire absolu de chaque note. Pour faciliter la compréhension de ce qui suit; nous ferons remarquer que le système moderne comprend en outre un certain nombre de sons. A C se rattachent *Ces* et *Cis* avec, respectivement, $\frac{24}{25}$ et $\frac{25}{24}$ fois le nombre des vibrations de C, et ainsi de suite. Il convient de faire observer que H mineure s'appelle B.

mineure; la quatrième par toute la gamme diatonique à laquelle vient encore s'ajouter la septième mineure. La question de savoir jusqu'où on pourra effectivement monter dans cette série, devra être résolue pour chaque cas particulier.

Le résultat précédent n'étant dû qu'à un premier calcul approché, nous allons entreprendre une solution plus exacte de l'équation (4) en écrivant

$$\beta m = \operatorname{tg}(k\pi - \beta l) = \beta l \frac{m}{l},$$

$$\frac{l}{m} = \frac{\beta l}{\operatorname{tg}(k\pi - \beta l)} = \frac{\omega \beta l}{\omega \operatorname{tg}(k \cdot 180^\circ - \omega \beta l)} = \frac{v}{\omega \operatorname{tg}(k \cdot 180^\circ - v)} \tag{7}$$

où ω représente le facteur de réduction connu $\frac{180}{\pi}$; v sera donc la grandeur, exprimée en degrés, de l'angle dont la longueur d'arc, le rayon étant 1, est βl. Si nous effectuons maintenant les calculs de la dernière expression de (7) en prenant d'abord $k = 1$ et en choisissant, pour ce cas, une série d'angles v_1 montant de degré en degré; en choisissant ensuite, pour $k = 2$, une autre série d'angles v_2, etc., nous aurons un certain nombre de valeurs représentant $\frac{l}{m}$, et si nous faisons entrer toutes ces valeurs dans une table comme celle dont nous donnons ci-contre une partie:

v_1	$\frac{l}{m}$	v_1	$\frac{l}{m}$	v_1	$\frac{l}{m}$	v_8	$\frac{l}{m}$	v_8	$\frac{l}{m}$	v_8	$\frac{l}{m}$
90	0.000	155	5.802	162	8.702	1350	0.000	1365	6.384	1372	9.675
120	1.209	156	6.115	163	9.305	1355	2.069	1366	6.836	1373	10.172
150	4.535	157	6.456	164	9.982	1360	4.185	1367	7.294	1374	10.677
151	4.755	158	6.825	165	10.748	1361	4.617	1368	7.758	1375	11.191
152	4.989	159	7.229	170	16.827	1362	5.053	1369	8.227	1380	13.906
153	5.241	160	7.672	175	34.912	1363	5.492	1370	8.703	1400	29.121
154	5.511	161	8.161	180	∞	1364	5.936	1371	9.185	1440	∞

cette table pourra nous servir à trouver par interpolation les v_1, v_2, etc. qui correspondent à chaque $\frac{l}{m}$ donné. Mais en désignant par d et D le petit et le grand diamètre d'un tuyau conique considéré, nous avons

$$\frac{l}{m} = \frac{D-d}{d} \tag{8}$$

et, après avoir trouvé au moyen de la table les valeurs v qui y correspondent, on aura encore:

$$v = \omega\beta l = \frac{180}{\pi}\,\frac{2\pi}{\lambda}\,l;$$

donc

$$\lambda = \frac{360\,l}{v} = \frac{a}{n}; \quad n = \frac{v \cdot a}{360\,l} \tag{9}$$

et, en particulier,

$$\lambda_1 = \frac{360\,l}{v_1}, \quad n_1 = \frac{v_1 a}{360\,l},$$

$$\lambda_2 = \frac{360\,l}{v_2}, \quad n_2 = \frac{v_2 a}{360\,l},$$

etc.

Il s'ensuit par exemple que

$$\frac{n_1}{v_1} = \frac{n_2}{v_2} = \frac{n_3}{v_3} \cdots\cdots = \frac{n_k}{v_k}. \tag{10}$$

Or la table nous donne par exemple, pour $\frac{l}{m} = 8{,}702$, très approximativement:

$$\frac{v_8}{v_1} = \frac{1370}{162} = 8{,}46$$

et de manière analogue nous aurons pour $\frac{l}{m} = 5$, approximativement:

$$\frac{v_8}{v_1} = \frac{1362}{152} = 8{,}96.$$

Il en résulte une loi nouvelle énonçant que les sons du tuyau conique ou pour mieux dire leurs nombres vibratoires vont croissant un peu plus vite que les nombres de la suite naturelle. Supposé que $\frac{l}{m} = 8{,}7$, le huitième son du tuyau aura non pas 8 fois mais 8,5 fois la hauteur de la première. A une valeur moindre de $\frac{l}{m}$ correspondra une croissance en hauteur encore plus rapide: soit $\frac{l}{m} = 5$, le huitième son du tuyau sera alors non pas l'octave mais plutôt la neuvième du premier. Une table plus détaillée nous ferait reconnaître partout les conséquences de cet excédent de hauteur; le second son a un peu plus que la double hauteur du premier et ainsi de suite.

