

LES ÉTALONS RÖMER

PAR

K. PRYTZ

(COMMUNIQUÉ DANS LA SÉANCE DU 14 MAI 1909)

En 1683, les poids et mesures du Danemark-Norvège furent réglés par une ordonnance royale dont l'article 1 commence ainsi: „La base („regul“) immuable de toutes les mesures et de tous les poids sera désormais la véritable aune danoise“ ... Par ces mots Ole Römer, promoteur de l'ordonnance qu'il a sans doute été chargé de rédiger, établissait le principe qui fut adopté en France un siècle plus tard et d'après lequel l'unité de volume et l'unité de poids doivent se baser sur l'unité de longueur. En conséquence le poids de la livre est fixé comme il suit, à l'art. 4: „un pied cube d'eau douce pèsera 62 livres.“

L'article 5 ordonne qu'il sera incontinent fabriqué des „originaux“ (étalons) de toutes les unités de mesure et de poids; que ces originaux seront déposés au Collège (c.-à-d. département) du Commerce; et qu'on fera ensuite d'après les originaux des „modèles“ dont on se servira dans les transactions commerciales.

De ces originaux quelques poids nous sont seuls parvenus. Transportés, on ne sait comment, du Collège du Commerce aux caves du château de Rosenborg, ils ont fait partie jusqu'à nos jours des collections historiques de ce musée. Quant aux autres originaux, il nous faut probablement renoncer à découvrir ce qu'ils sont devenus. L'aune en laiton que la

tradition désigne comme l'aune de Römer et qui a été conservée depuis une date très ancienne aux Archives Nationales, porte gravés le millésime 1687 et le chiffre couronné du roi Christian V. Selon toute apparence la tradition a donc raison de la rapporter à Römer; mais comme on y cherche en vain la marque d'„original“ que présentent les étalons de poids primitifs nous devons y voir une copie, probablement très exacte, de l'original.

L'incendie qui détruisit en 1728 une grande partie de Copenhague consuma également les copies de la livre qui se trouvaient déposées à l'Hôtel de Ville. Le plus naturel aurait été alors d'en faire faire de nouvelles d'après les originaux conservés au Collège du Commerce, et comme cette mesure était en outre indiquée par le texte même de l'ordonnance, il faut croire que la Municipalité s'est adressée à ce sujet aux autorités compétentes. Mais la demande a dû rester sans effet, car, d'après un document daté du 12 février 1734 et conservé actuellement aux Archives Municipales, on procéda, à grands frais d'argent et de travail, à la reconstitution de l'étalon de la livre en faisant faire un récipient en laiton, d'un pied cube de volume, dont le contenu d'eau devait représenter, en vertu de l'ordonnance, le poids de 62 livres.

Il faut probablement s'expliquer cette mesure par l'impossibilité où l'on était de trouver les étalons pondéraux transportés peut-être déjà à cette époque aux caves du Rosenborg où ils restaient voués à un oubli séculaire.

Lorsque le Rigsdag eut voté, le 4 mai 1907, l'introduction en Danemark du système métrique, je fus amené à m'occuper des étalons Römer. M. V.-A. Secher, directeur des Archives Nationales, attira alors mon attention sur la présence, aux dites archives, de l'„aune de Römer“. J'obtins qu'on me la prêtât pour que j'en fisse l'objet d'un examen. Ensuite elle a été transférée des Archives Nationales à l'École Polytechnique de Copenhague.

La mise au jour des poids originaux fut occasionnée par les recherches entreprises par M^{me} Kirstine Meyer au sujet des travaux de Römer et notamment de ses thermomètres. M^{me} Meyer avait poussé ses explorations jusqu'aux collections du château de Rosenborg, où elle ne trouva pas il est vrai les thermomètres qu'elle cherchait, mais où elle fut informée en revanche par M. Bering Lüsberg, intendant du château, de l'existence, dans le musée, de certains poids désignés sous le nom de „poids de Römer“. Ce renseignement que M^{me} Meyer eut la grande obligeance de me communiquer aussitôt, fut pour moi l'occasion d'une étude détaillée des poids en question, que la Direction du musée a bien voulu me prêter.

Ces poids sont tous marqués du mot d'*original*; et comme deux d'entre eux présentent en outre la date de 1684, année où l'ordonnance sur les poids et mesures aurait dû entrer en vigueur, nous avons sans doute affaire ici à quelques-uns des étalons prototypes d'alors.

