

branches $O''O''$ articulées en O''' , O''' qui déterminent la chute du fond pliant qui se ferme comme le dessus d'un parapluie, de façon que le fond de l'appareil est libre et ouvert. Lorsque ce mouvement a été effectué, les cordes $Q'Q'$ sont enroulées sur leur tambour pour faire descendre les manchons $O'O'$ et avec celles-ci la tige x,x et un anneau y,y qui frotte pendant sa descente les particules de la matière sèche qui adhèrent à la périphérie du tambour A et les fait tomber sur le fond de l'appareil où elles se réunissent et sont recueillies.

Tous les mouvements décrits ont lieu pendant que l'appareil fonctionne et est en marche sans qu'il soit nécessaire de l'arrêter en quoi que ce soit.

Aussitôt que la matière essorée et sèche a été enlevée, le rouleau t'' est tourné en direction contraire; les cordes $s''s''$, par l'action du ressort à boudin $u''u''$ qui avait été comprimé, sont ramenées à leur première position. Le fond élastique et pliant et les branches $O''O''$ sont également remis à leur position primitive; la tige x,x relevée par le moyen de la corde t''' et par la même action l'anneau y,y aussi ramenée à sa première position. Lorsque tous ces mouvements sont accomplis, le tambour est de nouveau chargé en jetant dans l'entonnoir F.F. une nouvelle quantité de la matière qu'on veut traiter, et les opérations se répètent et continuent sans arrêter en quoi que ce soit l'appareil, soit pour le charger ou le remplir, soit pour le décharger ou le vider.

Cercle à calcul.

Par M. SONNE, inspecteur des chemins de fer du Hanovre.

La construction du cercle à calcul est basée sur le même principe que celle de la règle à calcul. Un long usage m'a démontré que la règle à calcul sous la forme connue qu'on lui donne aujourd'hui ne remplit qu'imparfaitement son but; qu'elle est incommode dans son maniement et ne donne pas ce degré de précision indispensable dans la plupart des calculs industriels, qu'elle ne permet la solution

que d'opérations se rapportant à des formules algébriques bornées et, ce qui est pis, surtout qu'elle exige la connaissance d'une série assez compliquée de règles diverses. En outre, la règle à calcul ne fournit qu'un point de départ fort équivoque quand il s'agit de déterminer l'ordre, le rang des chiffres obtenus dans le système décimal.

L'expérience semble même avoir condamné la règle à calcul, qui non-seulement n'est pas devenue d'un usage général en France et en Allemagne, mais qui, en Angleterre, où elle a pris naissance, semble être abandonnée de plus en plus.

En ce qui concerne la structure du nouvel instrument qu'on voit en plan et en coupes dans les fig. 22 à 27, pl. 312, on se bornera à dire ici, par ce qu'on suppose que celle de la règle à calcul est assez généralement connue, qu'au moyen du cercle à calcul on peut faire des multiplications et des divisions d'un nombre donné quelconque de facteurs, que les longueurs d'arc du cercle gradué qui sont proportionnelles aux logarithmes des nombres qu'on aperçoit sur les traits des divisions sont, en tournant alternativement l'anneau mobile B, qu'on voit dans la fig. 22, et l'index E additionnées ou soustraites les unes des autres, et que tous les résultats peuvent être lus sur le cercle fixe A.

Maintenant comme le calcul avec ce cercle peut être considéré comme une opération faite avec des logarithmes représentés graphiquement ou géométriquement, toute personne versée dans les mathématiques élémentaires pourra immédiatement faire usage de cet instrument après toutefois s'être rendue familière avec l'inégale division des échelles, ainsi que le représente la figure. De plus, la manière dont le compteur D de la caractéristique opère est facile à saisir; chaque fois que l'index est porté soit à droite, soit à gauche, suivant que les nombres donnés jouent le rôle de facteurs ou de diviseurs, et au moyen de la petite came c , qui y est fixée, on pousse d'une dent les petites roues dentées de l'indicateur de la caractéristique en avant ou en arrière, les chiffres qu'on lit sur le cercle appartiennent à un ordre plus

ou moins élevé du système décimal, et on justifie ainsi la base de la règle qui est formulée plus loin, à savoir que quand on augmente la somme des caractéristiques des nombres donnés du chiffre qu'on voit apparaître sur le compteur de la caractéristique par suite de la rotation de l'index, on obtient toujours la caractéristique du nombre cherché.