Sous cette fantaisie apparente de la nature il est cependant possible de découvrir une certaine régularité. Pour arriver à nous faire une idée du véritable état des choses, nous commencerons par nous demander quels sont les sons que pourra rendre un tuyau cylindrique employé comme trompette. La formule précédente

$$\beta m = \operatorname{tg}(k\pi - \beta l)$$

nous suffira en prenant $m = \infty$. L'angle du second membre sera donc composé d'un nombre impair de quarts de tours, et si nous désignons par z un nombre impair quelconque nous aurons

$$k\pi - \beta l = z\frac{\pi}{2},$$

$$\beta l = \frac{2\pi}{\lambda} l = (2k - z)\frac{\pi}{2},$$

$$\lambda = \frac{4l}{2k - z} = \frac{4l}{z'}, \quad n = \frac{z' \cdot a}{4l}, \tag{11}$$

où z' sera également un nombre impair.

Dans le tuyau cylindrique (employé comme trompette) les nombres vibratoires des sons sont donc en rapport mutuel comme les nombres impairs de la suite naturelle. Si le tuyau a pour son fondamental C, il rendra sur la série de sons indiquée à la page 76:

$\boldsymbol{C}$

c $\boldsymbol{g}$

c_1 $\boldsymbol{e}_1$ g_1 $\boldsymbol{b}_1$

c_2 $\boldsymbol{d}_2$ e_2 $\boldsymbol{f}_2$ g_2 $\boldsymbol{a}_2$ b_2 $\boldsymbol{h}_2$

juste tous les deux sons, à savoir tous les numéros impairs désignés ci-dessus par des caractères gras. Nous retrouvons ici la loi qui s'applique approximativement à un tuyau d'orgue fermé.

Une question se présente alors: que sont devenus les numéros pairs? quand ont-ils disparu? Est-ce au moment où le tuyau a pris la forme exactement cylindrique?

La table représentée à la page 77 nous fournit la réponse à cette question en nous montrant qu'au moment où le tuyau prend une forme cylindrique, où nous avons donc $\frac{l}{m} = 0$, l'excédent de hauteur dont nous parlions tout à l'heure aura assez augmenté pour que le huitième son du tuyau n'ait plus 8 fois mais $\frac{1350}{90} = 15$ fois la hauteur du son fondamental. Il serait donc vrai de dire: le tuyau cylindrique possède à sa manière tous les sons de la série ci-dessus, seulement ils se sont tellement dispersés que les nombres vibratoires relatifs, de 1, 2, 3, ... 8 qu'ils étaient, sont devenus 1, 3, 5 ... 15, et une dispersion analogue, plus ou moins forte, pourra être constatée dans tout tuyau conique. Il résulte en outre de notre table que la dispersion ne cessera que lorsque m sera réduit à zéro et que par conséquent $\frac{l}{m} = \infty$, puisqu'alors nous aurons $\frac{n_8}{n_1} = \frac{v^8}{v_1} = \frac{1440}{180} = 8$. Le petit diamètre du tuyau aura alors été réduit à zéro; le tuyau sera donc bouché au sommet et ne pourra plus être employé comme trompette; mais en soufflant par l'extrémité opposée on pourra encore s'en servir comme d'une flûte de Pan sans que l'état de choses acoustique s'en trouve essentiellement modifié.

Il convient cependant de remarquer que ce ne sont pas seulement les sons supérieurs qui deviennent de plus en plus élevés et s'éloignent ainsi du son fondamental, m augmentant depuis 0 jusqu'à ∞: le son fondamental lui-même se déplace en même temps. Si dans la formule

$$\beta m = \operatorname{tg}(k\pi - \beta l)$$

nous prenons $m = 0$, l'angle du second membre représentera un nombre pair de quarts de tours et en désignant par k_1 un nombre entier quelconque nous aurons

$$k\pi - \beta l = k_1 \pi ,$$

$$\beta l = \frac{2\pi}{\lambda} l = (k - k_1)\pi ,$$

$$\lambda = \frac{2l}{k'} ; \quad n = \frac{k'a}{2l} , \tag{12}$$

où k' sera également un nombre entier. Or une comparaison avec (11) fera voir qu'en même temps que le petit diamètre du tuyau croît de 0 jusqu'à D, le son fondamental devient deux fois plus grave. En réalité, l'ensemble de sons est donc abaissé, lorsque le tuyau passe de la forme conique fermée à la forme cylindrique; mais tandis que le nombre vibratoire du son fondamental décroît de 2 à 1, c'est-à-dire de toute une octave, celui du huitième son du tuyau tombe seulement de 16 à 15, c'est-à-dire d'un demi-ton. Les changements du nombre des vibrations correspondant aux formes variées du tuyau, peuvent être représentés comme il suit:

$$m = 0; \ n = 2 \ \ 4 \ \ 6 \ \ 8 \ \ 10 \ \ 12 \ \ 14 \ \ 16 \ldots.$$
$$m = \infty; \ n = 1 \ \ 3 \ \ 5 \ \ 7 \ \ 9 \ \ 11 \ \ 13 \ \ 15 \ldots.$$

