Ouvrage tombé
dans le domaine
public

FEDERATION NATIONALE DU PESAGE
SIÈGE SOCIAL : 36, Avenue Hoche -- PARIS

▼

MANUEL
DE
L'APPRENTI
AJUSTEUR-BALANCIER

2e EDITION (1955)

▼

Société Métallurgique d'Edition
96, Place Tolozan
Lyon

TABLE DES MATIERES

PREMIERE PARTIE

Préliminaires - Définitions 9
Machines simples - Leviers 13

DEUXIEME PARTIE

Notions sommaires sur les Instruments de Pesage.
Fléaux à bras égaux 19
Balance Roberval 20
Balance Béranger 22
Romaines 24
Bascules 26
Ponts-Bascules 33
Bascules en l'air 37
Appareils de Pesage automatiques 40

TROISIEME PARTIE

Rappel de quelques notions élémentaires de mécanique 45
Théorie des leviers simples 49
Centre de gravité 52

QUATRIEME PARTIE

Etude détaillée des principaux appareils :
Fléaux et Balances à bras égaux 53
Balance Roberval 61
Balance Béranger 68
Romaines 73
Bascules en l'air 82
Bascules décimales 86
Bascules romaines 94
Ponts-Bascules 108
Appareils de Pesage automatiques 125
Balances automatiques et semi-automatiques 129
Bascules automatiques 147

CINQUIEME PARTIE

MANUEL DE L'APPRENTI AJUSTEUR-BALANCIER
(2e édition)

LISTE DES ERRATA

Page 14. — *Leviers du 2e genre.* — Lire en fin de phrase *Puissance* au lieu de « Résistance ».

Page 71. — *Diminution de* $\frac{O'A'}{O'B'}$. — Lire à la 2e ligne : *en sortant A'* au lieu de « en sortant A ».

Page 78. — *2e paragraphe.* — Lire : Le curseur de poids K est à une distance L *de l'origine o de la graduation* au lieu de « de cet axe ».

Page 80. — *Figure 66.* — L'origine de la distance l1 doit être le zéro de la graduation et non pas l'axe de suspension.

Page 88. — *4e ligne.* — Lire : telles que leur somme est égale à X1.
5e ligne. — Lire en fin de ligne : telle que X2.

Page 91. — *Rajustage des Bascules décimales.* — 2e alinéa 1) 2e ligne. — Mettre une virgule après « colonne ».

MANUEL

de l'apprenti ajusteur-balancier

AVANT-PROPOS DE LA 2e ÉDITION

En présentant la deuxième édition du Manuel de l'Apprenti Ajusteur-Balancier, la Commission d'Apprentissage de la Fédération Nationale du Pesage, qui a continué les travaux du Syndicat National des Constructeurs d'Appareils de Pesage, tient à rappeler que ce Manuel n'a pas la prétention de constituer une œuvre originale et que de très larges emprunts ont été faits aux documents antérieurement publiés et tout particulièrement :

— *aux* Instructions théoriques et pratiques sur les Instruments de Pesage, de la Maison B. Trayvou (1900) ;

— *au* Manuel de l'Ajusteur-Balancier, par G. Allard, Vérificateur des Poids et Mesures à Valenciennes (1928) ;

— *au* Cours des Poids et Mesures, de M. Viaud, Inspecteur Général, Chef du Service des Instruments de Mesure (1933), édité par la Librairie de l'Enseignement Technique Léon Eyrolles, 57, Boulevard Saint-Germain, à Paris.

La Commission d'Apprentissage de la Fédération remercie les auteurs et éditeurs de ces ouvrages de la bienveillante autorisation qu'ils ont bien voulu lui donner, d'utiliser aussi largement qu'elle le jugerait utile, aussi bien le texte que les figures de ces ouvrages.

La Commission remercie, d'autre part, tous ceux qui ont bien voulu l'aider dans la mise au point de cette deuxième édition du Manuel, et spécialement :

— Monsieur Francis VIAUD, Inspecteur Général Chef du Service des Instruments de Mesure, qui avait bien voulu rédiger la préface de la première édition, préface que la Commission a de nouveau placée en tête de cette deuxième édition, car elle a conservé toute sa valeur humaine et technique ;

— Messieurs DECHELOTTE et IBERT, Ingénieurs du Service des Instruments de Mesure, VALETTE, Inspecteur du Service des Instruments de Mesure, qui ont bien voulu accepter de professer, respectivement à Paris, Bordeaux et Lyon, les cours de Technologie des Sections d'Apprentis Ajusteurs-Balanciers organisés dans ces Centres, et ont fait parvenir à la Commission des suggestions très précieuses pour la mise au point de cette deuxième édition.

MANUEL

de l'Apprenti Ajusteur-Balancier

PRÉFACE DE LA 1re ÉDITION

par M. Francis VIAUD,
Ingénieur des Arts et Manufactures
Inspecteur Général Chef du Service des Instruments de Mesure

Le temps est déjà loin où Rabelais confirmait ce propos du Sage, que « Science sans conscience n'est que ruine de l'âme ». *Sans doute, les difficultés de toutes sortes assaillent, plus encore que dans le passé, les chefs d'industrie. Mais le vieil adage s'impose toujours à l'esprit des industriels dignes de ce nom. A côté et au-dessus des connaissances techniques et scientifiques, s'étale l'impératif moral, et peut-être catégorique, de la « Conscience ».*

Qui ne connaît ces maisons françaises demeurées très sensibles aux reproches d'une fidèle clientèle « mal servie »? Chacun peut citer dans son entourage, des patrons, des ingénieurs, des contremaîtres, des ouvriers navrés et désolés de ne pouvoir « faire mieux ». C'est là un signe indélébile de cette conscience ancrée, quoiqu'on en dise, au cœur de tous ceux qui concourent au but commun de l'Entreprise.

Mais pour faire bien, pour faire mieux, il faut, à côté de matériaux impeccables et d'un outillage rénové et adapté aux fabrications, une main-d'œuvre qualifiée. Aussi, la formation professionnelle d'ouvriers de choix reste-t-elle une des préoccupations essentielles de l'Industrie. Elle donne aussi aux travailleurs manuels une plus haute valeur, entendue dans le sens élevé du mot. Dans le grand trièdre de référence du Monde, on ne se repent jamais de préférer l'axe vertical, celui de l'altitude, dont la prolongation vers le zénith donne l'image de la perfection.

Ces notions s'imposent peut-être encore plus impérieusement dans une industrie comme celle de la balancerie, en raison de la dispersion de ses usines et de ses ateliers sur le territoire français et aussi de la nature des produits construits et réparés.

La dispersion des établissements entraine une diversité de caractère dans la main-d'œuvre : nul ne pourra, et c'est d'ailleurs heureux, couler dans un même moule uniforme, et par suite ennuyeux, des tempéraments aussi variés que ceux du Parisien, du Lyonnais, du Bordelais, de l'homme du Nord ou de l'Est. Du moins peut-on tenter de dégager de fines mains d'ajusteur-balancier, créatrices d'instruments qui porteront au loin le renom de la balancerie française.

Par ailleurs, s'il existe, en fin de compte, un type « d'homme comme les autres », cher à Armand Salacrou, il n'y a pas d'instrument de pesage unique. La variété des types et des modèles y est grande et il importe qu'un ouvrier qualifié puisse connaître d'une manière approfondie aussi bien l'ancestral fléau et les bascules aux leviers conjugués, automatiques ou non, que les appareils les plus complexes appropriés aux besoins réputés spéciaux d'usagers difficiles.

Un caractère commun plane toutefois sur tous les instruments de pesage. Ils servent à déterminer des poids, ou si l'on veut être plus rigoureux, des masses. Et cette mesure intervient au premier chef dans de multiples opérations : transactions commerciales, expertises, prix de revient, salaires des ouvriers, etc. L'Etat le sait bien, imitant d'ailleurs en cela les us et coutumes les plus anciennes : les précurseurs des modernes fonctionnaires du Service des Instruments de Mesure, digne successeur du Service des « Poids et Mesures », veillaient déjà dans l'antiquité, aux portes des temples sacrés où étaient conservés les Etalons.

Actuellement, l'Etat reste le gardien de cet admirable système métrique créé en pleine tourmente révolutionnaire de 1791 et veille à la sincérité des transactions faites au poids ou à la mesure. Son rôle serait toutefois bien difficile et certainement très diminué, s'il ne trouvait précisément, auprès des industriels et artisans balanciers, un concours qui sera d'autant plus efficace que la qualité des appareils sera plus grande.

Ainsi, qu'on le veuille ou non, on revient toujours à cette idée primordiale de qualité de fabrication, au centre de laquelle se trouve la qualité de la main-d'œuvre.

C'est pourquoi l'effort tenté par le Syndicat National des Constructeurs d'Appareils de Pesage mérite d'être souligné et encouragé. La création de cours professionnels de balancerie, en attendant que se multiplient un jour des Centres d'apprentissage de balancerie en accord avec l'Enseignement Technique et avec les industriels intéressés, marque la volonté de former des ouvriers balanciers modernes

et évolués, dignes descendants de ceux que protégeait jadis Saint Michel à l'ombre des Saints-Innocents. Il s'agit maintenant de terrasser le Dragon de la médiocrité.

Ce Manuel de l'Apprenti-balancier, dû à l'intelligente activité de la Commission d'Apprentissage du Syndicat, résume l'essentiel des connaissances nécessaires, autrefois gardées jalousement par une confrérie assez hautaine. Il sera utile aux jeunes apprentis et à tous ceux qui aimeront remonter à la source des principes qu'ils utilisent chaque jour.

Certes, le livre et l'école ne sont pas tout dans la formation et dans le perfectionnement de l'ouvrier. C'est à la dure école de la vie qu'on s'initie peu à peu et sans doute jamais complètement, à son métier. Mais le fait même de désirer quelque chose de mieux, de plus fini, de plus beau, de chercher à approfondir ses connaissances, est l'indice d'un caractère qui honore l'individu et la profession.

Ce désir de savoir, ce désir de mieux faire, doit être celui du lecteur qui, en ouvrant ce livre, se remémorera l'une des inscriptions que Paul Valéry marqua en lettres d'or au fronton du Musée de l'Homme, au Trocadéro :

« Il dépend de celui qui passe que je sois tombe ou trésor
« Ami, n'entre pas sans désir ».

Francis VIAUD.

Première Partie

Préliminaires - Définitions

CORPS.

L'une quelconque des matières constituant l'univers ou des choses matérielles qui peuvent tomber sous les sens sont des corps.

Les corps se présentent sous 3 états différents : solides, liquides, gazeux :

Une pierre est un corps à l'état solide ;

L'eau est un corps à l'état liquide ;

L'air est un corps à l'état gazeux.

INERTIE DES CORPS.

Les corps, quel que soit leur état, sont inertes, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent se mettre seuls en mouvement ou, étant en mouvement, ne peuvent s'arrêter seuls sans le secours de circonstances extérieures.

Pour soulever une masse, il faut vaincre l'état d'inertie de cette masse, de même qu'il faut, pour arrêter un corps tombant sur le sol, vaincre la force acquise par ce corps.

FORCES.

On appelle force toute cause capable de produire ou de modifier le mouvement d'un corps.

Une force est entièrement caractérisée lorsque l'on connaît :

1) Son intensité, exprimée par le nombre qui mesure la force ;

2) Sa direction et son sens qui sont la direction et le sens du mouvement que prendrait le corps sous l'action de cette seule force.

3) Son point d'application qui est le point du corps sur lequel elle agit. On peut reporter le point d'application d'une force en un point quelconque de sa direction, pourvu que ce second point soit solidaire du premier.

REPRESENTATION DES FORCES.

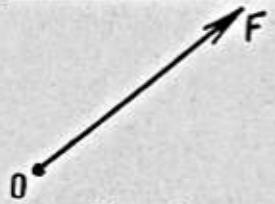


Figure 1

On représente une force par un segment de droite, OF par exemple (fig. 1), terminé par une flèche, segment dont une des extrémités se trouve au point d'application de la force, dont la direction et le sens sont ceux de la force et dont la longueur est proportionnelle à l'intensité de la force.

PESANTEUR.

La pesanteur est une force qui tend à rapprocher du centre de la terre tous les corps qui sont à sa surface.

Cette force agit toujours verticalement suivant la direction du fil à plomb. Par exemple : une pierre tombe au fond d'un puits par l'action de la pesanteur.

Quel que soit leur état, tous les corps sont pesants, c'est-à-dire attirés vers le centre de la terre et, si certains d'entre eux paraissent faire exception à cette loi, c'est qu'ils sont eux-mêmes plongés dans un autre corps plus lourd qu'eux-mêmes.

Un bouchon abandonné à l'air libre tombe sur le sol ; si, au contraire, il est plongé dans l'eau qui, à volume égal, pèse plus que le liège, il reste à la surface de l'eau.

C'est ce qui explique pourquoi certains gaz ou certaines fumées s'élèvent au lieu de tomber sur le sol. Leur ascension est due à ce qu'ils sont, à volume égal, moins lourds que l'air.

POIDS.

L'effet de la pesanteur sur un corps détermine le poids de ce corps.

DENSITÉ.

Il ne faut pas confondre le poids d'un corps avec sa densité.

On appelle « densité » le rapport entre le poids d'un corps et le poids du même volume d'un autre corps pris pour unité. Pour les liquides et les solides, le corps choisi comme unité est l'eau dont un litre pèse un kilogramme ; on dit donc que la densité de l'eau est 1. Quand on dit que la densité de l'acier est 8, cela veut dire qu'à volume égal, l'acier pèse 8 fois plus que l'eau. Pour les gaz, le corps choisi pour unité de densité est l'air. Si l'on dit que la densité d'un gaz est 0,8, cela signifie que ce gaz pèse les 8/10 du poids du même volume d'air.

La densité d'un corps se détermine facilement lorsque sa forme permet d'en déterminer rapidement le volume.

Dans le cas contraire, on se sert d'une balance spéciale, dite balance hydrostatique, dont le fonctionnement est basé sur le principe d'Archimède, à savoir que : « tout corps plongé dans un liquide perd de son poids, le poids du liquide qu'il déplace ».

CENTRE DE GRAVITÉ.

Le centre de gravité d'un corps est un point fictif constituant, pour ainsi dire, le centre de la partie pesante du corps. On peut considérer que, sur ce point, se concentrent les effets de la pesanteur sur l'ensemble du corps.

EQUILIBRE DES CORPS.

Un corps est dit en équilibre lorsque les forces différentes qui agissent sur lui s'annulent.

Un bateau amarré sur une rivière est en équilibre si la chaîne qui le retient est suffisamment solide pour compenser l'entraînement de l'eau.

De même, une balance est en équilibre si les plateaux sont également chargés.

Un corps soumis à la seule action de la pesanteur ne peut être en équilibre que si l'effet de cette pesanteur peut être annulé. La direction de la pesanteur passe par le centre de gravité du corps. Il faut donc, pour que l'équilibre soit obtenu, que la direction de la force opposée passe par le centre de gravité.

POSITION DU CENTRE DE GRAVITÉ.

Le centre de gravité est naturellement un point unique : un corps ne peut avoir deux ou plusieurs centres de gravité. Ce point varie suivant la forme des corps : dans une boule ou sphère constituée par une matière homogène, le centre de gravité est au centre de la sphère ; dans une pièce rectangulaire d'épaisseur uniforme, le centre de gravité se trouve au milieu de l'épaisseur et au centre du rectangle.

Dans les pièces de forme quelconque, la position du centre de gravité peut être déterminée de différentes façons.

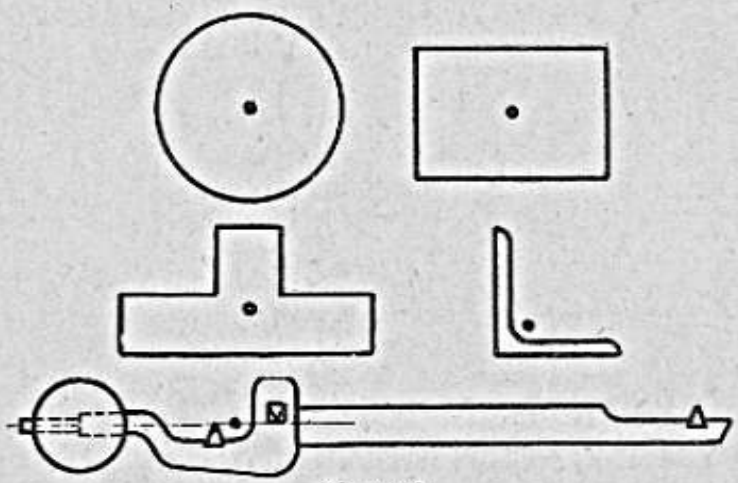


Figure 2

Les figures ci-dessus, représentant des corps de diverses formes, indiquent, en supposant une épaisseur régulière, la position du centre de gravité ; elles montrent également que celui-ci, point fictif, ne se trouve pas nécessairement dans la masse constituant le corps. Il peut se trouver en dehors de cette masse.

EQUILIBRE DES CORPS REPOSANT SUR UN APPUI.

Il résulte de ce qui précède que, pour qu'un corps qui repose sur un appui soit en équilibre, il faut que l'effet de la pesanteur,

dont la direction passe toujours par le centre de gravité, soit annulé par un appui situé sur une ligne verticale passant par ce centre.

Supposons un disque plein dont le centre de gravité est au centre de la figure. Un pivot planté au milieu et passant par le centre de gravité permettra au corps d'être toujours en équilibre, comme une meule, par exemple. Cet état d'équilibre est dit *indifférent*.

Si le pivot est planté en-dessous du centre, le corps ne tiendra en équilibre que si le centre de gravité est sur la même verticale que le pivot. Ce genre d'équilibre, peu facile à obtenir, est dit équilibre *instable* et se caractérise par le fait que le corps soumis à la seule pesanteur ne pourrait se mettre seul dans cette position d'équilibre.

Si au contraire, le pivot est placé au-dessus du centre de gravité, le corps abandonné à lui-même se mettra seul en position d'équilibre. Cet état d'équilibre est dit *stable*.

Il y a lieu de noter, dans ce dernier cas, que la destruction de la position d'équilibre nécessitera un effort d'autant plus grand que la distance qui séparera le point d'appui du centre de gravité sera plus grande.

Figure 3

Equilibre indifférent *Equilibre stable* *Equilibre instable*

OSCILLATION.

Un corps en équilibre stable peut osciller, c'est-à-dire être déplacé légèrement à droite ou à gauche de sa position d'équilibre, comme le fait un pendule ou le balancier d'une horloge.

Les oscillations sont d'autant plus lentes et étendues que le centre de gravité et l'axe d'appui sont plus voisins ; elles sont, au contraire, d'autant plus rapides et plus courtes que ces deux points sont plus éloignés l'un de l'autre.

C'est en se basant sur cette remarque que l'on effectue le réglage des horloges par déplacement du centre de gravité du balancier par rapport à l'axe d'appui.

Un corps en équilibre indifférent ou instable ne peut être oscillant. En effet, s'il est déplacé de sa position d'équilibre, il ne peut y revenir.

MODIFICATION DE POSITION DU CENTRE DE GRAVITÉ.

Il est assez facile d'amener le centre de gravité d'un corps sur un point fixé d'avance.

Supposons, par exemple, une pièce d'égale épaisseur, dont le centre de gravité est en A, et supposons, d'autre part, que l'on désire amener ce centre en B (Fig. 4).

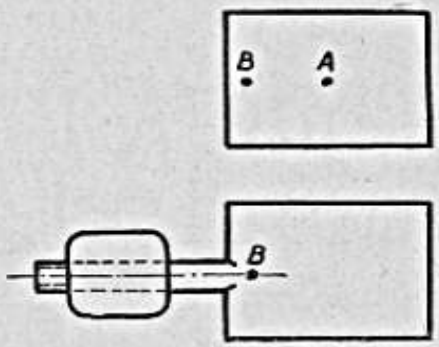


Figure 4

Il suffira de rapporter sur cette pièce un appendice convenablement disposé sur le prolongement de la direction de AB et portant une tare pouvant se déplacer jusqu'à ce que le centre de gravité soit en B.

De la même manière, on pourrait, en modifiant la forme et les dimensions d'un corps, amener le centre de gravité en un point quelconque de ce corps.

A titre d'exemple, on obtient, en balancerie, un déplacement horizontal du centre de gravité du fléau d'une bascule romaine par déplacement de la boule de tare.

Dans les fléaux de précision, le déplacement vertical du centre de gravité est obtenu par déplacement d'une petite masse filetée placée au-dessus du fléau.

Machines simples - Leviers

On appelle machine, tout appareil capable de transmettre ou de modifier une force ou un mouvement.

Une machine simple est, en principe, constituée par un seul organe ; en généralisant, on désigne sous le terme de machine, tout ensemble composé de plusieurs machines simples convenablement conjuguées entre elles, afin de produire un travail déterminé.

Le type de la machine simple est le *levier*.

Un levier est généralement constitué par une barre rigide supportée par un appui et capable de transmettre tous les efforts qui lui sont appliqués. Il y a trois genres de leviers.

LEVIER DU 1er GENRE. — C'est celui dans lequel le point d'appui se trouve placé entre les points d'application d'une première force dite puissance et d'une deuxième force dite résistance.

Une barre placée comme l'indique la figure 5, un fléau à bras égaux sont des leviers du premier genre.

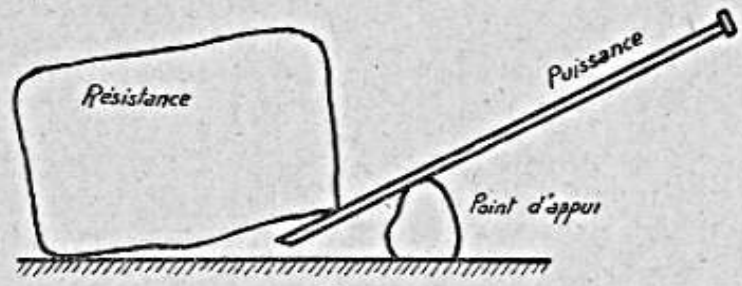


Figure 5

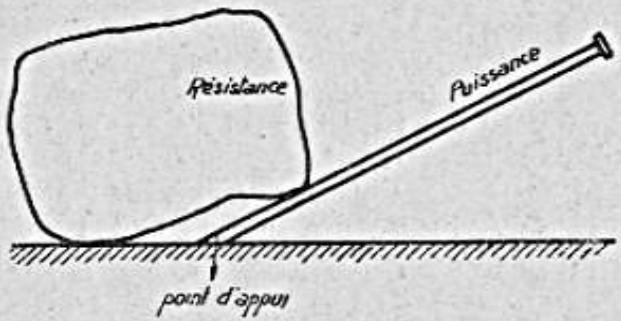


Figure 6

LEVIER DU 2e GENRE. — C'est celui dans lequel le point d'application de la résistance est placé entre le point d'appui et le point d'application de la résistance.

Une barre placée comme l'indique la figure 6, un levier communicateur (fig. 7), sont des leviers du deuxième genre.

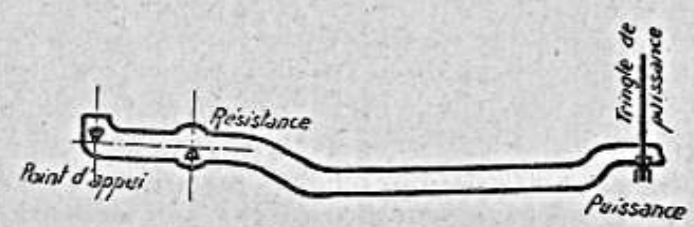


Figure 7

LEVIER DU 3e GENRE. — C'est celui dans lequel le point d'application de la puissance est placé entre le point d'appui et le point d'application de la résistance. Des pincettes, par exemple, constituent un levier du troisième genre.

Ce dernier genre de levier n'est presque jamais employé en balancerie.

BRAS DE LEVIER. — On appelle bras de levier la distance mesurée entre le point d'appui et les points d'application de la puissance ou de la résistance.

Le bras de puissance est la distance mesurée entre le point d'appui et le point d'application de la puissance.

Le bras de résistance est la distance mesurée entre le point d'appui et le point d'application de la résistance.

Ainsi, dans le levier du premier genre (fig. 8), OA est le bras de résistance, OB le bras de puissance. Dans le levier du deuxième genre (fig. 9), il faut bien remarquer que le bras de puissance est OB et non pas AB.

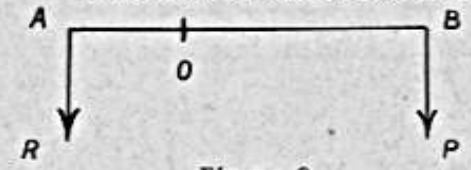


Figure 8

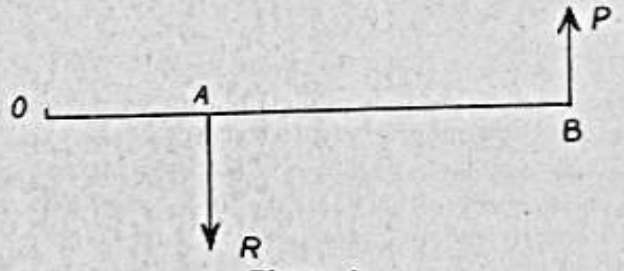


Figure 9

On appelle en balancerie « rapport du levier », la proportion entre le bras de la résistance et celui de la puissance, la puissance étant toujours représentée par les poids étalons ou les curseurs, et la résistance par la charge à peser.

Si le bras de la puissance est 3 fois plus long que celui de la résistance, on dit que les leviers sont dans le rapport de 1 à 3.

L'effort à appliquer au levier pour vaincre la résistance ou obtenir l'équilibre, est d'autant plus petit que le rapport est lui-même plus petit et est, d'ailleurs, proportionnel à ce rapport.

Dans un levier, quel que soit son genre, si le bras de puissance est 6 fois plus long que celui de résistance, l'effort à produire pour vaincre la résistance sera 6 fois plus petit que celle-ci.

En outre, le déplacement des points d'application des forces est proportionnel à la longueur des bras de levier.

Les leviers peuvent s'employer seuls ou s'accoupler ; dans ce dernier cas, le rapport final s'obtient en multipliant entre eux les rapports de chacun des leviers composant l'appareil.

Un appareil de pesage dans lequel seraient accouplés deux leviers, l'un dans le rapport de 1 à 5, l'autre dans le rapport de 1 à 8, sera lui-même dans le rapport de 1 à 40, c'est-à-dire que l'effort pour vaincre la résistance sera 40 fois plus petit que celle-ci.

Il y a lieu, en outre, de remarquer que, lorsqu'un levier est en équilibre, le produit obtenu en multipliant l'effort de puissance par

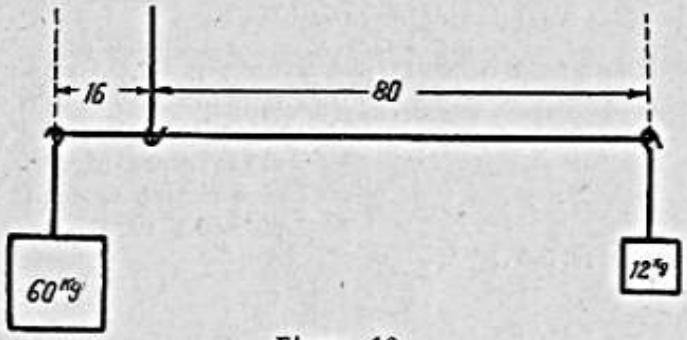


Figure 10

son bras de levier est égal au produit obtenu en multipliant l'effort de résistance par son propre bras de levier.

Soit un levier dont les bras ont respectivement 16 cm et 80 cm (fig. 10) ; pour équilibrer un poids de 60 kg placé à l'extrémité du bras de 16 cm, il faudrait placer un poids de 12 kg à l'extrémité du bras de 80 cm.

Le bras de 80 cm est, en effet, 5 fois plus grand que celui de 16 cm. Le levier est dans le rapport de 1 à 5 ; c'est pourquoi la charge appliquée au grand bras de 80 cm est 5 fois plus petite que la charge appliquée sur le bras de 16 cm.

D'autre part, les produits 16 x 60 et 80 x 12 ont la même valeur.

L'équilibre d'un levier dépend de cette seule condition.

FORMES DES LEVIERS. — Suivant l'usage auquel on les destine, on donne aux leviers des formes différentes. Une poulie, un cabestan, un cric, un train d'engrenages, une brouette constituent des leviers.

En balancerie, il est nécessaire que les rapports des leviers ne soient pas altérés pendant leurs courses, et il est donc indispensable que, schématiquement, ces leviers soient constitués par des lignes droites et que les points d'application des différentes forces soient exac

tement déterminés. C'est pourquoi les points d'application sont constitués par des couteaux en acier, disposés de telle façon que leurs taillants soient en ligne ou dans un même plan.

Supposons que ces conditions ne soient pas remplies et que l'on essaie un levier constitué comme l'indique la figure 11 ci-contre. Les poids suspendus au levier agissent verticalement par l'effet de la pesanteur ; les bras de levier ont respectivement les longueurs indiquées sur la figure, soit 12 mm et 24 mm, les bras sont donc dans un rapport de 1 à 2.

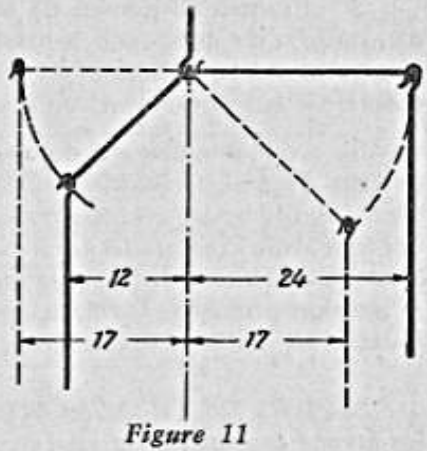


Figure 11

Si le levier est déplacé et occupe la position indiquée en pointillé, les nouveaux bras de levier obtenus peuvent être égaux entre eux. Par conséquent, ce levier, pouvant changer de rapport dans des proportions considérables, ne saurait être utilisé en balancerie, et ceci justifie la nécessité d'avoir tous les couteaux en ligne droite pour tous les leviers susceptibles de se déplacer.

Les leviers qui ne se déplacent que d'une quantité absolument inappréciable peuvent faire exception à cette règle ; c'est le cas en particulier, des leviers triangulaires des ponts-bascules.

SENSIBILITE ET OSCILLATIONS. — Dans un instrument de pesage, quel qu'il soit, le levier principal de pesage doit être établi dans les conditions de sensibilité réglementaires.

Nous avons indiqué déjà qu'il fallait d'autant moins d'effort pour rompre l'équilibre que le centre de gravité était plus proche du point d'appui d'un levier.

En d'autres termes, le levier est d'autant plus « sensible » que le taillant du couteau central servant d'axe de rotation d'un levier se trouve plus près du centre de gravité.

On reconnaît pratiquement que le degré de sensibilité cherché est atteint en essayant le levier avec des poids, mais on s'en rend fort bien compte en observant les oscillations du fléau.

Un fléau peu sensible, en terme de métier, un fléau *dur,* ayant son centre de gravité en-dessous et trop loin du point d'appui, subit davantage, lorsqu'il est déplacé, l'action de la pesanteur et parvient rapidement à la position d'équilibre dont il a été éloigné. Ce mouvement d'oscillation est par conséquent d'autant plus rapide que le fléau est moins sensible.

Dans un fléau sensible, dont le centre de gravité se déplace peu pendant l'oscillation, les effets de la pesanteur sont beaucoup plus lents à se faire sentir, de sorte que le fléau oscille lentement.

Si le centre de gravité ne se déplace pas pendant l'oscillation d'un fléau, c'est donc qu'il se confond avec le point d'appui, si bien que l'effet de la pesanteur étant complètement annulé, le fléau est indifférent et se trouve en équilibre dans toutes les positions.

Si, exceptionnellement, le centre de gravité se trouvait au-dessus de l'axe d'appui, le fléau ne se tiendrait horizontal que par un prodige d'équilibre et, dès que cet équilibre se trouverait détruit pour une cause quelconque, le fléau s'inclinerait et tomberait à droite ou à gauche, indifféremment, sans qu'il lui soit possible de reprendre sa position primitive. Un fléau ou un levier dans cet état d'équilibre instable est dit *fléau fou* et ne peut servir au pesage.

LEVIERS DE TRANSMISSION ET LEVIERS OSCILLANTS. — Les leviers constituant un instrument de pesage n'ont pas tous le même but. Les leviers servant au pesage proprement dit, appelés leviers peseurs, doivent tous répondre aux conditions exposées plus haut et doivent tous, par conséquent, être des leviers oscillants ; c'est le cas des fléaux de bascules.

D'autres leviers n'ont, en général, qu'à transmettre, en la réduisant ou en l'augmentant, la charge qu'ils reçoivent et ne sont pas oscillants ; leur mouvement est quelquefois inappréciable. Ces leviers dits « de transmission » interviennent beaucoup moins que les leviers peseurs dans la détermination de la sensibilité nécessaire aux appareils de pesage et ne sont établis que pour la transmission des charges, tels les leviers intérieurs des bascules. De plus, comme ces leviers ne se déplacent pas, leur rotation autour de leur point d'appui est nulle et, par conséquent, on peut se permettre de ne pas placer les couteaux exactement « à la ligne », c'est-à-dire dans un même plan.

Il n'y a, de ce chef, à craindre aucune altération des rapports, puisque ces leviers sont immobiles ou que, tout au moins, les déplacements constatés sont tellement faibles qu'ils peuvent être négligés, l'altération des rapports n'ayant qu'un effet inférieur à la tolérance admise.

Deuxième Partie

Notions sommaires sur les instruments de pesage

Fléaux à bras égaux

PRINCIPE. — Le fléau à bras égaux est, comme son nom l'indique, un levier dont les deux bras sont égaux et, par conséquent, dans le rapport de 1 à 1.

Toute charge, appliquée sur l'un des deux bras, est équilibrée par une charge égale, placée sur l'autre bras. La condition principale à observer est de placer l'axe d'appui un peu au-dessus du centre de gravité. Le fléau sera d'autant plus sensible que le centre de gravité sera plus rapproché. Il y a lieu de prendre quelques précautions, car la balance pourrait être folle si les deux points étaient confondus.

DESCRIPTION. — Une balance à bras égaux à plateaux inférieurs se compose essentiellement d'un levier du premier genre AB, appelé fléau, qui peut osciller librement autour de l'arête d'un axe-chef O, reposant sur deux petits plans d'acier ou d'agate situés dans un même plan horizontal. A chaque extrémité du fléau, sont fixés deux autres couteaux ou axes dont les arêtes, parallèles à celle de l'axe-chef O, sont tournées vers le haut (fig. 12).

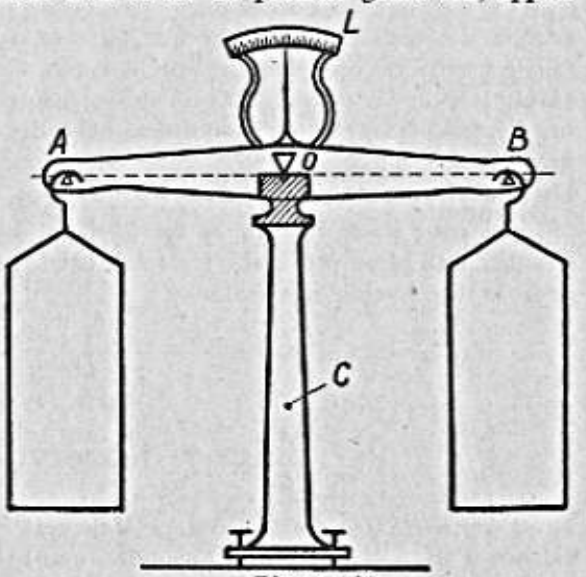


Figure 12

Ces couteaux ou axes portent par l'intermédiaire de chapes les plateaux destinés à recevoir les corps à peser ou les masses marquées.

Les plateaux sont donc mobiles autour des couteaux ou axes A et B et la verticale de leur centre de gravité passe par les arêtes de ces couteaux ou axes.

L'ensemble est généralement supporté par une colonne C portant un limbe gradué, devant lequel se déplace une aiguille solidaire du fléau.

Lorsque l'appareil ne comporte pas de colonne formant support, on le désigne alors communément sous le nom de « fléau ».

REGLAGE THEORIQUE.— On vérifie d'abord que la balance a le degré de sensibilité voulu, puis on accroche des poids étalons égaux à chaque extrémité du fléau et l'on retouche convenablement les couteaux ou axes des extrémités de façon à obtenir l'équilibre.

Il faut, avant de mettre les poids étalons, tarer la balance à vide et recommencer le tarage après chaque retouche.

Enfin, à titre de dernière vérification, il faut intervertir les étalons, c'est-à-dire mettre dans le plateau de droite celui qui était dans le plateau de gauche et inversement.

Le degré de précision réglementaire est de 1/2 000 de la charge totale. On arrive, avec des balances soignées, à obtenir une sensibilité de 100 à 200 fois plus grande.

DOUBLE PESÉE DE BORDA. — Le réglage d'un fléau à bras égaux et d'ailleurs de tout autre appareil de pesage, nécessite l'emploi de poids étalons soigneusement vérifiés.

La méthode de Borda, dite « de double pesée », permet la vérification des étalons, même sur une balance dont l'ajustage n'est pas fait, pourvu que cette balance soit sensible. Cette méthode consiste à placer le premier étalon dans un des plateaux de la balance, à tarer sur l'autre plateau jusqu'à équilibre avec du plomb ou toute autre matière, puis à remplacer le premier étalon par le deuxième. Si l'équilibre subsiste, c'est que les deux étalons sont égaux entre eux.

On peut naturellement se servir de la méthode de Borda pour effectuer une pesée ordinaire, mais son emploi n'est indispensable que pour la vérification des étalons.

Balance Roberval

DESCRIPTION.— La balance Roberval est, contrairement à la balance à fléau à bras égaux ordinaire, une balance avec plateaux en dessus, afin d'éviter l'emploi des cadres ou chaînes de suspension, toujours incommodes.

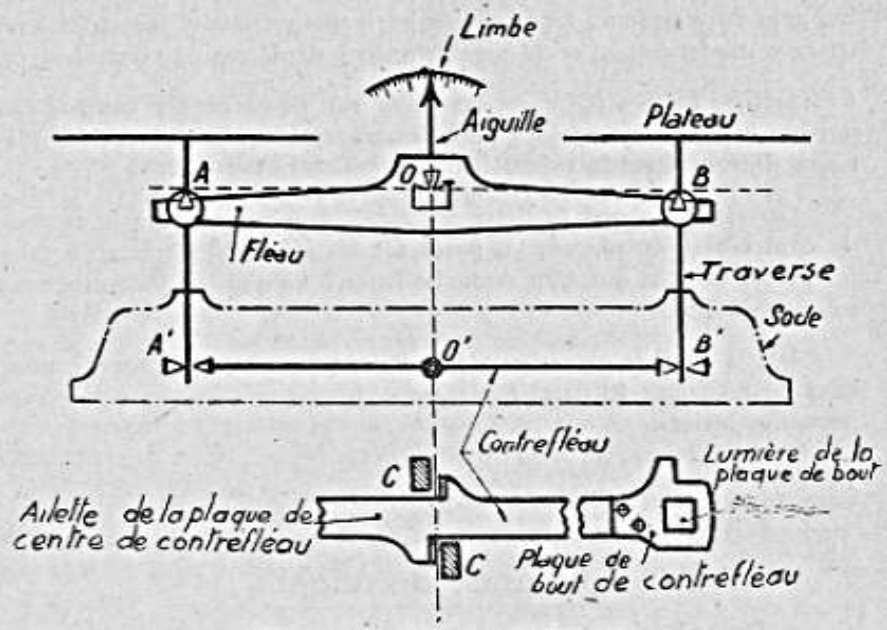


Figure 13 : Balance Roberval

La balance Roberval (fig. 13) se compose d'un fléau AOB reposant sur un support porté lui-même par un socle, d'un contre-fléau A'O'B', de deux traverses AA' et BB'.