J'ai donc entrepris, avec l'assistance de M. J.-N. Nielsen, de déterminer la valeur du pied Römer exprimée en centimètres et celle de la livre Römer exprimée en grammes; voici les résultats:

$$1 \text{ pied Römer à } 19^\circ = 31,407 \text{ cm,}$$

$$1 \text{ livre Römer} = 499,75 \text{ g.}$$

Aujourd'hui, les valeurs du pied et de la livre sont respectivement de 31,385 cm et de 500 g. La différence entre la valeur ancienne et la valeur moderne du pied danois est due à ce fait que le besoin s'étant fait sentir d'une fixation plus précise que celle qu'on pouvait obtenir à l'aide des étalons dont disposait le Bureau municipal de Copenhague des Poids et Mesures, on adopta, en 1835, la valeur fixée par Bessel pour le pied du Rhin. Comme l'ordonnance de 1683 énonçait déjà qu'à l'avenir le pied danois équivaldrait au pied du Rhin, les valeurs du pied du Rhin obtenues par Römer et par Bessel ont dû différer entre elles de 0,22 mm. Pour ce qui est de

la livre, la reconstitution de cet étalon, entreprise en 1734, ayant donné une valeur s'écartant de $\frac{3}{4}$ de gramme de l'original de Römer, on égala, en 1835, la livre danoise à un demi-kilogramme, soit 500 g.

En admettant que l'aune conservée aux Archives Nationales et les poids originaux représentent bien les unités introduites en 1684, nous pouvons aujourd'hui préciser l'exactitude avec laquelle Römer a déterminé le poids de la livre en se basant sur la définition qui en fait l'équivalent de $\frac{1}{62}$ du poids de 1 pied cube d'eau. La méthode employée par lui pour cette détermination nous est entièrement inconnue.

A en juger par le degré d'exactitude qu'on apportait du temps de Römer aux opérations de pesage et de mesure, le plus naturel serait de supposer qu'il s'est servi de l'eau de puits à la température du laboratoire (soit 18°) et qu'il n'a pas compté avec la poussée de l'air. Or, si nous calculons dans cette hypothèse le poids de la livre en admettant que la valeur du pied soit exacte et en fixant à 1,0005 la densité de l'eau de puits par rapport à l'eau distillée, nous obtenons

la valeur calculée de 1 livre = 498,70 g;

la livre Römer serait donc entachée d'une erreur de 1,05 g.

Et, réciproquement, en considérant comme exacte la valeur de la livre et en en déduisant la longueur du pied on a

la longueur calculée de 1 pied = 314,29 mm.

En d'autres termes: la valeur du pied offrirait une erreur de 0,22 mm.

Pour expliquer une telle erreur on pourrait supposer que la copie que nous croyons posséder dans l'aune des Archives Nationales ait été trop courte de 1 demi-millimètre environ. Cependant cette explication est peu probable attendu que la copie en question a évidemment été exécutée avec soin.

En supposant d'autre part que la copie ait été exacte,

l'écart de la livre pouvait être dû à l'écart qu'aurait présenté la masse d'eau pesée par rapport à la forme voulue, cylindrique ou prismatique. Au cas où l'écart serait vraiment aussi considérable que nous venons de le supposer, c'est cette dernière explication qui me paraîtrait la plus probable.

Mais, si nous considérons combien Römer était en avance sur son époque en tout ce qui concerne la précision des expériences, nous ne pouvons pas douter qu'il n'ait compté avec l'influence exercée par la densité variable de l'eau sur sa détermination de la valeur de la livre. M^{me} Meyer vient de nous apprendre¹ qu'en 1692 Römer construisit des thermomètres exacts pour lesquels il inventa en 1702 une méthode de calibrage, et selon toute probabilité il y avait alors plusieurs années qu'il s'était occupé de mesurer l'influence de la température sur la dilatation de l'eau. Les meilleurs des poids qui nous sont parvenus ne sont pas datés; il y a donc lieu de croire qu'ils sont postérieurs à ceux de 1684; peut-être même n'ont-ils été émis qu'en 1698, année où le nouveau système des poids et mesures devint effectivement obligatoire. Et déjà en 1692 Römer effectua des déterminations de la dilatation linéaire de certains métaux aussi bien que de celle du verre, déterminations qui nous étonnent par leur exactitude.

Quant à l'influence de la poussée de l'air, la possibilité n'est pas exclue que Römer ait pu en tenir compte. On sait que vers 1650, Otto von Guericke avait exécuté à l'aide de la machine pneumatique des essais par lesquels il avait réussi à démontrer, entre autres choses, la pesanteur de l'air. Römer a dû connaître ces essais qui obtinrent en peu de temps une grande célébrité.

Et voici un fait qui me paraît tout à fait remarquable:

Si nous calculons le poids de la livre défini comme $\frac{1}{62}$ du poids dans le vide d'un pied cube d'eau pure à une tempéra-

¹ Kirstine Meyer, *Temperaturbegrebets Udvikling gennem Tiderne*. Copenhague, 1909.

ture voisine de 0° , en supposant le pied égal à la moitié de l'aune des Archives à 18° , nous obtenons un poids de la livre différant seulement de 0,07 gramme, soit de $\frac{1}{7}$ pour mille du poids actuel, donné plus haut, de la livre de Römer. Cet écart est du même ordre que ceux qui existent entre les divers poids qui nous ont été conservés, et ces écarts indiquent probablement l'exactitude des pesages exécutés par Römer.