Les parallèles qui peuvent être établis entre ces formes de tuyau et celles des tuyaux d'orgue ouvert et fermé sont évidents. Les tuyaux coniques nous offrent les cas intermédiaires entre ces deux limites.

En supposant connus d, D et l d'un tuyau conique, nous avons donc: $\frac{l}{m} = \frac{D-d}{d}$. Une table nous fournira les valeurs de v correspondant à chaque valeur de $\frac{l}{m}$ et en substituant ces valeurs et celle de l nous sommes à même de calculer:

$$\lambda = \frac{360\, l}{v} \quad \text{et} \quad n = \frac{v \cdot a}{360\, l}.$$

Les dimensions du tuyau suffisent donc pour déterminer les différentes longueurs d'onde. Pour la détermination de n la vitesse a du son est encore requise. Or cette vitesse est assez variable. On sait quelle est dans l'air libre à 0° C. de 33200^{cm} environ, et toutes les fois que la température s'élève d'un degré, elle augmente de 60^{cm} environ, de sorte qu'il serait vrai de dire encore que la hauteur du son change avec la température.

Ajoutons que a est un peu plus faible dans l'air renfermé dans un tuyau qu'à l'air libre. Ce fait est dû en partie au frottement contre les parois du tuyau, en partie à des échanges de chaleur entre l'air et les parois; il dépendra donc de la largeur, du poli, de l'épaisseur, de la conductibilité calorifique des parois du tuyau, et peut-être même du nombre vibratoire des sons. Déjà pour ces raisons un calcul théorique de a présentera des difficultés considérables. Et le nombre des difficultés est encore augmenté dans le cas qui nous occupe par le fait que nous avons affaire essentiellement non pas à de l'air atmosphérique ordinaire mais à de l'air expiré, c'est-à-dire à un air saturé de vapeur d'eau, riche en acide carbonique et qui subira après avoir quitté la bouche de l'instrumentiste à une température de trente et quelques degrés un refroidissement assez rapide accompagné de condensation et de précipitation de la vapeur.

Le plus raisonnable sera donc de chercher à déterminer a empiriquement et c'est à quoi les lours pourront nous être utiles. D'autre part il ne faut pas oublier que sur bien des points la théorie que nous venons d'exposer est fondée sur des approximations. C'est une vérité approchée que la réflexion qui a lieu à l'ouverture du tuyau s'opère sans perte d'énergie; c'est encore une vérité approchée qu'il se produit des ondes fixes dans le tuyau, etc., etc. Nos résultats seront donc nécessairement approximatifs, et il s'agit pour nous de trouver le degré de l'approximation. Ici encore il y aura avantage à nous servir des lours dans nos expériences.

Les neuf exemplaires capables de produire des sons que possède le Musée, appartiennent tous au grand type aux formes élancées. On pourra donc supposer jusqu'à nouvel ordre que la vitesse du son est à peu près la même dans tous. En calculant pour chaque lour la longueur d'onde du son fondamental λ_1 et en déterminant ensuite au moyen d'observations effectuées le nombre vibratoire n_1 du son fondamental de chacun, on aura donc une série de produits $n_1 l_1 = a$ qui ne devront présenter en fait d'écarts, si toutefois notre théorie est vraie, que ceux qui s'expliquent par des erreurs d'observation et par les différences réelles des tuyaux. Et réciproquement, en partant de la moyenne des valeurs ainsi trouvées comme de la vitesse commune du son dans nos tuyaux, on pourra calculer le son fondamental et les autres sons de chacun de ces tuyaux avec une précision qui nous servira à apprécier dans une certaine mesure l'exactitude de notre théorie. Nous aurons plus loin l'occasion de revenir sur ce qui vient d'être exposé ici.

Pour mesurer les instruments en question on s'y est pris de la manière suivante: Le lour présentant des sinuosités, il a fallu pour trouver le vrai l mesurer sur la surface du tuyau la ligne qui se trouve également éloignée des côtés convexe et concave et s'y maintenir à travers tous les changements du plan de courbure. C'est pourquoi on se servait pour ces mesures soit d'une mince ficelle soit d'un fil d'archal qu'on appliquait au côté du tube qui se trouvait en haut lorsque le plan de courbure était placé horizontalement. Les longueurs de fil employées furent mesurées ensuite sur une règle en bois exactement divisée. Nous désignons par l la longueur du côté du tuyau depuis le fond de l'embouchure jusqu'à l'ouverture entourée par le disque de résonance.