Le contre-fléau porte en son milieu une plaque de centre avec deux ailettes qui s'appuient latéralement sur les deux branches d'un chevalet fixe porté par le socle.

A ses extrémités, se trouvent deux plaques de bout avec une lumière dans laquelle s'engage l'extrémité de la traverse correspondante. La liaison entre celle-ci et le contre-fléau se fait par l'intermédiaire des fenêtres, portées par les traverses.

Chaque traverse porte un dessous de traverse recevant les joues dans lesquelles sont ménagées les enfilures portant les coussinets ; un dessus de traverse entretoise les joues de traverses et reçoit le croisillon porte-plateaux (fig. 14).

Les plateaux sont posés sur les croisillons, eux-mêmes fixés à la traverse.

Le contre-fléau n'a pas d'autre

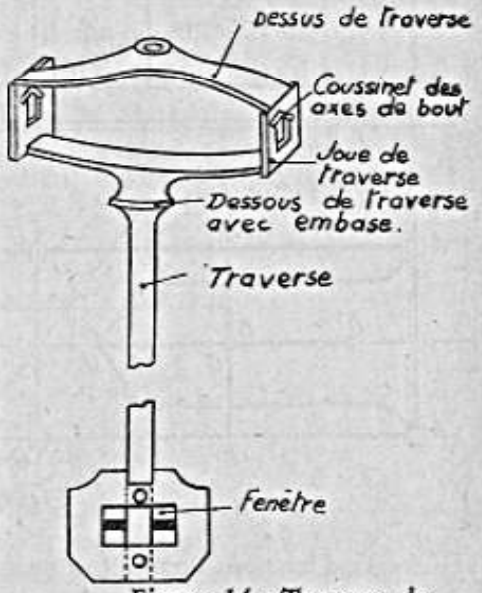


Figure 14 : Traverse de balance Roberval

but que de maintenir les plateaux horizontaux, même lorsqu'ils sont chargés sur les bords, et de permettre leur déplacement verticalement.

REGLAGE THEORIQUE.— Les bras du fléau et du contre-fléau doivent avoir la même longueur; les traverses qui reçoivent les plateaux doivent être de même hauteur.

On règle d'abord le fléau principal, puis on effectue le réglage du contre-fléau en plaçant les poids sur les plateaux, de façon à faire intervenir celui-ci que l'on retouche jusqu'à ce que le fonctionnement soit satisfaisant.

Il y a lieu de remarquer que le jeu donné par l'usure a pour effet de déformer le parallélogramme théorique et d'altérer les rapports des leviers.

Balance Béranger

DESCRIPTION.— La balance Béranger se compose (fig. 15) :

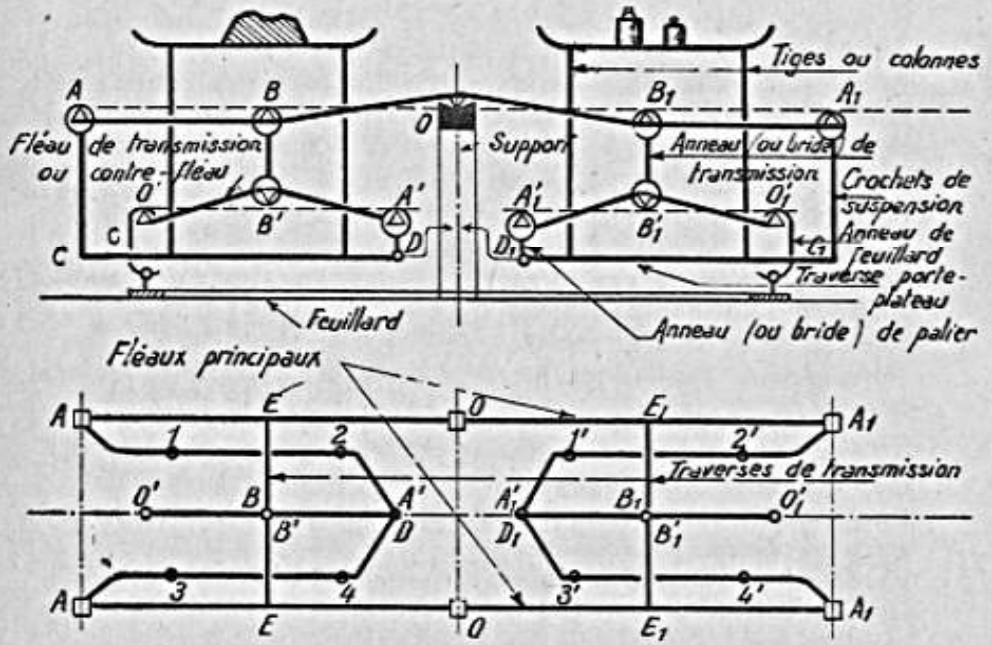


Figure 15

1) d'un fléau double (ou parfois simple) AOA1 reposant sur un support O comportant, de chaque côté de l'axe d'appui, une traverse (EBE) (E1B1E1), dite de transmission.

2) de deux fléaux de transmission O'B'A' et O'1B'1A'1, fixés au fond de la boîte par des brides d'équerre et reliés au fléau par les brides de transmission BB' et B1B'1.

3) de deux paliers porte-tiges supportés d'une part par le fléau en A et A1, d'autre part, par les fléaux de transmission en D et D1 ; sur ces porte-tiges sont fixées les tiges destinées à recevoir les croisillons et les plateaux.

Le fléau parallélogramme et les fléaux de transmission sont oscillants et doivent avoir leurs couteaux à la ligne.

Le fléau parallélogramme qui est seul le fléau peseur, doit donner à lui seul les conditions de sensibilité habituelles ; les transmissions peuvent être montées sans se préoccuper du centre de gravité.

La division du fléau de transmission doit être inversement proportionnelle à celle des bras du parallélogramme ; si O'B' est égal aux 2/3 de O'A', le fléau sera disposé de telle sorte que OE soit les 2/3 de OA.

Les produits des charges par leurs bras de leviers respectifs doivent, en effet, dans un fléau en équilibre, être égaux.

Supposons une balance d'une portée de 10 kg chargée de 10 kg sur chaque plateau, mais de manière que, dans le plateau de gauche, les 10 kg soient placés en bout du parallélogramme et, dans le plateau de droite, au bout de la transmission.

Le produit de la charge du plateau de gauche par son bras de levier sera : $10 \times 3 = 30$, en prenant comme unité de longueur le tiers de la longueur du fléau principal.

De même, le produit de la charge du plateau de droite placée sur la transmission sera, sur la bride de jonction : $(10 \times 3)/2 = 15$, mais, le bras de levier de la traverse du parallélogramme étant égal à 2, le produit total sera de : $15 \times 2 = 30$, égal à celui de la charge du plateau de gauche.

Le fléau sera donc en équilibre, quelle que soit la position des poids sur les plateaux.

Les courses des leviers étant proportionnelles aux rapports, la course des extrémités des transmissions est égale à celle des extrémités du parallélogramme et les plateaux se déplacent verticalement.

Pendant les oscillations du fléau, il n'y a aucune altération des rapports. Les équerres qui servent de point d'appui aux fléaux de transmission ont pour but de permettre à ceux-ci d'occuper une position telle que toutes les brides tirent bien verticalement, condition indispensable pour un fonctionnement correct de la balance.

RÉGLAGE THÉORIQUE.— Le parallélogramme doit être réglé seul comme un fléau à bras égaux, en ne s'occupant pas, provisoirement, des traverses intermédiaires.

Puis, la balance étant montée, on place les poids sur les plateaux de façon à faire travailler, d'une part le parallélogramme, d'autre part, la transmission.

Il faut, du côté de la transmission qui travaille, rectifier la traverse du parallélogramme jusqu'à ce que l'équilibre soit obtenu.

La verticalité des brides doit être réglée par les équerres.

La sensibilité réglementaire est du 1/2 000 de la charge. Cette sensibilité peut être facilement dépassée.

Romaines

ROMAINES SANS GRADUATION.

DESCRIPTION SCHEMATIQUE. —La romaine est spécifiquement un levier du premier genre à bras inégaux. Les romaines se font avec ou sans graduation. Le type le plus courant de la romaine sans graduation est le fléau décimal avec le rapport 1/10.

Le fléau décimal ou au 1/10 est un levier du premier genre dont le bras de puissance est 10 fois plus long que celui de la résistance, en sorte que, pour équilibrer la charge à peser, il suffit de mettre dans le plateau des poids 1/10 de la charge.

Ce genre d'appareils est soumis aux mêmes conditions de montage que le fléau à bras égaux et se règle de la même façon, mais en tenant compte du fait que le petit bras doit recevoir un étalon pesant 10 fois plus que celui appliqué sur le grand bras.

Les romaines non graduées doivent, pour être acceptées par le Service des Instruments de Mesure, être toujours dans un rapport du système décimal, c'est-à-dire au 1/10, au 1/100 ou au 1/1 000, etc.

ROMAINES GRADUÉES.

Les romaines graduées sont des leviers du premier genre à bras inégaux et d'un rapport quelconque.

La romaine — appareil de pesage complet — se compose essentiellement (fig. 16) :

— d'une tête traversée par des axes destinés à supporter, au moyen de chapes munies de coussinets, le ou les anneaux de suspension et le crochet de charge ;

— d'une tige portant la graduation, sur laquelle se déplace un curseur qui indique, par sa position, le poids de la marchandise suspendue au crochet de charge. La tête et la tige sont invariablement liées entre elles.

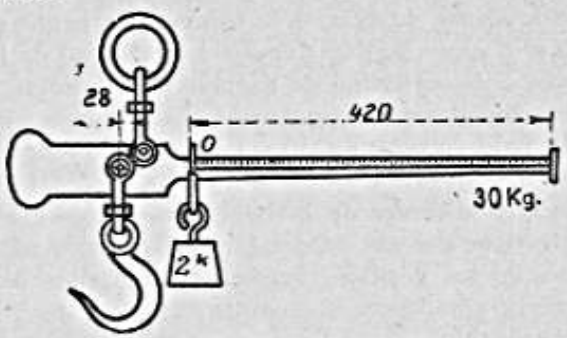


Figure 16 : Romaine graduée.

Le rapport se détermine en considérant la longueur de la trace comme bras de levier de puissance et la distance de l'axe d'appui à l'axe de charge comme bras de résistance.

Une romaine de 30 kg dont la trace serait de 420 mm avec un bras de résistance de 28 mm aurait un rapport de :

$$28/420 = 1/15$$

Le réglage se fait en constatant l'équilibre à 0 et l'équilibre sous charge ; on retouche convenablement les axes pour changer le rapport du levier ou l'on fait varier le poids du curseur.

Il y a lieu de remarquer que, quelle que soit la position du curseur, celui-ci peut toujours être considéré comme posé sur une succession de portées représentées par les coches. Il faut donc que le fond des coches et les taillants des axes soient sur une même ligne droite. Il faudrait également, pour constituer un instrument sérieux, que cette ligne soit très peu élevée au-dessus du centre de gravité.

Pour ces appareils, la sensibilité exigée n'est que le 1/500 de la charge.

POIDS DU CURSEUR.— Dans l'exemple ci-dessus, le bras de puissance, constitué par la trace du fléau, soit 420 mm, est 15 fois plus grand que celui de la résistance.

Le poids du curseur s'obtient en multipliant la charge représentée par la trace, par le rapport du levier ; dans ce cas particulier, le curseur pèse : $30 \times (1/15) = 2$ kg.

BOULES DE TARE.— Les boules de tare des romaines n'ont pas d'autre but que de faire varier la position du centre de gravité de façon à l'amener, lorsque la romaine est en position d'équilibre à vide, légèrement en dessous du point d'appui du fléau.

Si le centre de gravité est trop haut, ce qui rend la romaine folle, on abaisse la tige portant la boule, de manière à baisser le centre de gravité.

Si la romaine est, au contraire, dure, on fait l'opération inverse.

Lorsque le centre de gravité se trouve à la hauteur voulue par rapport à l'axe d'appui, le déplacement longitudinal de la boule permet, sans nuire à la sensibilité de l'appareil, de faire varier le centre de gravité horizontalement, ce qui rend possible la compensation des variations du poids propre du fléau dues soit à l'usure, soit à toute autre raison.

En principe, le centre de la boule de tare devrait toujours se trouver sur la ligne des axes. On est cependant conduit à enfreindre cette loi, lorsque les positions respectives du point d'appui et du centre de gravité conduisent à modifier l'appareil pour obtenir une sensibilité convenable.

MODELES DIVERS DE ROMAINES.— Les romaines peuvent être diversement disposées : les unes sont décimales sans trace, d'autres ont une graduation de 0 à 10 kg par exemple, permettant la lecture facile des fractions de kg, mais sont également avec rapport décimal permettant la pesée jusqu'à 100 kg ou plus, en plaçant sur le couteau de rapport les poids légaux nécessaires.

D'autres romaines sont à 2 ou 3 côtés avec utilisation de 2 traces ou de 3 traces.

La construction et le réglage de ces divers modèles de romaines se font toujours de la même façon et en respectant les lois indiquées ci-dessus.

BASCULES

En langage courant, les « Bascules » sont des appareils de pesage à leviers combinés comportant un « tablier », pour le pesage de charges lourdes et volumineuses.

Les bascules comprennent en général un ensemble d'organes placés sous le tablier et transmettant la charge placée sur celui-ci à un levier peseur qui peut être un fléau, une romaine ou une combinaison des deux, auquel on donne alors le nom d'appareil indicateur à romaine, ou simplement romaine.

Bascule décimale ou de QUINTENZ

DESCRIPTION.— La bascule décimale dénommée parfois balance-bascule, a été inventée par *Quintenz* et admise à la vérification et au poinçonnage en 1824. Elle se compose (fig. 17) :

1) d'un tablier destiné à recevoir les charges reposant sur des couteaux de charge A' et soutenu en D par une tringle ;

2) d'un bâti renfermant le mécanisme de la bascule et recevant la colonne supportant l'axe d'appui du fléau AOB. Le bâti est généralement en bois consolidé aux angles par des équerres en feuillard.

3) d'un levier du deuxième genre placé sous le tablier, ayant son axe de rotation en O' ; la charge agit par l'intermédiaire du tablier sur les couteaux A' et est transmise avec un coefficient de réduction en B' ;

4) d'un fléau du premier genre ayant son axe d'appui en O, point fixe supporté par la colonne. Le fléau reçoit la charge en deux points A et C. En A se transmet la partie de la charge agissant en B' sur la tringle B'A ; en C, la partie de la charge agissant en D sur la tringle DC.

Sur le couteau de bout B du fléau, agissent les masses marquées placées dans un plateau et destinées à équilibrer la charge.

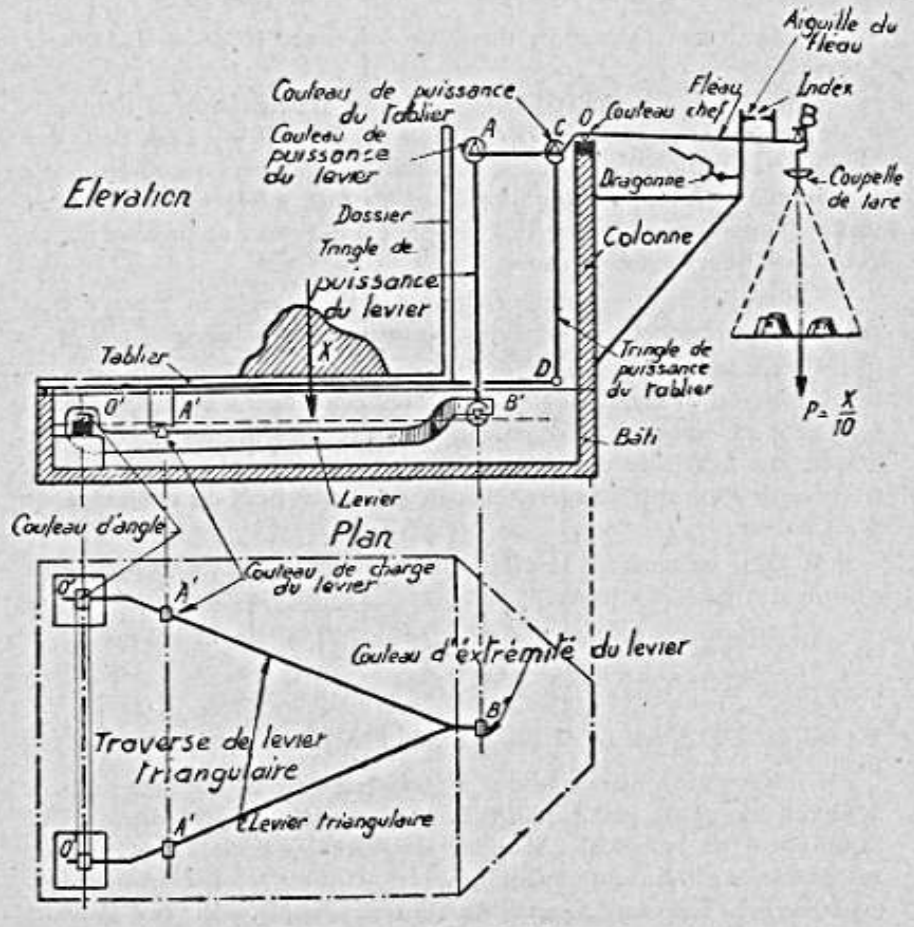


Figure 17 : Bascule décimale.

La bascule décimale de Quintenz est un appareil à leviers combinés dont le rapport total est de 1 à 10, en sorte que toute charge placée sur le tablier de la bascule est équilibrée par une charge 10 fois plus petite placée sur le plateau des poids.

Le fléau peseur a un seul bras de puissance et deux bras de résistance.

Le premier bras CO reçoit directement les charges appliquées sur le tablier et qui sont les plus voisines des tringles. Ce bras est 10 fois plus petit que le bras de puissance OB.

Les charges placées sur l'autre extrémité du tablier se transmettent au fléau peseur par l'intermédiaire du levier triangulaire placé sous le tablier. Il faut donc que le rapport du fléau peseur multiplié par le rapport du levier triangulaire donne un produit égal à 1/10.

Généralement, le levier triangulaire est établi dans le rapport de 1 à 5 ; dans ce cas, le rapport du fléau devant être de 1 à 2, le grand bras de résistance est la moitié du bras de puissance. On met quelquefois cependant le levier triangulaire dans le rapport de 1 à 6.

Dans ce cas, le rapport du fléau doit être : 6/10 = 1/1,66.

REGLAGE THEORIQUE.— Le levier triangulaire se déplaçant assez sensiblement pendant l'oscillation du fléau il y a lieu, pour éviter toute altération du rapport, de tenir les couteaux rigoureusement à la ligne. Ce levier triangulaire étant, en fait, un levier de transmission, la question de sensibilité est pour lui beaucoup moins importante que pour le fléau peseur.

Celui-ci doit être monté comme s'il s'agissait d'un fléau à bras égaux et en observant les mêmes garanties de sensibilité.

Il faut vérifier que les deux tringles de puissance sont bien verticales, puis on chargera le tablier et on équilibrera avec des masses étalons d'un montant total 10 fois moindre ; les masses doivent être placées sur le tablier de façon à faire travailler le plus distinctement possible et l'un après l'autre, chacun des deux bras de résistance du fléau peseur.

Il faut, suivant les résultats obtenus, retoucher en conséquence chacun des deux couteaux.

La sensibilité réglementaire est de 1/1 000 de la charge.

BASCULE DECIMALE AVEC FLEAU EN TRAVERS.

La disposition primitive due à *Quintenz* a le désavantage de tenir beaucoup de place, parce que le fléau vient dans le prolongement de la longueur de la bascule. Il existe des bascules décimales avec fléau en travers, d'où encombrement moindre. Toutes les indications données pour la bascule décimale de Qintenz s'appliquent aux bascules décimales avec fléau en travers.

BASCULE DECIMALE A 4 POINTS D'APPUI.

Les bascules décimales du système Quintenz ou des systèmes similaires ont le défaut de ne faire reposer le tablier que sur trois points, de sorte que, si l'on pose les charges à peser au bord du tablier, on risque de le faire soulever. Pour éviter cet inconvénient, les bascules au 1/10 possèdent toutes des cales à pointeau, dites cônes, destinées à recevoir et à maintenir le tablier pendant le chargement.

Cependant, on construit des bascules décimales à 4 points d'appui de différents systèmes (bascules à 3 tringles, bascules à 2 leviers triangulaires).

Bascules Romaines

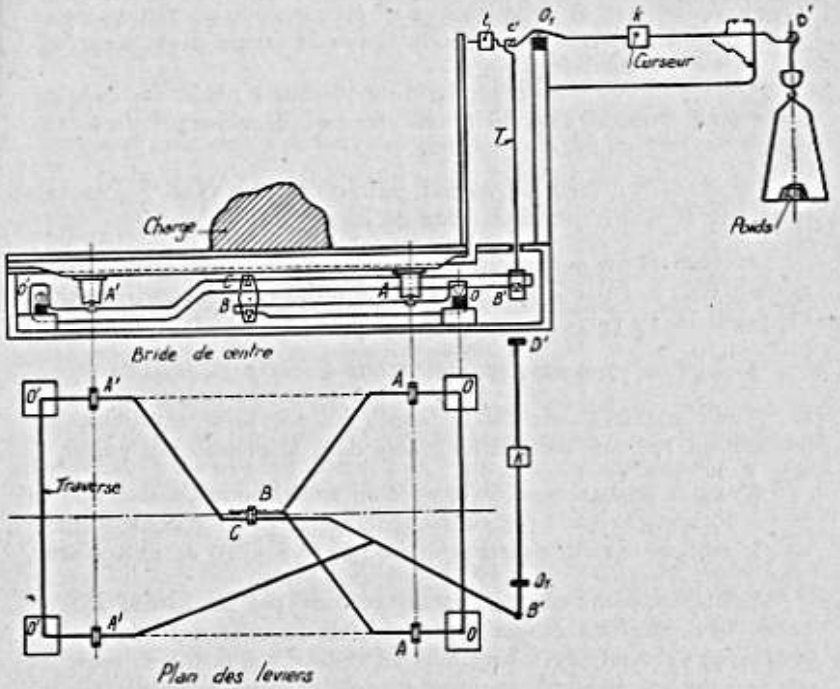


Figure 18 : Bascule romaine de Béranger.

La romaine est en élévation figurée « en pointe », alors qu'en réalité, elle est « en travers », comme représenté, d'ailleurs, sur le plan des leviers.

DESCRIPTION. — La bascule romaine a été inventée par Béranger qui en a obtenu l'admission à la vérification et au poinçonnage en 1840.

Elle se compose (fig. 18) :

1) d'un tablier destiné à recevoir les charges, reposant sur quatre appuis constitués par les arêtes des couteaux de charge AA, A'A'.

2) d'un bâti renfermant les leviers de la bascule et recevant la colonne de support de l'axe d'appui O1 du fléau à romaine C'O1D'. Ce bâti doit être solidement assemblé et pratiquement indéformable.

3) d'un fléau à romaine C'O1D' qui peut comporter un ou plusieurs curseurs, ayant son axe de rotation en O1, point fixe supporté par la colonne solidaire du bâti.

Ce fléau reçoit en C', par l'intermédiaire de la tringle de puissance B'C', l'action de la charge placée sur le tablier. Une boule de tare assure l'horizontalité du fléau à vide. En D' se trouve éventuellement un couteau de rapport, auquel est suspendu le plateau porte-poids pour les charges dépassant la limite de portée de la romaine.

L'ensemble du fléau à romaine, du plateau à poids, des curseurs, de la tare, constitue l'appareil indicateur ou démonstratif de la bascule.

4) de deux leviers du second genre O'A'B' et OAB placés sous le tablier et réunis par une bride de centre BC.

Les leviers du mécanisme de bascule sont généralement dans le rapport de 1 à 10 et il en est de même de la romaine qui constitue l'appareil indicateur.

Le rapport total est donc de 1/100.

Toute charge placée sur le tablier est, par suite, équilibrée par une charge 100 fois plus petite placée dans le plateau des poids.

L'extrémité d'un fléau de bascule au 1/100 ne se déplace que de 30 ou 40 mm environ : par conséquent, les couteaux d'angle supportant le tablier ne se déplaceront que de 3/10 à 4/10 de millimètre.

Ce déplacement est insignifiant et n'est pas de nature à faire varier le rapport en dehors des limites de la tolérance admise. On peut donc s'abstenir de mettre tous les couteaux à la ligne : seuls les taillants des traverses, les couteaux d'angle et le pointeau ou couteau d'extrémité du grand levier sont dans un même plan.

Le fléau doit, au contraire, donner toutes les garanties de sensibilité désirables. En général, le fléau est tracé de 0 à 100 kg et porte en outre un coulisseau se déplaçant de 0 à 9 hectogrammes.

Le poids de chacun des curseurs est facile à déterminer en vertu du principe déjà exposé, à savoir : « le poids d'un curseur est égal à la valeur représentée par la trace correspondant à ce curseur, multipliée par le rapport des leviers, la longueur de trace étant considérée dans le fléau peseur comme bras de puissance ».

Une bascule est dite à simple romaine lorsque le fléau est tracé de 0 à 100 kg et que le complément de la pesée est représenté par des masses étalons placées dans le plateau des poids.

Par exception, les bascules de 100 kg ayant un fléau tracé de 0 à 100 kg n'ont pas de plateau pour les masses étalons.

Les curseurs qui se déplacent sur les fléaux sont généralement inséparables de celui-ci, qu'ils enveloppent du reste. Certaines bascules ont des curseurs suspendus par des crochets et qui s'enlèvent facilement ; ces curseurs sont dits curseurs à crochet.

REGLAGE THEORIQUE.— On s'assure d'abord de la sensibilité et du montage régulier du fléau, puis on retouche, s'il y a lieu, les couteaux d'angle, afin qu'une même charge placée sur l'"un quelconque des quatre angles soit équilibrée par une même masse dans le plateau des poids et sans modification de la position des curseurs ou coulisseaux.

On règle ensuite le fléau qui, par son accouplement avec le système intérieur, doit donner un rapport de 1 à 100 ; il faut ne toucher qu'au couteau du petit bras du fléau qui est dit couteau de rapport.

Ce réglage, analogue pour toutes les bascules au 1/100, se fait en plaçant sur le tablier une charge connue et en plaçant dans le plateau des poids, un étalon 100 fois plus petit.

Une fois ceci obtenu, il faut ne plus toucher aux différents couteaux et régler le curseur. Le réglage du curseur, quel que soit le genre de la romaine, se fait de la manière suivante :

— Tarer la romaine à vide, le curseur étant à zéro ;

— Charger le tablier avec des masses étalons et amener le curseur à la coche représentant le poids correspondant. Si l'équilibre est obtenu, le curseur est juste ; si le fléau tombe, le curseur est trop lourd ; si le fléau monte, le curseur est trop léger.

Supposons le curseur léger ;

Après avoir taré à zéro et amené le curseur à la coche représentant la charge en étalons, le fléau monte. Il faut donc charger le curseur avec du plomb que l'on place à l'extérieur, de façon que le fléau tombe à peu près avec la même intensité qu'il montait précédemment avec la surcharge.

Puis, on revient à zéro, on retare à vide et on répète l'opération jusqu'à équilibre.

On appelle « Bascules à double fléau » les bascules qui ont un appareil indicateur à curseurs et un fléau à deux branches portant

des traces jusqu'à concurrence de la portée totale de l'instrument (fig. 19).

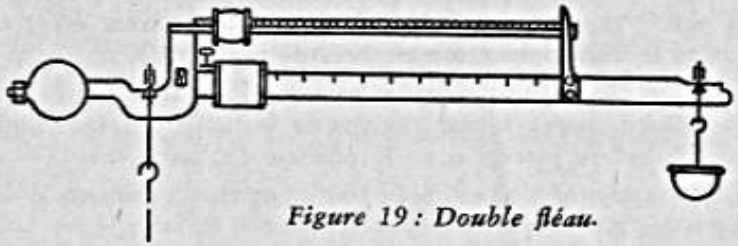


Figure 19 : Double fléau.

Le gros curseur se rapporte aux unités de poids les plus élevées et le petit curseur aux unités de poids plus faibles.

Dans une bascule de 1 000 kg, par exemple, on peut tracer le fléau de 0 à 900 kg par 100 kg et la réglette de 0 à 100 kg par kg ; la somme des deux traces donne la portée totale de l'instrument.

Dans ce genre de bascule, il faut d'abord monter le fléau et s'assurer de sa sensibilité lorsqu'il est accouplé avec les leviers de la bascule. On règle ensuite les angles et les curseurs comme d'habitude ; bien entendu, les curseurs se règlent l'un après l'autre.

On appelle appareil indicateur « à double romaine» un appareil indicateur composé de deux romaines accouplées.

Les réalisations de ces appareils indicateurs ont été assez nombreuses, mais une seule a été conservée, la double romaine sur colonne centrale, qui se compose d'un double fléau analogue à celui décrit ci-dessus ; ce double fléau n'est pas attaqué directement par la tringle de puissance de la bascule, mais accouplé à un levier intermédiaire non gradué.

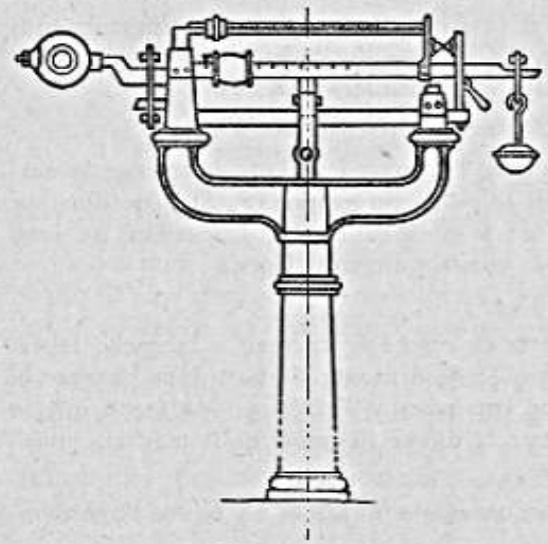


Figure 20

L'ensemble est monté sur une colonne en fonte ou tout dispositif analogue, de telle sorte que l'appareil occupe peu d'emplacement et que la romaine, pouvant pivoter autour de la tringle de puissance, peut avoir une orientation quelconque par rapport à la bascule proprement dite (fig. 20).

APPAREILS INDICATEURS A PLUSIEURS GRADUATIONS EN POIDS DIFFERENTS.

— Il est possible de tracer les romaines avec plusieurs traces représentant chacune des poids de nature et d'unité différentes, telles que kg, okes turques, kg et livres anglaises, etc., avec un curseur unique. Les traces doivent commencer au même point et être en concordance, c'est-à-dire qu'une longueur de trace quelconque représente le même poids, que celui-ci soit exprimé en kg, en okes, livres anglaises, etc. Soit à tracer le fléau d'une bascule de 10 kg en kg et livres anglaises ; la valeur d'une livre anglaise étant de 453,6 g., 100 kg valent :

100/0,4536, soit 220 livres environ.

220 livres valent exactement 99,792 kg.

Donc, après avoir tracé la graduation de 0 à 100 kg, on repère sur la trace le point correspondant à 99,792 ; les deux points 0 sont, par hypothèse, confondus ; en divisant la longueur depuis le zéro jusqu'au repère indiquant 99,792 kg en 220 parties égales, on obtiendra la graduation par livre, qui sera en parfaite concordance avec celle par kg.

Ponts-bascules

Les ponts-bascules ne sont pas spécifiquement différents des bascules ; ce sont des bascules de forte portée, servant au pesage des wagonnets ou chariots, des voitures ou camions, des wagons.

Le tablier est évidemment disposé de façon à recevoir le plus commodément possible les véhicules à peser.

Les ponts-bascules peuvent être munis théoriquement d'appareils indicateurs à simple romaine, à double fléau, à double romaine, etc., comme les bascules. Pratiquement, les appareils indicateurs à double romaine sont les plus couramment utilisés actuellement.

Les ponts-bascules se montent et se règlent absolument comme les bascules.

PORTEE DES PONTS-BASCULES.— Les portées des ponts-bascules pour le pesage des chariots ou wagonnets sont de l'ordre de 1 à 10 tonnes, suivant les caractéristiques des véhicules à peser.

Les ponts-bascules pour le pesage des chariots, voitures ou camions sont de l'ordre de 5 à 20 tonnes maximum s'il s'agit de pesage de voitures ou tombereaux, mais vont jusqu'à 40, 50, 60 tonnes et plus, avec des tabliers de 12 mètres de longueur et plus, pour le pesage de certains camions.

Les portées des ponts-bascules pour le pesage des wagons varient de 40 à 160 tonnes et même parfois plus, avec des tabliers de 5 mètres jusqu'à 22 mètres de longueur.

Il faut remarquer que la charge nominale d'un pont-bascule ou d'une bascule est toujours considérée comme uniformément répartie

sur toute la surface du tablier, de sorte que, sur un pont-bascule de 10 tonnes, destiné normalement à peser des véhicules à 4 roues, il ne faudrait pas amener un véhicule à 2 roues pesant 10 tonnes, car cette charge pourrait être supportée par une moitié du tablier seulement et, par conséquent, par un seul levier triangulaire ; or, ceux-ci ne sont établis, dans un pont de 10 tonnes, que pour recevoir sur chaque angle, 2 500 kg au plus.

DISPOSITION INTERIEURE DES LEVIERS.— La disposition intérieure des leviers des ponts-bascules et, également d'ailleurs, des bascules, varie suivant la position de la romaine par rapport au tablier.

Deux dispositions sont généralement employées :

L'une, dite *sans communicateur,* s'applique particulièrement aux ponts-bascules (ou bascules) dont l'appareil indicateur est placé parallèlement au petit côté du tablier, ce qui est le cas des ponts destinés au pesage des voitures à 2 roues.

L'autre, dite *avec communicateur,* est celle communément employée dans les ponts-bascules dont l'appareil indicateur se trouve placé parallèlement au grand côté du tablier.

DISPOSITION SANS COMMUNICATEUR. —Le principe de disposition des leviers sans communicateur est représenté dans le schéma ci-dessous (fig. 21). Les conditions de montage sont les suivantes :

1) Les quatre couteaux d'angle doivent être à égale distance des traverses d'appui ;

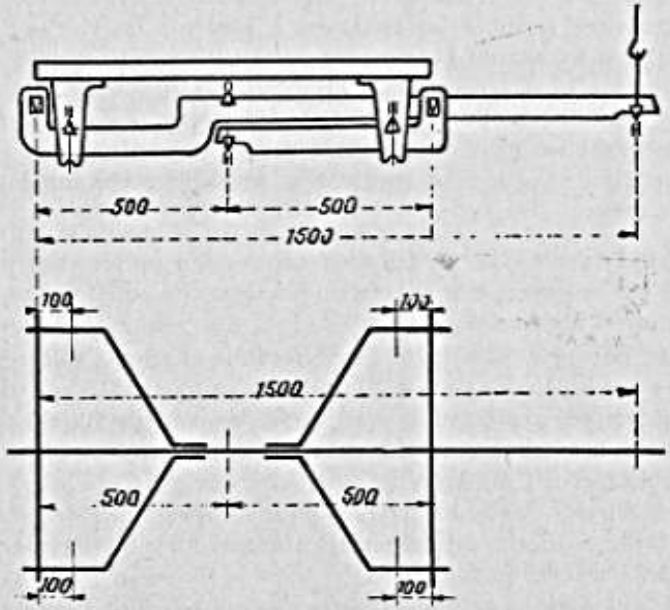


Figure 21 : Pont-Bascule.

2) La bride de jonction doit se trouver au milieu des 2 traverses d'appui ;

3) Le rapport des systèmes de leviers se détermine en divisant la distance des couteaux d'angle à la traverse par la distance de la traverse au bec du grand levier.

Dans l'exemple choisi, le système est dans le rapport :

$$100/1\,500 = 1/15.$$

Il est facile, en outre, de se rendre compte que le rapport du petit levier est de 1 à 5, c'est-à-dire que les charges supportées par le petit levier sont transmises 5 fois plus petites sur la bride de ce centre.

Le rapport du petit bras du grand levier, mesuré de la traverse à la bride de centre, dont la longueur est de 500 mm, au grand bras de ce même levier, soit 1 500 mm, est de $500/1\,500 = 1/3$.

L'accouplement de deux leviers, l'un dans le rapport 1 à 3, l'autre dans le rapport de 1 à 5, donne bien un rapport total de :

$$1/3 \times 1/5 = 1/15.$$

Quel que soit le levier qui les reçoive et même, quel que soit l'angle qui les supporte, les charges se transmettent à la tringle de puissance 15 fois plus petites.

DISPOSITION AVEC COMMUNICATEUR.— C'est le dispositif le plus couramment employé dans la construction des ponts-bascules destinés au pesage des wagons et des camions et également des wagonnets ou chariots à 4 roues (fig. 22).

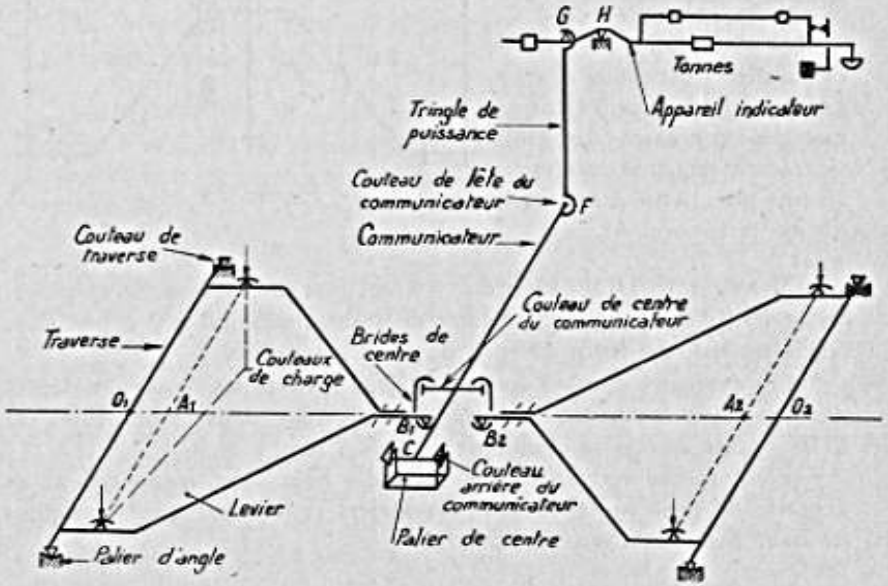


Figure 22 : Schéma d'un pont-bascule.

Deux leviers triangulaires agissent tous deux sur un troisième levier, dit levier communicateur, dont le couteau de bout est relié par une tringle de puissance à un appareil indicateur. Les extrémités, formant couteaux, des traverses des leviers triangulaires, reposent sur les coussinets des supports d'angle.