L'index dont il vient d'être question, qui, soit dit en passant, est construit de telle façon que, dans le mouvement de l'anneau, il ne peut pas être déplacé, a encore une autre application utile en ce qu'il sert à marquer les points du cercle qui correspondent aux nombres donnés, et que, par la disposition de l'index et cette circonstance que l'échelle du cercle à calcul est établie sur la circonférence d'un cercle, les applications de l'appareil comparé à la règle à calcul se trouvent notablement étendus.

Sous ce rapport, il est surtout à propos de faire remarquer :

1^o Que sur le cercle à calcul on peut introduire à volonté un grand nombre de facteurs et de diviseurs sans être contraint de fractionner l'opération, chose qui, avec la règle à calcul, est indispensable même dans les cas les plus simples lorsqu'un produit se compose de trois ou quatre facteurs.

2^o Qu'à l'aide de l'index il est facile de pointer sur les échelles les nombres dont on doit chercher la place entre les traits de division, tandis que, dans la règle à calcul, on se heurte déjà devant des difficultés, dès que, dans des exemples de la forme abc , les nombres a et c ne sont pas marqués par des traits.

3^o Que les règles qui seront prescrites plus loin et qu'on doit observer dans l'emploi du cercle à calcul sont parfaitement brèves, simples et faciles à retenir, tandis que l'instruction sur l'emploi de la règle à calcul se compose d'un volume. La nécessité où l'on est de retenir ces diverses règles de l'instruction pour tous les cas dans lesquels le coulisseau de la baguette à calculer a besoin d'être renversé ou retourné, ou bien dans ceux où il faut lire sur l'une ou sur l'autre échelle est un surcroît pénible de travail, et cette nécessité a certainement dégoûté un grand nom-

bre de personnes de la connaissance intime et de l'usage de ce dernier instrument.

Le désir d'assurer à cet instrument et à l'instruction pour son emploi la forme la plus simple possible m'a déterminé à ne pas donner au cercle à calcul ce que dans la règle à calcul on appelle les échelles des racines; chose qu'on ne peut guère considérer comme un inconvénient bien notable par le motif qu'il n'est pas possible d'opérer l'extraction de la racine cubique au moyen de ce cercle.

Le cercle à calcul a de plus sur la règle cet avantage qu'il a une forme plus facile à manier et plus commode. Il est facile de se convaincre, à l'inspection des figures, que pas plus le grand cadran avec son compteur de la caractéristique que le petit, qui est combiné avec une presse-papier, fig. 25, n'ont besoin, comme la règle à calcul, d'être tenus avec une main, quand on veut en faire usage et, en particulier, que le petit cadran peut trouver place sur un bureau. Avec un peu d'habitude, il est facile de le manœuvrer avec la main gauche, ce qui permet d'en écrire les résultats avec une étonnante rapidité. La dernière figure 26 fait voir comment on peut combiner un cadran à calcul avec un ruban divisé ou métrique, ce qui a ainsi pourvu au cas où l'industriel, le géomètre, ou bien l'ingénieur sont obligés d'opérer des réductions de mesures et de petits calculs, par exemple un calcul des coordonnées pour des courbes d'une manière rapide sur place ou en plein champ. Du reste, il serait facile de perfectionner cet instrument et de l'employer à la mesure des angles, etc. (1).

(1) La construction du cercle à calcul a été confiée à MM. Landsberg et Parisius, à Hanovre. Les petits modèles en carton, avec index en métal, qui suffisent très-bien pour des calculs approximatifs, sont du prix de 1 fr. 85 à 9 fr. 70; en métal, avec échelle sur carton, de 4 fr. 50 à 13 fr. 50; avec échelle sur maillechort, de 12 à 20 fr. Les grands cadrans en métal, avec compteur de la caractéristique, avec échelle sur carton, de 20 à 26 fr.; avec échelle en maillechort, 34 fr.; mais en cas de débit assuré, ces prix seront beaucoup réduits. La règle à calcul est d'un prix plus élevé; celle de 0^m,26 de longueur se vend à Paris 15 fr.; celle de 0^m,36, 25 fr.; celle de 0^m,50 50 fr., et les prix des *sliding-rules* de Londres sont à peu près les mêmes.