Le petit diamètre d fut mesuré au moyen d'un triangle isocèle en carton de consistance dure; la hauteur de ce triangle était de 20^{cm}, la base de 1^{cm}; les côtés avaient été préalablement divisés. Là où ce coin pouvait être introduit, dans le tuyau s'ouvrant au fond de l'embouchure, jusqu'à une distance de n^{cm}, d devait être de $\frac{n}{20}$ cm. Dans le cas où le trou n'était pas exactement circulaire, on calculait la moyenne de plusieurs diamètres. Le grand diamètre D fut mesuré de manière analogue à l'aide d'une mince plaque de bois trapéziforme.

La température de la salle où furent effectuées toutes ces expériences, était d'environ 18°,3 C., ce qui correspond à une vitesse du son, à l'air libre, de 34300^{cm}.

La table ci-dessous donne les résultats les plus importants. Le centimètre avait été choisi pour unité de mesure.

Mus. n°	l	d	D	$\frac{D-d}{d}$	v_1	λ_1	$\dot{n}_1$	$\lambda_1 \dot{n}_1 = a$	n_1	$\frac{n_8}{n_1}$	N_1
8116	224	0.64	4.90	6.656	157.54	511.87	65.9	33732	65.66	8.67	$C = 65.25$
8116 avec défaut de coulure	223	0.65	4.80	6.385	156.79	512.02	65.9	33742	65.64	8.71	
378	206	0.56	5.85	9.446	163.21	454.38	73.3	33306	73.97	8.40	$D = 73.41$
8114	197	0.60	5.40	8.000	160.67	441.40	75.9	33502	76.14	8.52	$Dis = 76.45$
8115	196	0.60	5.30	7.833	160.33	440.09	75.9	33403	76·36	8.53	
8117	192	0.69	5.20	6.536	157.22	439.64	76.6	33676	76.44	8.68	$Dis = 76.45$
21246 avec chaîne	188	0.76	4.90	5.447	153.76	440.17	77.0	33893	76.35	8.86	$Dis = 76.45$ ($Es = 78.30$)
21246 sans chaîne	188	0.76	4.95	5.513	154.01	439.45	77.1	33882	76.48	8.85	
22302 ouvert	149	0.68	4.90	6.206	156.27	343.25	97.1	33330	97.91	8.73	$G = 97.88$
22302 bouché	149	0.78	4.90	5.282	153.15	350.24			95.95	8.90	

Comme on l'aura remarqué la table comprend 4 paires d'instruments et deux lours dépareillés. Dans les cas où deux lours faisant la paire avaient été désignés par le même numéro, j'ai ajouté quelque signe caractéristique pour les distinguer l'un de l'autre. Aux colonnes 1—4 se trouvent indiquées les mesures dont nous parlions tout à l'heure; aux colonnes 5—7, les valeurs qu'on en a pu tirer pour $\frac{l}{m}$, v_1 et λ_1. La huitième colonne présente les nombres vibratoires $\dot{n}_1$, directement déterminés, des sons fondamentaux. Ces nombres ont été trouvés à l'aide d'un diapason — appartenant au Laboratoire de Psychophysique de l'Université de Copenhague — et d'un monocorde. On sait que tout son émis par une trompette peut être légèrement modifié, élevé ou abaissé, selon qu'on souffle plus ou moins fortement. Cependant en écoutant très attentivement on saura distinguer le moment où la résonance est à son apogée, c'est-à-dire où le son a sa hauteur naturelle. C'est pour cette hauteur que le monocorde était accordé; on mesurait ensuite la longueur de la corde employée et immédiatement après on déterminait pour chaque expérience la longueur de corde correspondant au son émis par le diapason [1].

A l'aide des longueurs d'onde et des nombres vibratoires ainsi trouvés on calculait pour chaque instrument la vitesse du son $a = \lambda_1 n_1$ (colonne 9). La moyenne en est environ de 33600^{cm} avec un écart, en plus ou en moins, inférieur à 1 pour 100. En calculant ensuite avec cette valeur moyenne de a et avec les longueurs d'onde résultant de la théorie les nombres de vibrations des sons fondamentaux, on aura la colonne 10. La colonne 11 donne la relation entre le 8e et le 1er son du tuyau telle qu'elle a été déterminée par la théorie; enfin, la colonne 12 contient les notes du système moderne qui se trouvent être les plus rapprochées des sons fondamentaux des différents lours considérés.