La charpente du pont-bascule, qui supporte un tablier, en madriers de chêne, en tôle, ou en béton armé, ou un tablier avec rails, pour recevoir les chariots, voitures et camions ou les wagonnets et les wagons, repose sur les couteaux de charge ou couteaux d'angle du pont, par l'intermédiaire de paliers à fourches, de brides, dites brides d'angles, et de coussinets.

La liaison entre les couteaux de bout des leviers triangulaires et l'axe de centre du communicateur se fait par l'intermédiaire de brides, dites brides de centre, portant des coussinets à leurs parties supérieure et inférieure.

La liaison entre le couteau de bout du levier communicateur et la tringle de puissance se fait par l'intermédiaire de la bride de bout du communicateur et de son coussinet.

Dans le schéma de la figure 23 ci-contre, le rapport des leviers triangulaires est de 100/500 = 1/5.

Le rapport du levier communicateur est :

300/900 = 1/3

Le rapport du système est donc de :

1/5 × 1/3 = 1/15,

c'est-à-dire que toute charge reçue par l'un quelconque des couteaux d'angle se traduit par une traction 15 fois plus petite à la tringle de puissance.

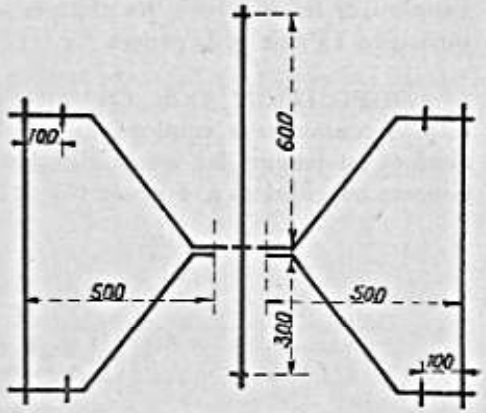


Figure 23

MONTAGE DES LEVIERS.— Quel que soit le système employé, ces leviers n'étant que des leviers de transmission, il n'y a pas lieu, pratiquement, de tenir compte de leur sensibilité.

Les couteaux doivent être à la ligne, lorsque les leviers se déplacent, pendant les oscillations du fléau, comme dans les bascules au 1/10, où les angles se déplacent de 2 à 3 mm.

Pour toutes les autres bascules, on peut sans inconvénient se départir de cette règle, lorsque les leviers restent presque immobiles pendant les oscillations du fléau.

REGLAGE DES LEVIERS.— Quel que soit le système de bascule, de pont-bascule, d'appareils indicateurs employés, il y a lieu, avant

toutes choses, de régler les angles de façon à être bien certain que le rapport du système ne variera pas suivant l'angle qui aura été chargé. Cette opération doit se faire avant le réglage de l'appareil indicateur proprement dit et dès que celui-ci a été rendu suffisamment sensible pour pouvoir apprécier les charges placées sur le tablier.

On place une masse étalon connue, successivement sur les quatre angles et on retouche les couteaux d'angle de façon que l'équilibre de l'appareil indicateur préalablement obtenu ne soit pas altéré.

Avec un appareil indicateur à romaine, si la romaine tombe, c'est que la charge transmise est trop faible, le rapport des leviers est donc trop petit ; il y a, par conséquent, lieu d'éloigner le couteau de charge de la traverse d'appui.

Si, au contraire, le fléau monte, c'est que la charge transmise est trop grande et que le rapport des leviers est trop grand. Pour le diminuer, il faut rapprocher le couteau de charge de la traverse.

L'ensemble de ces opérations s'appelle habituellement : régler les angles ou « faire les angles ».

Bascules en l'air

PRINCIPE.— Les bascules «en l'air» sont des bascules constituées par une combinaison de leviers du deuxième et du premier genres, ayant des rapports déterminés, le dernier levier, dit levier peseur, comportant généralement une graduation et un couteau de rapport.

Ce levier peseur peut être également constitué par une romaine à plusieurs curseurs.

EMPLOI.— Ces bascules sont généralement suspendues à un crochet de levage ou de manutention (grues, chariots, ponts roulants, portiques, etc.), et permettent de déterminer le poids des marchandises au cours de leur manutention.

Elles sont employées dans les usines métallurgiques, les parcs à fer, les usines de construction métallique, les fonderies, etc., pour le pesage de lingots, de fers, corps de chaudières, pièces moulées. Leur portée varie de 1 à 50 tonnes et même 120 tonnes.

DESCRIPTION SCHEMATIQUE (fig. 24).— Une bascule en l'air se compose de 2 flasques en tôle ou en acier moulé, solidement entretoisés, à l'intérieur desquels sont placés 3 leviers conjugués. Le levier qui reçoit la charge est du deuxième genre. Le levier intermédiaire est aussi du deuxième genre. Le troisième levier, qui est le levier peseur, est du premier genre.

Des précautions doivent être prises dans l'étude de ces appareils pour qu'ils soient pratiquement stables à toutes charges ; il faut pour

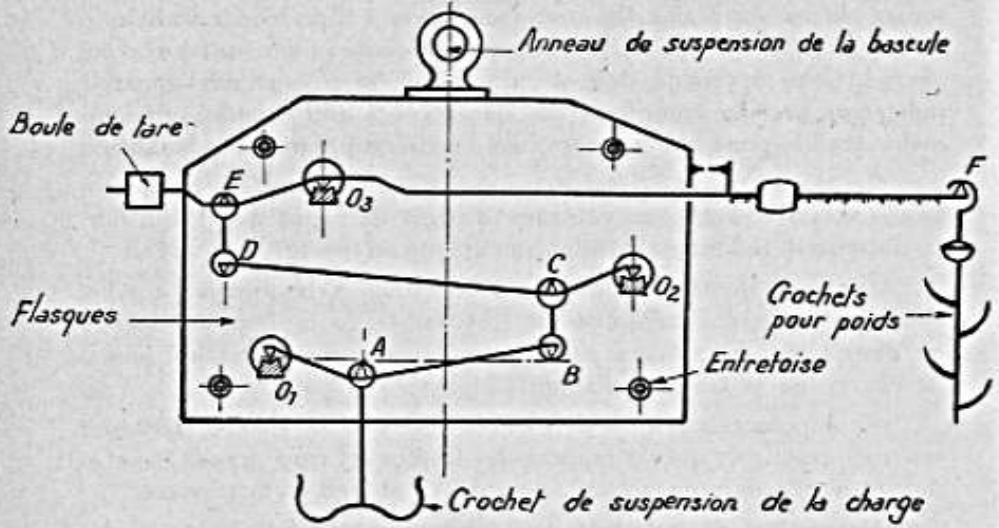


Figure 24 : Bascule en l'air.

cela, choisir convenablement l'emplacement respectif des couteaux d'appui, des couteaux de charge et des couteaux de renvoi, en tenant compte, de plus, que, si le fléau peseur est du type à rapport, le produit des rapports des trois leviers est généralement égal à 1/100 et, de toute façon, ne peut être égal qu'à 1/10, 1/100 ou 1/1 000.

Les rapports respectifs de 1/2, 1/5 et 1/10 dont le produit est égal à 1/100, donnent satisfaction en ce qui concerne la stabilité. Il n'y a pas risque de renversement autour de l'anneau de suspension.

Le levier principal et le levier intermédiaire n'étant que des leviers de transmission, peuvent être montés sans se préoccuper de la position de leur centre de gravité, mais il est nécessaire que les couteaux soient à la ligne, afin de ne pas avoir d'altération des rapports pendant les oscillations du fléau. Au contraire, le fléau étant l'organe peseur, doit être constitué comme tous les fléaux, c'est-à-dire avoir le degré voulu de sensibilité.

En outre, pour que toutes les brides reliant les fléaux puissent rester verticales et, par conséquent, transmettre exactement toutes les charges qu'elles reçoivent, le deuxième levier est suspendu par son point d'appui sur deux chapes ou brides ayant leurs points d'accrochage sur le carter renfermant le mécanisme.

REGLAGE.— Avant le commencement du réglage, il faut, tout d'abord, s'assurer que la bascule reste bien verticale à vide et ne penche pas, ni d'un côté, ni de l'autre.

Ceci obtenu au moyen de tares, placées convenablement dans l'intérieur du carter, il faut vérifier la sensibilité de l'appareil. On

charge ensuite avec une masse étalon et on équilibre avec un étalon cent fois plus petit. On rectifie, si besoin est, les couteaux du fléau pour obtenir cet équilibre et amener la bascule dans le rapport cherché de 1 à 100.

Il y a avantage à retoucher le couteau du petit bras du fléau ou bras de résistance, plutôt qu'à retoucher le couteau du grand bras, car la variation de rapport sera plus vite obtenue.

De plus, si la bascule est à curseur, il faut d'abord obtenir le rapport de 1 à 100, de façon à ne plus toucher aux couteaux et tarer le curseur par essais successifs de façon à obtenir l'équilibre à zéro et l'équilibre sous charge.

Le poids du curseur se détermine comme dans tous les instruments de pesage, en multipliant la charge correspondant à la trace par le rapport total de l'instrument, mais en considérant que le grand bras du fléau est constitué par la trace.

Exemple numérique :

Le fléau de la bascule en l'air considérée a 96 mm au petit bras et 384 mm de trace pour 100 kg ; le rapport du fléau trace sera de :

96/384 soit 1/4.

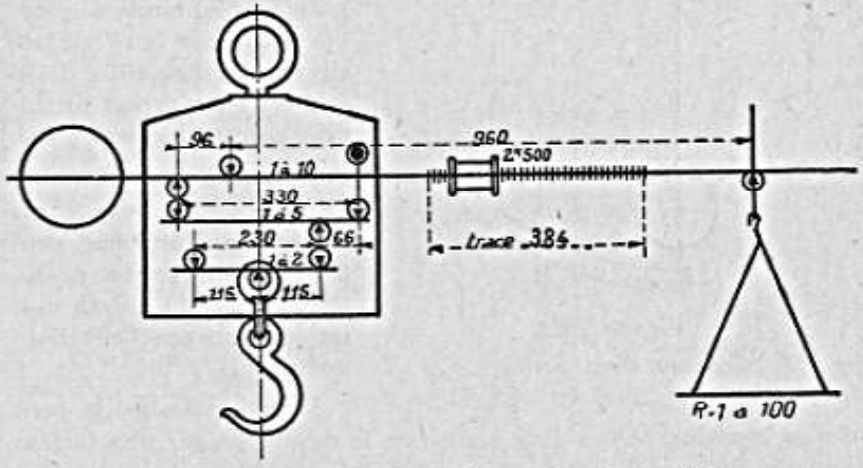


Figure 25 : Schéma coté d'une bascule en l'air

Le levier principal étant dans le rapport de 1 à 2, le levier intermédiaire dans le rapport de 1 à 5, le rapport total de la trace sera 1/2 × 1/5 × 1/4 = 1/40, le poids du curseur sera donc de :

100 × 1/40 = 2,500 kg.

La sensibilité réglementaire est de 1/1 000 de la charge.

DYNAMOMETRES.— Les dynamomètres sont des appareils de pesage composés en général, d'un anneau de suspension et d'un crochet de charge. Le crochet est relié à l'anneau par un ressort qui se déforme sous la charge. Cette déformation est utilisée pour obtenir le déplacement d'une aiguille indicatrice sur un cadran gradué par comparaison.

Les dynamomètres sont peu sensibles et sujets à variation ; leur emploi rend cependant des services pour évaluer l'intensité d'une force dirigée dans n'importe quelle direction, car ils peuvent être placés dans une position quelconque, ce qui n'est pas le cas d'un appareil de pesage ordinaire.

Par exemple : l'effort de traction nécessaire pour tirer une voiture s'évalue au dynamomètre.

PESONS.— Les pesons sont des leviers du premier genre, généralement constitués en forme d'équerre. Le grand bras porte un contrepoids et le petit bras, le plateau ou le crochet de charge (fig. 26).

Lorsque l'on charge le plateau, le contrepoids s'éloigne de la verticale passant par le point de suspension, le grand bras, terminé généralement par une pointe en forme d'aiguille, indique les charges sur un cadran convenablement placé.

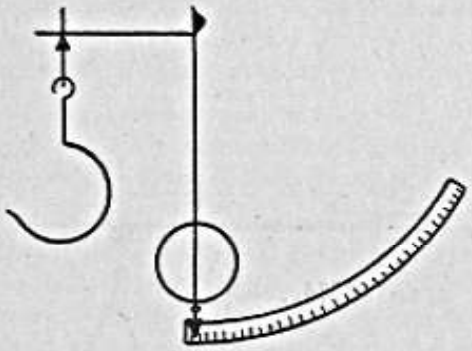


Figure 26
Schéma d'un peson

Si le petit bras du peson est à couteau, auquel cas il varie de longueur pendant la course du peson, les divisions du cadran sont inégales et vont en diminuant.

Si, au contraire, le petit bras est constant, ce que l'on réalise en le terminant par une surface circulaire ayant son centre au point de rotation du peson, les divisions du cadran vont en augmentant.

ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN APPAREIL DE PESAGE AUTOMATIQUE.— La plupart des appareils automatiques d'usage courant se composent essentiellement :

1) d'un appareil de pesage : balance, bascule, pont-bascule ;

2) d'un peson, avec dispositif indicateur pour lecture directe sur le cadran, relié à l'appareil de pesage.

Les organes (fléaux, leviers, etc.), des appareils de pesage proprement dits ne sont pas, dans leur principe, différents de ceux des appareils non automatiques, mais, pratiquement, ils doivent avoir une grande rigidité et une grande stabilité.

D'autre part, un appareil de pesage automatique comporte généralement des dispositifs accessoires qui ne sont pas nécessaires dans les appareils non automatiques ; parmi eux, il faut citer les dispositifs destinés à amortir les oscillations du peson, afin de faciliter la lecture de la position de l'aiguille sur le cadran indicateur. Ces dispositifs, dits généralement freins, sont de deux sortes : frein à air et frein à liquide.

Le frein à air a, en principe, un fonctionnement indépendant de la température, mais nécessite des nettoyages fréquents.

Pour le frein à liquide, il faut choisir des liquides dont la viscosité varie peu avec la température, sans quoi, si le liquide s'épaissit trop ou même gêle en hiver, l'appareil indicateur ne peut plus fonctionner.

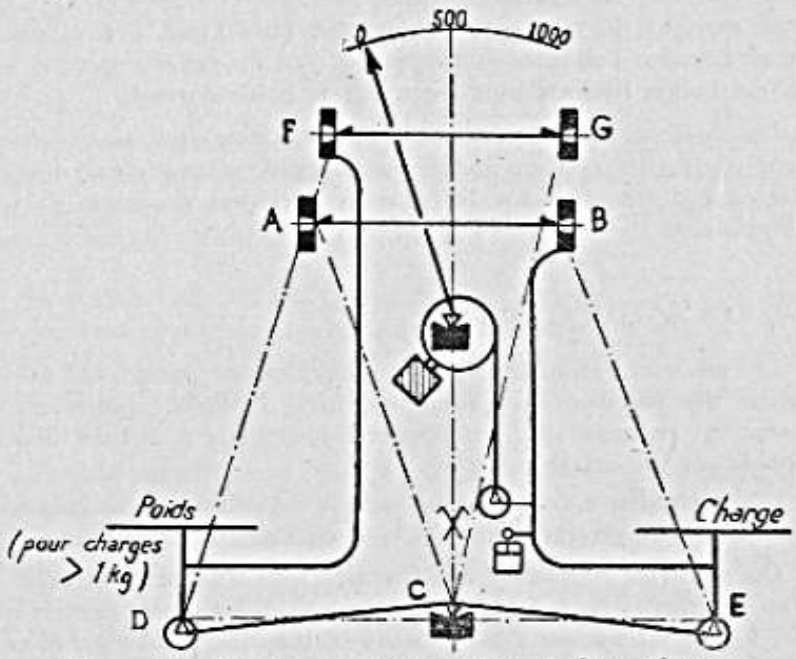


Figure 27 : Balance semi-automatique à deux plateaux

BALANCES AUTOMATIQUES.

Les balances automatiques utilisées sont presque toutes du type à plateaux découverts, genre Roberval ou Béranger, avec lesquelles les manipulations sont rapides.

Les balances complètement automatiques sont celles dans lesquelles la portée du cadran correspond à la portée maximum de l'instrument.

Les balances semi-automatiques sont celles dans lesquelles la portée du cadran est inférieure à la portée maximum de l'instrument.

Le résultat de la pesée s'obtient, une fois l'équilibre établi, en ajoutant au poids lu sur le cadran, généralement gradué jusqu'à 1 kg, le montant des poids placés sur le plateau des poids ou indiqué par une romaine ou un dispositif spécial, lorsque la mise en place des poids sur le plateau des poids se fait au moyen d'un mécanisme approprié.

Les balances automatiques ou semi-automatiques se construisent avec cadran permettant seulement la lecture du poids ou avec cadran permettant non seulement la lecture des poids, mais également la lecture du prix du poids pesé de marchandises correspondant à un prix fixé au kg. Ce dernier type de balances est celui que l'on rencontre couramment dans les magasins d'alimentation.

On construit aussi, pour des usages industriels, des balances du modèle dit balances « plus ou moins », dans lesquelles le zéro se trouve au milieu du cadran ; lorsque l'aiguille se trouve du côté du cadran marqué +, c'est que l'objet pèse plus lourd que le poids normal. Lorsque l'aiguille se trouve du côté du cadran marqué —, c'est que l'objet pesé est plus léger que le poids normal.

Les balances automatiques ou semi-automatiques sont généralement construites avec un cadran en éventail parcouru par une aiguille fixée directement sur le peson et décrivant un angle de 60° au maximum.

BASCULES AUTOMATIQUES.

Les bascules automatiques sont généralement construites sur le principe des bascules avec romaines, mais l'appareil indicateur à romaine est remplacé par un appareil indicateur à lecture directe du poids sur un cadran.

Contrairement à ce que nous venons de voir pour les balances, les bascules sont généralement du type entièrement automatique.

On construit cependant des bascules semi-automatiques dont le cadran est gradué de 0 à 100 kg par exemple, les pesées supérieures à 100 kg s'effectuant en s'efforçant de réaliser l'équilibre par déplacement d'un curseur sur une romaine graduée par 100 kg, le poids total est obtenu en ajoutant au poids lu sur le cadran le poids marqué sur la romaine.

Les bascules automatiques ont généralement un cadran circulaire complet correspondant à un déplacement d'aiguille de 360°. Le peson ne pouvant pratiquement décrire qu'un angle maximum de 60°, les rotations du peson sont amplifiées par un dispositif de secteur et pignon qui doit être établi avec beaucoup de soin. Le secteur fait généralement partie intégrante du peson ; l'aiguille est fixée sur le pignon.

APPAREILS INDICATEURS AUTOMATIQUES.

Nous avons vu que l'on pouvait réaliser des appareils indicateurs non automatiques de différentes manières : appareils à double fléau, appareils à double et triple romaine sur colonne centrale, etc.

En appareils indicateurs automatiques, la variété est encore bien plus considérable, chaque constructeur un peu important a étudié un appareil indicateur présentant quelque particularité nouvelle.

Les appareils les plus anciennement admis par le Service des Instruments de Mesure en France sont :

— L'appareil Dujour qui a été utilisé surtout par les Compagnies de chemins de fer ;

— L'appareil Jacquemier ;

— Les appareils automatiques dits à courbe de rectification.

BASCULES AUTOMATIQUES SPECIALES POUR USAGES INDUSTRIELS.

Le développement des dispositifs de manutention mécanique a conduit les constructeurs d'appareils de pesage à étudier des appareils automatiques spéciaux pour le pesage des produits en cours de manutention ou en fin de manutention :

1) *BASCULES DITES A PESEES CONSTANTES* que l'on intercale dans un circuit de manutention, généralement au-dessous d'une trémie. Ces bascules fonctionnent automatiquement et, à chaque opération, un poids constant de produits, 500 kg par exemple, est déversé par la bascule.

Chaque opération est inscrite sur un compteur et le poids total de produits manutentionnés dans un laps de temps déterminé, est égal au nombre d'opérations indiqué par le compteur, 240 par exemple, multiplié par la capacité unitaire de la bascule, soit :

$$240 \times 500 = 120\,000 \text{ kg.}$$

2) *BASCULES DESTINEES AU PESAGE DE PRODUITS TRANSPORTES* sur une courroie. Le pesage, l'enregistrement et la totalisation des poids se font par longueurs de courroies égales et successives, de telle façon qu'une partie ne puisse passer sans être pesée et qu'aucune partie ne puisse être pesée deux fois.

Il s'agit là, comme pour les bascules à pesées constantes, d'un pesage continu.

3) *BASCULES ENSACHEUSES,* permettant la mise en sacs à un poids déterminé, avec fermeture automatique des dispositifs d'arrivée

de matière, la mise en place et l'enlèvement des sacs se faisant généralement à la main.

Cependant, pour la mise en sacs de poids faibles : 250 g, 500 g, 1 kg, il existe des machines ensacheuses entièrement automatiques.

Nous étudierons plus loin de façon plus détaillée un certain nombre des types les plus courants de balances et de bascules automatiques, mais nous avons jugé utile de donner quelques indications générales pour montrer que les problèmes de pesage automatique étaient nombreux et variés et que des appareils très intéressants avaient déjà été mis au point pour les résoudre.

Troisième Partie

Rappel de quelques notions élémentaires de mécanique

FORCES. — Nous avons, dans la première partie, défini ce qu'était une force et indiqué comment on la représentait.

Nous allons maintenant donner des indications plus complètes sur la composition et la décomposition des forces avec applications à l'étude théorique des leviers et du centre de gravité.

COMPOSITION DES FORCES. —Lorsque plusieurs forces agissent simultanément sur un même corps, il peut arriver qu'il existe une force unique qui, agissant seule, aurait même effet que les autres forces agissant ensemble. Cette force unique est la *résultante* des autres forces, lesquelles sont appelées les *composantes.*

FORCES CONCOURANTES. — Des forces sont concourantes lorsque leurs directions passent par un même point. Ce point de rencontre peut être pris comme point d'application de toutes les forces.

1°) Lorsque deux forces, appliquées à un même corps, sont dirigées suivant la même droite, leur résultante est égale à leur somme, si elles sont de même sens ; à leur différence, si elles sont de sens contraires.

2°) Règle du parallélogramme. — Deux forces concourantes de directions différentes appliquées à un même corps, ont une résultante représentée, en grandeur, direction et sens, par la diagonale du parallélogramme inscrit sur les deux forces (fig. 28).

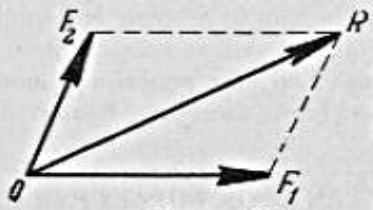


Figure 28

Inversement, une force peut toujours être décomposée en deux autres ayant des directions, grandeurs et sens, tels que la force initialement considérée représente la diagonale du parallélogramme construit sur les deux composantes.

FORCES PARALLELES.

COMPOSITION DES FORCES PARALLELES :

1) Cas de deux forces parallèles et de même sens.

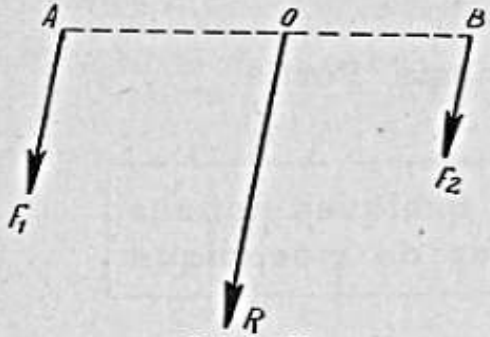


Figure 29

Deux forces F1 et F2, parallèles et de même sens, appliquées en deux points A et B d'un même solide, admettent une résultante.

Cette résultante R est parallèle aux forces F1 et F2, de même sens qu'elles, égale à leur somme et appliquée en un point O situé sur le segment AB, tel que

$$F1 \times AO = F2 \times BO$$

2) Cas de deux forces inégales parallèles et de sens contraires.

Deux forces inégales F1 et F2, parallèles et de sens contraires, appliquées en 2 points A et B d'un même corps admettent une résultante.

Cette résultante R est parallèle aux forces F1 et F2, de même sens que la plus grande, égale à leur différence et appliquée en un point O situé sur le prolongement de AB, tel que :

$$F1 \times AO = F2 \times BO$$

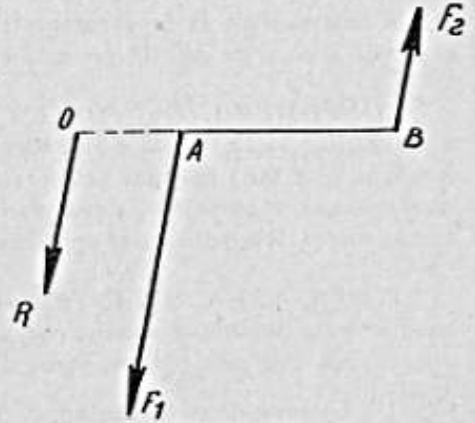


Figure 30

3) Cas de deux forces égales parallèles et de sens contraires.

Un tel système de forces, qui constitue ce que l'on appelle un couple, n'admet pas de résultante, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de le remplacer par une force unique. Un couple ne peut être équilibré que par un autre couple.

On exerce un couple chaque fois que l'on veut produire le mouvement de rotation d'un corps (tire-bouchons, tournevis, bouton de porte, etc.).

DECOMPOSITION D'UNE FORCE EN DEUX FORCES PARALLELES. — Les théorèmes et formules donnés ci-dessus en ce qui concerne la composition des forces parallèles ont une réciproque, en ce sens que :

1) Toute force agissant en un point O peut être décomposée en deux forces parallèles F1 et F2 de même sens, agissant en deux points A et B d'une droite AOB. Les forces F1 et F2 satisfont aux deux égalités :

$$F1 + F2 = R$$

$$F1 \times AO = F2 \times BO$$

Ce qui permet de déterminer les valeurs de F1 et F2 quand on a fixé les positions des points A et B par rapport à O.

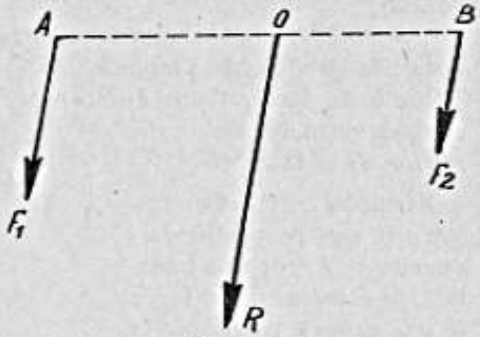


Figure 31

2) Toute force R agissant en un point O peut être décomposée en deux forces parallèles et de sens contraires, F1 et F2, satisfaisant aux 2 égalités :

$$R = F1 - F2$$

F1 étant la plus grande force, et :

$$F1 \times AO = F2 \times BO$$

Ce qui permet de déterminer les valeurs de F1 et F2 quand on s'est fixé les positions des points A et B par rapport au point O.

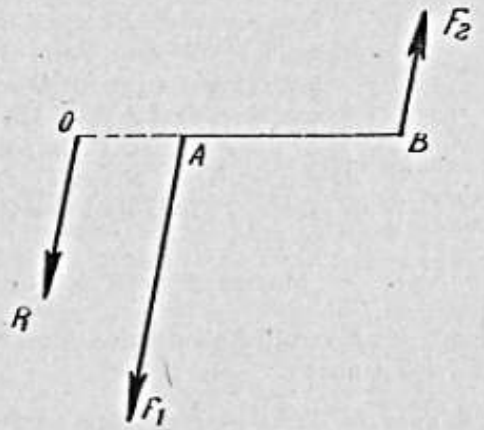


Figure 32

PRINCIPE D'EGALITE DE L'ACTION ET DE LA REACTION. Lorsque nous faisons agir une force sur un ressort immobile, la force allonge le ressort et le maintient ainsi déformé au repos ; la déformation produit dans le ressort une réaction élastique qui équilibre la force de déformation. La force agissante s'appelle l'action ; la force produite dans le ressort par la déformation est la réaction.

La réaction est égale et contraire à l'action.

C'est sous l'influence de cette réaction que le ressort reprend sa forme primitive lorsque la force cesse d'agir.

Ce principe s'applique encore, alors même que les effets de l'action et de la réaction sont trop faibles pour être perceptibles. Par exemple, un corps au repos sur la table n'en est pas moins soumis

à l'attraction de la terre, mais son poids est équilibré par la réaction de la table, égale et de sens contraire au poids.

MOMENT.— On appelle moment d'une force par rapport à un point, le produit de l'intensité de cette force par la distance de ce point à la force. Cette distance se mesure sur la perpendiculaire abaissée du point sur la direction de la force.

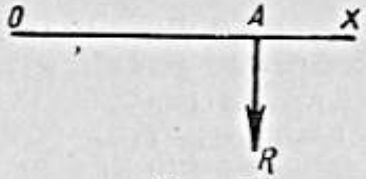


Figure 33

Exemples : 1°) Si une force R agit perpendiculairement en A, sur une barre OX, le moment de la force R par rapport au point O est R × OA. On dira donc que l'on a : Moment R = R × AO

2°) Si la même force R agissait encore en A sur la barre OX, non plus perpendiculairement, mais obliquement, le moment de cette force R par rapport au point O serait alors égal à R × OA' A' étant le pied de la perpendiculaire abaissée du point O sur la direction de la force R :

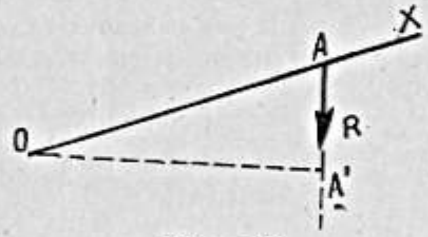


Figure 34

Moment R = R × OA'

La perpendiculaire représentant toujours la plus petite distance d'un point à une droite, il est évident que :

Le moment d'une force R dont la direction coupe une droite donnée atteint son maximum par rapport au point fixe O, quand la direction de la force est perpendiculaire à la droite considérée OA.

Théorie des leviers simples

DEFINITIONS.— Un levier est une machine constituée par une barre rigide qui peut tourner autour d'un *point fixe,* désigné sous le nom de *point d'appui,* ou simplement *appui.* Une force dite *résistance* agit sur cette barre, dans un sens. Une autre force, dite *puissance,* la sollicite en sens inverse.

Il y a trois genres de leviers :

LEVIERS DU PREMIER GENRE.

Dans les leviers du premier genre, le point d'appui (O) se trouve entre le point d'action de la résistance (A) constituée par la charge à soulever, et le point d'action de la puissance (B), c'est-à-dire de l'effort nécessaire pour soulever la charge (fig. 35).

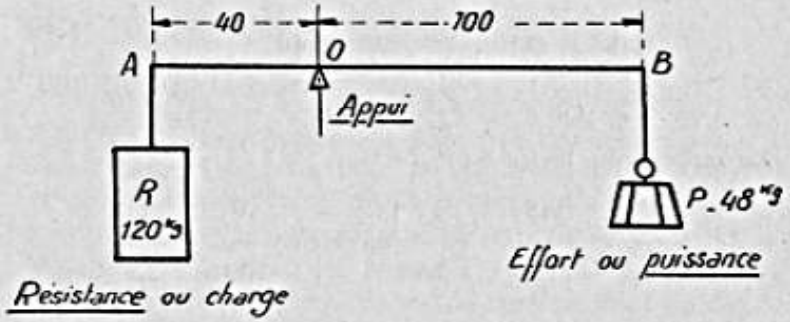


Figure 35

— *Bras de résistance.* — La distance OA du point d'appui O au point A où agit, perpendiculairement au levier, la charge ou résistance R, s'appelle « bras de levier de résistance », ou simplement « bras de résistance ».

— *Bras de puissance.* — La distance OB du point d'appui O au point B où agit également perpendiculairement au levier la puissance ou effort P, s'appelle « bras de levier de puissance », ou simplement « bras de puissance ».

— *Equilibre du levier.* — On démontre en mécanique que, pour qu'un levier tel que AOB soit en équilibre, il faut et il suffit que les moments de la résistance et de la puissance par rapport au point d'appui O soient égaux, c'est-à-dire qu'il faut avoir :

$$\text{Moment de P} = \text{Moment de R}$$

$$\text{ou : } P \times OB = R \times OA$$

expression que l'on peut écrire sous la forme suivante :

$$\frac{P}{R} = \frac{OA}{OB}$$

RAPPORT DU LEVIER.— On appelle en balancerie « rapport du levier» aussi bien le rapport de la puissance P à la résistance R : $\frac{P}{R}$, que le rapport du bras de résistance OA au bras de levier de puissance OB : $\frac{OA}{OB}$.

Dans l'exemple choisi ci-dessus, la charge R est de 120 kg et le bras de résistance OA a une longueur de 40 cm.

Le bras de puissance OB a une longueur de 100 cm ; l'équilibre sera obtenu pour une valeur de la puissance P égale à :

$$\frac{R \times OA}{OB}, \text{ soit } \frac{120 \times 40}{100} = 48 \text{ kg}$$

Le rapport du levier est :

$$\frac{P}{R} = \frac{48}{120} = \frac{1}{2,5} \text{ ou bien } \frac{40}{100} = \frac{1}{2,5}$$

Remarques. — 1°) Dans l'étude des instruments de pesage, la résistance R représente le poids de la charge à peser, et la puissance P représente, selon le type d'appareil :

— soit la somme des poids marqués ;

— soit le poids de l'organe mobile : curseur, manchon, réglette, peson destiné à équilibrer l'effet de la charge.

2°) a) Si les bras de puissance et de résistance sont égaux, la puissance et la résistance sont aussi de même valeur. C'est le cas de la balance ordinaire.

b) Si le bras OA est 10 fois plus petit que le bras OB :

$$\frac{OA}{OB} = \frac{P}{R} = \frac{1}{10}$$

l'effort P à exercer pour équilibrer la charge R est 10 fois plus petit que cette charge. C'est le cas des fléaux au rapport 1/10 ou fléaux décimaux.

D'une manière générale, la puissance (somme des poids marqués ou poids d'un curseur, manchon, etc.) est d'autant plus petite que son bras est plus grand par rapport à celui de la résistance ou, autrement dit, que le rapport du levier est petit.

LEVIERS DU DEUXIEME GENRE.

Dans ces leviers, la charge à soulever R ou résistance, agit sur le levier en A, entre le point d'appui O et le point B où s'exerce l'effort contraire P ou puissance (fig. 36).

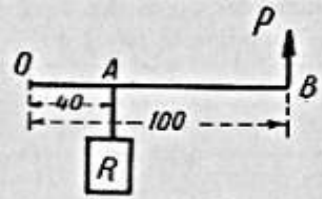


Figure 36

Les conditions d'équilibre sont les mêmes que pour les leviers du premier genre, les moments de la résistance et de la puissance par rapport au point d'appui doivent être égaux, c'est-à-dire que l'on doit avoir : $P \times OB = R \times OA$ ou $P/R = OA/OB$, étant entendu que les forces P et R agissent toujours perpendiculairement au levier.

LEVIERS DU TROISIEME GENRE.

Dans ce genre de leviers, la puissance agit sur le levier entre le point d'appui et la résistance. Les conditions d'équilibre sont les mêmes que pour les autres genres de leviers ; les leviers du troisième genre ne sont pratiquement pas utilisés en balancerie.

En effet, un appareil de pesage a pour but la détermination d'une charge au moyen de poids ou de curseurs plus faibles ou au plus égaux à cette charge. Or, dans un levier du troisième genre, la puissance est plus grande que la résistance, de sorte que l'emploi de leviers du troisième genre conduirait à utiliser des poids ou des curseurs plus lourds que la charge à peser.

Centre de Gravité

Les effets de la pesanteur sur tous les points d'un corps ou d'un ensemble de corps invariablement liés peuvent être considérés comme concentrés en un point unique, que l'on appelle le centre de gravité du corps ou de l'ensemble de corps invariablement liés.

Soient deux corps dont les centres de gravité propres sont en A et B, pesant respectivement 2 kg et 6 kg, et distants de 92 cm, reliés entre eux par un troisième corps constitué par une barre AB pesant 4 kg et dont le centre de gravité est en C, à une distance de 42 cm du point A (fig. 37).

Les poids des corps B et C peuvent être remplacés (voir composition des forces parallèles) par le poids d'un corps fictif égal à la somme des poids des deux corps, soit : 6 + 4 = 10 kg, et agissant en un point G tel que :

$$GB \times 6 = GC \times 4$$

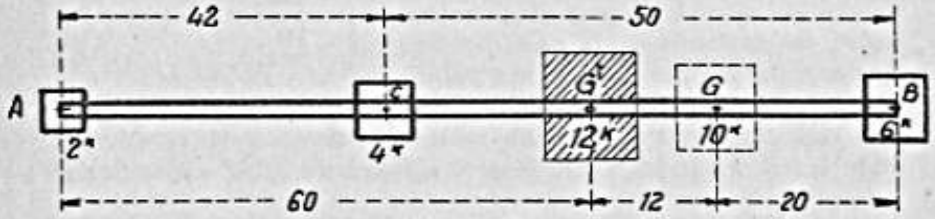


Figure 37

Ce point est le centre de gravité de l'ensemble des deux corps et il se trouve à 20 cm du point B, à 30 cm du point C et à 72 cm du point A.

Les poids de ce nouveau corps fictif G et du corps A peuvent être remplacés par le poids d'un nouveau corps fictif G' égal à la somme des poids des deux corps composants, soit : 10 + 2 = 12 kg, et agissant en un point G' tel que :

$$2 \times G'A = 10 \times G'G$$

Le point G' se trouvera à 12 cm du point G et à 60 cm du point A.

En définitive, le système des trois corps : A, B et barre C qui les unit peut être considéré comme pouvant être remplacé par une masse unique égale à leur somme, soit : 2 + 6 + 4 = 12 kg, agissant en un point G' situé à 60 cm du point A et à 32 cm du point B.

Ce point G' est le centre de gravité commun des trois corps.

Quatrième partie

Etude détaillée des principaux appareils

Fléaux et balances à bras égaux

DESCRIPTION.— La description de ces appareils a été donnée dans la deuxième partie. Nous n'y revenons pas et allons étudier les conditions de justesse, de sensibilité et de fidélité des fléaux.

CONDITIONS DE JUSTESSE.— Une balance ou un fléau sont dits «justes» lorsque leur équilibre n'est pas troublé quand on place deux masses égales dans les deux plateaux. Soit AOB le fléau schématique obtenu en joignant les arêtes des couteaux extrêmes à celle de l'axe-chef (fig. 38).

Le fléau étant libre et en équilibre à vide, le centre de gravité G auquel est appliqué le poids du fléau, est sur la verticale de O.

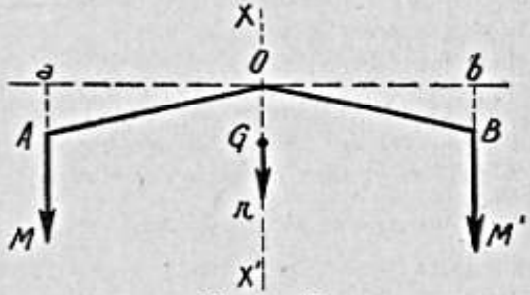


Figure 38

En A, appliquons la masse M et en B, une masse M', telles que l'équilibre ne soit pas modifié. Nous avons vu dans la théorie des leviers simples, que les moments de la puissance et de la résistance par rapport au point d'appui O doivent être égaux, donc :

$$M \times Oa = M' \times Ob$$

Par définition, la balance est juste si M = M' ; il faut donc, de toute évidence, que l'on ait également : Oa = Ob.