En ce qui concerne le degré d'exactitude, il est bien évident que, par l'étendue que possèdent les échelles logarithmiques, le cercle à calcul doit aussi être supérieur, sous ce rapport, à la règle à calcul. L'échelle du petit modèle du cercle a 22 centimètres de développement, et celle du grand 37 cent., tandis que l'échelle simple des règles à calcul anglaises n'a pas plus de 14 centimètres de longueur. La conséquence est qu'avec le cadran du petit modèle l'exactitude des résultats est presque 1 1/2 fois, et avec le grand modèle à peu près 3 fois aussi grande (ou, comme on pourra dire, les erreurs respectives sont 1 1/2 et 3 fois plus petites) qu'avec la règle à calcul ordinaire de construction anglaise. Si on voulait adapter à ces derniers instruments l'échelle des grands cercles à calcul, il faudrait leur donner une longueur d'environ 32 pouces anglais ou plus de 0^m 80, longueur qui dépasserait les limites où ces instruments peuvent commodément être appliqués, sans compter qu'avec un appareil de la longueur d'une canne, il ne serait pas facile de travailler au bureau.

Néanmoins on ne doit pas se dissimuler que le cercle à calcul a besoin d'être construit avec beaucoup de précision et de soin parce qu'une légère excentricité et une faible déviation de la forme circulaire pourraient donner lieu à des inexactitudes notables, circonstances du reste auxquelles il faut avoir de même égard dans la construction de tous les instruments de mathématiques.

Quand on sait appliquer ou se servir convenablement du cercle à calcul, les erreurs maximum ne doivent pas s'élever à plus de 1/5 pour 100 des résultats avec le grand modèle (1), et à 2/5 pour 100 avec le petit modèle, tandis que les erreurs moyennes (qui, dans une série de calculs qui se combinent par voie d'addition ou de soustraction, se neutralisent en partie) sont beaucoup moindres.

(1) C'est ce degré de précision que Guy indique dans *Instruction sur la règle à calcul* de 0^m 26 de longueur de coulisseau; mais d'après mes expériences, ces instruments sont bien loin d'être aussi exacts.

INSTRUCTION SUR L'USAGE DU CERCLE À CALCUL.

I *Grand cercle avec le compteur de la caractéristique.*

1^o Les échelles du cercle à calcul ont une division logarithmique et, par conséquent, les longueurs d'arc marquées par les traits de division à prendre du point d'origine 1 des échelles, sont proportionnelles aux logarithmes des nombres placés devant ces traits.

Les nombres qui ne sont pas donnés directement sur le cercle peuvent se lire de même en faisant usage des traits et des intervalles entre les chiffres, ainsi que cela s'opère sur une règle décimale graduée et raccourcie où les nombres à plusieurs chiffres sont, comme on sait, diminués de 3 à 4 chiffres. Quant au rang des chiffres donnés dans le système numérique adopté, on en fait abstraction une fois pour toutes dans la lecture.

Dans le grand modèle de cercle représenté dans la figure 22, si l'index marque les chiffres un, deux, un, six, et sur le petit cercle les chiffres cinq, zéro, sept, les nombres correspondants à ces chiffres sont 12160 ou 121,6, ou 1,216, etc., et respectivement 507 ou 5,07, ou 0,507, etc., qui doivent, d'après ce qu'on a dit ci-dessus, être recherchés sur les mêmes points du cadran.

2^o Les cercles à calcul peuvent être employés pour toutes les multiplications et divisions numériques où l'on n'a pas besoin d'une exactitude rigoureuse, ainsi que pour l'extraction des racines carrées. On a, par leur emploi, de même que par celui des tables de logarithmes, à déterminer les chiffres du nombre cherché et l'ordre ou le rang de ces chiffres dans le système numérique (les caractéristiques), par deux opérations distinctes.