On remarquera que l'accord entre la théorie et l'expérience est assez satisfaisant. La vitesse du son qui était à l'air libre de 343^m, est dans les tuyaux de 336^m; elle y est donc moindre de 7^m, et en cela il n'y a rien qui doive nous étonner. L'écart d'environ 1 pour 100, en plus ou en moins, doit être dû en partie à un manque de précision dans les mesures faites; il n'était pas facile d'obtenir des mesures exactes des longueurs

[1] J'étais assisté par plusieurs personnes qui avaient toutes, en qualité de musiciens, l'oreille très juste.

ni des petits diamètres. Mais cet écart pourrait encore provenir d'une différence réelle entre les tuyaux. Dans les 8 premiers tuyaux la proportionnalité est assez marquée entre la vitesse du son et la grandeur du petit diamètre; et la vitesse du 9e tuyau qui se trouve représentée par un chiffre inférieur à notre attente, s'explique d'une manière assez naturelle par l'influence des parois un peu moins régulières dans le tuyau en question. Aussi verrons-nous en comparant les hauteurs de sons calculées à l'aide de la vitesse moyenne (colonne 10) aux hauteurs trouvées directement (colonne 8) qu'elles coïncident si exactement qu'il faut une oreille très exercée et très attentive pour percevoir les différences. En général, la capacité musicale des lours s'accordait encore très bien avec la théorie. Chacun des lours en question a son son fondamental situé dans la „première" octave du système musical moderne et donne la série de sons déjà mentionnée[1]; l'embouchure assez large étant surtout favorable à la production des sons graves, les huit premiers sons étaient donnés sans difficulté. Les premiers sons de la 4e octave du tuyau se laissaient encore produire quoique avec des efforts croissants, et l'instrumentiste n'est pas complètement maître de ces notes élevées. L'excédent de hauteur, qui n'a pourtant été mesuré que par comparaison avec les sons correspondants tirés d'un violon, était aussi en assez bon accord avec la théorie.

Pour nous rendre compte du rôle joué par l'excédent de hauteur, nous allons le calculer pour les 8 premiers sons d'un lour particulier. Nous obtenons ainsi pour le dernier des lours, le nº 21246, les résultats suivants:

[1] M. le Dr. Hammerich qui a donné aux *Aarbøger for nordisk Oldkyndighed (Mémoires de la Société Royale des Antiquaires du Nord)* 1893, une description de ces lours, y fait mention d'une gamme chromatique de sons inférieurs au son fondamental. Il ne s'agit pourtant pas ici de véritables sons de tuyau. A de telles profondeurs le tuyau répondra avec une facilité à peu près égale, mais aussi d'une manière également indistincte, à tous les sons possibles.

$v =$	154.01	315.07	483.17	655.72	830.82	1007.41	1184.93	1363.05
$\frac{v}{v_1} =$	1.00	2.05	3.14	4.26	5.39	6.54	7.69	8.85
$n =$	77.10	158.06	242.09	328.45	415.57	504.23	592.90	682.34
	E	e	h	e_1	gis_1	h_1	d_2	e_2
	81.56	163.13	244.69	326.25	407.81	489.38	587.25	652.50

Au premier rang nous donnons les huit valeurs v, trouvées au moyen de l'équation (7); au second rang se trouvent indiquées les relations entre ces valeurs et celles de v_1, ce qu'on pourrait appeler les nombres ascendants des sons de l'instrument. En multipliant ces derniers par le nombre vibratoire observé du son fondamental, qui était de 77,1, on aura les nombres de vibrations des 8 premiers sons. Pour comparer, nous donnons au cinquième rang les nombres vibratoires de la série de notes „normales“ correspondantes: E, e, h, etc. En moyenne le lour s'accorde donc en E; mais il a les premiers sons trop graves, les derniers trop aigus pour cet accord. Le son fondamental est même situé un peu au-dessous de *Es* qui fait 78,30 vibrations à la seconde, et le huitième son est voisin de f_2 qui en fournit 696. Le lour qui fait pendant à celui-ci présente une impureté correspondante des sons; dans tous les autres elle est un peu moindre, comme le fait voir le tableau ci-dessus (p. 84)[1].

Au Musée de Lund, en Suède, se trouve un lour appartenant au type plus ancien, plus court et plus évasé. D'après des mesures que nous devons à l'obligeance de M. le Dr. Wimarson, il a 115^{cm},5 de long et ses diamètres sont respectivement de 2^{cm} et de 9^{cm},3. Le tuyau est donc considérablement plus large que celui des grands lours, et comme il sera par conséquent difficile de produire un excédent de densité de quelque importance, l'étendue musicale de cet instrument dont on peut

[1] M. Hammerich a cru constater dans ce lour, contre toute analogie, le son g_1 au lieu de gis_1, ce qui est en contradiction absolue avec toutes mes observations.

encore tirer des sons s'en trouvera nécessairement assez réduite. M. Hammerich attribue à ce lour les sons H, *fis*, h, fis_1, h_1 tout en qualifiant les sons de l'instrument de rudes, impurs et difficiles à attraper[1]. Un examen sommaire contribuera à mettre en lumière ce qui précède.