Pratiquement, les constructeurs s'arrangent pour que A vienne en a et B en b, et les deux bras du fléau sont égaux. C'est la condition de justesse de la balance ou du fléau.

CONDITIONS DE SENSIBILITE.— Une balance ou un fléau sont d'autant plus sensibles que le fléau s'incline plus fortement sous l'action d'une plus faible surcharge ajoutée ou retranchée à l'une des charges qui, précédemment, le maintenaient en équilibre. On démontre, en mécanique, qu'un fléau est d'autant plus sensible que :

1) ses bras sont plus longs ;
2) son poids est plus faible ;
3) son centre de gravité est plus rapproché de l'axe d'appui.

INFLUENCE DE LA FORME DU FLEAU. — Pratiquement, le fléau peut se présenter sous trois formes schématiques différentes :

a) *Fléau rectiligne :* Un fléau est rectiligne lorsque les arêtes de l'axe-chef et des couteaux d'extrémité sont dans un même plan. (fig. 39).

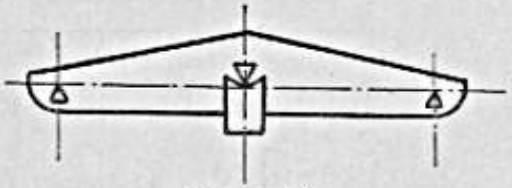


Figure 39

Dans ce cas, la sensibilité est indépendante de la charge des plateaux.

b) *Fléau en forme de toit :* Un fléau est en forme de toit lorsque le plan des couteaux extrêmes est en dessous du plan horizontal passant par l'axe-chef (fig. 40).

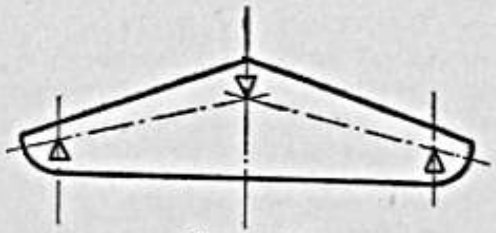


Figure 40

C'est pratiquement le cas général, car le fléau, toujours quelque peu flexible, prend, à la charge, une flèche, si faible soit-elle.

Dans ce cas, la sensibilité décroît quand la charge augmente.

c) *Fléau en forme de V.* Un fléau en forme de V est un fléau dont le plan des couteaux extrêmes est au-dessus du plan horizontal passant par l'axe-chef. (fig. 41).

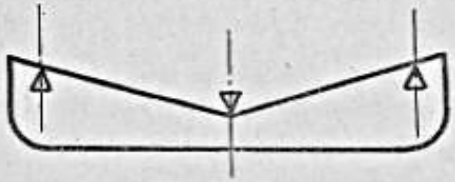


Figure 41

Dans ce cas, la sensibilité augmente avec la charge.

CONCLUSIONS PRATIQUES.

Nous avons vu qu'un levier est d'autant plus sensible que l'axe d'appui se trouve plus près du centre de gravité.

Nous venons de voir, en outre, que la sensibilité à charge, comparée à la sensibilité à vide, donne une indication sur la forme du fléau.

Lorsque l'on examinera la sensibilité d'un fléau, on déterminera d'abord sa sensibilité à vide qui donnera une indication sur la position de l'axe-chef par rapport au centre de gravité, puis l'on déterminera ensuite sa sensibilité à charge qui, comparée à la sensibilité à vide, permettra de reconnaître si le fléau est au fil, en toit ou en V.

EXEMPLES.

Supposons des bascules dont le mécanisme inférieur a été reconnu correct, n'ayant aucun tirage dans les articulations, mais pour lesquelles on constate que :

A. — *La bascule est sensible à vide, mais trop dure en charge.*

La bascule étant sensible à vide, c'est que l'axe-chef est bien placé par rapport au centre de gravité.

Mais, si la bascule est dure à charge, c'est que le fléau est en forme de toit.

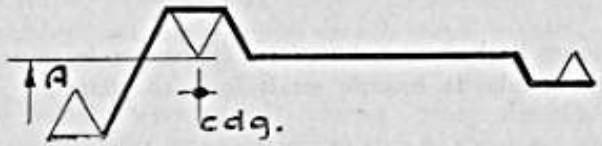


Figure 42

Il faut donc remonter le couteau de rapport (fig. 42).

Cependant, dans le cas où la sensibilité en charge serait presque suffisante, on pourrait se contenter de tordre légèrement vers le haut la tige de la romaine.

B. — *La bascule est dure à vide, mais sensible en charge.*

La bascule étant dure à vide, c'est que l'axe-chef est trop loin du centre de gravité.

La bascule étant sensible en charge, alors qu'elle est dure à vide, c'est que le fléau est en forme de V.

Il faut donc, pour remédier à ces défauts (fig. 43) :

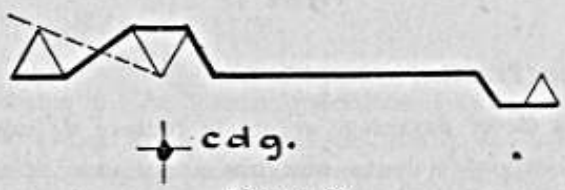


Figure 43

1) abaisser l'axe-chef pour améliorer la sensibilité à vide ;

2) abaisser aussi le couteau de rapport pour avoir les axes et couteaux au fil, ou légèrement croisant.

C. — *La bascule est dure à vide et en charge.*

La bascule étant dure à vide, c'est que l'axe-chef est trop loin du centre de gravité.

La bascule étant aussi dure en charge, c'est que le fléau est, soit au fil, soit légèrement en toit.

Il faut, pour remédier à ces défauts (fig. 44) :

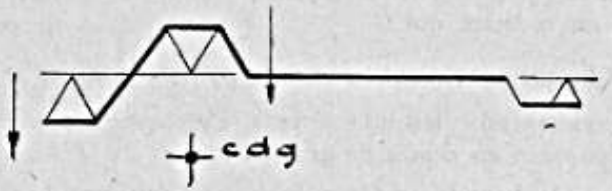


Figure 44

— baisser l'axe-chef, mais baisser également le couteau de rapport, car, sans cela, la bascule serait folle en charge.

D. — *La bascule est folle à vide et dure en charge.*

La bascule étant folle à vide, c'est que l'axe-chef est au-dessous du centre de gravité.

La bascule étant dure en charge, c'est que le fléau est en toit.

Il faut donc, pour remédier à ces défauts :

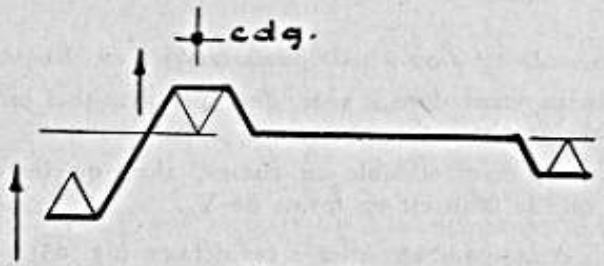


Figure 45

— élever l'axe-chef ;

— mais élever davantage encore le couteau de rapport.

Les indications ci-dessus sont très importantes et sont valables pour tous les appareils de pesage.

SENSIBILITE PRATIQUE DU FLEAU.

Le fléau à bras égaux est l'appareil de pesage le plus sensible ; c'est pourquoi il est utilisé dans toutes les mesures de précision.

Un fléau ordinaire, d'une portée de 1 kg, accuse facilement 5 dg, soit une sensibilité de 1/2 000. Mais il n'est pas rare que les fléaux de précision aient une sensibilité de 1/10 000. On peut même apprécier, sur les balances de haute précision utilisées au Laboratoire Central du Service des Instruments de Mesure, 5/100 000 000 de leur portée maximum.

INFLUENCE DE L'USURE.

Soit AOB un fléau au fil (fig. 46).

Par usure, les axes et couteaux s'arrondissent et portent sur des surfaces arrondies au lieu des arêtes initiales.

Un fléau usé aura :

a) une sensibilité à vide diminuée, d'une part, en raison des frottements accrus de l'axe et des couteaux et, d'autre part, en raison de l'augmentation de la distance du centre de gravité à l'axe d'oscillation. Celui-ci est resté fixe alors que le centre de gravité du fléau s'est abaissé en même temps que le fléau lui-même par suite de l'usure de l'axe-chef ;

b) une sensibilité en charge encore plus mauvaise, puisque aux causes précédentes, s'ajoute le fait que le fléau est alors en forme de toit.

Pour retarder l'effet de l'usure, on donne initialement au fléau la forme en V. Cette forme en V prémunit également le fléau contre les conséquences de la flexion qui tend à lui donner la forme en toit lorsqu'il est chargé.

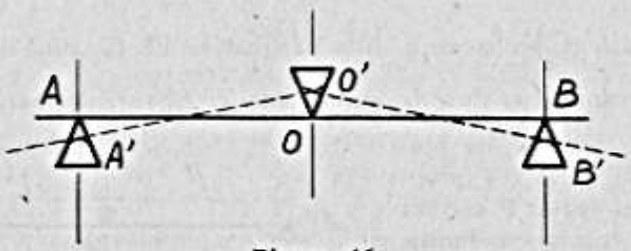


Figure 46

CONDITIONS DE SENSIBILITE.

Une balance est fidèle si l'on retrouve les mêmes résultats quand on fait plusieurs fois les mêmes opérations.

Une des causes de non fidélité des fléaux ou balances est le mauvais parallélisme des axes et couteaux, mais il existe d'autres causes encore mal connues.

REGLAGE.

A. — Pour les fléaux à bras égaux ou les balances, comme pour tous instruments de pesage d'ailleurs, l'opération du réglage doit commencer *par l'examen de l'oscillation à vide.* Celle-ci est correcte lorsque l'on obtient 6 à 10 oscillations complètes du fléau par minute.

B. — On examine ensuite la *sensibilité à toutes charges.* Les procédés pour augmenter la sensibilité d'un fléau ou d'une balance sont les suivants :

a) Augmenter la dureté et l'acuité des couteaux, ainsi que la dureté et le poli des coussinets.

b) Diminuer le poids du fléau en l'évidant ou en le perçant de trous, ou encore en réduisant sa section, de préférence vers les extrémités.

c) Diminuer le poids des accessoires, esses, crochets, chaînes, plateaux, etc, que supportent les axes extrêmes.

d) Répartir la matière constituant le fléau et ses accessoires de manière qu'elle soit à peu près partagée en deux parties égales par la ligne des axes, avec un léger surplus en-dessous, afin que le centre de gravité se trouve légèrement en-dessous de l'axe d'appui.

e) Si l'aiguille est au-dessus du fléau, augmenter son poids.

f) Si l'aiguille est en dessous du fléau, diminuer son poids.

g) Abaisser l'axe d'appui.

h) Relever les axes extrêmes par un procédé quelconque : pliage des bras, martelage de la partie inférieure des extrémités.

C. — Réglage proprement dit : Vérification de l'égalité des bras.

I. *On admet que l'on dispose de masses rigoureusement égales :*

Soient M et N les plateaux (fig. 47). On place les masses égales P sur les plateaux et s'il y a équilibre, c'est que les bras *l* et *l'* du fléau sont égaux entre eux.

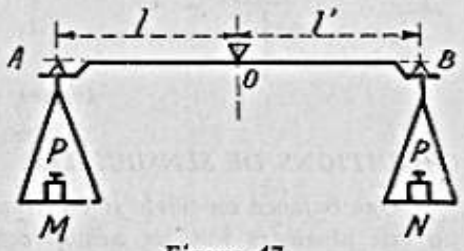


Figure 47

Si la balance tombe d'un côté, c'est que le bras de fléau de ce côté est trop long, on le diminue en retouchant à la pierre l'arête de son couteau

extrême, de façon à réduire la distance de cette arête à celle de l'axe d'appui, ou, au contraire, on allonge l'autre bras en augmentant, par le même procédé de retouche, la distance de son couteau extrême à l'axe d'appui.

II. *Les masses dont on dispose ne sont pas rigoureusement égales.* — Pour se procurer des masses rigoureusement égales, on peut, si l'on dispose d'une balance sensible et fidèle, quelle que soit son exactitude, s'en procurer en employant la méthode de la « double pesée de Borda ».

Pour cela, on place la masse P sur l'un des plateaux M et l'on tare en N avec des matières quelconques ; on substitue à P une autre masse que l'on augmente ou réduit jusqu'à ce que l'équilibre soit obtenu. Le poids de cette masse est alors évidemment égal à celui de la masse P.

III. *On n'est pas certain de disposer de masses rigoureusement égales et on ne peut s'en procurer.*

Les opérations à effectuer sont les suivantes :

a) Placer les masses sur les plateaux ; s'il y a équilibre, et que l'équilibre persiste si l'on permute les masses entre elles, c'est que les masses sont égales et il en est de même des bras du fléau.

b) Supposons que le fléau tombe du côté du plateau M qui porte un poids P et que, pour rétablir l'équilibre, il faille ajouter sur le plateau N un poids p au poids P du plateau N.

1) Si l'équilibre subsiste lorsque l'on permute les masses entre elles, c'est-à-dire lorsque l'on met sur le plateau M les poids (P' + p) et sur le plateau N le poids P, c'est que les bras de fléau sont égaux, mais les poids sont inégaux :

$$P = P' + p$$

2) Si la balance tombe encore du côté de M après permutation des masses et que, pour rétablir l'équilibre, il faille enlever le poids p du plateau M et le transporter sur le plateau N, on en conclut que les poids P et P' sont égaux, mais que le bras *l* est plus long que l'autre.

c) Si, après avoir obtenu l'équilibre avec une masse P en M et une masse P' en N, la permutation des poids rompt cet équilibre et que, pour le rétablir, il faille ajouter un poids à celui qui paraît le plus faible, soit à P en N, on obtient deux masses très sensiblement égales en n'ajoutant au poids P que la moitié de la surcharge qui assure l'équilibre : $P' = P + \frac{P}{2}$.

On peut alors considérer que l'on est ramené au I. ci-dessus.

CONDITIONS REGLEMENTAIRES DE CONSTRUCTION ET DE VERIFICATION.

— Les fléaux et balances à bras égaux doivent être de bonne construction.

— Les fléaux doivent être plus larges qu'épais.

— Les arêtes des couteaux ou axes doivent former une ligne droite.

— Les points extrêmes de suspension doivent être à égale distance de l'axe d'appui.

— Les fléaux ne doivent pas vaciller dans les chapes.

— Les balances devront être oscillantes, ce qui implique une position correcte du centre de gravité.

— La sensibilité est fixée au 1/2 000 du « poids d'une portée ».

CONSTRUCTION DES DIVERS ORGANES DE LA BALANCE.

Pour le fléau, tous les métaux peuvent être employés, pourvu qu'ils soient suffisamment résistants à l'action des charges. Pratiquement, on emploie le fer ou l'acier forgés, l'acier estampé, la fonte grise, la fonte malléable, le bronze d'aluminium.

Les couteaux et coussinets sont exécutés généralement en acier trempé et poli ; on utilise aussi l'agate.

L'agate est une pierre naturelle, variété de silice, très dure, que l'on trouve au Brésil et à Madagascar.

Le taillage de l'agate est une opération difficile qui ne peut être exécutée que par des spécialistes ayant l'outillage nécessaire.

Dans le fléau à col de cygne, le couteau est taillé dans le fléau lui-même.

Les coussinets sont soit des coussinets plans, soit des coussinets présentant deux joues faisant entre elles un angle obtus ; en aucun cas, l'oscillation du fléau ne doit être telle que le couteau vienne buter contre les joues.

INSCRIPTION REGLEMENTAIRE.

Le fléau doit porter la mention de sa portée maximum, sous la forme : « Force : 10 kg ».

Le poinçon de vérification primitive est apposé à côté de cette inscription.

Balance Roberval

Description. — Voir la deuxième partie.

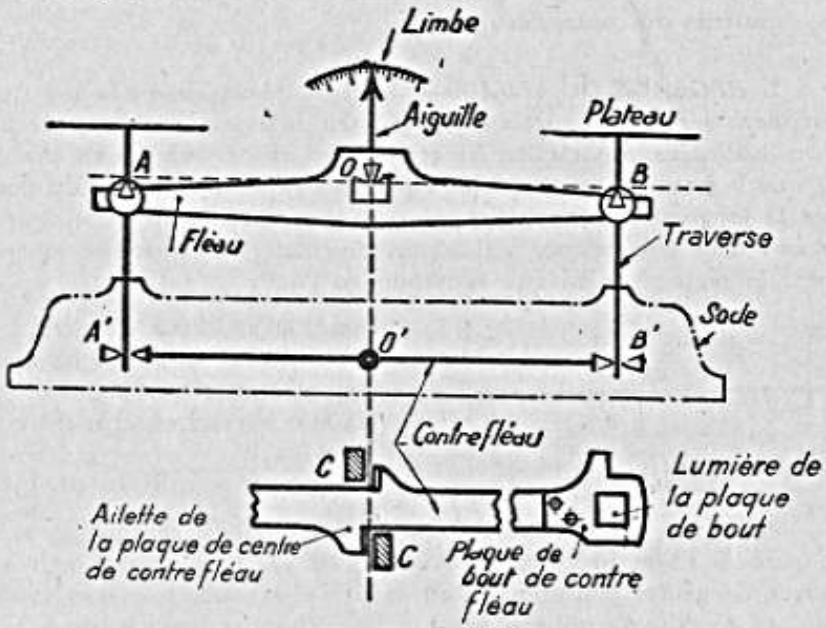


Figure 48 : Balance Roberval

CONDITIONS DE JUSTESSE.

Les croisillons et les plateaux doivent être de même poids, et le fléau dépouillé des plateaux et des croisillons doit conserver son équilibre.

La balance doit conserver son équilibre, quelle que soit la position des poids sur le plateau de la balance.

Or, on démontre que cette dernière condition n'est vérifiée qu'autant que les deux parallélogrammes théoriques OO'AA' et OO'BB' sont bien pratiquement des parallélogrammes et ne se déforment pas pendant les oscillations de la balance (fig. 48).

REGLAGE DE LA BALANCE ROBERVAL.

Compte tenu des conditions de justesse à réaliser, le réglage de la balance Roberval comportera trois opérations distinctes.

1. — Réglage du fléau proprement dit, afin de rendre les arêtes des axes : rectilignes, parallèles et « au fil », c'est-à-dire dans un même plan et telles que les distances des arêtes des axes extrêmes à celles de l'axe-chef soient égales.

2. — Réglage des fenêtres, afin de rendre égales les longueurs des tiges comprises entre la ligne des arêtes des couteaux extrêmes du fléau et les taillants du contre-fléau.

3. — Réglage du contre-fléau, afin de rendre parallèles la ligne de fil du fléau et le plan des taillants des plaques de bout et des ailettes du contre-fléau.

1. *REGLAGE DU FLEAU.*— On règle généralement le fléau séparément sur un support approprié. On examine, comme pour un fléau ordinaire, son oscillation et sa sensibilité à vide et en charge 1/5 de la portée, à mi-portée et à portée maximum), mais, étant donnée la longueur des axes d'appui et d'extrémité, on ne peut opérer comme dans une balance à fléau ordinaire et il faut vérifier séparément le réglage de chaque extrémité de l'axe :

Figure 49

Soient : oOo1 l'axe d'appui ; aAa1 et bBb1 les axes extrêmes (fig. 49).

Il faut vérifier séparément que l'on a :

oa = ob = o1a1 = o1b1

Pour cela, on suspend des masses étalonnées à crochet en a et b, puis en a1 et b1, puis en a et b1, ou a1 et b, et l'on agit au moyen de griffes pour rentrer ou sortir les axes dans le sens voulu afin de rétablir l'équilibre lorsque l'on observe une tombée.

Si l'essai a lieu alors que la balance est entièrement montée, ce qui se produit en vérification courante, on met les poids étalons sur les plateaux dans l'axe longitudinal de la balance, puis dans les positions successives indiquées au schéma ci-dessous (fig. 50).

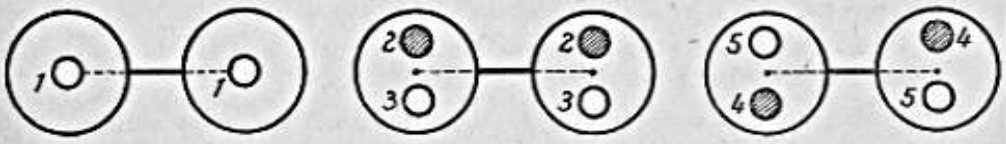


Figure 50 : Réglage d'un fléau Roberval

REMARQUE.— Il est certain que, par l'emploi de procédés de fabrication et de montage d'une précision suffisante, on pourrait réaliser la mise en place des axes d'appui et d'extrémité de manière telle qu'il n'y ait aucune retouche à faire pour le réglage. Seule une question de prix de revient peut départager les deux systèmes.

2. *REGLAGE DES FENETRES.*— On démontre que, lorsque les poids sont tous deux excentrés au dehors, si les tiges sont inégales, la balance tombe du côté de la plus grande tige.

Si, au contraire, les poids sont tous deux excentrés en dedans, les tiges étant toujours supposées inégales, la balance tombe du côté de la plus petite tige.

Le réglage des fenêtres se fait en se servant des résultats ci-dessus.

a) *Excentration au dehors* (fig. 51).

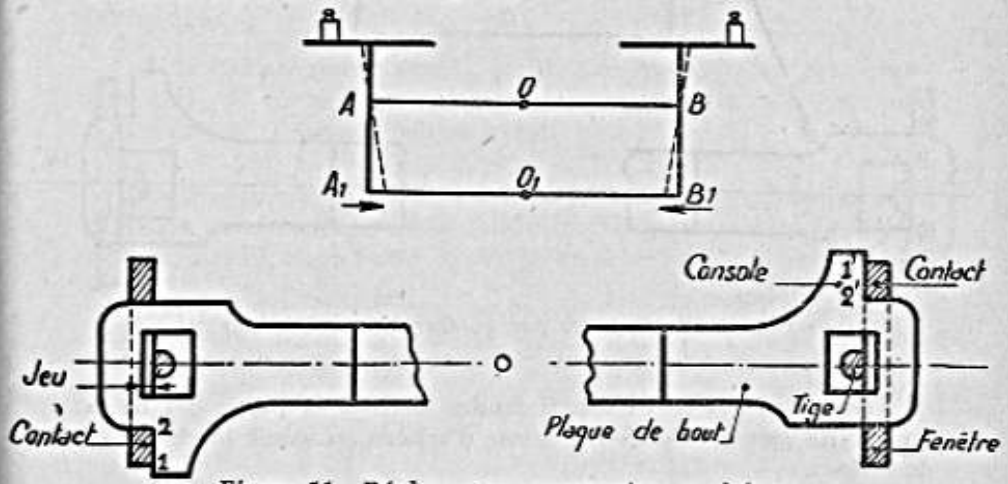


Figure 51 : Réglage par excentration au dehors

L'extrémité inférieure des tiges tend à être rejetée vers l'intérieur de la balance. Le contact entre les tiges et le contre-fléau se fait entre les fenêtres et les consoles des plaques de bout qui sont symétriques par rapport au centre du contre-fléau.

C'est l'arête vive (1-2) qui limite inférieurement la longueur de la tige AA1 à gauche en avant. De même, l'arête vive (1'-2') limite inférieurement la longueur de la tige BB1 à droite en arrière.

Donc, si la balance tombe à droite, c'est que BB1 est plus grand que AA1 et, pour corriger ce défaut, il faudra abaisser la partie 1-2. On limera donc d'avant en arrière le chanfrein de la fenêtre de gauche.

Si, au contraire, la balance tombe à gauche, c'est que AA1 est plus grand que BB1. On augmentera donc BB1 en limant d'arrière en avant le chanfrein de la fenêtre de droite.

b) *Excentration en dedans* (fig. 52).

L'extrémité inférieure des tiges tend à être rejetée vers l'extérieur ; dans ce cas, le contact entre les tiges et le contre-fléau se fait entre la partie taillée des mortaises et la partie taillée à l'extrémité inférieure de la tige.

C'est le milieu 3-4 des chanfreins des fenêtres qui limite inférieurement la longueur des tiges.

fléau, du fléchissement des axes extrêmes, qui tendent à donner au fléau la forme de toit, et du fléchissement que tend à prendre le contre-fléau, suspendu par ses extrémités, sous l'action de son propre poids — toutes ces causes de déréglage ayant pour conséquence de rendre OO1 plus grand que AA1 — on tolère, au réglage initial, que OO1 soit légèrement inférieur à AA1, ce qui revient à dire qu'une légère tombée en dehors (pouvant être annulée par l'addition d'une surcharge égale à la tolérance) peut être tolérée lors de l'excentration d'un même côté.

CONDITIONS REGLEMENTAIRES DE CONSTRUCTION ET DE VERIFICATION

1) *PROPORTIONS DES BALANCES.* — Les balances Roberval, comme d'ailleurs les balances de tout autre système analogue, ne peuvent être admises à la vérification première qu'autant qu'elles sont munies de plateaux dont le diamètre est au moins égal aux 2/3 de la longueur totale du fléau. Ces plateaux sont, en outre, construits de telle sorte que le vérificateur ait toute facilité pour placer les poids en un point quelconque.

La course de la balance, que l'on appelle « trait » doit être égale au 1/10 de la longueur du fléau.

2) *CONDITIONS DE SECURITE POUR LA GARANTIE PUBLIQUE.* — Dans toute balance Roberval dont l'index oscillera le long du socle, la pointe en bas, il devra y avoir deux aiguilles disposées symétriquement de chaque côté de l'axe d'appui, afin que les deux parties en présence: acheteur et vendeur, puissent s'assurer chacune de la position de l'organe indicateur de l'équilibre.

3) CONDITIONS DE BONNE CONSTRUCTION. — Les organes doivent avoir une force suffisante et être constitués en matériaux résistants, de manière à éviter une usure rapide et des risques de déréglage. Les axes et coussinets doivent être en acier trempé et poli et les arêtes des axes ne doivent pas pouvoir s'engager entre la pièce formant support et le coussinet, ni talonner sur la partie inférieure de l'enfilure (fig. 55).

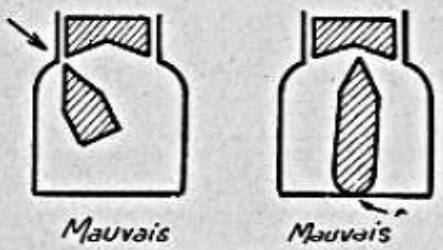


Figure 55

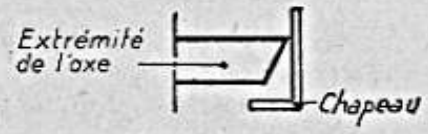


Figure 56

L'extrémité des axes doit être taillée en biseau, afin que le frottement contre les chapeaux soit réduit au minimum (fig. 56).

L'angle des coussinets ne doit pas être trop ouvert (75-80°); s'il est trop ouvert, il y a risque de déversement des pièces de bout dans les excentrations; on dit alors que la balance «décroche». (Fig. 57).

Figure 57

Une autre cause de décrochage peut venir de ce que les fenêtres ne sont pas assujetties verticalement sur les tiges, ou de ce qu'il y a trop de jeu entre une fenêtre et la plaque de bout correspondante du contre-fléau.

4) *CONDITIONS DE JUSTESSE ET DE SENSIBILITE.* —

a) On doit pouvoir permuter les plateaux et les croisillons sans rendre la balance frauduleuse.

b) L'addition de la 1/2 000 partie du poids placé dans l'un des plateaux doit faire parcourir à la balance la moitié de sa course.

Pratiquement, on opère avec une surcharge égale au 1/1 000 de la charge en exigeant que la course complète soit parcourue sous l'action de cette surcharge.

Avant de faire des essais de sensibilité, on examine d'ailleurs l'oscillation qui permet de se rendre compte s'il y a ou non de la gêne dans les organes, des jeux trop grands, des décrochages, etc., tous défauts qui proviendraient d'une inobservation des conditions de bonne construction.

5) *INSCRIPTIONS REGLEMENTAIRES. — EMPLACEMENT DES POINÇONS.* — Les balances doivent porter l'indication de leur force sur le socle, ainsi que la marque du fabricant sur le fléau.

Une place nette bien polie doit être réservée sur l'un des bras du fléau pour l'apposition du poinçon primitif, et une plaque destinée à recevoir les poinçons de marque périodique sera placée sur l'une des parties fixes de la balance.

6) *UTILISATION DU PRINCIPE DE ROBERVAL.* — Indépendamment de son emploi pour les balances bien connues du commerce de détail, le principe de Roberval est également utilisé pour d'autres appareils. On le retrouvera en particulier dans les mécanismes de balances automatiques.

En outre, dans certains appareils, tels que les ensacheurs-peseurs,

on utilise un système demi-Roberval, afin de maintenir en position verticale le récipient destiné à recevoir la marchandise (fig. 58).

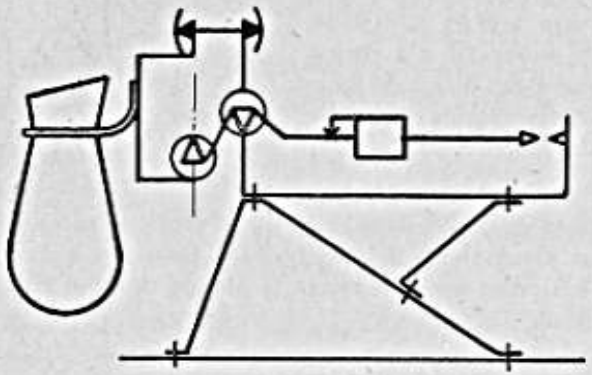


Figure 58

Balances Béranger

DESCRIPTION. — Voir la deuxième partie.

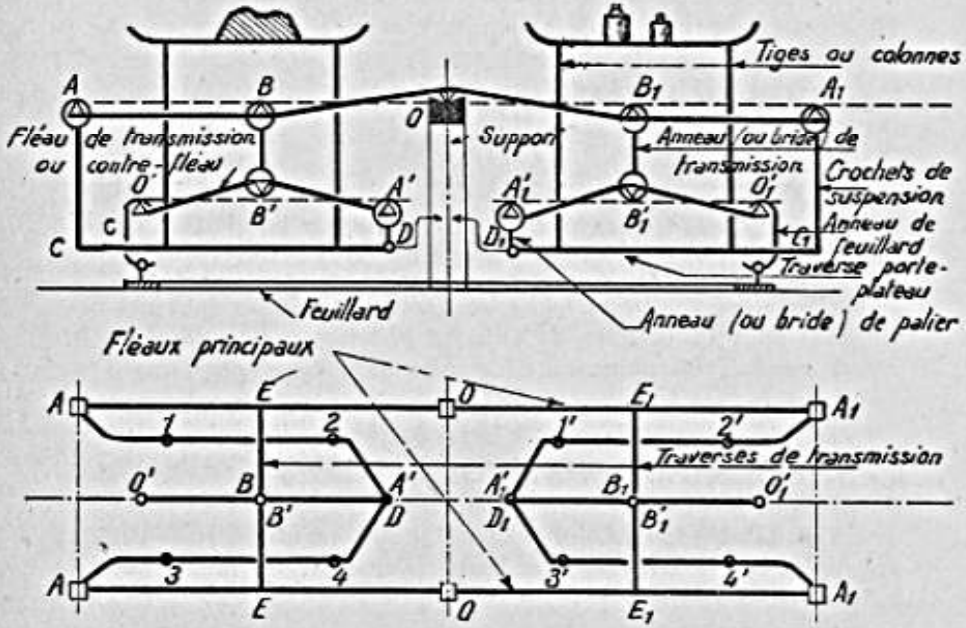


Figure 59 : Schéma d'une balance Béranger à fléau double

CONDITIONS DE JUSTESSE.

Les croisillons et les plateaux doivent être de même poids et la balance, dépouillée des plateaux et croisillons, doit conserver son équilibre.

Le fléau doit satisfaire seul aux conditions déjà indiquées pour un fléau à bras égaux. La balance doit, d'autre part, conserver son équilibre, quelle que soit la position des poids sur le plateau de la balance. Il faut pour cela que :

$$\text{d'une part : } \frac{OA}{OB} = \frac{O'A'}{O'B'}$$

$$\text{d'autre part : } \frac{OA1}{OB1} = \frac{O'1A'1}{O'1B'1}$$

En effet, une charge placée en un point quelconque du plateau se transmet par les tiges au palier porte-tiges et, finalement, agit sur les fléaux principaux ou de transmission comme si elle était placée partiellement au point C et partiellement au point D.

La partie de la charge agissant en C se transmet pour sa valeur en A sur le fléau principal.

La partie de la charge agissant en D est transmise en A' et agit en B' pour une valeur qui est modifiée dans le rapport $\frac{O'A'}{O'B'}$, la valeur ainsi modifiée est intégralement transmise en B.

Mais une charge agissant en B a le même effet qu'une charge agissant en A modifiée dans le rapport $\frac{OB}{OA}$.

En conclusion, la partie de la charge agissant en D peut être considérée comme agissant en A pour une valeur modifiée dans les rapports $\frac{O'A'}{O'B'} \times \frac{OB}{OA}$. Or, par suite de l'égalité des rapports $\frac{OA}{OB}$ et $\frac{O'A'}{O'B'}$, les rapports $\frac{O'A'}{O'B'}$ et $\frac{OB}{OA}$ sont inverses l'un de l'autre, de telle sorte que leur produit est égal à 1, et que, par suite, une charge placée sur le plateau agira quelle que soit la manière dont elle sera décomposée en charges partielles agissant en C et D, exactement de la même façon sur le fléau principal ; peu importe donc sa position sur le plateau.

POSITION DES PLATEAUX PENDANT L'OSCILLATION.

Du fait de l'égalité des rapports $\frac{OA}{OB}$ et $\frac{O'A'}{O'B'}$, si le point A s'abaisse d'un certaine valeur c, le point B s'abaisse d'une quantité moindre égale à : $c \times \frac{OB}{OA}$, le point B' s'abaisse de la même quantité et le point A' s'abaisse à son tour d'une quantité égale à : $(c \times \frac{OB}{OA} \times \frac{O'A'}{O'B'})$, c'est-à-dire, comme nous venons de le voir : $cx1 = c$.

Les points C et D liés à AA' s'abaissent donc de la même valeur, de sorte que les porte-tiges et, par suite, les plateaux, restent horizontaux pendant l'oscillation.

En réalité, ce raisonnement suppose que les points A, A1, A' et A'1 se déplacent verticalement, alors que, pratiquement, ces points décrivent des arcs de cercle autour des points O d'une part et des points o' et o'1, d'autre part.

Le raisonnement n'est donc valable que pour des oscillations de faible amplitude autour de la position d'équilibre et le fait que ces points décrivent des arcs de cercle amène des « tirages » dont nous étudierons l'effet ultérieurement.

CONDITIONS DE SENSIBILITÉ.

Le fonctionnement de la balance Béranger étant analogue à celui d'un fléau à bras égaux, la sensibilité dépend des mêmes facteurs et a une valeur analogue à celle d'un fléau à bras égaux de même construction.

Les tirages dont nous avons fait mention au paragraphe ci-dessus interviennent cependant pour diminuer la sensibilité ; il y a donc intérêt à les réduire au minimum, ce que l'on réalise en inclinant par construction vers l'extérieur les brides d'équerre — qui pivotent autour de leurs points d'attache sur le socle — afin de les rapprocher de la verticale pendant l'oscillation.

REGLAGE DE LA BALANCE BERANGER.

1) *REGLAGE DU FLEAU PRINCIPAL.* — Le réglage du fléau principal d'une balance Béranger se fait exactement dans les mêmes conditions que le réglage d'un fléau de balance Roberval.

2) *REGLAGE DES FLEAUX DE TRANSMISSION.* — Après avoir monté la balance et s'être assuré, après mise en place de toutes les pièces, que la balance fonctionne normalement avec une oscillation lente et régulière, on procède au réglage des fléaux de transmission, c'est-à-dire au réglage de l'égalité des rapports des deux fléaux de transmission : si deux charges égales sont toutes deux concentrées sur les plateaux vers l'intérieur, les fléaux de transmission reçoivent un effet maximum.

A) S'il y a tombée du côté gauche, c'est que l'action en B de la charge appliquée en A' est plus grande que l'action en B1 de la charge appliquée en A'1 : le rapport $\frac{O'A'}{O'B'}$ est plus grand que le rapport $\frac{O'1A'1}{O'1B'1}$, il faut donc, soit diminuer le rapport $\frac{O'A'}{O'B'}$, soit augmenter le rapport $\frac{O'1A'1}{O'1B'1}$.

On peut avoir recours aux procédés suivants (en précisant au préalable que le terme « rentrer » veut dire s'approcher du centre, et que le terme « sortir » veut dire s'éloigner du centre).

I. — *Diminution* de O'A'/O'B'.

Cette diminution peut être réalisée :

— par une diminution de O'A' en sortant A ;

— par une augmentation de O'B' en rentrant B' ;

— par une augmentation simultanée d'une même valeur absolue de O'A' et O'B', en sortant O', ce qui diminue le rapport $\frac{O'A'}{O'B'}$, puisque O'A' est plus grand que O'B'.

II. — *Augmentation* de O'1A'1/O'1B'1.

Cette augmentation peut être réalisée :

— par une augmentation de O'1A'1 en rentrant A'1 ;

— par une diminution de O'1B'1 en sortant B'1 ;

— par une diminution simultanée d'une même valeur absolue de O'1A'1 et O'1B'1 en rentrant O'1.

B) S'il y a tombée à droite, c'est que l'action en B1 de la charge appliquée en A'1 est plus grande que l'action en B de la charge appliquée en A', le rapport $\frac{O'1A'1}{O'1B'1}$ est plus grand que le rapport $\frac{O'A'}{O'B'}$.

Le raisonnement et les opérations à effectuer sont analogues à ceux ci-dessus.

Les opérations de rentrées et de sorties se font avec des moyens appropriés à la construction de chaque modèle de balance.

3) *MISE EN CONCORDANCE DES REGLAGES DU FLEAU PRINCIPAL ET DES FLEAUX DE TRANSMISSION.* — Le réglage du fléau principal, d'une part, le réglage des fléaux de transmission, d'autre part, ayant été effectués, il reste à mettre ces fléaux en concordance.

Or, si l'on place deux masses égales P et Q à l'extrémité droite de chaque plateau, il est facile de constater que la masse P placée sur le plateau de droite agit surtout sur le fléau principal et la masse Q placée sur le plateau de gauche, surtout sur le fléau de transmission de gauche.

Si la balance tombe du côté de P, c'est que la masse Q agit de façon insuffisante en B sur le fléau principal ; il faut donc augmenter OB en « sortant » la traverse ou le couteau B.

Si la balance tombe du côté de Q, c'est que la masse Q agit trop sur le fléau principal ; il faut donc diminuer OB en rentrant la traverse ou le couteau.

On règle ainsi la position de la traverse ou du couteau intermédiaire gauche du fléau principal.

En plaçant les deux masses égales P et Q à l'extrémité gauche de chaque plateau et en opérant comme ci-dessus, on règle la position de la traverse ou du couteau intermédiaire droit du fléau principal.

CONDITIONS REGLEMENTAIRES DE CONSTRUCTION ET DE VERIFICATION.