3^o Voici quelles sont les règles pour la détermination des chiffres des produits ou quotients qu'on cherche :

a. Pour multiplier un nombre quelconque de facteurs donnés l'un par l'autre, les longueurs d'arc qui leur correspondent sont, par la rotation alternative de l'anneau mobile extérieur B et de l'index C, afin de trouver le point qui correspond à leur produit, transportés l'un après l'autre sur le disque fixe A

en observant de faire toujours tourner l'index à droite comme l'aiguille d'une horloge. Supposons qu'on ait à multiplier

$$(am + bn-1 + cm-2 + \dots) \times (rn + sn-1 + tn-2 + \dots) \times (up + vp-1 + wp-2 + \dots) = P$$

où on suppose qu'on mette am au lieu de $a 10^m$. Dans ce cas, on place le 1 de l'anneau sur a, b, c du cercle A et l'index C sur r, s, t de l'anneau B puis 1 de l'anneau sous l'index et cet index sur u, v, w de l'anneau et ainsi de suite. Alors l'index indique sur le cercle le chiffre P du produit.

b. Dans la division d'un nombre de dividendes par un nombre quel-

conque de facteurs ou diviseurs donnés, on déduit ces derniers sur les longueurs d'arc correspondantes de l'anneau des dividendes posés sur les longueurs d'arc correspondantes du cercle, puis de nouveau l'index et l'anneau sont alternativement tournés, les premiers toujours à gauche, dans un sens opposé à celui des aiguilles d'une horloge. Soit, par exemple

$$\frac{(am + bm-1 + cm-2 + \dots)}{(rn + sn-1 + tn-2 + \dots) \times (up + vp-1 + wp-2 + \dots)} = Q$$

on met l'index sur a, b, c du cercle et r, s, t de l'anneau sous l'index, puis cet index sur 1 de l'anneau et u, v, w de l'anneau sous l'index et ainsi de suite; enfin l'index de nouveau sur 1 de l'anneau, et alors

l'index indique sur le cercle le chiffre du quotient Q qu'on cherche.

c. S'il s'agit de diviser un certain nombre de facteurs par un autre nombre de facteurs, par exemple

$$W = \frac{(am + bm-1 + cm-2 + \dots) \times (e3 + fd-1 + gd-2 + \dots)}{(rp + sp-1 + tp-2 + \dots) \times (uq + vq-1 + wq-2 + \dots)} \times \dots$$

on pose l'index sur a, b, c du cercle, et r, s, t de l'anneau sous l'index, puis cet index sur e, f, g de l'anneau et u, v, w de l'anneau sous l'index, etc., enfin l'index sur 1 de l'anneau, et alors cet index indique sur le cercle le chiffre du nombre cherché.

d. Règle générale. Dans la multiplication et dans la division, il faut toujours que le premier facteur ou le dividende, aussi bien que le nombre cherché, soient lus sur le cercle et les autres nombres donnés sur l'anneau.

4°. Le cadran D, placé sur le disque avec les dispositions qui en font partie, constitue le compteur de la caractéristique.

Règles pour déterminer la caractéristique des nombres cherchés.

Quand on commence une nouvelle opération, on place la petite roue du compteur de la caractéristique de manière à ce qu'on aperçoive le zéro de son échelle, alors, dans tous les problèmes de multiplication et de division, la somme des caractéristiques des nombres donnés (celles des diviseurs étant na-

tuellement prises négativement), augmentée du nombre qui apparaît sur le compteur par suite de la rotation de l'index, donne immédiatement la caractéristique du nombre qu'on cherche.