En substituant, comme nous le faisions tout à l'heure, à a la vitesse moyenne qui avait été trouvée égale à 33600[cm], nous obtenons les résultats suivants que nous disposons dans le même ordre que nous avons suivi précédemment.

$v =$	145.22	304.48	473.82	647.89
$\frac{v}{v_1} =$	1.00	2.10	3.26	4.46
$n = \frac{v \cdot a}{360\, l} =$	117.35	246.04	382.88	523.55
	H	h	fis_1	h_1
	122.34	244.69	362.50	489.38

On remarquera que d'après ce calcul l'instrument devrait encore s'accorder, en moyenne, à peu près exactement en H. Mais M. Hammerich a parfaitement raison d'insister sur l'impureté des sons. Car tandis que le deuxième son est très sensiblement h, le son fondamental, trop grave, se trouve immédiatement au-dessous de B (= 117,45); le troisième son, trop aigu, est peu inférieur à g_1 (= 391,50) et le quatrième est même un peu plus élevé que c_2 (= 522). En jouant d'un tel instrument, on tâchera, instinctivement, d'établir l'harmonie entre ses sons en soufflant bien fort là où ils sont trop graves et en retenant le souffle là où ils sont trop aigus. On réussira ainsi à les déplacer un peu; seulement, en quittant la hauteur de la meilleure résonance, les sons deviendront sourds et vagues, ils auront une tendence à octavier ou bien à s'offusquer, bref, l'ensemble prendra

[1] La seconde de ces notes ne saurait pourtant représenter un véritable son de tuyau au cas où H est vraiment le son fondamental.

un caractère flottant et peu harmonieux. Il se peut que d'autres causes concourent à produire l'imperfection du lour en question, mais elle se trouve d'ailleurs déjà expliquée dans une assez large mesure par ce fait que le coefficient $\frac{l}{m}$ qui était toujours supérieur à 5 dans les grands lours, n'est ici que de $\frac{9,3-2}{2} = 3,65$. Or, plus $\frac{l}{m}$ augmentera, plus sera grande la pureté des sons.

Il y aurait pourtant des remarques à faire sur l'apparente concordance entre la théorie et l'expérience que présente ce dernier exemple. D'abord il se peut qu'au fond cet accord soit bien moins complet qu'on ne serait tenté de le croire d'après ce qui précède. Il en serait ainsi si les indications de M. Hammerich n'étaient que faiblement approchées. Probablement il a déterminé l'accord de l'instrument d'après ce deuxième son qu'il regardait comme moyen. Mais il est très probable qu'il ne le désignait par *h* que parce que *h* était la note du système moderne qui s'en trouvait être la plus rapprochée et qu'il n'a pas prétendu dire par là que le son du lour fût absolument identique à *h*.

Et même en supposant que tel fût vraiment le cas, la coïncidence de nos calculs avec la réalité devra néanmoins être attribuée en partie au hasard. Il est hors de doute que dans le tuyau assez évasé du lour suédois la vitesse du son est plus grande que dans les lours danois à formes plus étroites, et si, en introduisant dans nos calculs la valeur de la vitesse du son précédemment employée, nous sommes arrivés à un résultat qui se trouve être exact, c'est donc que nous avons commis une autre faute qui aura contrebalancé la première. Puisque nous avons $n = \frac{a}{\lambda}$, c'est λ évidemment qui a été diminué dans la même proportion que a. Et en effet nous avons commis une telle erreur en admettant dans nos calculs ce qui n'est vrai qu'approximativement, à savoir: que la réflexion est complète à l'ouverture du tuyau. C'est là une supposition qui sera de moins en moins vraie à mesure que l'ouverture du tuyau deviendra plus large, et, de plus, la transition des ondes du tuyau à celles de l'atmosphère ne se fait pas assez brusquement pour qu'on puisse établir la limite à l'ouverture même du tuyau. Pour obtenir la longueur exacte des ondes, il nous faudra placer la limite un peu au delà de l'ouverture du tuyau; dans les tuyaux larges elle en sera un peu plus éloignée que dans les tuyaux étroits. Un calcul général comme celui qui, dans certaines hypothèses et dans certaines limites, a déjà été effectué par M. v. Helmholtz, serait extrêmement compliqué, tellement compliqué que dans le cas qui nous occupe, celui des tuyaux coniques étroits employés comme trompettes, on peut se demander si le résultat correspondrait à tant de peine dépensée. Comme nous avons d'ailleurs fait entrer dans nos calculs la longueur du côté du tuyau et non celle de son axe, la faute commise en ce qui concerne la longueur d'onde sera assez négligeable en présence de la grande incertitude où nous sommes sur la vitesse du son. Mais dès que nous comprenons dans notre enquête les tuyaux larges, la faute devient plus grave. Au lieu de la véritable longueur du tuyau nous aurons à introduire la longueur „réduite“ et celle-ci étant supérieure à la longueur réelle, λ s'en trouvera surfait. Il faudra donc augmenter a en même temps. De combien? Nous l'ignorons, et voilà un autre défaut de notre théorie: il faudrait encore trouver une expression générale pour la vitesse du son comme fonction de la constitution du tuyau (et de l'air y contenu). Maintenant il est toujours possible que dans tout lour les variations de a et de λ soient assez proportionnelles pour que, même en s'en tenant à la très simple supposition préalablement admise par nous, on arrive à un résultat exact. Seulement, le cas isolé que nous venons de traiter ne nous renseigne pas suffisamment là-dessus.