Les conditions réglementaires de construction et de vérification des balances Béranger sont les mêmes que pour les balances Roberval.

Romaines

DESCRIPTION. — Voir la deuxième partie.

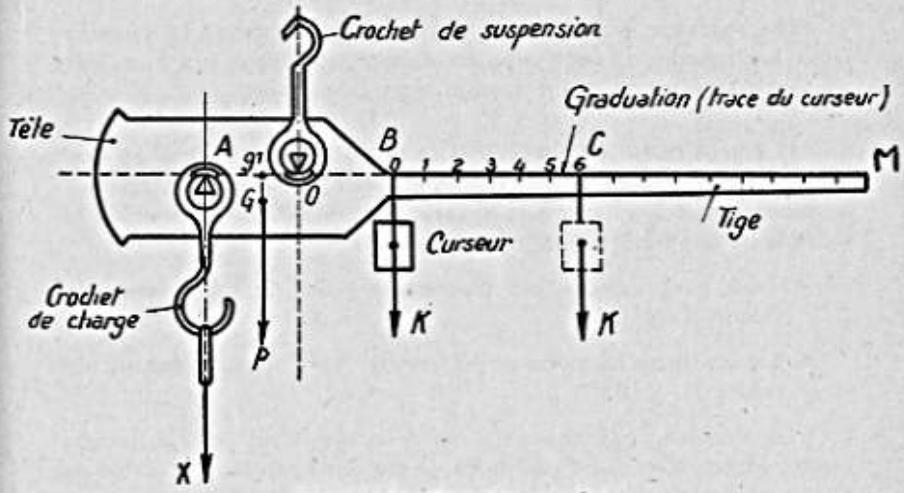


Figure 60 : Romaine graduée

CONDITIONS DE JUSTESSE.

Pour qu'une romaine soit juste, il faut qu'il y ait concordance à toutes charges entre un poids connu suspendu au crochet de charge et le poids indiqué par le curseur ou le manchon se déplaçant sur la graduation. Pour cela, trois conditions sont nécessaires :

Il faut :

1) Que la romaine soit juste à vide ;
2) que la romaine soit juste au maximum de la charge ;
3) que les graduations soient équidistantes.

1) *EQUILIBRE A VIDE.*

La position d'équilibre à vide est obtenue, aucune charge n'agissant sur le crochet de charge, sous l'action de (fig. 60 - 61) :

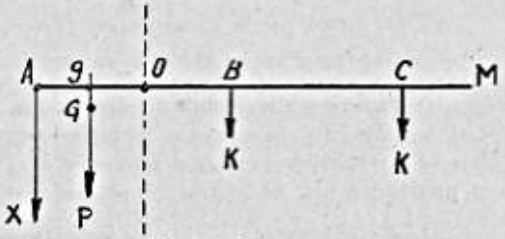


Figure 61

a) le poids P de la romaine appliqué au centre de gravité G de l'ensemble ;

b) le poids K du curseur suspendu à la graduation zéro en B.

Comme nous l'avons vu dans la théorie de l'équilibre des leviers simples, la romaine sera en équilibre si les moments de la résistance et de la puissance par rapport au point d'appui O sont égaux, c'est-à-dire si l'on a : P × Og = K × OB.

On s'arrange pour que cet équilibre soit obtenu, la romaine étant horizontale et, pour cela, on agit généralement sur la valeur du Poids P ; c'est ce qu'on appelle tarer la romaine.

2) *EQUILIBRE A CHARGE MAXIMUM.* — On suspend au crochet de charge le poids connu maximum pour lequel on veut graduer la romaine, soit X et l'on met le curseur ou manchon au bout de la tige M, la variation d'équilibre est double :

— d'une part, s'ajoute par rapport au point O, un moment de valeur X × OA ;

— d'autre part, le moment du curseur varie d'une quantité de valeur K × BM.

La romaine, précédemment mise en équilibre par le tarage, restera en équilibre si les variations de moments par rapport au point O restent égales, c'est-à-dire si : X × OA = K × BM.

3) *EQUIDISTANCE DES GRADUATIONS.* — OA et K sont des quantités constantes ; il en résulte, par conséquent, qu'à des charges proportionnelles accrochées au crochet de charge, doivent correspondre des déplacements proportionnels du curseur et, par suite, que les graduations de la tige doivent être équidistantes.

CONDITIONS DE SENSIBILITÉ.

Les conditions de sensibilité d'une romaine sont analogues à celles d'un fléau à bras égaux, à savoir : la romaine est d'autant plus sensible que :

1) L'écartement des axes est plus grand ;

2) La masse de la romaine est plus faible ;

3) Son axe d'appui est plus rapproché du centre de gravité.

L'influence de la forme du fléau de la romaine est la même que pour les fléaux à bras égaux. Ainsi, lorsqu'une romaine est au fil, c'est-à-dire lorsque la ligne des axes et l'arête de graduation sont en prolongement, la sensibilité est indépendante de la charge.

— Lorsque la romaine est en toit, la sensibilité diminue avec la charge ;

— Lorsque la romaine est en V, la sensibilité augmente avec la charge.

Cependant, la démonstration théorique, confirmée par l'expérience, montre qu'une romaine ayant l'arête de graduation parallèle au plan des taillants d'axes et couteau (fig. 62), a une sensibilité indépendante de la charge.

Cette sensibilité constante avec la charge risque de ne pas être suffisante du fait que le centre de gravité est abaissé par suite de l'abaissement de la tige de la romaine.

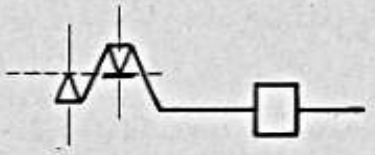


Figure 62

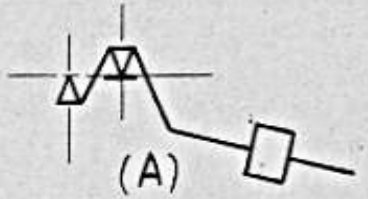


Figure 63

Il suffira alors de munir cette romaine d'une boule de tare assez élevée pour avoir une bonne sensibilité. On rencontre assez fréquemment ce cas dans les romaines des bascules romaines.

De même si l'arête de graduation n'est pas dans le prolongement de la ligne des couteaux et si ces deux lignes font un V, la sensibilité de la Romaine augmente avec la charge.

Enfin, dans le cas de la figure 63 où l'arête de graduation et la ligne des couteaux font un toit, la sensibilité diminue avec la charge.

REGLAGE DES ROMAINES.

Le réglage des romaines se confond pratiquement avec leur construction, et plusieurs procédés de construction et, par conséquent, de réglage, peuvent être utilisés.

Nous nous contenterons donc de donner quelques indications sur les procédés de vérification généralement utilisés et sur les opérations de rajustage à effectuer, lorsque la vérification fait ressortir des défauts de fonctionnement.

VERIFICATION DES ROMAINES.

On suspend la romaine et, après avoir placé le curseur au zéro, on la fait osciller pour s'assurer qu'il n'y a ni frottement ni gêne, puis on vérifie la graduation à la plus faible et à la plus forte charge

et à une charge intermédiaire. A forte charge, on vérifie la sensibilité en ajoutant 1/500 de cette charge ; cette surcharge doit rompre franchement l'équilibre.

RAJUSTAGE DES ROMAINES.

Lorsqu'une romaine donne des erreurs dans les pesées, il est nécessaire de savoir si ces erreurs sont produites par une simple variation de la tare de l'instrument ou par une altération de la longueur des bras de résistance ou du poids du curseur.

1) Si l'équilibre n'est pas obtenu à vide et qu'il faille, pour l'établir, ajouter ou retrancher un même poids à la charge appliquée quelle que soit cette charge, la tare seule est défectueuse ; il suffit, dans ce cas, d'augmenter ou de diminuer le poids de la romaine ou de ces accessoires jusqu'à obtention de l'équilibre.

On agit généralement soit sur le poids de la romaine en meulant la partie arrondie de la tête, soit sur le poids de la rondelle située à l'extrémité de l'arête de graduation.

2) Si l'erreur augmente avec la charge, il faut :

— soit modifier la longueur du bras de résistance ;

— soit modifier le poids du curseur.

3) Enfin, il peut arriver que l'on soit obligé de refaire la tare de l'appareil et de retoucher le bras de résistance ou le curseur.

Dans ce cas, il ne faut pas omettre de refaire la tare après chaque retouche ; une fois l'appareil rendu exact, on le tare définitivement, soit en limant la tête, soit en augmentant le poids des accessoires.

MODELES DIVERS DE ROMAINES.

Le nombre de modèles de romaines que l'on peut construire est presque illimité ; le modèle sur lequel nous avons fait l'étude générale est la romaine ordinaire dite à un côté commençant à zéro.

Nous donnerons quelques indications sur divers modèles de romaines.

ROMAINES A UN COTÉ AVEC GRADUATION INITIALE DIFFERENTE DE ZERO.

Lorsque le point initial B de la graduation ne correspond pas à zéro, la position d'équilibre à vide n'est pas horizontale ; la romaine s'incline du côté de la tige. Il faut, pour établir l'équilibre, accrocher au crochet de charge une certaine charge correspondant au nombre exprimant le début de la graduation. Cette charge est la

« portée initiale » de la romaine, c'est-à-dire la portée à partir de laquelle on peut peser.

ROMAINES A MANCHON (fig. 64).

Lorsque les curseurs sont constitués par des manchons se déplaçant sur la tige de la romaine, on peut considérer la masse du manchon, dans une position déterminée, comme invariablement liée à la tige et, par suite, à la romaine proprement dite. On peut, dans ce cas, considérer qu'en réalité, on pèse par déplacement du centre de gravité de la romaine — celui-ci se déplace d'ailleurs parallèlement à la graduation de la tige.

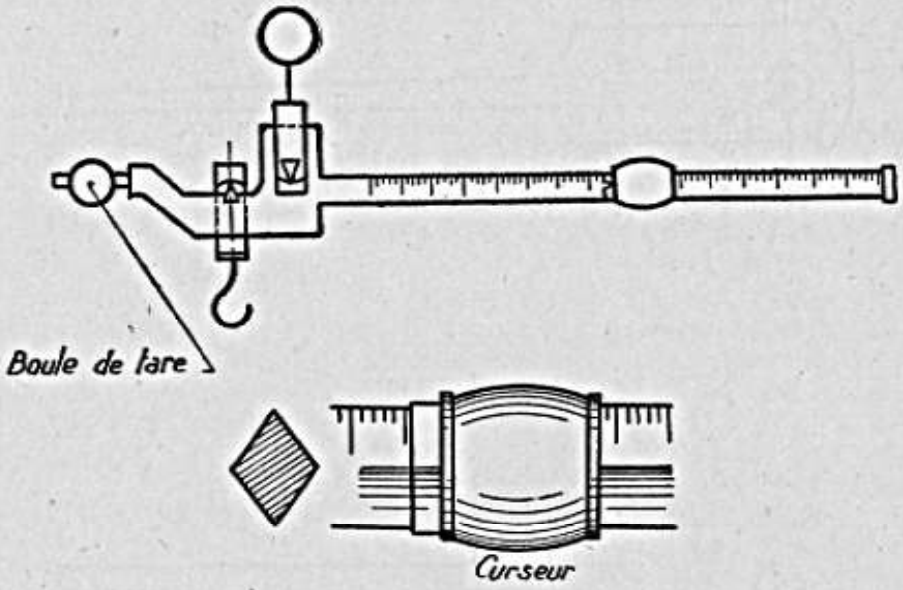


Figure 64

ROMAINE A DEUX COTÉS.

On appelle romaine à deux côtés une romaine pouvant être utilisée pour peser entre O et une certaine portée p (côté faible) et entre cette portée p et une portée maximum P (côté fort), la graduation correspondant à l'un des côtés étant distincte de celle correspondant à l'autre (fig. 65).

La réalisation la plus courante consiste en une romaine comportant un crochet de suspension pour la charge et deux anneaux de suspension de l'appareil. Il suffit, pour passer d'un côté à l'autre, de retourner l'appareil ; à cet effet, l'axe recevant l'action de la charge a la forme d'un losange.

Dans la position A, côté faible, la charge X agit à une distance $l1$ de l'axe de suspension.

Le curseur de poids K est à une distance L de cet axe, telle que : $X \times l1 = KL$.

Quand on retourne la romaine, position A', la charge agit à une distance $l2$ plus petite que $l1$.

Si la distance L du curseur à l'origine reste la même, la valeur de la charge X' sera : $(X' - p)\ l2 = KL$.

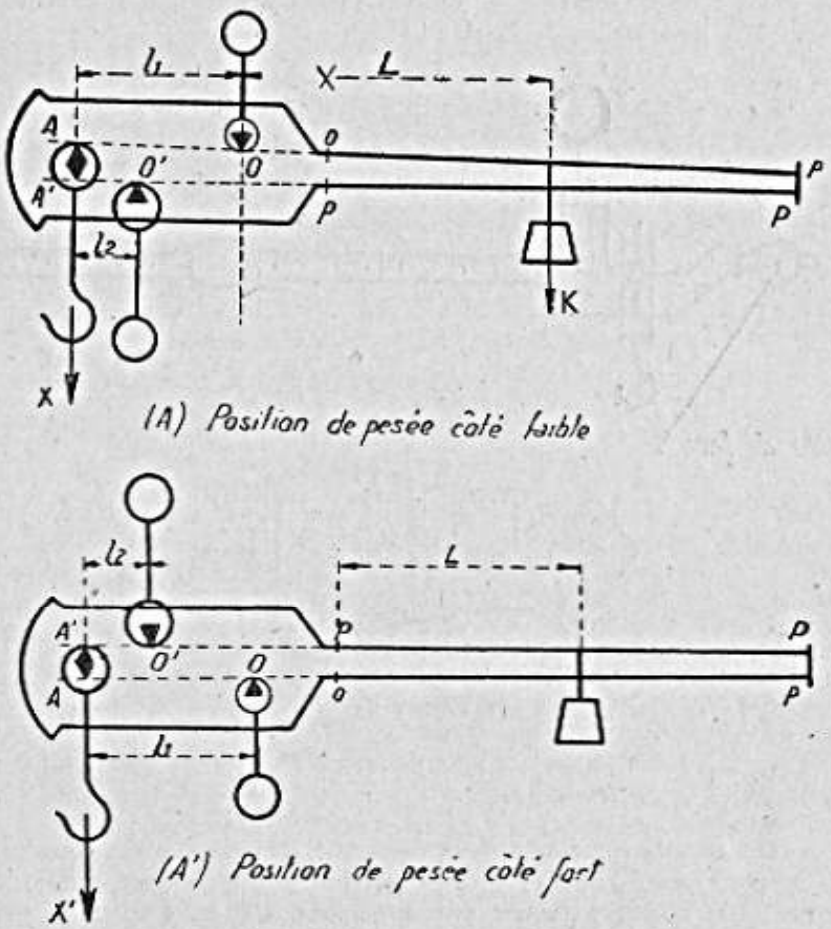


Figure 65 : Romaine à deux côtés

Les deux produits $X \times l1$ et $(X' - p) \times l2$, égaux à un même troisième, sont égaux entre eux, les charges X et $(X' - p)$ sont inversement proportionnelles aux rapports $l1$ et $l2$:

$$X\ l1 = (X' - p)\ l2$$

Les rapports $l1$ et $l2$ doivent être choisis de manière telle que la portée maximum du côté faible soit la même que la portée minimum du côté fort.

REGLAGE DE LA ROMAINE A DEUX COTES.

Bien que diverses méthodes soient utilisées, il paraît rationnel :

1) La romaine étant du petit côté, de procéder au réglage par le poids du curseur ;

2) La romaine étant du grand côté, d'agir sur l'axe A'.

ROMAINES AVEC BOULE DE TARE.

Nous n'avons décrit ci-dessus que les romaines avec une tête et une tige ; dans certains cas, les romaines sont encore constituées par une tête et une tige, mais la tête porte une queue sur laquelle peut se déplacer une boule dite boule de tare. (Voir fig. 64).

Cette boule permet :

1) de donner à l'appareil le maximum de sensibilité en déplaçant le centre de gravité verticalement, de façon à l'amener au-dessous et très près de l'axe d'appui, en relevant ou en abaissant la tige supportant la boule ;

2) d'équilibrer le fléau à vide, en déplaçant horizontalement cette boule, ce qui déplace horizontalement le centre de gravité.

COMBINAISON DES FLEAUX A RAPPORT ET DES ROMAINES GRADUÉES.

FLEAU DECIMAL A ROMAINE. — Le fléau décimal à romaine est une combinaison d'un fléau décimal et d'une romaine. Le grand bras du fléau est gradué. Une charge X quelconque, suspendue au couteau de charge, est équilibrée, d'une part, par les poids P placés sur le plateau, d'autre part, par le curseur se déplaçant le long de la graduation (fig. 66).

La lecture doit obligatoirement se faire par simple juxtaposition sans nécessiter d'addition mentale. La portée de la romaine doit donc correspondre à une puissance de 10.

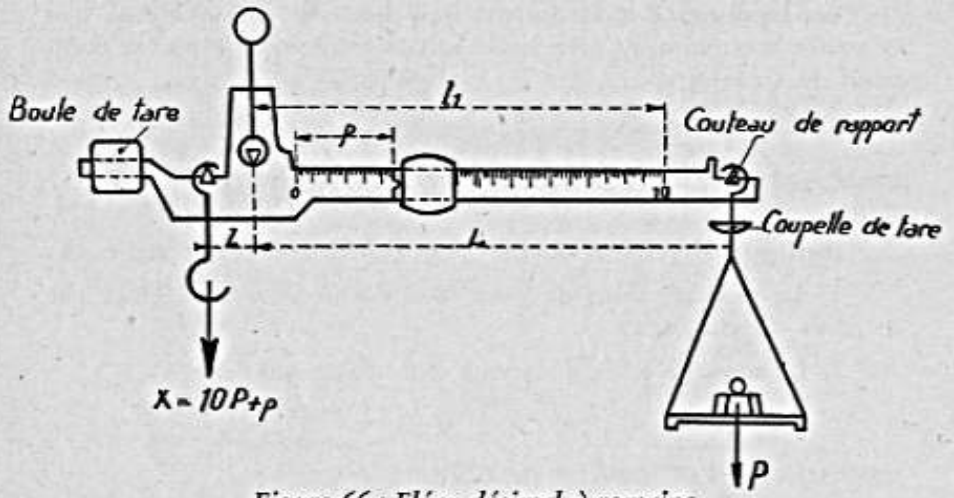


Figure 66 : Fléau décimal à romaine

Le poids du curseur n'est pas arbitraire, car une charge inférieure ou égale à la portée de la romaine doit pouvoir être équilibrée, soit par des masses marquées, placées sur le plateau, soit par le curseur de poids K ; une charge X de 10 kg, par exemple, doit pouvoir être équilibrée :

— soit par le curseur placé à l'extrémité de la graduation : $X \times l = K \times l1$;

— soit par un kg placé sur le plateau, d'où : $X \times l = 1 \times L$.

Il en résulte que : $1 \times L = K \times l1$, d'où : $K = \frac{L}{l1}$

ROMAINES DOUBLES OU TRIPLES. — Il peut y avoir, en combinaison ou non avec un fléau de rapport, plusieurs curseurs disposés sur des tiges graduées parallèles entre elles.

Cette disposition est utilisée notamment pour les appareils indicateurs à romaines des bascules ou des ponts-bascules.

CONDITIONS REGLEMENTAIRES DE CONSTRUCTION ET DE VERIFICATION.

Les romaines doivent :

1) avoir beaucoup de mobilité à leur suspension ; l'axe de suspension doit avoir une arête très fine ;

2) être oscillantes ;

3) ne pas fléchir à charge, ce qui impose à la fois une condition de solidité et de constance de la sensibilité ;

4) avoir des divisions équidistantes, ce qui implique une graduation non empirique de l'instrument ;

5) être justes, c'est-à-dire que l'indication donnée par la position du curseur sur la graduation doit être en concordance avec la somme des masses étalonnées placées au crochet de charge ;

6) avoir une sensibilité qui ne soit pas inférieure au 1/500 de la portée ;

7) comme les autres appareils de pesage, porter la marque du fabricant.

REGLEMENTATION SPECIALE A DIVERS MODELES DE ROMAINES.

Romaines à deux côtés. — Toute romaine à deux côtés doit avoir la division zéro sur le côté faible de l'instrument, les indications du côté fort doivent faire suite, sans solution de continuité, à celles du côté faible. Chacune des deux parties de la graduation doit s'étendre jusqu'à l'extrémité du fléau. Le point d'attache de la charge doit seul avoir la forme d'un crochet ouvert, les deux organes de suspension destinés à porter l'appareil doivent être des anneaux complètement fermés.

Romaines à un côté. — Si la portée ne dépasse pas 40 kg, la graduation doit commencer à zéro ; si la portée est supérieure à 40 kg, la graduation peut commencer à une portée quelconque en rapport avec les charges au pesage desquelles l'appareil est plus spécialement destiné.

REGLEMENTATIONS RELATIVES A LA GRADUATION.

Principe général. — Les romaines donneront uniquement en unités légales, l'indication de la masse du corps pesé et la limite de leur portée, exprimée également en unités légales, sera mentionnée.

Unité de graduation. — L'unité principale de graduation est le gramme ou le kilogramme, suivant la destination donnée à l'appareil.

Le mode de chiffrage résulte de l'application, à la lecture des pesées, du principe de la numération décimale qui supprime tout effort de mémoire ou tout calcul mental, le résultat de la pesée s'obtenant par lecture directe ou par simple juxtaposition à son unité principale, de la subdivision de celle-ci.

Lorsque l'unité principale de la graduation est le kg, la subdivision par hectogramme au moins est obligatoire jusqu'à la portée de 20 kg, facultative pour les portées supérieures.

Dans une romaine simple, la portée de l'instrument doit exprimer un nombre entier de kg ; dans une romaine à deux côtés, cette règle est applicable à chaque côté.

DESCRIPTION. — Voir la deuxième partie.

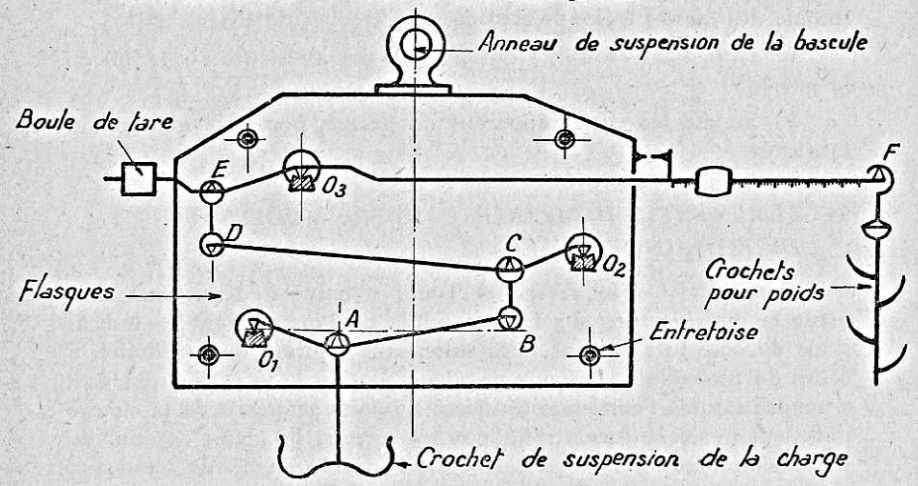


Figure 67

DETERMINATION THEORIQUE DU RAPPORT FINAL D'UNE BASCULE AVEC COUTEAU DE BOUT.

Nous avons admis dans nos indications générales que le rapport final était égal au produit des rapports de chacun des leviers intéressés ; il est facile et intéressant de démontrer cette propriété des leviers conjugués.

Nous avons vu dans la théorie des leviers simples que, lorsqu'un levier est en équilibre, les moments de la résistance et de la puissance par rapport au point d'appui sont égaux. Soient R la résistance au crochet de charge A, et P la puissance à l'extrémité du levier peseur (fig. 67).

1) Considérons le levier O1 AB et appelons r la puissance agissant en B. Le levier étant en équilibre, nous avons :

$$R \times O1A = r \times O1B \text{ ou } \frac{r}{R} = \frac{O1A}{O1B} \quad (1)$$

2) Considérons le levier O2CD : la résistance agissant en C est, en vertu de la loi d'action et de réaction, égale à r ; soit r' la puissance agissant en D.

Le levier étant en équilibre, nous avons :

$$r \times O2C = r' \times O2D \text{ ou } \frac{r'}{r} = \frac{O2C}{O2D} \quad (2)$$

3) Considérons le levier EO3F, la résistance agissant en E est égale à la puissance r' agissant en D et, le levier étant en équilibre, nous avons :

$$r' \times O3E = P \times O3F \text{ ou } \frac{P}{r'} = \frac{O3E}{O3F} \quad (3)$$

Si nous multiplions les premiers termes des égalités (1), (2), (3) entre eux et également les deuxièmes termes entre eux, les produits obtenus restent égaux entre eux et nous avons alors :

$$\frac{r}{R} \times \frac{r'}{r} \times \frac{P}{r'} = \frac{O1A}{O1B} \times \frac{O2C}{O2D} \times \frac{O3E}{O3F}$$

Le premier membre se simplifie et se réduit à $\frac{P}{R}$ dont la valeur est bien égale au produit des rapports des leviers pris isolément.

CAS D'UNE BASCULE EN L'AIR AVEC ROMAINE SANS COUTEAU DE BOUT DE FLEAU.

Considérons une bascule en l'air dont le fléau peseur sera constitué par une romaine multiple à 2 fléaux parallèles et 3 curseurs.

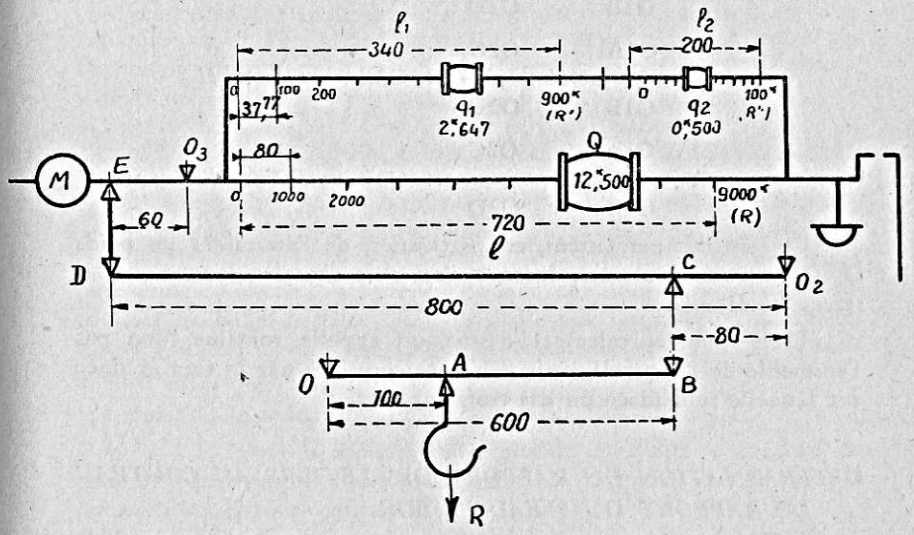


Figure 68 : Bascule en l'air sans couteau de rapport

Pour l'un quelconque des curseurs, la variation des moments par rapport au point d'appui O3 doit être égale à la variation de la résistance par rapport à ce même point.

Soient Q, Q1 et Q2 les poids des 3 curseurs. Soient l, $l1$ et $l2$ les longueurs des traces graduées sur lesquelles les curseurs se déplacent.

La variation du moment du curseur de poids Q, quand il parcourt toute la graduation, est égale à $Q \times l$.

De même, pour le curseur de poids Q1, la variation du moment est $Q1 \times l1$.

De même, pour le curseur de poids Q2, la variation du moment est $Q2 \times l2$.

Le fléau peseur conservant, par hypothèse, son équilibre lors du déplacement d'un des curseurs du zéro de sa graduation à la portée maximum de sa graduation, c'est que la résistance au couteau E a varié dans chaque cas des quantités r', r'1 et r'2, telles que l'on ait :

$$r' \times O3E = Q \times l.$$
$$r'1 \times O3E = Q1 \times l1.$$
$$r'2 \times O3E = Q2 \times l2.$$

En nous reportant aux calculs que nous avons faits ci-dessus pour une bascule avec couteau de rapport, et en remplaçant r', r'1 et r'2 par leurs valeurs en fonction de la résistance au crochet de charge, nous obtenons les résultats suivants :

$$R \frac{O1A}{O1B} \times \frac{O2C}{O2D} \times O3E = Q \times l$$

$$R \frac{O1A}{O1B} \times \frac{O2C}{O2D} \times O3E = Q1 \times l1$$

$$R \frac{O1A}{O1B} \times \frac{O2C}{O2D} \times O3E = Q2 \times l2$$

Ces égalités permettent, en particulier, de déterminer les poids Q, Q1, Q2 des curseurs, lorsque l'on s'est fixé les longueurs des traces l - $l1$ - $l2$.

Dans tous les calculs ci-dessus, on appelle romaine, non pas l'ensemble de l'appareil, mais l'élément constitué par la tige graduée sur laquelle se déplace un des trois curseurs.

DETERMINATION DU RAPPORT DES LEVIERS AU COUTEAU DE RAPPORT DU FLEAU PESEUR.

Il est très souvent intéressant de connaître le rapport des leviers

au couteau arrière du fléau peseur, dit généralement « couteau de rapport ».

Bien entendu, si l'on connaît exactement les rapports des deux premiers leviers, le rapport au couteau de rapport du fléau peseur est égal au produit de ces rapports, mais il arrive souvent qu'on ne les connaît qu'imparfaitement et il est alors plus facile de déterminer ce rapport en se servant des renseignements que l'on possède sur les romaines du fléau peseur.

Des égalités trouvées à la fin des calculs ci-dessus, on peut en effet, déduire :

$$\frac{O1A}{O1B} \times \frac{O2C}{O2D} = \frac{Q/R}{O3E/l}$$

$$\text{ou } \frac{Q1/R}{O3E/l1} \text{ ou } \frac{Q2/R}{O3E/l2}$$

On peut donc calculer le rapport des leviers au couteau arrière du fléau peseur en divisant le rapport final de l'une des romaines $\frac{Q}{R}$, ou $\frac{Q1}{R}$, ou $\frac{Q2}{R}$, par le rapport correspondant de cette romaine :

$$\frac{O3E}{l} \text{ ou } \frac{O3E}{l1} \text{ ou } \frac{O3E}{l2}$$

OBSERVATION. — Le calcul ci-dessus est un exemple de ce que l'on peut tirer des égalités que nous avons établies, mais il est bien évident que, si l'on connaît tous les facteurs intervenant dans ces égalités à l'exception d'un seul, ce dernier pourra être déterminé d'après les égalités mêmes.

CAS D'UNE BASCULE EN L'AIR AVEC ROMAINE ET COUTEAU DE BOUT DE FLEAU.

Ces appareils sont réglementairement établis avec un rapport décimal donné : 1/10, 1/100, 1/1 000, et le fait qu'une même charge peut être équilibrée, soit en suspendant des poids à l'extrémité du couteau de bout de fléau, soit en déplaçant les curseurs sur leurs tiges graduées, permet de simplifier certains des calculs que nous venons d'effectuer.

Soit : Q le poids de l'un des curseurs ;

P le poids marqué qui, agissant en F sur le couteau de bout de fléau, produirait le même effet sur l'appareil que le curseur poussé à sa division extrême ;

L la longueur de trace de la tige graduée.

Par rapport à l'appui O3 :

— le moment du poids a pour valeur : P × O3F ;

— la variation du moment du curseur G a pour valeur : Q × L.

Ces deux quantités sont égales, puisqu'elles équilibrent une même charge ; on a donc : P × O3F = Q × L.

D'où, en particulier, un calcul facile du poids du curseur Q ou de la trace L, si l'on connaît les autres facteurs de l'égalité.

Bascules décimales

DESCRIPTION. — Voir la deuxième partie.

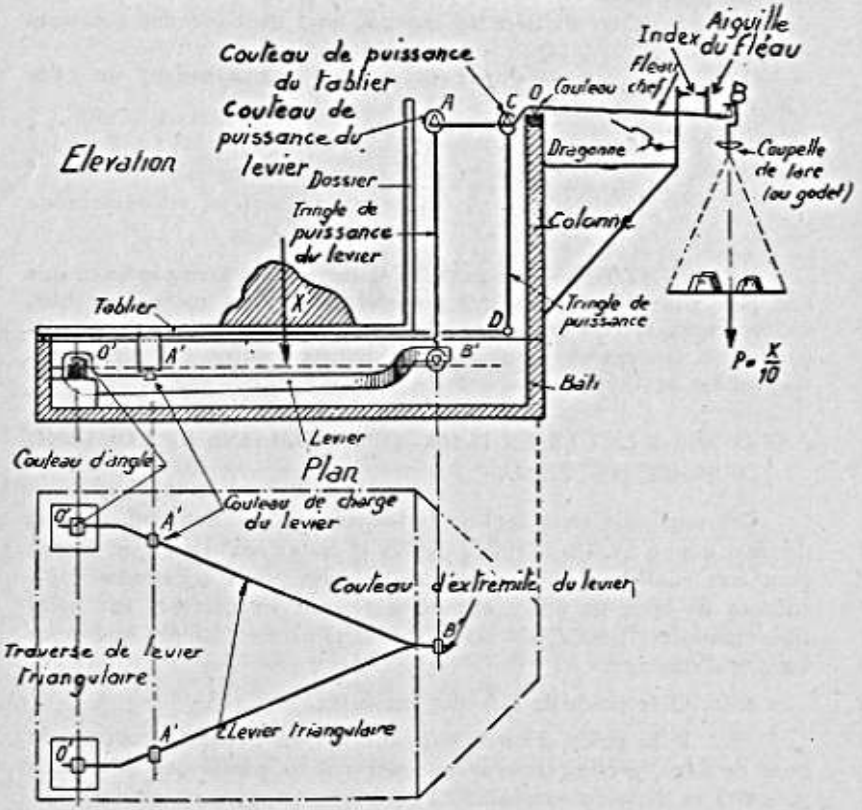


Figure 69 : Bascule décimale

CONDITIONS DE JUSTESSE.

Pour qu'une bascule décimale soit juste, il faut :

1) que le résultat de la pesée soit indépendant de la position de la charge sur le tablier ;

2) que la somme des poids équilibrant la charge soit égale au 1/10 de la valeur de la charge.

La bascule décimale ayant été tarée à vide, lorsqu'une force verticale dirigée de haut en bas X1, agit en A', il faut que le fléau AOB soit en équilibre lorsque l'on fait agir en B des poids dont la somme est égale à X1/10.

La force X1 agissant en A' transmet au couteau A, par l'intermédiaire du levier triangulaire O'A'B' et de la tringle B'A, une force égale à : $X1 \times \frac{O'A'}{O'B'}$.

Lorsque le fléau est en équilibre, le moment de la force $X1 \times \frac{O'A'}{O'B'}$ qui est appliquée au couteau A est égal au moment de la force X1/10 qui est appliquée au couteau B.

Donc : $$X1 \times \frac{O'A'}{O'B'} \times OA = \frac{X1}{10} \times OB$$

De cette égalité, on tire :

$$\frac{O'A'}{O'B'} \times \frac{OA}{OB} = \frac{1}{10}$$

Lorsqu'une force verticale dirigée de haut en bas X2, agit en D, il faut que le fléau AOB soit en équilibre lorsque l'on fait agir en B des poids dont la somme est égale à X2/10.

La force X2 est transmise au couteau C par la tringle DC, et lorsque le fléau est en équilibre, le moment de la force X2 qui est appliquée au couteau C est égal au moment de la force X2/10 qui est appliquée au couteau B.

Donc : $$X2 \times OC = \frac{X2}{10} \times OB.$$

De cette égalité, on tire : $\frac{OC}{OB} = \frac{1}{10}$.

cette charge se répartit :

— d'une part, en forces agissant sur les couteaux de charge A' telles que leur somme est égale à X2 ;

— d'autre part, en une force agissant en D, telle que X1.

On a : $X = X1 + X2$.

Les composantes X1 et X2 étant équilibrées par des poids X1/10 et X2/10, la charge X est équilibrée par des poids de valeur X/10.

Les deux égalités :

$$\frac{O'A'}{O'B'} \times \frac{OA}{OB} = \frac{1}{10} \text{ et } \frac{OC}{OB} = \frac{1}{10}$$

expriment les conditions de justesse de la bascule décimale.

De ces deux égalités, on peut tirer la suivante :

$$\frac{O'A'}{O'B'} = \frac{OC}{OA}$$

qui exprime aussi, avec l'égalité : $\frac{OC}{OB} = \frac{1}{10}$, les conditions de justesse de la bascule décimale.

OBSERVATIONS.

Lorsque la bascule oscille, le tablier conserve une position sensiblement horizontale.

Soit h la quantité dont s'abaisse le tablier en A'. Calculons la quantité dont il s'abaisse en D (fig. 70).

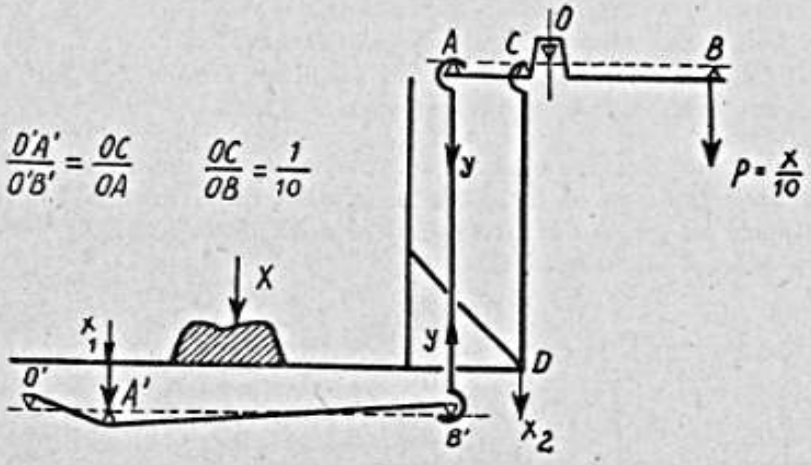


Figure 70

Le point B' s'abaisse d'une quantité : $h \times \frac{}{O'A'}$.

Le point A, qui est relié au point B' par la tringle B'A, s'abaisse de la même quantité.

Le point C s'abaisse d'une quantité : $h \times \frac{O'B'}{O'A'} \times \frac{OC}{OA}$.

Or : $\frac{O'B'}{O'A'} \times \frac{OC}{OA} = 1$.

Le point C s'abaisse donc, lui aussi, de la quantité h, et le point D qui lui est relié par la tringle CD, s'abaisse de la même quantité h.

Le tablier s'abaisse donc, en A' et en D, de la même quantité h et reste donc sensiblement horizontal lorsqu'il oscille.

CONDITIONS DE SENSIBILITÉ.

Il faut, comme nous l'avons déjà indiqué dans la première partie, soigner tout particulièrement la sensibilité propre du fléau peseur AOB, que l'on rend sensible au moyen des procédés indiqués lors de l'étude du fléau simple et, en particulier, en rapprochant le centre de gravité du fléau de l'axe de rotation, mais il faut tenir compte également de la sensibilité du reste du mécanisme.

On démontre que :

1) la sensibilité est indépendante de la charge quand les arêtes des couteaux de charge, des axes d'appui et du couteau de renvoi sont dans un même plan ou, suivant le terme habituel, sont « au fil ».