Supposant ainsi que Römer a appliqué les corrections les plus importantes aux calculs basés sur les expériences qu'il avait entreprises pour déterminer le poids de la livre, on déduit des valeurs ci-dessus données du pied et de la livre :

le poids d'un décimètre cube d'eau à $4^{\circ} = 1,00015$ kg.

Il se peut que la grande exactitude de ce résultat soit due en partie au hasard. D'un autre côté il est hors de doute que la fixation de la valeur de la livre a été aux yeux de Römer une détermination fondamentale, devant servir de base au système de poids et mesures dont il était l'auteur; par conséquent il a dû vouer à la solution de ce problème toute son énergie et son savoir universel; aucun des phénomènes à lui connus qui fussent de nature à pouvoir influencer sur la détermination entreprise, n'aura été négligé. Et c'est pourquoi j'incline à croire qu'au moins les plus importantes des conditions ci-dessus mentionnées ont été prises en considération par Römer.

L'aune des Archives, qui porte le millésime 1687, consiste en une lame en laiton de 45 mm de largeur et de 3,5 mm d'épaisseur, où sont marquées les limites de l'aune aussi bien que celles des quarts d'aune. On y voit en outre, séparées par des distances inégales, quelques marques à l'usage des artilleurs comme le montrent les indications apposées: Jærn, Granat, Krud, Bly (fer, grenade, poudre, plomb). Les quarts sont marqués par des tracés assez fins distants l'un de l'autre.

à 19°, de 156,94 mm; 157,00 mm; 157,01 mm; 157,19 mm, respectivement.

Les poids conservés comprennent:

1^o 1 poids de 8 livres et 1 poids de 4 livres, tous les deux de forme cylindrique, à anse. Ils sont coulés en bronze. Les surfaces, noircies par suite de l'oxydation, offrent des traces assez grossières du travail de la lime. Ces deux poids sont creux: en les agitant on entend le bruit de petits corps métalliques qui s'y trouvent enfermés. J'ai cherché en vain le bouchon de l'ouverture par laquelle ils ont été introduits. Sur la face supérieure se lit l'inscription suivante: IIII (VIII) *Pund Original* (original de 4 (8) livres). Sur l'anse est gravé le chiffre de 4 (8) et sur le côté se voient le chiffre de Christian V surmonté d'une couronne royale et le millésime 1684.

2^o Les autres poids conservés, qui sont au nombre de 7, appartiennent à deux séries, actuellement très incomplètes, disposées chacune dans une boîte de marqueterie; le plus grand est de 1 livre, le plus petit a été sans doute de $\frac{1}{512}$ de livre. Ces poids sont en laiton, à surface lisse; seule la face inférieure présente quelques rainures produites par des coups de lime. La forme des poids est celle d'une pyramide tronquée à 4 côtés. La face inférieure des poids de 1 livre est un carré d'environ 47 mm de côté; le côté de la face supérieure est d'environ 54 mm; la hauteur, d'environ 22 mm. Chacun de ces poids de 1 livre porte inscrit à la surface supérieure: 1 *Pund Dansk Original* (original danois de 1 livre), et sur l'un des côtés latéraux: 34 L. Cöl. (34 *lods* c.-à-d. demi-onces de Cologne) indication qui s'accorde avec la prescription de l'ordonnance de 1683 qui veut que l'or et l'argent soient pesés d'après le système de Cologne et que 16 livres danoises équivalent à 17 livres de Cologne.

Les résultats de l'évaluation des poids sont indiqués dans le tableau ci-dessous:

		Poids	Valeur			Poids	Valeur
Série I	{	8 livres	4 kg — 2,16 g	Série II	{	1 livre	$\frac{1}{2}$ kg — 0,26 g
		4 "	2 " — 1,45 "			$\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{4}$ " — 0,25 "
		1 "	$\frac{1}{2}$ " — 0,23 "			$\frac{1}{4}$ "	$\frac{1}{8}$ " — 0,08 "
		$\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{4}$ " — 0,20 "			$\frac{1}{8}$ "	$\frac{1}{16}$ " — 0,15 "
		$\frac{1}{4}$ "	$\frac{1}{8}$ " — 0,11 "				

En comparant les valeurs réelles des poids ayant la même valeur nominale on trouvera que la différence maximum est de 0,05 g. Il est donc probable que Römer a opéré ses pesages avec une exactitude de 50 mg. Il est vrai que dans cette hypothèse on ne s'explique pas très bien la différence qui existe entre la somme des valeurs des deux poids de 1 demi-livre et les valeurs des poids de 1 livre.

La valeur que j'ai employée dans mes calculs comme poids de la livre Römer est la moyenne de celles des deux poids de 1 livre. Les poids de 8 et de 4 livres appartenant à un type plus grossier, il ne serait pas prudent de les faire entrer dans les calculs, et pour ce qui est des poids plus petits, ils sont probablement tous dérivés de ceux de 1 livre et ne sauraient nous aider à éliminer les erreurs de ces derniers.