Que si, avec les données que peuvent nous fournir les développements précédents, nous tâchons de nous faire une idée générale de la valeur des lours en tant qu'instruments de musique, ainsi que du niveau musical du peuple qui les inventa, nous sommes amenés à nous prononcer dans un autre sens que M. HAMMERICH qui est d'avis que nous possédons en ces lours de grand modèle une collection d'excellents instruments de musique et que leurs inventeurs avaient assurément atteint un degré de développement musical bien fait pour nous étonner, qu'ils avaient peut-être connu les modes majeur et mineur et même la musique à deux (ou plusieurs) parties.

Il est vrai que les grands lours à formes élancées restent là comme un monument imposant de notre antiquité, qu'ils dénotent une habileté technique peu commune et un goût artistique élevé chez le peuple qui les créa. Mais ce sont là des qualités que personne n'a jamais songé à contester aux Septentrionaux de l'âge du bronze.

Il est vrai encore que les lours méritent d'être signalés spécialement comme instruments de musique. Toutefois nous ferons remarquer que toutes leurs qualités s'expliquent très facilement en tenant compte de l'habileté universellement reconnue dont nous venons de parler et que les qualités qui ne sauraient en être dérivées font défaut dans les lours. A la forme longue et étroite nous devons la grande richesse de sons; de la substance exquise et de l'excellente fabrication découle le beau timbre; et à ces deux causes réunies est due la grande facilité à produire les sons qui caractérise ces instruments.

Parmi leurs défauts, nous citerons d'abord le manque de pureté, la tendance ascendante des sons élevés. Cet inconvénient est d'ailleurs inhérent aux tuyaux coniques; il se retrouve même dans nos instruments à vent modernes. Et comme on a su y remédier en partie de nos jours par l'application de pistons, de même, les joueurs de cor de chasse savaient autrefois rabaisser les sons aigus en introduisant la main plus ou moins avant dans le pavillon de l'instrument.

Cet expédient n'était pas à la disposition des joueurs de lour; et, vu l'épaisseur des parois du tuyau, ils étaient moins libres de déplacer les sons en soufflant plus ou moins fort, qu'on ne l'est aujourd'hui avec un instrument moderne.

A cet inconvénient, de nature musicale, vient s'ajouter un autre encore plus grave: les sons disponibles du tuyau ne forment pas de gamme. Des trois premières octaves nous n'avons que des sons dispersés, et à la 4e octave du tuyau, où nous devrions avoir toute une gamme, nous ne disposons, dans la pratique, que de 2 ou 3 notes, ou tout au plus de 4. Il s'ensuit que ces instruments n'ont pu servir que comme de cors à signaux, de même que les cors de postillon et les clairons modernes. Des mélodies proprement dites ne peuvent pas être exécutées sur nos lours. Même un petit air aussi simple, aussi ressemblant à un air de signal que celui du: „Herligt en sommernat" par KUHLAU, dépasserait leur étendue musicale, car il demande la tonique, la seconde, la tierce et la quinte; et la seconde ne se trouve qu'à la 4e octave dont la quinte est très difficile à produire.

Il paraît d'ailleurs qu'à l'époque dont il s'agit on s'est contenté de moins. On peut croire que le goût esthétique des gens de l'âge du bronze s'est plutôt exercé dans le domaine de l'œil que dans celui de l'oreille. C'est ainsi du moins que s'explique selon nous le fait que les lours n'ont pas atteint un développement supérieur au stade dont nous venons de parler. On a commencé par imiter scrupuleusement la corne animale; ensuite on a préféré des formes plus longues et minces qui plaisaient mieux à l'œil tout en rappelant par leur courbure et leur aspect total l'objet pris pour modèle. Mais certainement on n'a pas ambitionné d'aller plus loin. Il est à peine croyable que les gens d'alors n'aient pas découvert que plus on rendait le tuyau long et étroit plus on augmentait son étendue musicale. Et sans doute la grande habileté technique dont on disposait alors aurait permis la fabrication de tubes plus longs et plus étroits, enroulés de manière à en faciliter le maniement malgré la longueur considérable. On aurait ainsi inventé le cor de chasse, et on aurait disposé désormais d'une gamme entière. Il faut donc croire que les gens de cette époque n'ont pas eu l'oreille assez développée pour exiger ce progrès, et peut-être encore que l'œil s'est plu à retrouver sous les formes de l'instrument celle du type primitif, c'est-à-dire de la corne animale.