2) la sensibilité augmente avec la charge, si les couteaux de charge ont leurs arêtes au-dessus du plan des axes d'appui et du couteau de renvoi ;

3) la sensibilité diminue avec la charge, si les couteaux de charge ont leurs arêtes au-dessous du plan des axes d'appui et du couteau de renvoi.

INFLUENCE DE LA FLEXION.

Si la résistance du levier n'est pas suffisante, le levier fléchit ; on se trouve alors dans la position précisée au 3) ci-dessus et la sensibilité diminue.

De plus, le rapport du levier se trouve modifié par ce fléchissement, il diminue, de sorte que la charge transmise est plus faible; l'appareil donnera des indications inférieures à la réalité (erreurs négatives); on dit que l'appareil perd en charge.

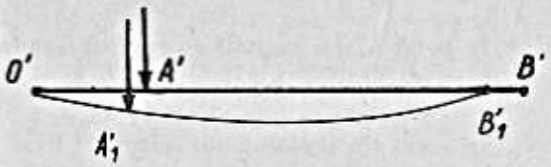


Figure 71

REGLAGE DES BASCULES DECIMALES.

1) La bascule étant complètement montée, placer sur le tablier une charge quelconque se rapprochant de la portée maxima de l'instrument, l'équilibrer par une masse placée sur le plateau des poids. Puis faire osciller le fléau; cette opération permet de se rendre compte s'il existe des frottements ou des tirages, et si le degré de sensibilité réglementaire est atteint.

2) Puis on enlève les poids, on tare la bascule à vide, on place ensuite sur le tablier, au-dessus de l'un des couteaux d'angle du levier triangulaire, un poids étalon et on rétablit l'équilibre avec une tare quelconque dans le plateau des poids.

On transporte ensuite le poids étalon sur le deuxième couteau d'angle du levier triangulaire:

a) l'équilibre se maintient, il n'y a pas de retouche à effctuer;

b) le fléau peseur s'élève, la charge transmise par ce deuxième couteau est trop forte. Il faut réduire la distance O'A' afin de réduire le rapport de transmission de la charge $\frac{O'A'}{O'B'}$ de ce couteau, on lime le couteau de manière à rapprocher son arête de l'axe d'appui O';

c) le fléau peseur s'abaisse, la charge transmise par ce deuxième couteau est trop faible; il faut augmenter la distance O'A', afin d'augmenter le rapport de transmission de la charge $\frac{O'A'}{O'B'}$ de ce couteau. On lime le couteau de manière à éloigner son arête de l'axe d'appui O'.

Le rapport du levier triangulaire étant, dès lors, devenu invariable, toutes les retouches ultérieures, s'il y a lieu, s'effectueront sur les couteaux du fléau peseur.

3) On enlève les poids, on retare la bascule à vide, puis on place sur le devant du tablier une charge égale à la moitié ou au tiers de la portée de l'instrument et sur le plateau des poids, le 1/10 de cette charge.

a) L'équilibre a lieu, il n'y a aucune retouche à effectuer, OC est bien le 1/10 de OB.

b) Le fléau peseur s'élève, le bras de résistance OC est trop grand, il faut rapprocher le taillant du couteau C de l'axe d'appui O en limant dans le sens voulu jusqu'à obtention de l'équilibre.

4) On enlève les charges, on retare à vide, puis on place la même charge que précédemment au-dessus de la traverse d'appui et le 1/10 de cette charge sur le plateau des poids.

a) L'équilibre a lieu: il n'y a aucune retouche à effectuer.

b) Le fléau peseur s'élève: le bras de résistance OA est trop grand, il faut rapprocher le taillant du couteau A de l'axe d'appui O en limant dans le sens voulu.

c) Le fléau s'abaisse: le bras de résistance OA est trop petit, il faut éloigner le taillant du couteau A de l'axe d'appui, en limant dans le sens voulu.

RAJUSTAGE DES BASCULES DECIMALES.

On doit, tout d'abord, redonner au bâti toute la solidité nécessaire pour rendre absolument invariables les rapports des leviers, puis consolider le tablier, la fourche et le dossier, redresser éventuellement les tringles faussées et s'assurer, après avoir remonté l'instrument, qu'il n'existe aucun des défauts indiqués ci-dessous:

1) Mauvaise fixation de l'axe d'appui du fléau peseur sur la colonne des coussinets de la traverse d'appui sur le bâti, ou des coussinets des couteaux d'angle sur le tablier, ce qui risquerait de donner du tirage.

2) Position irrégulière des axes et couteaux vis-à-vis de leurs coussinets respectifs.

3) Frottement des tringles de transmission et de suspension ou de leurs accessoires contre la colonne, le tablier ou le dossier.

4) Frottement de la partie du fléau située au-dessous de l'axe d'appui contre le support.

5) Frottement du tablier contre le châssis.

Puis on procède comme indiqué ci-dessus pour le réglage.

CONDITIONS REGLEMENTAIRES DE CONSTRUCTION ET DE VERIFICATION.

Les bascules décimales doivent être oscillantes et les rapports du levier et du fléau peseur établis de manière qu'une charge quelconque, placée sur le tablier, soit toujours équilibrée par des masses de valeur 10 fois plus faible placées sur le plateau des poids.

La portée ne doit pas être inférieure à 100 kg.

La sensibilité est fixée à 1/1 000 de la portée.

Les bascules décimales doivent porter le nom ou la marque du fabricant et l'indication de la portée maximum.

Les leviers peuvent être en acier forgé ou en fonte, et leur forme doit être en rapport avec la portée maximum de l'appareil. Ils peuvent être soumis, non seulement à des efforts de flexion, mais aussi à des efforts de torsion, si bien que leur résistance transversale doit être suffisante ; le levier est généralement entretoisé au droit des axes de rotation. Les couteaux et coussinets doivent être en acier trempé, les couteaux doivent être solidement assujettis dans les leviers, de même que les coussinets dans leur logement. La liaison entre les tringles de suspension et de transmission et les couteaux se fait par l'intermédiaire de chapes dont la partie en contact avec l'extrémité des tringles doit être tranchante et trempée après cémentation (fig. 72).

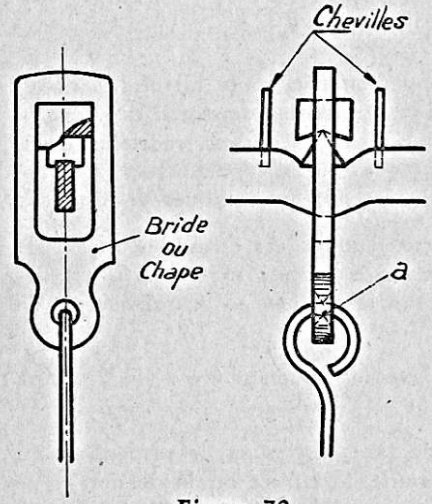


Figure 72

Afin d'empêcher un déplacement latéral des chapes, on dispose de part et d'autre de celles-ci des goupilles vissées sur le champ du levier (fig. 72).

Le poinçon primitif est apposé sur le fléau près des inscriptions réglementaires. Le poinçon de vérification périodique se place sur une plaquette de métal tendre fixée sur la colonne support de fléau.

BASCULE CHARBONNIERE TYPE CANDAS.

Le principe de construction de la bascule décimale est utilisé

dans un certain nombre d'appareils de pesage, et en particulier dans la bascule charbonnière Candas représentée schématiquement (fig. 73).

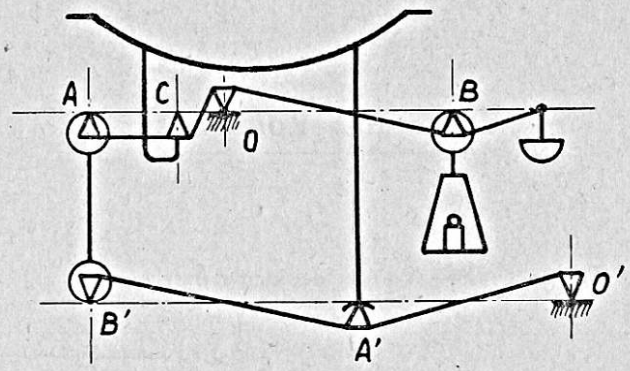


Figure 73

Bascules Romaines

DESCRIPTION. — Voir la deuxième partie.

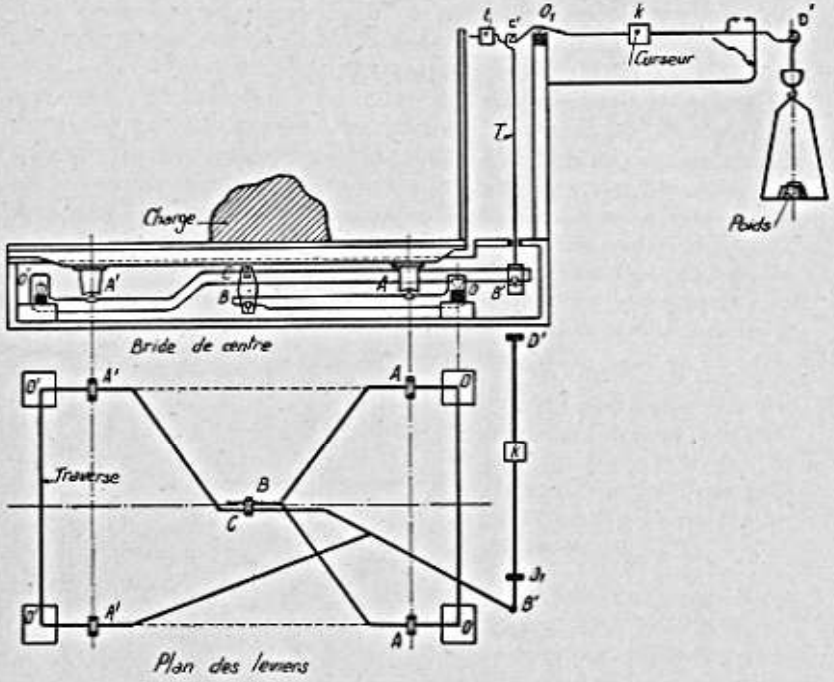


Figure 74 : Bascule romaine de Béranger

La romaine est en élévation figurée « en pointe », alors qu'en réalité, elle est « en travers », comme représenté, d'ailleurs, sur le plan des leviers.

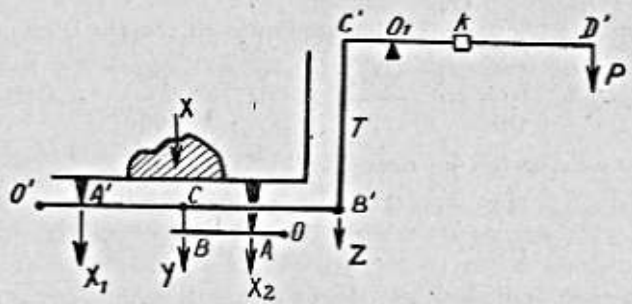


Figure 75

La bascule romaine au 1/100 ayant été tarée à vide, lorsqu'une force verticale dirigée de haut en bas X1 agit en A', il faut que le fléau C'O1D' soit en équilibre lorsque l'on fait agir en D' des poids dont la somme est égale à X1/100 (fig. 75).

La force X1 agissant en A' transmet au couteau C' par l'intermédiare du levier O'A'B' et de la tringle B'C', une force égale à : $X1 \times \frac{O'A'}{O'B'}$.

Lorsque le fléau est en équilibre, le moment de la force $X1 \times \frac{O'A'}{O'B'}$ qui est appliquée au couteau C' est égal au moment de la force X1/100 appliquée au couteau D'.

On a donc l'égalité suivante :

$$X1 \times \frac{O'A'}{O'B'} \times O1C' = \frac{X1}{100} \times O1D'$$

et de cette égalité, l'on tire :

$$\frac{O'A'}{O'B'} \times \frac{O1C'}{O1D'} = \frac{1}{100}$$

Lorsqu'une force verticale dirigée de haut en bas X2 agit en A, il faut que le fléau C'O1D' soit en équilibre lorsque l'on fait agir en D' des poids dont la somme est égale à X2/100.

La force X2 agissant en A transmet au couteau C', par l'intermédiaire des leviers OAB, O'C'B' et de la tringle B'C', une force égale à : $X2 \times \frac{OA}{OB} \times \frac{O'C}{O'B'}$.

Lorsque le fléau est en équilibre, le moment de la force

$X2 \times \frac{OA}{OB} \times \frac{O'C'}{O'B'}$ qui est appliquée au couteau C' est égal au moment de la force X2/100 appliquée au couteau D'.

$$X2 \times \frac{OA}{OB} \times \frac{O'C'}{O'B'} \times O1C' = \frac{X2}{100} \times O1D'$$

De cette égalité, on tire :

$$\frac{OA}{OB} \times \frac{O'C}{O'B'} \times \frac{O1C'}{O1D'} = \frac{1}{100}$$

Lorsque l'on place une charge X sur le tablier de la bascule, cette charge se répartit, d'une part, en forces agissant sur les couteaux de charge A', telles que leur somme est égal à X1 et, d'autre part, en forces agissant sur les couteaux de charge A, telles que leur somme est égale à X2.

On a l'égalité : $X = X1 \times X2$.

Les composantes X1 et X2 étant équilibrées par des poids X1/100 et X2/100, la charge X est équilibrée par des poids de valeur X/100.

Les deux égalités :

$$\frac{O'A'}{O'B'} \times \frac{O1C'}{O1D'} = \frac{1}{100}$$

$$\frac{OA}{OB} \times \frac{O'C}{O'B'} \times \frac{O1C'}{O1D'} = \frac{1}{100}$$

expriment les conditions de justesse de la bascule romaine centésimale. Les deux premiers membres de ces égalités, tous deux égaux à 1/100, sont égaux entre eux et l'on a donc :

$$\frac{O'A'}{O'B'} \times \frac{O1C'}{O1D'} = \frac{OA}{OB} \times \frac{O'C}{O'B'} \times \frac{O1C'}{O1D'}$$

d'où l'on tire en simplifiant : $\frac{O'A'}{O'C} = \frac{OA}{OB}$.

Cette dernière égalité et l'égalité : $\frac{O'A'}{O'B'} \times \frac{O1C'}{O1D'} = \frac{1}{100}$

expriment aussi les conditions de justesse de la bascule romaine centésimale.

Il faut, bien entendu, en outre, que les indications données par la romaine de la bascule soient exactes.

OBSERVATION. — De l'égalité des rapports $\frac{OA}{OB}$ et $\frac{O'A'}{O'C}$, il résulte que les couteaux d'angle s'abaissent ou s'élèvent de la même quantité durant l'oscillation et que, par suite, le tablier reste horizontal.

CONDITIONS DE SENSIBILITÉ.

Les conditions de sensibilité et d'oscillation exposées pour la bascule décimale s'appliquent à la bascule romaine ; il y a lieu, cependant, de remarquer que les déplacements du tablier sont encore plus faibles que dans la bascule décimale, dix fois plus faibles pour un même déplacement de l'extrémité du fléau peseur. Le chemin parcouru par les arêtes des couteaux de charge est de l'ordre de 2/10 à 3/10 de millimètre ; aussi peut-on faire exception à la règle générale d'après laquelle tous les couteaux doivent se trouver dans un même plan ; en particulier, l'arête du couteau C se trouve généralement au-dessous du plan des arêtes des traverses et couteaux O'A', sans qu'il en résulte de variations dans les rapports.

L'appareil indicateur étant un fléau à romaine, les conditions de sensibilité particulières à la romaine lui sont applicables.

REGLAGE DES BASCULES ROMAINES.

Le réglage n'est pas, dans son principe, différent de celui de la bascule décimale.

1) On commence par faire les angles en plaçant sur l'un des quatre couteaux d'angle un poids étalon que l'on équilibre dans le plateau des poids avec une tare quelconque. On transporte ensuite ce poids successivement sur chacun des 3 autres couteaux :

a) si l'équilibre a lieu, il n'y a aucune retouche à faire ;

b) si le fléau s'élève, il faut rapprocher le taillant du couteau d'angle de la traverse d'appui, ce que l'on fait en limant ou meulant le couteau dans le sens voulu ;

c) si le fléau s'abaisse, il faut éloigner le taillant du couteau d'angle de la traverse d'appui, ce que l'on réalise en limant ou meulant le couteau sur l'arête opposée à celle du cas précédent.

Les angles étant faits, le rapport des leviers inférieurs est devenu invariable, la charge agissant sur la tringle de puissance sera la même, quelle que soit la position de la charge agissant sur le tablier.

2) On enlève les poids placés sur le plateau des poids et on tare la bascule à vide, après avoir eu soin de mettre le curseur au zéro de la graduation de la romaine. On place ensuite sur le tablier

des poids étalons représentant une charge voisine de la portée maxima de l'appareil et, sur le plateau des poids, une charge 100 fois moindre :

a) si l'équilibre a lieu, il n'y a aucune retouche à faire ;

b) si le fléau s'élève, le bras de résistance O1C' est trop grand. Pour le réduire, il faut rapprocher le couteau de transmission C' de l'axe d'appui O1 en limant ou meulant ce couteau dans le sens voulu ;

c) si le fléau s'abaisse, le bras de résistance O1C' est trop petit. On l'augmentera en limant ou meulant le couteau C' sur l'arête opposée à celle ci-dessus.

3) *Réglage du poids du curseur.* — Le mécanisme et le fléau étant ainsi ajustés, on tare la bascule à vide, le curseur étant au zéro, puis on place sur le tablier un poids étalon correspondant au maximum de la graduation et l'on met le curseur sur cette graduation.

a) si l'équilibre a lieu, le poids du curseur est exact ;

b) si le fléau s'élève, c'est que le curseur est trop léger ; on le charge extérieurement de manière à obtenir un effet contraire, c'est-à-dire une tombée sensiblement équivalente. Puis on ôte les poids, on replace le curseur à zéro, on retare la bascule, on remet les poids et le curseur sur la graduation correspondante, on continue ainsi jusqu'à ce que l'équilibre ait lieu à vide et en charge ;

c) si le fléau s'abaisse, c'est que le curseur est trop lourd, on lui ôte suffisamment de matière pour obtenir un effet contraire de même intensité et on procède ensuite comme précédemment.

Pour abréger le travail, on peut, après avoir rechargé le manchon, tarer l'instrument chargé, on revient ensuite à zéro et l'équilibre doit se maintenir si le manchon est juste.

Si le manchon n'est pas juste, comme la tare a été faite avec l'instrument chargé et le curseur à fond de course, on reconnaît qu'un curseur est léger si la romaine tombe et qu'il est lourd si la romaine monte, soit l'inverse de ce qui a lieu quand la tare a été faite à zéro.

RAJUSTAGE DES BASCULES ROMAINES.

Il faut tout d'abord redonner au bâti (ensemble du châssis et de la colonne) et au tablier toute la solidité nécessaire pour rendre invariables les rapports des leviers et éviter les tirages.

Il faut ensuite vérifier qu'il n'y a pas de frottement des organes mobiles contre les organes fixes et faire osciller l'instrument à vide et en charge après lui avoir donné le degré de sensibilité réglementaire ; il est, bien entendu, pour cela, indispensable de remettre en état ou de remplacer toutes les pièces trop usées, particulièrement couteaux et coussinets, de les retremper et de les polir.

Puis on procède comme il est indiqué pour le réglage.

DETAILS DE CONSTRUCTION DE LA BASCULE ROMAINE.

Bâti. — Le bâti doit être rigide et indéformable, il est en bois assemblé avec des équerres ou des ferrures, ou métallique ; les bâtis métalliques sont constitués par des plats ou des profilés assemblés par rivetage ou par soudure électrique ou, dans certains cas, sont emboutis et soudés électriquement, ce qui assure une grande rigidité. Des poignées en forme d'anneaux sont souvent fixées au bâti pour le déplacement de la bascule.

Tablier. — Le tablier est en bois ou en métal ; il peut comporter des accessoires tels que : porte-sacs, barrières pour bétail, etc. Les matériaux employés doivent être de bonne qualité, le bois doit être sec et exempt de nœuds.

Leviers. — Les leviers sont en acier forgé ou en fonte ou en acier moulé ; ils ne doivent pas fléchir sous la charge ; s'il y a flexion, le rapport se modifie, la sensibilité diminue, des tirages se produisent dans l'oscillation.

Couteaux, coussinets, brides, chapes. — Les couteaux et coussinets doivent être en acier trempé, les couteaux bien assujettis dans leur logement, la gorge des coussinets bien polie. Afin d'éviter de rendre parallèle aux autres arêtes l'arête du couteau de renvoi, ce dernier, sauf dans les bascules de très fortes portées, est remplacé par un pointeau reposant sur une crapaudine soutenue par la tringle de puissance (fig. 76).

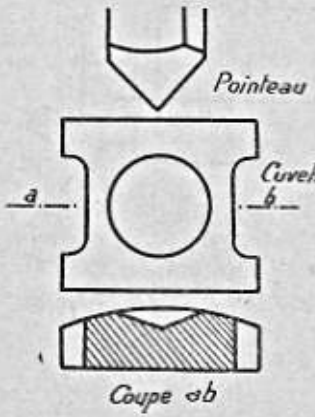


Figure 76
Pointeau et crapaudine

Toutefois, l'extrémité d'un pointeau s'émoussant plus vite que l'arête d'un couteau, il convient d'utiliser le moins possible les pointeaux.

Le tablier repose sur les couteaux, soit directement par des coussinets, soit par l'intermédiaire de brides mobiles, ce qui donne une plus grande liberté de mouvement longitudinal au tablier. Ces brides sont généralement en fonte malléable ou en acier estampé (fig. 77).

Les coussinets des couteaux d'appui des leviers triangulaires peuvent soit reposer directement sur des supports fixes portés par le bâti, soit être montés sur brides mobiles (voir fig. 78).

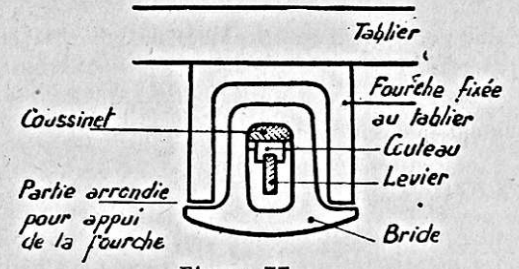


Figure 77

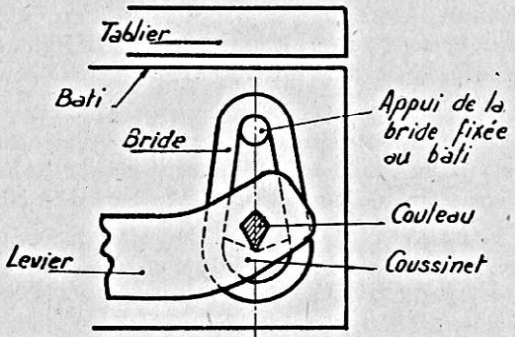


Figure 78

Dispositifs de sécurité. — On utilise, dans certains cas, des dispositifs de blocage du mécanisme qui ont pour but de soulager le mécanisme et d'immobiliser le tablier dans l'intervalle des pesées.

Ces dispositifs présentent, par ailleurs, pas mal d'inconvénients et ils ne sont vraiment utilisés que sur les bascules que l'on transporte souvent.

APPAREILS INDICATEURS. — Suivant la portée des bascules, l'appareil indicateur est constitué soit par une seule romaine, soit par une romaine avec couteau de rapport auquel est accroché le plateau des poids, soit par plusieurs romaines avec ou sans couteau de rapport.

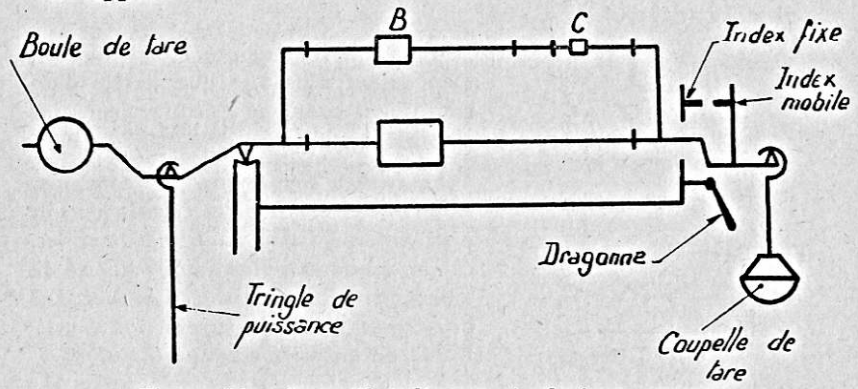


Figure 79 : Appareil indicateur à plusieurs curseurs

Dans tous les cas, la lecture doit pouvoir se faire par simple juxtaposition, les curseurs étant disposés dans l'ordre de la numération décimale.

La tringle de puissance peut agir sur la romaine soit directement (fig. 79), soit par l'intermédiaire d'un contre-fléau utilisé dans les dispositifs dits à colonne centrale (fig. 80).

Les curseurs sont en laiton massif, ou formés d'une feuille de laiton sertie entre deux flasques en tôle d'acier ; dans ce cas ils sont lestés par du plomb, qui doit être fixé de manière invariable, pour éviter un déplacement du centre de gravité du curseur, ce qui

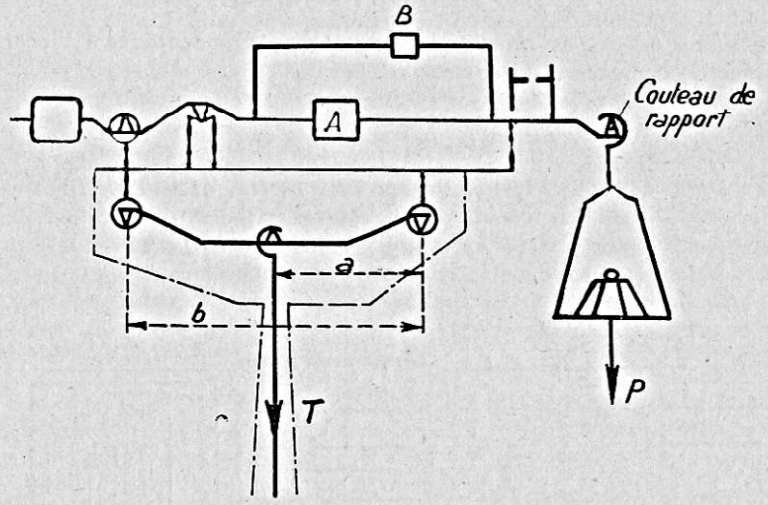


Figure 80 : Appareil indicateur à colonne centrale avec romaine et couteau de rapport

pourrait entraîner des erreurs inacceptables. On trouve également des curseurs en fonte, en bronze d'aluminium et autres métaux ou alliages suffisamment durs.

Dans les bascules de faible portée, la tige de la romaine est généralement formée d'un fer carré dont la diagonale est placée verticalement, la graduation est tracée sur les faces, de chaque côté de l'arête supérieure. Cette disposition assure une plus grande résistance à la flexion et offre deux graduations, l'une pour le vendeur, l'autre pour l'acheteur.

Pour les bascules de forte portée, la tige de la romaine est rectangulaire, la graduation est tracée sur champ, mais le chiffrage se fait sur la grande face (fig. 81).

Le curseur comporte alors un bouton de manœuvre au-dessus d'un couteau se plaçant dans les encoches de la romaine. Les encoches doivent être établies correctement et l'usure doit en être réduite au minimum, pour que les pesées ne soient pas entachées d'erreurs trop grandes dues à l'incertitude de la position du curseur.

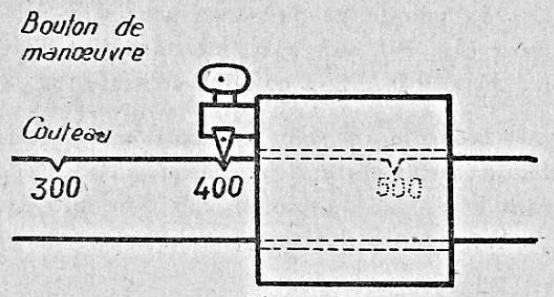


Figure 81

CURSEURS A REGLETTES.

DISPOSITIFS D'IMPRESSION DES POIDS SUR TICKETS. — (fig. 82). — Au lieu d'avoir des curseurs auxiliaires disposés sur des tiges de romaines parallèles à la romaine principale, on peut faire glisser des réglettes dans le curseur principal lui-même.

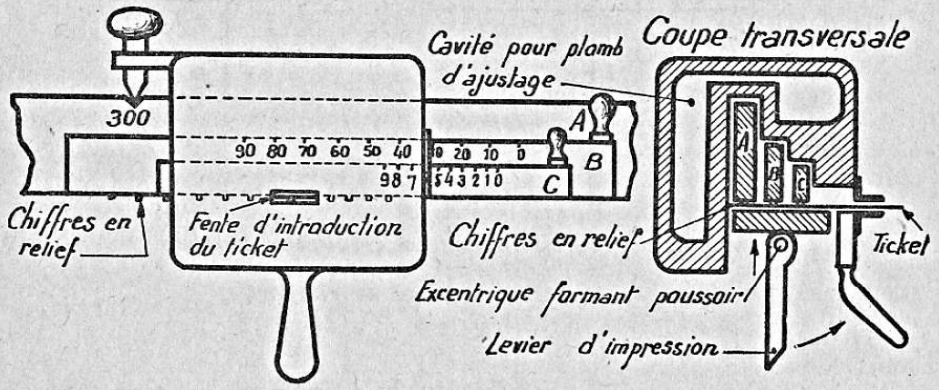


Figure 82

Le poids d'une réglette se calcule exactement dans les mêmes conditions que le poids d'un curseur, car elles constituent en réalité des curseurs, et c'est la variation du moment de ces curseurs par rapport à l'axe d'appui qui équilibre partiellement la charge agissant sur le couteau de rapport à l'arrière du fléau.

Ce dispositif de réglettes est particulièrement intéressant quand on veut imprimer le poids sur un ticket.

Le fléau porte en relief des chiffres correspondant aux indications données par le curseur. Le ticket peut, d'autre part, être fortement appuyé sur les chiffres au moyen d'une poignée, de telle sorte que

les chiffres s'inscrivent sur le ticket. Cet appareil ne sert, par conséquent, qu'à relever directement sans risque d'erreur sur un ticket les indications du fléau.

Il y a généralement, dans ces romaines, autant de fléau et réglettes qu'il y a de chiffres moins un, dans le nombre représentant la portée totale de l'instrument dans l'unité choisie.

Ainsi, dans un pont d'une portée totale de 10 000 kg, on ne peut imprimer que 9 999 kg, soit 4 chiffres. L'appareil comporte, en sus du fléau principal qui porte les chiffres des tonnes, trois réglettes : celle des centaines, celle des dizaines, celle des unités.

Etant donné que les leviers intérieurs de la bascule sont dans un rapport déterminé, il faut que toutes les réglettes et le curseur soient calculés en prenant ce rapport pour base. Il n'est pas, comme pour un manchon, facile de modifier le poids d'une réglette ; elles sont donc fabriquées à l'avance à un poids déterminé et il ne faut jamais les retoucher, sauf évidemment dans le cas où il y aurait erreur dans l'évaluation du poids ou erreur de fabrication. Le manchon complet se compose du curseur proprement dit et des réglettes ; on peut ainsi en déterminer le poids et, en fabrication, on le réalise un peu plus léger que le poids théorique, de manière à pouvoir en effectuer facilement l'ajustage.

A l'exception de cette particularité des réglettes, les romaines à impression des poids sur tickets se montent comme toutes les autres romaines.

REGLAGE THEORIQUE D'UN APPAREIL INDICATEUR AVEC ROMAINE A IMPRESSION DES POIDS SUR TICKETS.

Le rapport total de l'instrument ayant été déterminé, il faut déterminer la position du couteau de rapport de la romaine, puis le couteau étant placé, le retoucher convenablement jusqu'à ce que les réglettes donnent bien les poids pour lesquels elles ont été établies. Il faut ensuite ne plus toucher ni aux réglettes, ni au couteau de rapport et régler le manchon comme d'habitude.

Soit, par exemple, une bascule de 10 tonnes dont les leviers intérieurs donnent un rapport de 1 à 125 à la tringle accrochée au couteau de rapport de la romaine. Supposons que la romaine à impression convenablement établie ait une réglette tracée de 0 à 900 kg par 100 kg, pesant 2 kg 250 pour une trace de 240 mm ; à quel endroit faut-il placer le couteau de rapport de la romaine ?

Soit x la distance de l'axe-chef au couteau de rapport de la romaine.

Si la trace de la réglette des 100 kg est de 240 mm, le déplacement de cette réglette de la coche 0 à la coche 900 doit équilibrer une charge de 900 kg placée ou ajoutée sur le tablier de la bascule.

Le rapport à la tringle de puissance étant de 1/125, l'égalité des moments s'écrira comme suit :

$$\frac{900}{125} \times x = 2{,}250 \times 240$$

$$\text{d'où : } x = \frac{2{,}250 \times 240 \times 125}{900} = 75 \text{ mm}$$

Il y a lieu de remarquer qu'une romaine, établie pour des leviers dans un rapport déterminé, peut cependant s'employer avec des leviers dans un rapport différent, sans toucher ni aux réglettes, ni aux manchons, et cela à la seule condition que le produit obtenu en multipliant la charge sur le couteau de rapport par le bras de résistance reste constant.

Reprenons l'exemple de la bascule ci-dessus avec rapport de 1 à 125 et couteau de rapport à 75 mm de l'axe. Pour 1 000 kg sur le tablier, la charge au couteau de rapport sera de : 1 000/125 = 8 kg.

Le produit de cette charge par le bras de résistance 75 sera de : 75 × 8 = 600. Supposons que l'on veuille placer cette romaine sur une bascule dont le rapport des leviers serait de 1 à 200. Pour 1 000 kg placés sur le tablier, la charge au couteau serait de : 1 000/200 = 5 kg. Pour que le produit de cette charge par le bras de résistance reste égal à 600, il suffit que ce bras de résistance soit pris égal à : 600/5 = 120 mm.

Les conditions d'équilibre de la romaine ne seront pas modifiées et la romaine pourra donc être employée sans aucune modification. Cette condition d'équilibre n'est du reste pas particulière aux seules romaines à impression du poids sur tickets, car on peut procéder de même pour toutes les autres romaines.

DISPOSITIF DE TARAGE.

Le système de tarage à vide comporte une boule de tare placée sur le bras de résistance de la romaine et, parfois, une coupole de tare placée à l'extrémité du bras de puissance. La boule de tare est une masse maintenue en place au moyen d'un écrou noyé dans la boule même et qu'on déplace à l'aide d'une clef ou au moyen d'une vis moletée (fig. 83 et 84).

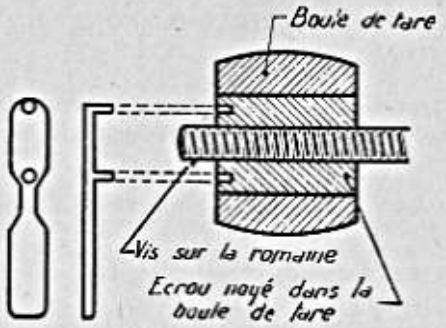


Figure 83

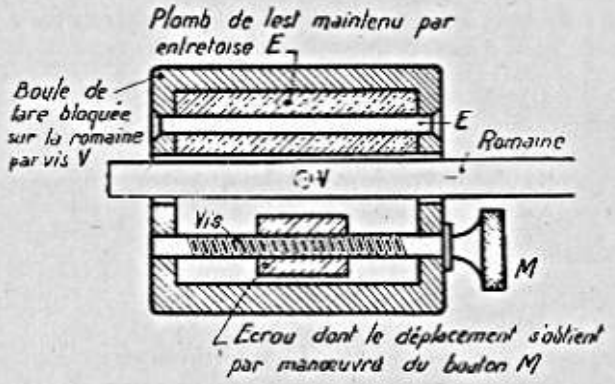


Figure 84

En déplaçant la boule de tare, on éloigne ou on rapproche de l'axe d'oscillation le centre de gravité de la romaine, ce qui permet d'obtenir une position d'équilibre convenable à vide.

La coupole de tare est une petite coupe suspendue à l'extrémité de la romaine, dans laquelle on met de la grenaille ou toute autre matière pondéreuse ; l'action de ces tares ne produit pas le déplacement du centre de gravité du fléau, mais déplace le centre d'application des forces verticales qui lui sont appliquées : action du mécanisme à la tringle de puissance, curseurs, et poids agissant en bout de fléau.

Ces tares agissant à l'extrémité du grand bras de fléau, leur effet est rapide. Le couteau de suspension de la coupole de tare doit avoir son arête au fil avec les autres axes et couteaux.

CONDITIONS REGLEMENTAIRES DE CONSTRUCTION ET DE VERIFICATION.

Justesse et sensibilité. — La Décision Ministérielle qui a admis la première bascule romaine de Béranger imposait diverses conditions de bonne construction, notamment :

— que toutes les parties doivent avoir « un jeu libre et sans frottement » ;

— que le couteau du poids curseur doit être en acier trempé ;

— que les divisions de la romaine doivent correspondre à des poids croissant de kg en kg ;

— que la sensibilité doit être égale à un millième du poids dont on charge le tablier.

Ultérieurement, il a été précisé que la sensibilité des bascules romaines était fixée, non plus au millième de la charge, mais au millième de la portée maximum.

En réalité, pour des bascules romaines, ou des ponts-bascules qui sont construits sur les mêmes principes, la sensibilité, pour des appareils bien construits, n'est pas proportionnelle à la charge ou à la portée maximum de l'instrument. Elle a, à peu près, même valeur à vide et en charge.

La sensibilité peut être de l'ordre de :

10 à 50 g pour les bascules de 100 kg ;

50 à 200 g pour les bascules de 200 à 1 000 kg ;

200 g à 2 kg pour les bascules de 1 à 10 tonnes ;

2 kg à 10 kg pour les bascules de 10 à 100 tonnes.

Il ne faut pas oublier qu'une bascule, même très sensible, peut ne pas être juste, mais la sensibilité est une condition nécessaire pour pouvoir apprécier l'exactitude d'un instrument.

Portée et graduation. — Les bascules romaines sont admises à la vérification et au poinçonnage quelle que soit leur portée ; on trouve en effet des bascules romaines de comptoir ou des pèse-bébés de construction très soignée, de faible portée.

La portée maximum des bascules romaines munies d'un couteau de rapport doit être un nombre entier de quintaux métriques.

Le fléau des bascules romaines est soumis aux prescriptions relatives aux romaines. Le coulisseau indiquant les hectogrammes est un appendice facultatif et non obligatoire. Pour une bascule à romaine simple, le bras principal est gradué jusqu'à 100 kg et la graduation des hectogrammes, si elle existe, est faite de 0 à 9 hectogrammes seulement.

Pour les appareils indicateurs à plusieurs romaines, la lecture de la masse pesée doit toujours pouvoir se faire sans addition mentale et par simple juxtaposition.

L'unité de division de chaque échelle doit être une puissance de 10.

L'unité de la graduation de chaque romaine, supérieure à celle des unités kilogrammiques, doit égaler la somme des portées des graduations inférieures.

S'il n'y a pas de couteau de rapport, l'ensemble des amplitudes de toutes les graduations doit correspondre à la portée maximum de l'appareil.

S'il y a un couteau de rapport, la somme des portées maximum de toutes les romaines doit être égale à une puissance de 10.