Exemples. 1°. Supposons qu'il s'agisse de déterminer la flèche de courbure u que prend une solive en chêne posée librement par ses deux bouts sur des appuis, qui a 4m 58 de longueur, 28 cent. 5 de largeur et 33 cent. 5 de hauteur, et qui est chargée au milieu d'un poids de 222 quintaux 5 (en admettant que le coefficient d'élasticité soit 2,400 quintaux). Ou alors

$$u = \frac{222.5}{2400} \times \frac{1}{4} \times \frac{458.458.458}{28.5.33.5.33.5.33.5}$$

on place l'index C sur 2,225 du cercle A, 24 de l'anneau B sous l'index; l'index sur 1 de l'anneau, 4 de l'anneau sur l'index; l'index sur 458 de l'anneau, 28 sous l'index; l'index de l'anneau sur 458, 335 sous l'index; l'index encore une fois sur 458 de l'anneau et 335 sous l'index; l'index sur 1 de l'anneau, 335 sous l'index et enfin l'index

de nouveau sur 1 de l'anneau, et on lit sur le cercle sous l'index les chiffres du résultat, qui est = 208. En même temps on voit apparaître

sur le compteur de la caractéristique le chiffre — 1, par conséquent le chiffre de la caractéristique du résultat est

$$+ (2+2+2+2) - (3+1+1+1+1) - 1 = 0$$

c'est-à-dire que le résultat lui-même = 2 centim. 08.

2°. Supposons qu'il s'agisse de réduire les dimensions précédentes en mesures de Prusse en admettant que 1 centimètre = 0,383 pouces du pied prussien.

Pour réduire 452 centimètres en mesure prussienne, on place le 1 de l'anneau sur 383 du disque et l'index sur 458 de l'anneau, et on lit sur le disque sous l'index le chiffre 1752 et sur le compteur de la caractéristique + 1; la caractéristique du résultat est donc = + 2 - 1 + 1 = + 2 et par conséquent 458 centim. = 175,2 pouces prussiens. Sans changer la position de l'anneau, on obtiendra de la même manière

$$\begin{array}{rcl} 28 \text{ cent. } 5 & = & 10,91 \text{ pouce de Prusse} \\ 33 & = & 12,82 \\ 2 & = & 0,796 \end{array}$$

E = 2400 quinaux par centimètre carré, donne E = $\frac{2400}{0,383 \cdot 0,383}$ quint. par pouce carré prussien.

On place l'index sur 24 du disque et 383 de l'anneau sous l'index; puis l'index 1 de l'anneau et 383 de l'anneau sous l'index, enfin l'index de nouveau sur 1 de l'anneau; alors on lit sur le cercle et sous l'index le chiffre cherché = 1,637; sur le compteur de la caractéristique on voit — 7; par conséquent la caractéristique du résultat est + 3 + 1 + 1 - 1 = + 4, et le résultat lui-même 16,370.

Il en résulte que u de l'exemple n° 1 est en mesures prussiennes

$$u = \frac{223,5}{16370} \times \frac{1}{4} \times \frac{175,2 \cdot 175,2 \cdot 175,2}{10,91 \cdot 12,82 \cdot 12,82 \cdot 12,82}$$

et en opérant comme ci-dessus, on trouve que u = 0,797 pouce prussien, tandis que, par la donnée précédente, on devait avoir 2 cent. 08 = 0 po. 796. Différence des deux résultats = 0,001 pouce prussien = 0,126 pour 100 du résultat.

3°. Pour répéter la même opéra-

tion en mesures anglaises, on admettra que 1 centim. = 0,394 pouce anglais.

On place donc le 1 de l'anneau sur 394 du cercle et on parvient successivement à obtenir les réductions ci-après :

$$\begin{array}{rcl} 458 & \text{centimètres} & = 180,2 \text{ pouces anglais} \\ 28,5 & & = 11,22 \\ 33,5 & & = 13,18 \\ 2,08 & & = 0,818 \end{array}$$

E = $\frac{2400}{0,394 \cdot 0,394}$ par pouce anglais; ce qui, en opérant comme ci-dessus, donne E = 15480 quinaux. Par conséquent, on a en pouces anglais

$$u = \frac{222,5}{15480} \times \frac{1}{4} \times \frac{180,2 \cdot 180,2 \cdot 180,2}{11,22 \cdot 13,18 \cdot 13,18 \cdot 13,18} \text{ d'où on déduit } u = 0,819 \text{ pouce anglais.}$$

d'où on déduit u = 0,819 pouces anglais.