On sait que le plus souvent les lours ont été déterrés par paires. Il est donc vraisemblable qu'ils ont été employés de même. Cette idée s'imposait, puisqu'on avait toujours présent à l'esprit le modèle naturel; et d'ailleurs il est probable que la symétrie était dans les goûts du temps. Il faut supposer alors que tantôt les deux joueurs de lour ont sonné à la fois le même signal, tantôt ils l'ont joué alternativement. Mais quant à songer ici à un jeu à deux, ou même à plusieurs parties, ce serait sans doute aller trop loin; en tout cas il n'y a absolument rien qui puisse faire croire à l'existence d'un fait aussi curieux dans l'histoire de la civilisation. Si nous ajoutons qu'à notre connaissance l'âge du bronze ne nous a pas laissé les moindres traces d'une flûte de Pan, non plus que d'une flûte à trous ni d'un simple instrument à cordes, nous sommes conduits à conclure que décidemment ce n'est pas comme musiciens que nos lointains ancêtres se distinguaient. L'idée d'une musique à plusieurs parties leur a certainement été aussi étrangère que celle des modes majeur et mineur ou d'un diapason normal de Paris [1]. Aussi trouverons-nous en consultant la table de la page 84 que les lours ne présentent entre eux que des rapports de hauteur tout à faits fortuits.

Cette dernière remarque demande pourtant une restriction. Elle est vraie si nous comparons entre elles les diverses paires

[1] Pour les détails nous renvoyons le lecteur aux *Aarbøger for nordisk Oldkyndighed (Mémoires de la Société royale des Antiquaires du Nord)* 1902.

de lours. Si, au contraire, nous considérons deux lours appareillés, nous verrons qu'ils s'accordent toujours l'un avec l'autre, et même très exactement[1]. Cela ne prouve évidemment rien en faveur du jeu à deux parties, et d'autre part cela n'infirme nullement ce qui vient d'être dit sur le niveau musical qu'il faut attribuer aux gens de l'âge du bronze. Il est seulement permis d'en conclure que ces gens, qui n'ont peut-être pas possédé une haute culture musicale, ont eu pourtant des sens assez subtils, comme cela est généralement le cas pour les peuples primitifs, et qu'ils ont joui, par exemple, d'une ouïe très fine.

Et il convient de faire observer que nous nous trouvons ici en présence d'un phénomène qui ne peut pas être regardé comme dû tout simplement à l'excellence des matériaux ni à la main-d'œuvre irréprochable. Car, comme nous l'avons déjà dit, on ne peut pas transformer un lour tourné à gauche en un lour tourné à droite en faisant faire à la partie du sommet un demi-tour dans la partie de la base. De deux lours faisant la paire, chacun à dû être coulé dans sa propre série de moules. De là entre les deux lours une différence assez grande pour que l'accord exact n'ait pas pu naître spontanément. Il a dû être obtenu plus tard, et consciemment. Cependant il est peu probable que cela se soit fait grâce au déplacement de la partie emboîtée de la jointure. Pour abaisser seulement le nombre vibratoire du n° 8116 de 65,9 à la hauteur normale de 65,25, il faudrait éloigner les deux pièces d'environ 2^{cm},25 l'une de l'autre, par quoi la jointure se trouverait déjà très affaiblie. Dans tout instrument neuf la

[1] Si, suivant la table, le lour bouché marqué par le numéro 22302 semble s'accorder moins exactement avec le lour ouvert portant le même numéro, il faut sans doute en conclure que cet instrument a été endommagé par les tentatives qu'on a faites pour enlever le bouchage. Le fait que son petit diamètre est plus grand de tout un millimètre que celui du lour correspondant vient confirmer la justesse de cette supposition. Cf. le mémoire de M. Hammerich où on trouvera des renseignements sur l'histoire de cet instrument.

fermeture a sans doute été complète. Et il ne faut pas croire non plus qu'on ait pu accorder les instruments en s'y prenant par le sommet et en abaissant un peu l'embouchure de celui qui avait la tonalité la plus grave. Car selon la formule (5), l'accord n'en serait pas du tout changé (ou il ne changerait que très lentement puisque la formule n'est qu'approchée). C'est donc en bas qu'on a dû raccourcir le tube de l'instrument le plus grave avant de faire le raccord du tube et de la plaque de résonance.

Mais cet acte, ou plutôt l'exactitude avec laquelle il fut accompli, constitue certainement le seul haut fait *musical* que nous puissions, avec une certitude complète, attribuer à nos ancêtres de l'âge du bronze.

Heureusement ce n'est pas là que nous avons à chercher leur vraie grandeur.