Accessoires du tablier. — La question des accessoires ajoutés aux tabliers des bascules (barrières, grilles, ailettes), a fait l'objet de diverses circulaires résumées et mises au point par la Circulaire Ministérielle du 19 mai 1910 et une instruction annexe, qui fixent en même temps certains principes de vérification.

Inscriptions réglementaires. — Les bascules doivent porter le nom ou la marque du fabricant et l'indication de la portée maximum.

VERIFICATION.

La vérification comporte :

1) L'examen administratif pour vérifier que les inscriptions réglementaires sont apposées et que les romaines sont établies conformément aux prescriptions ;

2) L'examen technique destiné à s'assurer que les conditions de bonne construction sont observées ;

3) L'examen de la justesse et de la sensibilité ; cet examen ne peut être fait qu'autant que l'appareil est placé sur un plan bien horizontal. L'oscillation doit être lente et régulière, les différents organes doivent jouer librement et il ne doit pas y avoir de tirage.

En ce qui concerne la sensibilité, les vérificateurs demandent généralement une sensibilité égale au 1/1 000 de la charge correspondant au 1/10 de la portée maximum, jusqu'au 1/10 de cette portée et, au-delà, une sensibilité au moins égale au 1/1 000 de la charge pesée, les surcharges ainsi définies devant faire parcourir à l'index au moins la moitié de sa course.

Les indications que nous avons données plus haut sur les valeurs absolues des sensibilités réalisables montrent que ces exigences sont faciles à satisfaire.

APPOSITION DES POINÇONS.

Le poinçon primitif est apposé sur le fléau à romaine et sur la plaque de poinçonnage. Cette plaque, généralement placée sur la partie verticale de la colonne, reçoit aussi les poinçons annuels ou, s'il y a lieu, les marques de refus.

Ponts-bascules

DESCRIPTION. — Voir la deuxième partie.

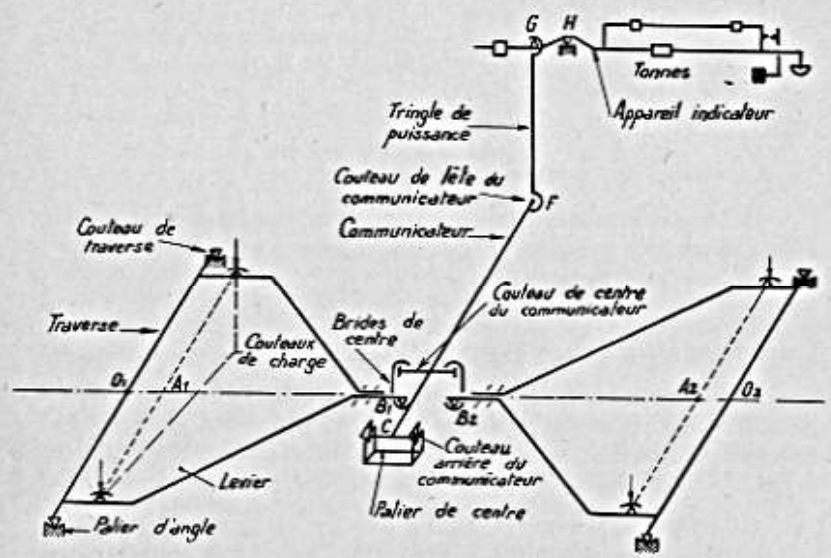


Figure 85 : Schéma d'un pont-bascule

CONDITIONS DE JUSTESSE.

Les conditions de justesse des ponts-bascules sont les mêmes que celles des bascules romaines ; il faut que, quelle que soit la position

de la charge sur le tablier, le poids lu sur l'appareil indicateur en position d'équilibre soit le même et égal au montant des masses étalonnées qui composent la charge, lorsque l'on fait les essais du pont-bascule.

Il faut donc :

— que les distances des couteaux d'appui des leviers triangulaires aux couteaux de charge soient égales entre elles pour les quatre angles ;

— que les distances des couteaux de bout des leviers triangulaires à la ligne des couteaux d'appui soient aussi égales entre elles ;

— que les axes de tête et de centre et le couteau de bout du communicateur soient rigoureusement parallèles entre eux ;

— que la ou les romaines soient exactes.

CONDITIONS DE SENSIBILITÉ.

Tout ce qui a été dit pour les bascules romaines s'applique aux ponts-bascules.

DETAILS DE CONSTRUCTION DES PONTS-BASCULES.

La nature des matériaux utilisés pour la réalisation des divers organes des ponts-bascules a beaucoup plus d'importance que pour les petits appareils, car les questions de résistance et de flexion interviennent beaucoup plus, étant donné la grande longueur de certains organes et les fortes charges qu'ils doivent supporter.

Nous donnerons donc des indications assez détaillées à ce sujet.

Leviers triangulaires et levier communicateur. — En France et en Allemagne, les leviers triangulaires et le levier communicateur sont généralement réalisés en acier par forgeage ou par découpage dans de la tôle de dimensions appropriées (fig. 86).

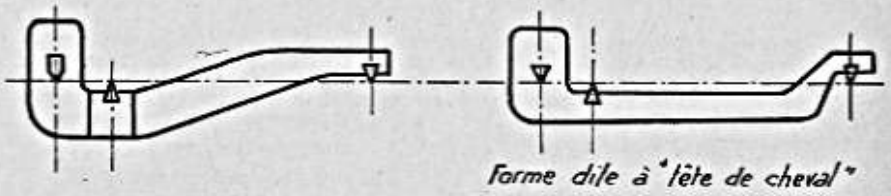


Figure 86

En Angleterre et en Amérique, on emploie souvent des leviers en fonte ou en acier moulé. Les sections doivent être plus fortes que pour les leviers en acier forgé, car la fonte, en particulier, a un faible coefficient de résistance à la flexion.

Les leviers triangulaires sont constitués par deux branches de leviers, coudées et boulonnées ensemble près du couteau de bout. Les têtes des branches sont réunies entre elles par une traverse formant entretoise et qui, souvent, est aciérée et taillée à ses extrémités pour former couteau (fig. 87).

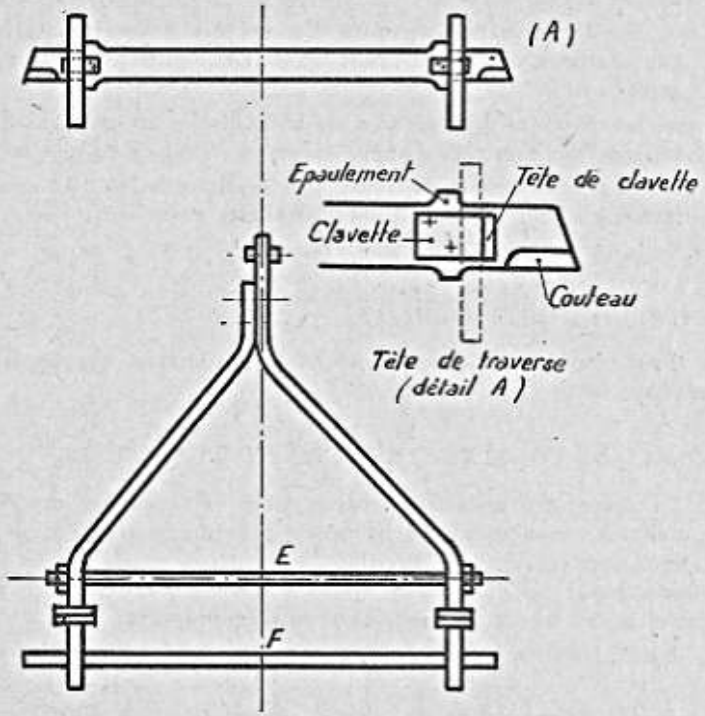


Figure 87

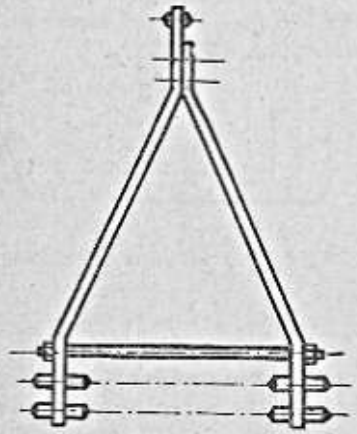


Figure 88

Dans certains types de ponts-bascules, la traverse est uniquement destinée à entretoiser les deux branches de leviers et l'appui sur les coussinets des supports d'angle se fait au moyen d'axes clavetés sur les branches de leviers. (fig. 88).

Le levier communicateur, généralement rectiligne et d'une seule pièce, porte (fig. 89) :

Figure 89

— l'axe de tête qui repose sur les coussinets du support de communicateur ;

— l'axe de centre qui reçoit, par l'intermédiaire des coussinets supérieurs de la bride de centre, l'action des leviers triangulaires agissant par leurs couteaux de bout sur les coussinets inférieurs des brides de centre ;

— le couteau de bout transmettant l'effort au coussinet de la bride de bout de communicateur liée à la tringle de puissance de l'appareil indicateur.

Le taux de travail des leviers en acier forgé est généralement de l'ordre de 7 à 8 kg par millimètre carré pour les leviers triangulaires. Il est un peu moindre pour le levier communicateur.

Dans certains cas, cependant, et en particulier pour des leviers courts, le taux de travail peut atteindre 12 kg, car ce qui importe surtout, c'est la flèche ; une flèche trop forte amène des variations importantes dans le rapport des leviers et détruit l'exactitude de l'appareil.

Couteaux et coussinets. — Les couteaux et coussinets doivent avoir leurs parties en contact extrêmement dures, de manière à conserver le plus longtemps possible la forme qui leur a été donnée par le constructeur.

Les petits couteaux et petits coussinets sont réalisés en acier spécial capable d'acquérir par la trempe une très grande dureté, de l'ordre de 180 à 200 kg par mm2, et rectifiés après trempe.

Les axes, couteaux et coussinets, de dimensions moyennes et grandes, sont réalisés en acier doux avec encastrement d'acier spécial, de manière que les parties travaillantes soient constituées par l'acier spécial. C'est ce qu'on appelle les aciers « étoffés » (fig. 90-91).

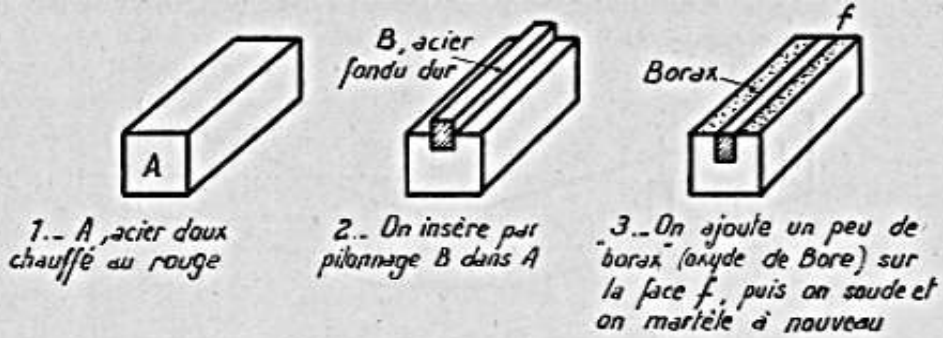


Figure 90

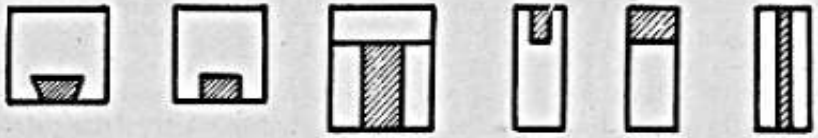


Figure 91

Une telle réalisation est indispensable, car de gros couteaux ou de gros coussinets réalisés uniquement en acier spécial de très grande dureté dans tout le corps, risqueraient de s'égrener et de rompre sous les chocs répétés, à cause du manque d'élasticité du corps du couteau ou du coussinet.

L'arête des axes et couteaux doit résister à des efforts considérables. On admet généralement par millimètre de longueur de taillant, une charge de 80 kg pour des ponts-bascules de 15 à 20 tonnes et l'on pousse jusqu'à 120 kg par mm, et même 200 kg par mm, pour des ponts de très forte portée, 120 ou 150 tonnes.

Il faut d'ailleurs signaler que la réalisation d'un taillant rigoureusement rectiligne est d'autant plus difficile que le taillant est plus long.

Charpente et tablier des ponts-bascules. — La charpente d'un pont-bascule est généralement composée de (fig. 92) :

— 2 poutres principales ou longerons, sur lesquelles seront fixés les paliers à fourche qui reposent, par l'intermédiaire des brides d'angles et de leurs coussinets, sur les couteaux de charge fixés sur les leviers triangulaires ;

— d'entretoises en nombre variable suivant la longueur du pont ;

— de longrines reposant sur les entretoises et destinées, si besoin est, à supporter le tablier.

Les longerons, entretoises et longrines sont généralement constitués : soit par des poutrelles en I ou en U, soit en poutres composées par des larges-plats et des cornières assemblés par rivetage ou soudure. On a cependant réalisé des longerons, entretoises et longrines en béton armé vibré, et cette construction a donné entière satisfaction. Elle permet de réduire au minimum l'entretien de la charpente des ponts et est à recommander dans les installations au bord de la mer ou dans les endroits où l'écoulement des eaux est difficile.

Par contre, les longerons, entretoises et longrines en béton armé sont, pour une résistance identique, plus lourds que les mêmes organes en acier ; les flèches sont les mêmes dans les deux réalisations.

Le tablier est généralement en tôle d'acier pour les ponts-bascules pour wagonnets et chariots.

Il est constitué par des madriers en chêne, renforcés ou non par des ferrures ou des tôles au passage des roues, pour les ponts-bascules pour camions.

Pour le pesage des wagons, le tablier est, en réalité, constitué par les deux rails dont chacun est fixé sur la poutre principale du pont, soit au moyen de crapauds et de boulons, auquel

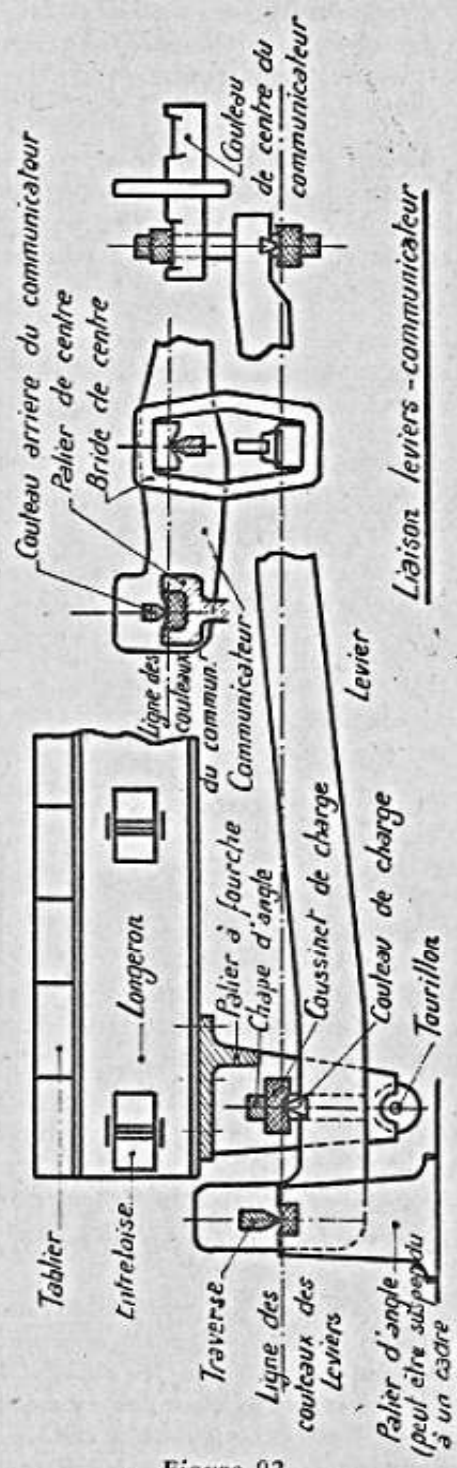


Figure 92

cas le rail n'entre pas dans le calcul de la résistance de la poutre, soit par rivetage ou soudure, auquel cas le rail entre normalement dans le calcul de la poutre.

Liaison de la charpente avec le mécanisme du pont-bascule. — La charge placée sur le tablier du pont-bascule, agissant par l'intermédiaire de celui-ci sur la charpente, est transmise aux couteaux de charge au moyen de paliers à fourche en fonte, en acier moulé ou en acier forgé.

Les paliers en fonte sont les plus courants, parce que les moins coûteux, et ces pièces ne travaillant qu'à la compression, la fonte est un matériau tout à fait indiqué.

Cependant, pour certains ponts-bascules de forte portée, on emploie, de manière à éviter de trop fortes sections de fonte, des paliers en acier moulé ou forgé.

Le palier à fourche prend appui sur un tourillon solidaire d'une chape ou bride d'angle généralement en acier forgé, dans laquelle est logé le coussinet qui repose sur le couteau d'angle.

Ce dispositif, dit à brides mobiles, permet les mouvements du tablier dans le sens longitudinal (fig. 93).

Lorsque des mouvements du tablier dans le sens transversal sont à prévoir, et c'est le cas général pour les ponts-bascules destinés au pesage des voitures ou camions et des chariots, on emploie les dispositifs à brides extra-mobiles qui réalisent, pour les liaisons d'angle, une sorte de cardan.

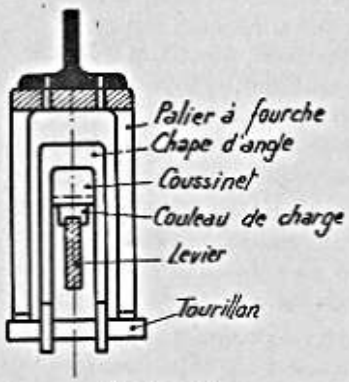


Figure 93

STABILITÉ DES PONTS-BASCULES.

Dans l'étude d'un pont-bascule, on a, bien entendu, à déterminer les sections des divers organes, de manière que ceux-ci travaillent avec un taux normal lorsque les charges les plus fortes à prévoir sont placées sur le tablier dans des conditions telles que l'effort soit maximum, mais on a également à vérifier la stabilité du tablier, c'est-à-dire à vérifier que, lorsque la charge roulante la plus forte arrive sur le tablier, celui-ci ne bascule pas (fig. 94).

Le basculement se produit normalement par rapport à l'axe d'appui des charges sur le mécanisme, c'est-à-dire par rapport à la ligne des couteaux de charge d'un même côté de l'axe transversal du tablier. Pour qu'il n'y ait pas basculement (voir théorème des moments), il faut que le moment de la charge roulante par rapport à l'axe choisi soit inférieur au moment du poids propre du tablier et de la charpente par rapport au même axe, c'est-à-dire : P × *l* plus petit que Q × L.

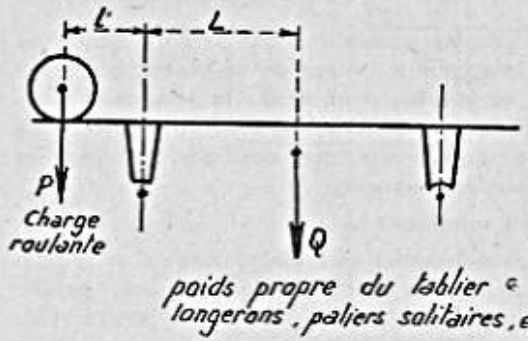


Figure 94

Cette vérification est très importante car, si la charpente et le tablier basculent si peu que ce soit à l'entrée d'une charge, ils retombent ensuite brutalement sur les couteaux de charge opposés, d'où risque de casse des couteaux ou pièces de liaison et, en tous cas, dégradation de l'arête des couteaux.

Par ailleurs, si la stabilité est assurée, il n'y a aucun inconvénient, au contraire, à ce que la charpente et le tablier soient en porte-à-faux par rapport aux couteaux de charge. La distance entre couteaux de charge est en effet réduite d'autant, pour une même longueur utile du pont-bascule, et l'on peut choisir des sections moindres pour les longerons et les leviers.

Dans certains ponts-bascules à quatre points d'appui de forte portée et de 11 ou 12 mètres de longueur, le porte-à-faux à chaque extrémité peut atteindre 1 mètre.

Pour les ponts-bascules pour voitures et camions ou pour chariots, la vérification de la stabilité doit se faire, non pas seulement dans le sens longitudinal, mais également dans le sens transversal. Il peut arriver, en effet, dans certains cas d'installation, que les roues des véhicules passent sur le bord du tablier ou sur un angle, et il faut, dans ce cas également, éviter le basculement qui se produirait soit par rapport à la ligne constituée par deux couteaux du même côté de l'axe longitudinal, soit par rapport à un seul couteau (cas où une roue du véhicule passe sur l'angle du pont).

Les considérations ci-dessus permettent de comprendre pourquoi il est, dans la plupart des cas, impossible d'agrandir un tablier, soit dans le sens longitudinal, soit dans le sens transversal, sans apporter des modifications correspondantes aux leviers du pont-bascule.

PONTS-BASCULES POUR PESAGE DES VEHICULES A GRAND EMPATTEMENT.

Pour le pesage de certains grands camions avec remorque ou de type semi-remorques, ou pour le pesage de wagons à boggies à grand empattement, on est amené, pour éviter le pesage en deux fois qui entraine de nombreuses erreurs, dues principalement aux changements de tare pouvant survenir entre deux pesées, à installer des ponts-bascules de grandes longueurs.

On a recours à deux solutions :

a) Installation de ponts-bascules très longs, jusqu'à 20 mètres ou plus de longueur ; mais, pour éviter un renforcement considérable de la charpente, indispensable pour n'avoir pas des flexions excessives, on réalise des ponts-bascules à 8 points d'appui, soit avec une poutre continue, soit avec une poutre tronçonnée.

b) La réalisation de ponts-bascules à 8 points d'appui vaut pour certains cas particuliers, mais la solution la plus courante est la solution de deux ponts-bascules accouplés, c'est-à-dire de deux ponts-bascules de types courants dont les communicateurs, au lieu d'agir directement sur un appareil indicateur propre à chaque pont, agissent, par l'intermédiaire de brides appropriées, sur des communicateurs de jonction transmettant à leur tour les efforts à un ou plusieurs appareils indicateurs (fig. 95 et 96).

Dans le cas d'un appareil indicateur unique, celui-ci est totalisateur, c'est-à-dire que l'on ne peut avoir que le poids total des charges reposant simultanément sur chacun des deux ponts.

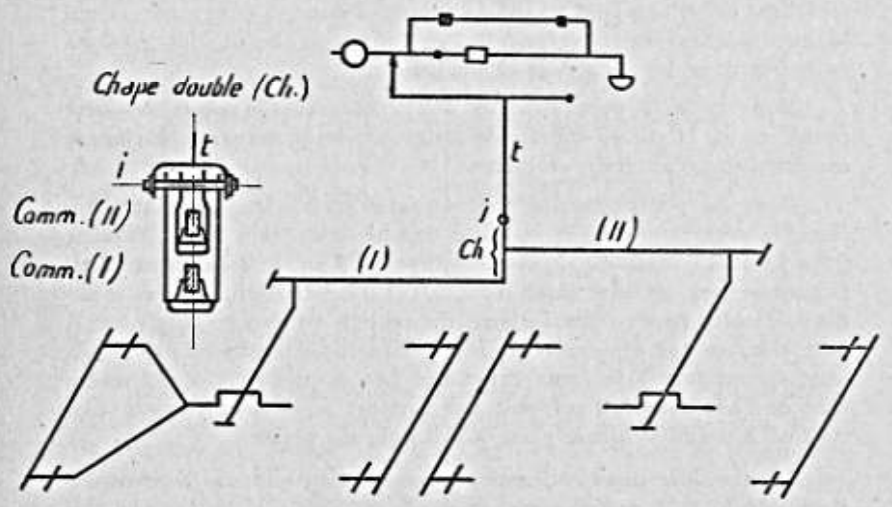


Figure 95 : Ponts accouplés avec communicateurs extérieurs et appareil indicateur unique

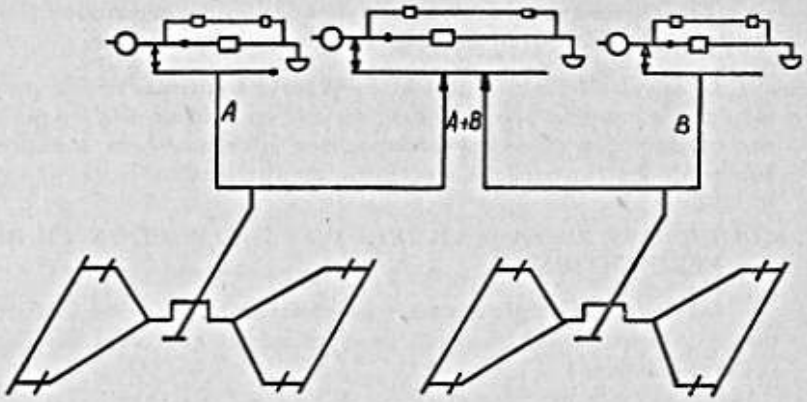


Figure 96 : Ponts-bascules accouplés, avec : 3 indicateurs séparés, 1 romaine par pont, 1 romaine totalisatrice

Mais l'on peut réaliser une liaison simultanée de chaque pont-bascule, d'une part avec un appareil indicateur propre au pont-bascule et, d'autre part, avec un appareil indicateur totalisateur.

Il y a donc, au total, trois appareils indicateurs ; ceux-ci peuvent être soit isolés, soit groupés sur une même colonne (fig. 97).

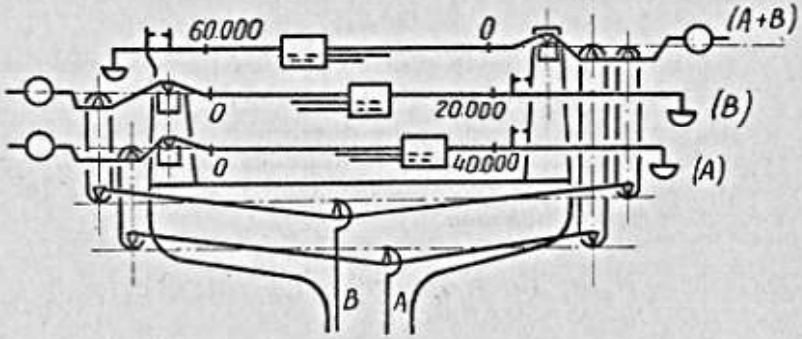


Figure 97 : Trois romaines, dont une totalisatrice, groupées sur une même colonne

La distance entre les tabliers des deux ponts, ou dormant, peut être nulle dans certains cas particuliers ; elle varie généralement de 1 à 3 ou même 4 à 5 mètres, dans les installations les plus courantes. Les longueurs de tablier et de dormant sont généralement déterminées, dans le cas de pesage des wagons, de manière à pouvoir peser

sans dételer les rames de wagons ; une telle détermination n'est d'ailleurs possible que si les wagons sont de même modèle.

Le calcul du rapport final et du poids des curseurs se fait comme dans le cas d'un appareil isolé, mais il est évident que les poids des curseurs des romaines correspondant à chaque pont sont liés aux poids des curseurs de la romaine totalisatrice.

CONDITIONS REGLEMENTAIRES DE CONSTRUCTION ET DE VERIFICATION.

Les conditions réglementaires de construction et de vérification des ponts-bascules sont théoriquement les mêmes que celles des bascules romaines.

La sensibilité est, en principe, de 1/1 000 de la portée maximum mais, pratiquement, l'on peut obtenir beaucoup mieux et les Inspecteurs du Service des Instruments de Mesure demandent généralement une meilleure sensibilité.

On examine l'oscillation qui doit être lente et régulière, puis on procède à l'épreuve des angles.

On fait ensuite des essais un peu au-dessous de la charge maximum ou, tout au moins, à la moitié de la charge maximum, avec un véhicule chargé, et l'on rajoute les masses étalonnées dont on peut disposer. L'adjonction de celles-ci doit être équilibrée par un déplacement des curseurs sur les romaines correspondant, à la tolérance près, à la valeur des masses étalonnées sur le tablier.

Certaines Compagnies de Chemins de Fer et certains industriels possèdent des wagons étalons.

Le Service des Instruments de Mesure peut mettre à la disposition des personnes qui en font la demande, des camions étalons pour la vérification des ponts-bascules routiers, moyennent le paiement d'une taxe d'utilisation

DETERMINATION DU RAPPORT A LA TRINGLE DE PUISSANCE D'UN PONT-BASCULE.

Le rajustage d'un pont-bascule, de même que le remplacement ou la transformation de certains de ses organes, posent souvent des problèmes très variés que nous traiterons ultérieurement ; mais l'un de ces problèmes est classique et nous en donnerons deux solutions.

Ce problème est la détermination du rapport des leviers à la tringle de puissance.

La *première solution* consiste à calculer directement ce rapport ; il est égal, dans un pont ordinaire, au produit du rapport des leviers triangulaires par le rapport du levier communicateur.

En nous reportant à la figure initiale de ce chapitre, nous avons

$$\text{Rapport des leviers triangulaires : } \frac{O1A1}{O1B1}$$

$$\text{Rapport du levier communicateur : } \frac{CB1}{CF}$$

$$\text{D'où, rapport à la tringle de puissance : } \frac{O1A1}{O1B1} \times \frac{CB1}{CF}$$

Deuxième solution. — Mais la mesure des distances O1A1, O1B1, CB1, CF, nécessite de démonter le mécanisme ou, tout au moins, de descendre dans la fosse du pont-bascule, et encore, les mesures sont-elles même un peu incertaines.

Il est plus simple de décrocher la tringle de puissance du communicateur, puis de faire la tare, de manière que l'équilibre soit réalisé, tous les curseurs étant à zéro.

On suspend alors un poids de 10 ou 20 kg à la tringle de puissance et l'on réalise à nouveau l'équilibre en déplaçant les curseurs.

Le rapport à la tringle s'obtient en divisant le poids suspendu à la tringle par le poids indiqué par les curseurs.

DISPOSITIONS PARTICULIERES POUR TRANSMISSION DE L'EFFORT A UN APPAREIL INDICATEUR PLACÉ A GRANDE DISTANCE DU PONT-BASCULE PROPREMENT DIT.

Dispositif à double communicateur. — Les dispositifs dont nous avons fait mention pour les ponts accouplés, constituent, indépendamment des dispositions particulières de l'appareil indicateur qui permettent la totalisation des pesées effectuées simultanément sur chacun des deux ponts-bascules, un exemple des moyens employés pour la transmission à grande distance des efforts s'exerçant sur les tabliers des ponts-bascules.

Cette disposition des communicateurs pour les ponts accouplés rentre dans la catégorie générale des dispositifs à double communicateur.

Le deuxième communicateur peut être placé :

— soit dans le prolongement du premier (fig. 98) ;

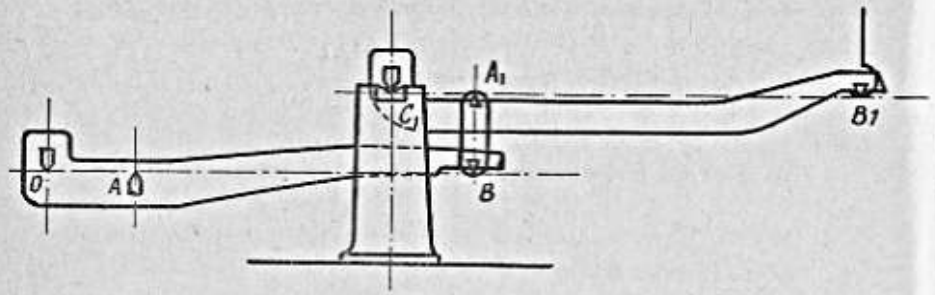


Figure 98

— soit perpendiculairement au premier, ce qui est généralement le cas dans les ponts-bascules accouplés ;

— soit occuper une position d'inclinaison quelconque par rapport au premier communicateur.

Seul le deuxième communicateur a obligatoirement les couteaux à la ligne ; le premier, ne faisant qu'un mouvement inappréciable, peut, sans inconvénient, ne pas avoir les couteaux à la ligne.

Il est bon d'avoir recours au dispositif à double communicateur dès que la longueur d'un communicateur unique dépasserait 4 à 5 mètres, et tant pour le premier communicateur que pour le deuxième, il y a intérêt, dès qu'ils sont un peu longs, à éviter le « flambement », c'est-à-dire les vibrations transversales, en les armant avec des cornières ou par tout autre moyen, de manière à leur donner la rigidité maximum.

Dispositif de transmission par leviers inverseurs. — Le dispositif par double communicateur a l'inconvénient de diminuer sensiblement le rapport des leviers, ce qui peut conduire à des difficultés de réalisation de l'appareil indicateur.

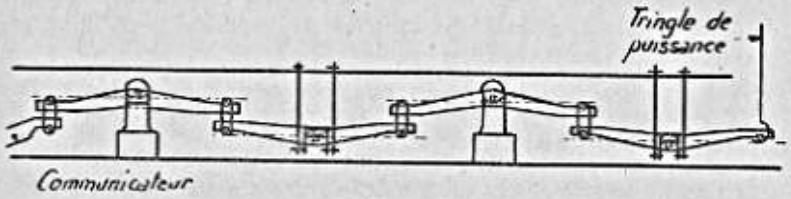


Figure 99

On peut, pour transmettre l'effort à un appareil indicateur éloigné, utiliser un communicateur normal dont on relie le couteau de

bout à l'appareil indicateur par une série de leviers inverseurs à bras égaux, de façon à ne pas modifier le rapport normal des leviers (fig. 99).

Dispositif de transmission par communicateur de traction. — Lorque la distance entre le centre du tablier et l'appareil indicateur est très grande, le dispositif de transmission par double communicateur ou même par leviers inverseurs, peut être avantageusement remplacé par le dispositif dit « à communicateur de traction » qui permet de placer l'appareil indicateur à 20 ou 25 mètres du centre du pont-bascule.

Le communicateur proprement dit est remplacé par une équerre placée comme l'indique le croquis ci-joint. Sur le petit bras de l'équerre s'accouplent les leviers triangulaires (fig. 100).

Le grand bras de l'équerre transmet l'effort horizontal sur une tige de la longueur voulue. Cette tige est attelée à une autre équerre placée sous l'appareil indicateur et qui transforme l'effort de traction horizontal en effort de traction vertical.

Les équerres ont leurs bras dans un rapport calculé de façon à correspondre avec l'appareil indicateur employé. Ce rapport s'établit comme d'habitude en comparant les deux bras de la même équerre.

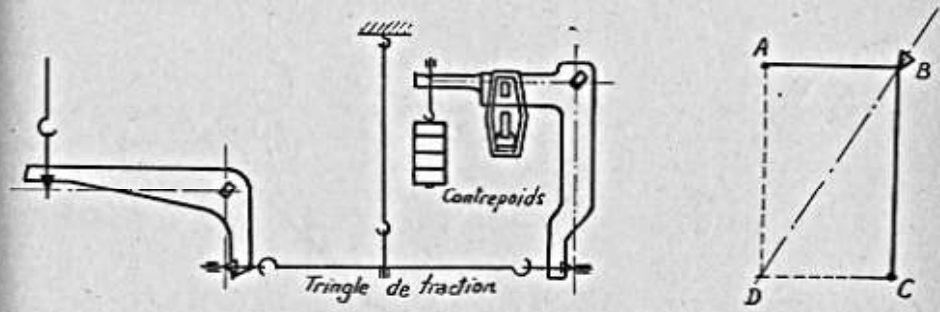


Figure 100

L'établissement de ce dispositif nécessite quelques précautions : les axes d'appui des équerres doivent être situés dans la direction de la résultante des efforts, autrement dit, dans la direction de la diagonale du rectangle formé par les bras de leviers. Une équerre ayant des bras avec les longueurs respectives AB et BC doit avoir son couteau d'appui orienté suivant la diagonale BD.

De plus, la tige reliant les deux équerres doit être soutenue tous les deux mètres environ, afin que cette tige ne fléchisse pas et soit maintenue en l'air sans effort de traction considérable.

Il est bon également, pour assurer le contact de tous les couteaux dans leurs brides, de placer des contrepoids sur la première équerre ; ces contrepoids seront placés de telle façon que, même à vide, la tringle soit soumise à un certain effort de traction, compensé du reste par la tare de l'appareil indicateur.

Dispositif de transmission par communicateur de torsion ou transmetteur. — Le dispositif dit « à transmetteur » peut être employé concurremment au dispositif de transmission par communicateur de traction. Le transmetteur est un levier du deuxième genre à deux paires de bras, égaux ou non, mais dont les bras sont très éloignés l'un de l'autre (fig. 101).

Ces deux bras sont calés sur une traverse d'appui de la longueur voulue ; l'un des bras de levier est accroché à l'extrémité d'un communicateur ordinaire et l'autre bras est accroché à l'appareil indicateur. Ce système a l'avantage, comme le système à traction, de ne pas diminuer le rapport final de l'appareil. On pourrait, si cela était nécessaire, accoupler entre eux plusieurs transmetteurs.

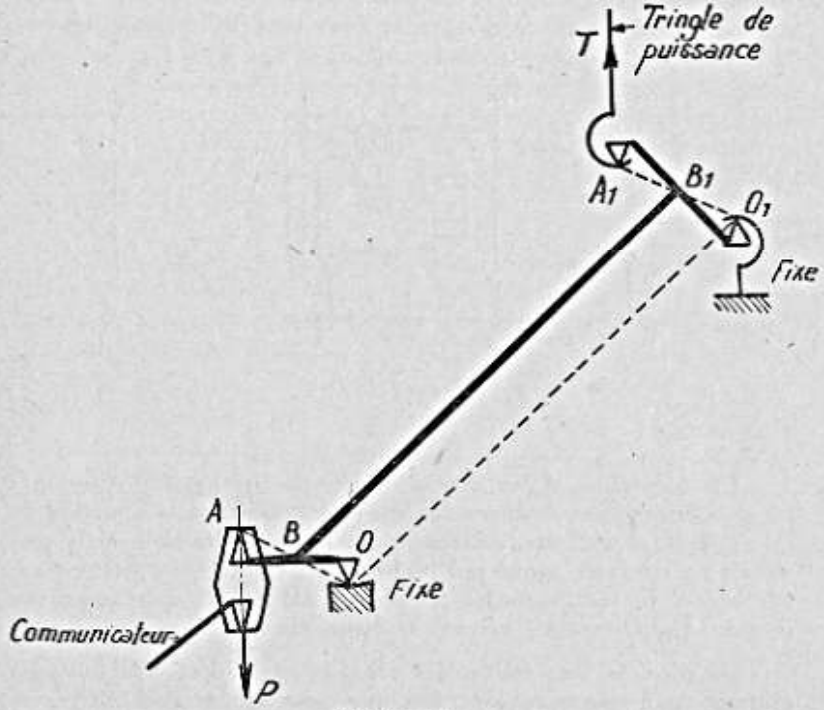


Figure 101

DISPOSITIFS DE BLOCAGE POUR LES PONTS-BASCULES.

Pour éviter l'usure trop rapide des couteaux d'un pont-bascule sur lequel passent parfois des véhicules qui ne sont pas destinés à être pesés, on a créé les appareils de blocage.

Ceux-ci n'ont d'autre but que d'isoler à volonté le tablier du pont-bascule, de façon à supprimer toute liaison entre le tablier et les leviers triangulaires lorsqu'un véhicule qui ne doit pas être pesé passe sur la bascule.