On a indiqué ci-dessus u = 0,818, la différence des deux résultats ne s'élève donc encore qu'à 0,001 pouce = 0,124 pour 100 du résultat.

5° Extraction de la racine carrée. Pour extraire une racine carrée, il faut déterminer la caractéristique de cette racine et son premier chif-

fre par un calcul de tête fort simple et de la manière connue. Puis on place l'index sur le point du cercle correspondant au nombre donné, et on trouve les chiffres de la racine carrée en faisant tourner l'anneau jusqu'à ce que la longueur d'arc qui correspond à ce nombre (ou quand on a donné un nombre à caractéristique impaire, le complément de cet arc sur 2π) soit

partagée en deux parties égales par le 1 de l'anneau.

Les racines de deux nombres qui ont une même quantité de chiffres, mais dont les caractéristiques ne diffèrent que de l'unité sont placées diamétralement l'un à l'autre sur le disque.

Dans l'extraction de la racine carrée on lit le nombre donné aussi bien que sa racine sur le cercle.

6°. *Observation générale.* Le cercle à calcul fournit des résultats au moins trois fois plus rapidement que par la voie du calcul ordinaire et qui sont d'une exactitude moyenne suffisante dans la plupart des cas de la pratique industrielle. Les erreurs, quand on sait en faire usage, s'élèvent rarement au-delà de $1/5$ par 100 des chiffres qu'on veut obtenir, et, en moyenne, elles sont beaucoup moindres.

La suppression dans les applications de trois ou quatre chiffres dans les nombres donnés qui en renferment une grande série ne présente aucun inconvénient réel. On peut même plutôt recommander une suppression de ce genre d'une manière générale, et indépendamment de l'usage du cercle à calcul, si on veut bien prendre en considération le peu de précision dont ont besoin un assez grand nombre de calculs industriels.

Le cercle à calcul assure des avantages tout particuliers dans la

multiplication d'un grand nombre de facteurs donnés par un seul et même facteur (par conséquent dans les réductions de mesures) et dans la détermination des rapports ou de la valeur relative de nombres donnés et enfin dans les cas où il faut diviser des facteurs donnés par un certain nombre d'autres diviseurs.

II. Mode d'emploi du petit cercle à calcul.

Le petit cercle à calcul (fig. 27), qui ne porte pas de compteur de la caractéristique et auquel on applique les règles données sous les nos 3 et 5, suffit pour tous les calculs approximatifs; les erreurs dépassent rarement $2/3$ pour 100 des nombres qu'il s'agit d'obtenir.

Les caractéristiques des nombres sont données d'elles-mêmes dans la plupart des cas, par l'usage-pratique; quand la chose est différente, toutefois on peut facilement obtenir dans les exemples simples, les seuls dont il s'agit uniquement ici, combien de fois l'index a passé de droite à gauche dans la multiplication et de gauche à droite dans la division sur le 1 du disque, et en conclure si la somme des caractéristiques des nombres donnés doit, sous le rapport de la détermination de la caractéristique du résultat, être augmentée ou diminuée de quelques unités.

BIBLIOGRAPHIE.

Traité d'analyse chimique qualitative par R. Fresenius, professeur de chimie à l'Université de Wiesbaden, traduit de l'Allemand sur la onzième édition, par C. Forthomme, professeur de physique au lycée de Nancy, ancien élève de l'école Normale, 1 vol in-18 avec fig. dans le texte et un tableau d'analyse spectrale. Prix : 6 fr. F. Savy, rue Haute-feuille, 24.

L'analyse chimique joue aujour-

d'hui un rôle d'une si haute importance dans les sciences d'observation, la médecine curative ou légale, la pharmacie, les arts industriels et même l'économie domestique qu'il n'est plus permis à une personne instruite d'ignorer les moyens qu'elle met en œuvre pour qualifier et reconnaître cette variété infinie de corps que la nature nous présente ou que l'industrie humaine est parvenue à produire ou à extraire. Ces moyens sont variés et nombreux, mais à