Il existe plusieurs systèmes qui, tous, permettent d'obtenir ce résultat.

Dispositif de blocage par soulèvement du tablier. — Un arbre à excentrique ou cames est placé à chaque extrémité du tablier ; en faisant tourner les arbres, on soulève le tablier qui ne repose plus sur les leviers.

Pour le pesage, on tourne les arbres en sens inverse et le tablier repose sur ses couteaux, tandis que les cames abandonnent le tablier.

Tout autre moyen que l'arbre à cames peut être employé pour soulever le tablier.

Dispositif de blocage par abaissement des leviers. — Le système des leviers intérieurs du pont-bascule s'abaisse par le moyen d'une commande quelconque : volant, levier, etc. et le tablier, s'abaissant à son tour, rencontre à moitié course des consoles sur lesquelles il vient se reposer. Le mécanisme des leviers va, au contraire, à fond de course et, de ce fait, n'a plus aucun contact avec le tablier.

PONTS-BASCULES POUR WAGONS, DU TYPE A VOIE CONTINUE.

Les ponts-bascules pour le pesage des wagons sont généralement, en France, du type à voie interrompue, les rails de la voie étant coupés à l'entrée et à la sortie du pont, avec un jeu de 15 à 20 mm environ.

Mais on peut aussi réaliser des ponts-bascules du type dit « à voie continue », dans lequel les rails de la voie sont indépendants du tablier : celui-ci se trouve placé à l'intérieur de la voie et peut être animé d'un mouvement ascensionnel et, par l'intermédiaire de contre-rails convenablement disposés, soulever le wagon à peser par le boudin des roues qui quittent alors la voie fixe (fig. 102).

ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN APPAREIL DE PESAGE AUTOMATIQUE.

La plupart des appareils de pesage automatique d'usage courant se composent essentiellement :

1) d'un instrument de pesage ordinaire : balance, bascule, pont-bascule ;

2) d'un organe de pesage automatique (peson ou curseur automoteur) ;

3) d'un dispositif indicateur pour la lecture de la masse pesée : index et graduation.

CARACTERES PARTICULIERS DES INSTRUMENTS DE PESAGE AUTOMATIQUES.

Les organes des instruments de pesage utilisés avec des appareils indicateurs automatiques doivent être beaucoup plus rigides et beaucoup plus stables que pour les instruments de pesage ordinaires.

Il est, en effet, indispensable d'éviter toute flexion ; les erreurs provoquées par les flexions sont, en effet, amplifiées par les dispositifs indicateurs et ne peuvent, par ailleurs, pas être masquées par divers artifices couramment employés dans le réglage des appareils indicateurs ordinaires.

De plus, le fini de fabrication des instruments automatiques doit être plus poussé que pour les instruments ordinaires, tout défaut de fabrication, quel qu'il soit, étant mis en évidence par l'automatisme de l'appareil.

ORGANES DE PESAGE AUTOMATIQUE.
PESON A SINUS ET PESON A TANGENTE.

Peson à sinus. — Les pesons du type « à sinus » se composent :
— d'un petit bras OA portant à son extrémité A un secteur circulaire de centre O, mobile autour de ce point, et
— d'un grand bras OB portant un contrepoids B de poids Q, dont le centre de gravité est en B. Sur le secteur circulaire est fixé en K un ruban d'acier sur lequel on peut faire agir des charges quelconques R.

Supposons l'angle AOB égal à 90° et qu'initialement, le petit bras OA soit horizontal, auquel cas le grand bras est vertical.

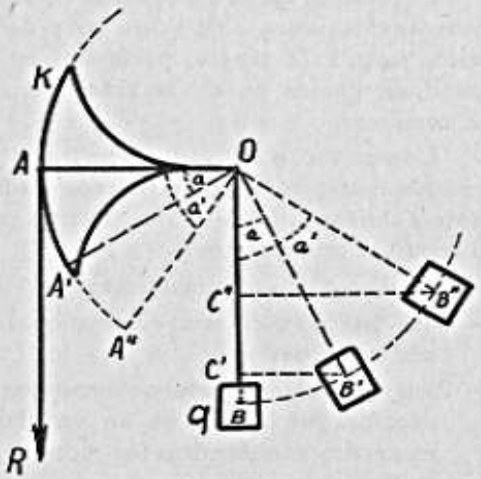


Figure 103 : Schéma d'un peson à sinus

Sous l'action d'une charge R', le système tourne autour de l'axe O et s'incline d'un angle a', le point du secteur circulaire qui était au contact du ruban en A vient en A', le centre de gravité du contrepoids qui était en B vient en B' sur le cercle de centre O et de rayon OB, mais le ruban s'étant déroulé, la charge agit toujours en un point du secteur circulaire à l'horizontale de l'axe O.

Le peson ayant pris sa nouvelle position d'équilibre, le théorème des moments est applicable, à savoir :

Le moment de R' par rapport à l'axe O est égal au moment de Q par rapport à ce même axe.

Le moment de R' est égal à R' × OA.

Le moment de Q est égal à Q × B'C', B'C' étant la perpendiculaire abaissée de B' sur OB, donc : R' × OA = Q × B'C'.

Pour une autre charge R'' amenant le point du secteur circulaire, initialement en A, en A'' et le centre de gravité B en B'', en inclinant le système d'un angle a'', on aurait de même :

$$R'' \times OA = Q \times B''C''$$

Le bras de résistance OA et le poids Q étant constants, on voit que les bras de puissance B'C' et B''C'' sont proportionnels aux charges R' et R''.

Si, par exemple, la charge R'' est double de la charge R'. R''= 2 R', la longueur B''C'' est aussi double de la longueur B'C'. B''C'' = 2 B'C'. Si l'on pouvait mesurer directement les longueurs B'C', B''C'', leurs proportionnalités aux charges correspondantes R' et R'' permettraient de déduire sans difficulté la valeur de ces charges.

En réalité, la lecture des déplacements se fait au moyen d'une aiguille fixée sur le peson et se déplaçant sur un cadran de centre O ; les déplacements de cette aiguille sont proportionnels aux angles a' et a'' qui, eux, ne sont pas proportionnels aux longueurs B'C' et B''C'' et par suite, aux charges.

On peut cependant, au moyen de dispositifs appropriés, faire en sorte que les déplacements de cette aiguille sur un cadran de centre O soient proportionnels aux charges et les divisions du cadran sont alors équidistantes ; de tels dispositifs sont appelés « dispositifs de rectification des pesons ».

Peson à tangente. — Les pesons du type dit « à tangente » se composent d'un levier du premier genre AOB, oscillant autour du point O. (fig. 104).

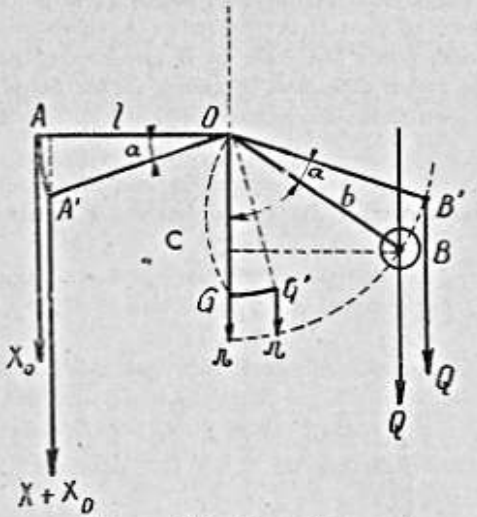


Figure 104 : Peson à tangente

Dans la position d'équilibre à vide, les moments des efforts en A et en B par rapport à l'axe de rotation sont égaux.

On a donc :

$Xo \times OA = Q \times BC$

Xo étant l'effort en A à l'origine, Q le poids du contrepoids agissant en B.

Si l'on ajoute à l'effort agissant en A une charge X portant l'effort total à la valeur X + Xo, le peson tourne autour du point O. et retrouve une nouvelle position d'équilibre, le contrepoids Q étant venu dans la position B'.

On démontre, en se servant de l'équation des moments dans cette nouvelle position d'équilibre, que les intersections de droites telle que OB' avec la tangente en B au cercle OB sont à des distances du point zéro proportionnelles aux charges C correspondantes. Les divisions sur le cercle de rayon OB se resserrent aux fortes charges.

C'est parce que les divisions sont égales sur une tangente au cercle décrit par l'aiguille, que ce dispositif est dit « peson à tangente ». (Fig. 105).

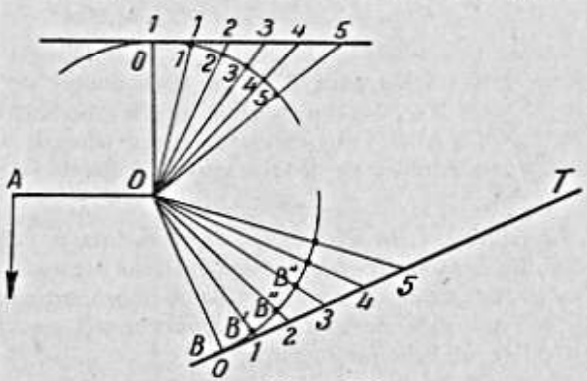


Figure 105

Il en est de même pour une aiguille qui serait fixée sur le peson et se déplacerait sur un cadran de centre O.

Comme pour le peson à sinus, il existe des dispositifs qui permettent de rectifier le peson à tangente et d'obtenir les divisions égales sur le cercle décrit par l'extrémité de l'aiguille.

Rectification des pesons. — Nous verrons dans les pages suivantes, deux exemples de dispositifs permettant la rectification des pesons.

Le premier est employé dans de nombreux modèles de balances et de bascules automatiques.

Le deuxième est le dispositif « Jacquemier » en usage sur les bascules automatiques.

Balances automatiques et semi-automatiques

Ces balances sont généralement employées lorsqu'il faut exécuter de très nombreuses pesées en peu de temps, et l'on emploie, sauf cas exceptionnels, des balances du type à plateau supérieur, genre Roberval ou Béranger, qui se prêtent à des manipulations aisées des marchandises à peser.

BALANCES ENTIEREMENT AUTOMATIQUES.

Ces balances comportent un seul plateau porté par un demi mécanisme Roberval ou Béranger.

Dans le cas du mécanisme Roberval, le contre-fléau peut être disposé au-dessous ou au-dessus du fléau.

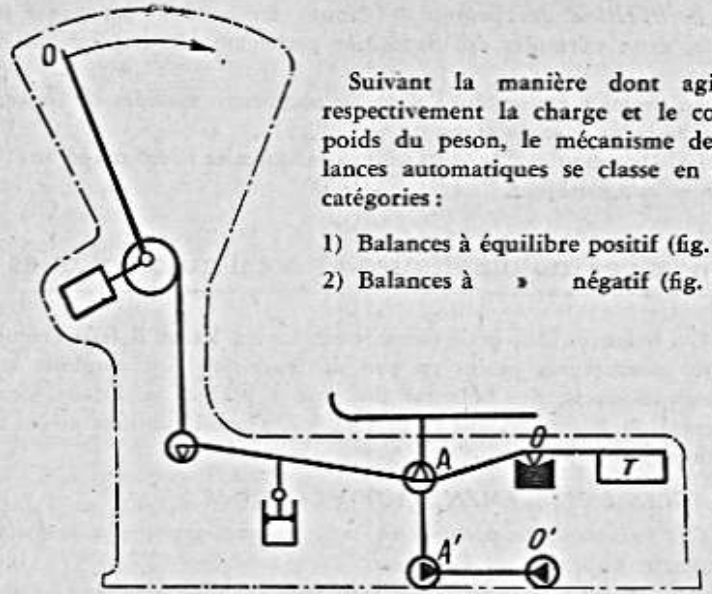
Dans le cas du contre-fléau disposé en-dessous du fléau, on retrouve la disposition classique des balances Roberval ordinaires, mais la déformation du parallèlogramme qui se produit toujours quelque peu, a d'autant plus d'importance que les tiges sont plus courtes ; par contre, l'emploi de tiges longues conduit à augmenter la hauteur du socle et, par suite, à surélever les plateaux, ce qui constitue une incommodité d'emploi.

Aussi, dans la plupart des balances automatiques à mécanisme Roberval, le contre-fléau est-il placé au-dessus du fléau, dans le carter du peson.

Le peson est généralement du type peson à tangente, rectifié ou non.

Si le peson n'est pas rectifié, c'est-à-dire si les divisions du cadran ne sont pas équidistantes, c'est que l'attaque du mécanisme se fait au moyen d'une tringle avec bride et coussinet sur un couteau porté par le peson ; il faut, dans ce cas, prendre soin d'éviter tous tirages.

Si le peson est rectifié, généralement par le moyen d'une came rectificatrice, constituée par un cercle ou secteur circulaire excentré par rapport au centre de rotation, le mécanisme est relié au peson par l'intermédiaire d'un ruban d'acier très souple et très résistant. On cherche à diminuer le plus possible la longueur et l'épaisseur de ces rubans, afin de réduire au minimum les résistances parasites. Grâce aux aciers spéciaux à haute résistance, on arrive à faire des rubans de 4 à 5 millimètres de largeur et de 5/100 de millimètre d'épaisseur dont la section est de 0,20 à 0,25 mm2.



Suivant la manière dont agissent respectivement la charge et le contrepoids du peson, le mécanisme des balances automatiques se classe en deux catégories :

1) Balances à équilibre positif (fig. 106)
2) Balances à » négatif (fig. 107).

Figure 106 : Balance automatique demi-mécanisme Roberval. Contre-fléau inférieur. Balance à équilibre positif

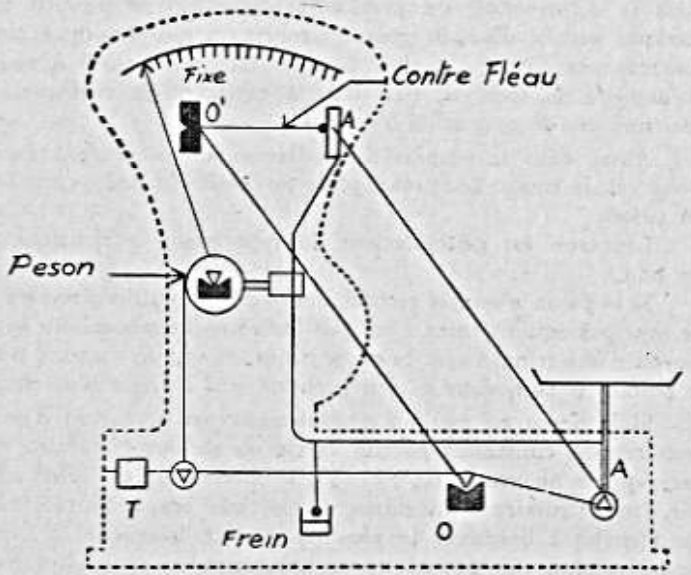


Figure 107 : Balance automatique demi-mécanisme Roberval Transmission par ruban. Contre-fléau supérieur. Balance à équilibre négatif

1) Balances à équilibre positif (fig. 106). — Dans cette catégorie de balances, lorsque le plateau s'abaisse sous l'action d'une charge croissante, le contrepoids du peson s'élève et son action augmente au fur et à mesure qu'il s'élève.

L'effet du contrepoids est au minimum pour la position zéro de l'aiguille. Il existe au contraire, au maximum, pour la position extrême de l'aiguille sur le cadran.

Les balances de cette catégorie sont les plus répandues.

2) *Balances à équilibre négatif* (fig. 107). — Dans cette catégorie de balances, lorsque le plateau s'abaisse sous l'action d'une charge croissante, le contrepoids du peson s'abaisse également, son action diminue ; elle est maximum pour la position zéro de l'aiguille et minimum pour la position extrême ; le peson travaille en décharge.

Il est, de ce fait, nécessaire que la balance soit équilibrée jusqu'à la charge maximum par une masse de tare du côté opposé à la charge.

La pesée, qui est matérialisée par la réalisation de l'équilibre de la charge, résulte de ce que l'effet du contrepoids du peson diminue avec l'augmentation de la charge.

CARACTERISTIQUES DES CADRANS DE LECTURE.

Le cadran peut être plan ou cylindrique.

Dans la plupart des balances, il est plan et du modèle en éventail, car l'amplitude de rotation du peson ne peut guère dépasser 60 degrés.

Mais il est possible d'amplifier le déplacement du peson au moyen de trains d'engrenages, de manière à faire décrire à l'aiguille 360 degrés, auquel cas le déplacement de l'aiguille se fait devant un cadran constitué par un cercle complet.

Lorsque l'on veut réaliser un cadran cylindrique, le peson est lié à une crémaillère agissant sur un pignon sur lequel est monté un tambour (fig. 108).

On réalise également des cadrans plans ou cylindriques solidaires du peson et se déplaçant devant un repère fixe qui permet de faire la lecture sur le cadran mobile.

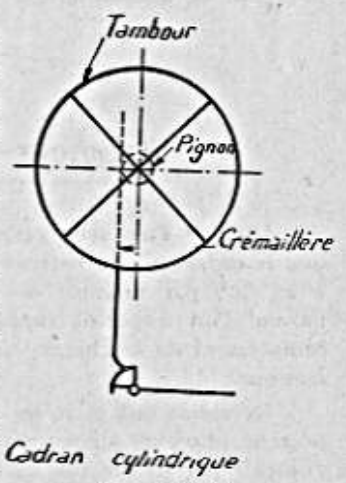


Figure 108
Cadran cylindrique

GRADUATION DES CADRANS.

L'unité de graduation est la valeur en poids de la plus faible division de l'échelle graduée. Cette unité de graduation est généralement de 5 g pour les balances automatiques et semi-automatiques courantes.

L'intervalle de graduation est la distance entre les axes de deux traits ou repères consécutifs.

La valeur d'un intervalle doit être au moins égale à 3/1 000 de la dimension maximum du secteur gradué, avec un minimum d'un millimètre.

Pratiquement, le nombre de divisions sur un cadran circulaire ne peut excéder 1 000. Pour que la lecture puisse se faire dans de bonnes conditions, il est indispensable que :

1°) l'aiguille soit très mince, tout au moins à son extrémité, afin de ne pas recouvrir plusieurs divisions ;

2°) l'aiguille soit suffisamment rapprochée du cadran, afin de réduire au minimum les erreurs dites de parallaxe.

Ces erreurs se produisent lorsque l'observateur ne se place pas au droit de l'aiguille, mais en oblique, et il est facile de comprendre qu'alors l'erreur de lecture est d'autant plus grande que l'aiguille sera plus éloignée du cadran.

D'ailleurs, la circulaire ministérielle du 16 novembre 1931, qui a fixé un ensemble de dispositions applicables aux appareils indicateurs automatiques, a prescrit que : la plus courte distance entre la surface de graduation et l'extrémité de l'aiguille ou le repère servant à la lecture, ne pourra être supérieure à la longueur d'un intervalle de graduation.

Balances semi-automatiques

Lorsque l'on veut peser une charge supérieure à 1 kg, alors que le cadran d'une balance est gradué de 0 à 1 kg seulement, soit 2 kg 300 par exemple — il sera nécessaire d'équilibrer 2 kg au moyen d'un dispositif supplémentaire, et on lira sur le cadran le complément de la charge, soit 300 g. La balance est dite semi-automatique.

De même que pour les appareils ordinaires, lorsque ceux-ci comportent plusieurs dispositifs de pesée, le résultat de la pesée doit s'obtenir par simple juxtaposition, sans nécessiter d'addition mentale, ou par lecture directe, dans le cas d'un changement de chiffrage du cadran.

Le dispositif supplémentaire est constitué soit par un plateau sur lequel on met des poids (balances à deux plateaux), soit par une romaine ou des masses additionnelles (balances semi-automatiques à un seul plateau).

BALANCES SEMI-AUTOMATIQUES A DEUX PLATEAUX.

Celles-ci sont généralement constituées par un mécanisme complet (fig. 109) :

— Roberval, à contre-fléaux, inférieurs ou supérieurs, ou,

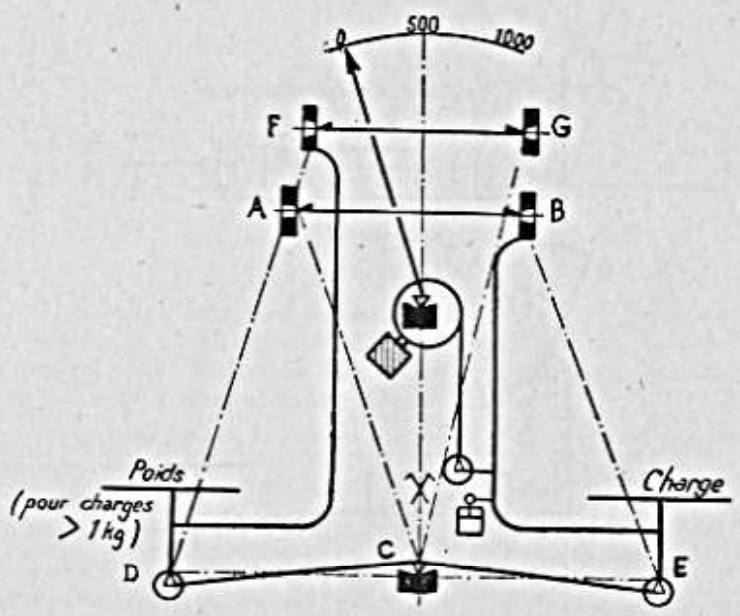


Figure 109 : Balance semi-automatique à deux plateaux. Mécanisme Roberval à contre-fléaux supérieurs. Peson à tangente rectifié. Equilibre positif.

— Béranger, relié à un peson, rectifié ou non, la balance étant équilibrée positivement ou négativement, suivant le mode d'action de la charge et du contrepoids du peson.

BALANCES SEMI-AUTOMATIQUES A UN PLATEAU.

Les pesées supérieures à la portée du cadran sont réalisées :

— soit par le déplacement d'un curseur le long d'une romaine ;

— soit par l'action de masses additionnelles, commandant ou non un changement de chiffrage.

PRINCIPE DES BALANCES A ROMAINE (fig. 110).

Le cadran étant supposé gradué de 0 à 1 kg, la romaine doit être graduée par kg et le déplacement du curseur de 0 à 1 sur la romaine doit ramener l'aiguille à zéro, lorsque celle-ci, ayant parcouru le cadran, est venue sur la position 1 kg du cadran correspondant à une charge de 1 kg placée sur le plateau.

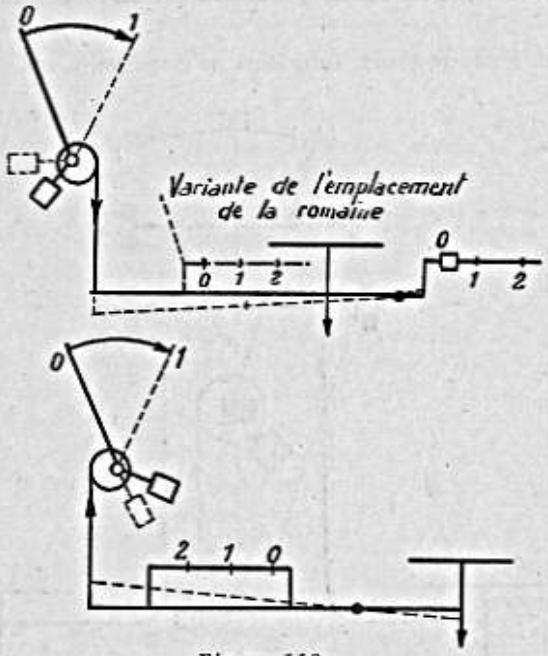


Figure 110

La romaine peut également constituer une « Romaine de tare » permettant d'équilibrer un récipient placé sur le plateau. Dans ce cas, la romaine porte l'inscription « tare » ; elle peut ne pas être graduée.

On peut également combiner une romaine destinée à augmenter la portée du cadran et une romaine de tare.

PRINCIPE DES BALANCES A MASSES ADDITIONNELLES.

Dans ces balances semi-automatiques, désignées également sous le nom de « Balances à commutation de poids », la mise en action de la première masse additionnelle doit ramener l'aiguille à zéro lorsque l'on met sur le plateau une charge égale à celle qui doit équilibrer la masse additionnelle (fig. 111).

La disposition peut être telle qu'il faut enlever successivement les masses lorsque l'on pose des charges croissantes sur le plateau.

(Ces balances sont dites à charge constante) (fig. 111-I).

La disposition des masses additionnelles peut aussi être telle que ces masses agissent sucessivement lorsqu'on les dépose sur le mécanisme de la balance (fig. 111-II).

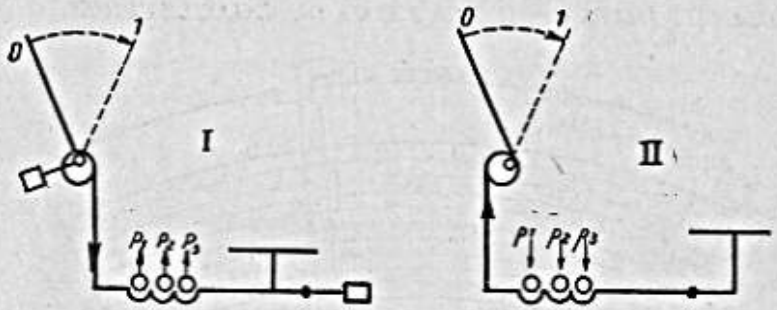


Figure 111

La mise en action des masses additionnelles peut être combinée ou non avec un changement de chiffrage du cadran ou, tout au moins, peut faire apparaître dans un voyant le nombre de kilogrammes à ajouter à l'indication donnée par l'aiguille.

Dans tous les cas, la lecture doit se faire directement par simple juxtaposition.

BALANCES AUTOMATIQUES DITES « PLUS OU MOINS ».

Lorsqu'il s'agit de déterminer les différences en plus ou en moins existant entre une charge et un poids connu, dans le but de régler cette charge ou de voir si elle se tient dans les limites de tolérance, on utilise souvent des balances automatiques, équipées en appareils dits « plus ou moins », ou « de comparaison », ou encore « à tolérance ».

Dans ce cas, le peson est réglé de manière que la position d'équilibre de l'aiguille coïncide avec le zéro généralement placé sur la verticale, une graduation symétrique s'étend de part et d'autre du zéro, pour apprécier les écarts (fig. 112).

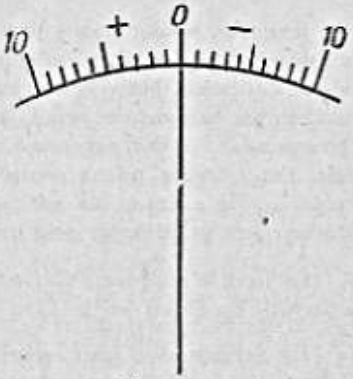


Figure 112
Cadran « plus ou moins »

Chacune des parties de la graduation porte l'indication à laquelle elle s'applique, « plus » ou « moins », ou + ou —, ou « lourd » et « léger ».

La graduation est généralement faite par 5 g, parfois par 2 et même 1 gramme.

BALANCES DITES « POIDS ET PRIX » OU CALCULATRICES.

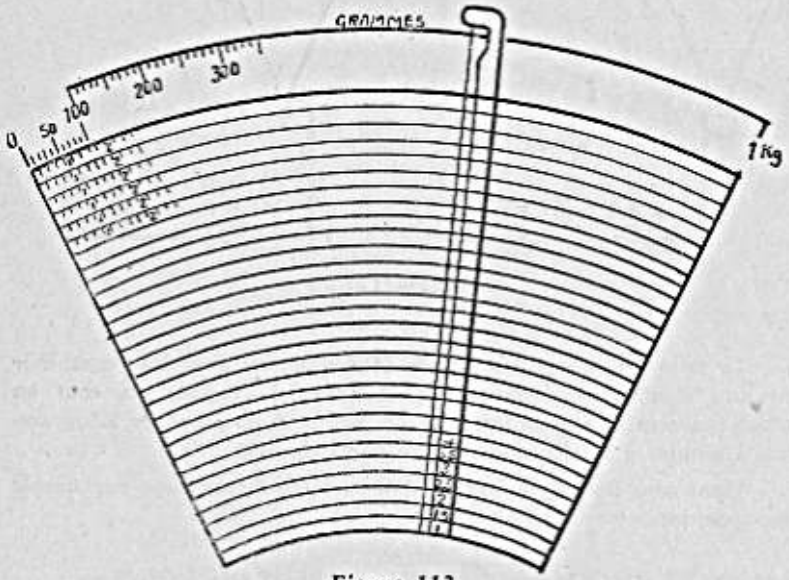


Figure 113

Jusqu'ici, nous n'avons parlé des balances automatiques ou semi-automatiques qu'en tant qu'appareils servant à la lecture rapide et directe des poids. Mais le cadran des balances automatiques comporte souvent un barème de prix ; l'aiguille porte une série de divisions correspondant à des prix croissants du 1 kg de marchandises. Une série d'arcs, ayant même centre que l'arc de lecture des poids, est tracée sur le cadran, ces arcs ont pour rayon les longueurs correspondant aux valeurs des prix unitaires portés par l'aiguille (fig. 113).

La lecture du prix s'obtient à l'intersection du fil servant à faire la lecture du poids et de l'arc des prix.

Le Service des Instruments de Mesure ne s'occupe pas de la vérification de ces barèmes et les cadrans de ce genre portent la mention suivante : « Le poinçon ne garantit que l'indication des masses ».

DESCRIPTION DETAILLEE D'UNE BALANCE SEMI-AUTOMATIQUE A DEUX PLATEAUX.

Une telle balance, dont le mécanisme est, dans la très grosse majorité des cas, un mécanisme Roberval ou un mécanisme Béranger, et dont le dispositif indicateur automatique est un peson a tangente, rectifié ou non, comprend les organes principaux suivants :

I. — *ORGANES FIXES.*

1) SOCLES. — Toute balance comporte un socle en tôle d'acier ou en fonte ou aluminium moulé, lequel repose sur le comptoir ou la table par l'intermédiaire de vis calantes ; ces vis calantes, au nombre de 3 ou 4 suivant les modèles, sont destinées à permettre une mise de niveau rapide de la balance.

Une balance automatique ou semi-automatique ne peut, en effet, donner des résultats rigoureusement exacts que si elle n'a aucun dévers, en particulier dans le plan vertical dans lequel se déplace le peson.

La vérification d'une mise de niveau correcte est facilitée par la présence sur une balance d'un niveau à bulle d'air qui doit normalement être solidaire du socle de la balance et non pas du carter de celle-ci.

Le socle porte le support du fléau du mécanisme, ce support est, soit fixé sur le socle lorsque celui-ci est en tôle, soit généralement venu de fonderie avec le socle lorsque celui-ci est en fonte ou en aluminium moulé.

L'axe du fléau repose sur des coussinets en agate ou en acier trempé fixés au support.

Le socle porte généralement encore :

— le fût de la colonne, support du peson et des cadrans ;

— les butoirs du mécanisme ;

— le corps du frein destiné à amortir les oscillations de l'aiguille.

2) LA COLONNE. — Comme nous venons de l'indiquer, la colonne repose par son fût sur le socle (le fût pouvant d'ailleurs, comme le support de fléau, être venu de fonderie avec le socle). A sa partie médiane, elle comprend un support qui, par l'intermédiaire de deux coussinets d'agate ou d'acier trempé, reçoit l'axe du peson. A sa partie supérieure, la colonne supporte les cadrans indicateurs des poids ou des poids et prix et, parfois, dans le cas des balances à mécanisme Roberval à contre-fléaux supérieurs, des dispositifs de réglage des contre-fléaux.

3) BUTOIRS DU MECANISME. — Les butoirs du mécanisme portés par le socle sont destinés à éviter que l'arrêt du mouvement de

l'ensemble du mécanisme proprement dit et du peson soit produit aux extrémités de la course, par la butée d'une quelconque des pièces du peson, organe qui, du fait de sa légèreté, est beaucoup plus délicat que le mécanisme proprement dit.

Les butoirs du mécanisme sont généralement réglables.

4) CORPS DE FREIN. — Le frein a pour but d'amortir les oscillations de l'aiguille et d'obtenir l'arrêt de celle-ci dans un temps très réduit, quelques secondes.

Comme nous l'avons dit plus haut, le corps de frein est fixé sur le socle ou, parfois, porté par la colonne, et le piston du frein est relié par une tige à une quelconque des pièces en mouvement du mécanisme ou parfois du peson.

Il existe deux sortes de modèles de frein avec, d'ailleurs de très nombreuses variantes dans les réalisations pratiques : les freins à air et les freins à liquide.

— *Les freins à air.* — Le corps de frein est généralement un cylindre métallique et l'intérieur doit en être extrêmement bien poli. Le piston est en graphite ou en un mélange de graphite et de limaille rendu solide par compression.

Le fond du cylindre est percé d'une petite ouverture réglable au moyen d'un robinet à pointeau ou tout autre système analogue.

Le diamètre du frein doit être assez grand, 4 à 5 cm, et le frein se comportant comme une véritable pompe, est susceptible d'aspirer les poussières, ce qui nécessite des nettoyages assez fréquents ; par contre, ce genre de frein a un fonctionnement indépendant de la température.

— *Les freins à liquide.* — Le corps du frein est généralement encore cylindrique en métal ; le piston se meut dans un liquide contenu dans le cylindre ; des ouvertures réglables permettent le passage du liquide, soit à travers le piston lui-même, soit par l'intermédiaire d'un tube auxiliaire, de l'un des côtés du piston à l'autre côté.

Le liquide employé est de l'huile ou de la glycérine ou tout autre liquide dont la viscosité varie peu avec la température et qui ne soit ni susceptible de se figer par basses températures, ni susceptible de s'évaporer à la chaleur.

Dans l'un et l'autre modèle, l'attache de la tige du piston et de la pièce liée au mouvement du mécanisme ou du peson doit être étudiée de manière à éviter des mouvements obliques de cette tige qui entraîneraient des frottements excessifs, et même des coincements. Certains constructeurs emploient la suspension par joint de cardan.

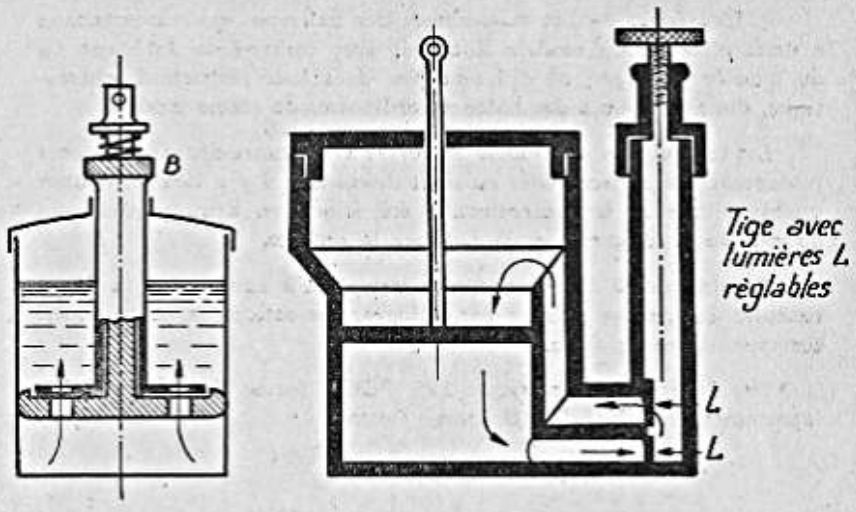


Figure 114
Schémas de freins à liquide

5) CARTER. L'ensemble du mécanisme et de l'appareil indicateur est, dans la plupart des cas, protégé des chocs et des poussières par un carter enfermant complètement les organes mobiles, à l'exception des plateaux de poids et marchandises qui reposent sur le mécanisme par le moyen de tiges passant au travers de trous ménagés dans le carter.

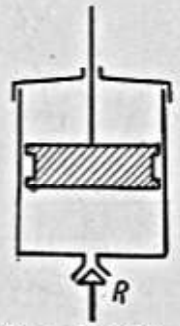


Schéma du frein à air

Dans les premiers modèles de balances, certaines pièces telles que le support de peson, étaient fixées à l'intérieur du carter.

Actuellement, le carter ne constitue plus généralement qu'un habillage de la balance qui peut être entièrement montée et réglée sans que le carter soit mis en place ; le carter porte seulement les vitres de protection des cadrans.

II. — *ORGANES MOBILES.*

Les organes mobiles d'une balance semi-automatique à deux plateaux comprennent deux groupes principaux :

1) Le mécanisme ;

2) L'appareil indicateur.

— *Mécanisme.* — Les mécanismes des balances semi-automatiques à deux plateaux du modèle Roberval avec contre-fléau inférieur ou du modèle Béranger, ne diffèrent pas, dans leur réalisation schématique, des mécanismes des balances ordinaires de même modèle.

Les mécanismes du modèle Roberval avec contre-fléaux supérieurs présentent des particularités au sujet desquelles il y a lieu de donner quelques détails : le contre-fléau a été scindé en deux parties, afin de réduire la longueur et de faciliter le réglage.

Chaque partie du contre-fléau correspond à une moitié du fléau ; chacune des parties agit en parallélogramme articulé avec la moitié correspondante du fléau.

Sur la figure schématique 115, FGCD forme l'un des parallélogrammes articulés ; CEAB forme l'autre.

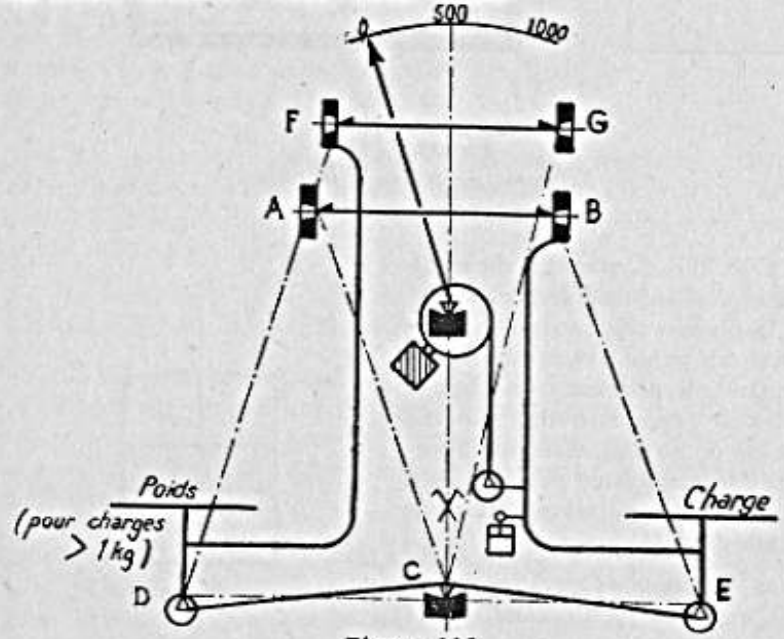


Figure 115

Les points A et G sont fixés sur la colonne, mais ils peuvent être réglables, ce qui permet de réaliser le parallélisme du contre-fléau avec la moitié correspondante du fléau.

Les pièces EB et DF qui jouent le rôle des traverses des balances Roberval ordinaires, sont beaucoup plus longues que celles-ci, ce qui, d'une part, améliore la justesse par la diminution de l'importance des jeux et, d'autre part, réduit l'importance de l'excentration des charges sur les plateaux par suite de la réduction des pressions horizontales sur les points fixes.

Dans la plupart des balances, une pièce fixée au mécanisme porte le piston de frein au moyen d'une liaison évitant toute gêne du mouvement du piston dans le corps du frein.

— *Appareil indicateur.* — Celui-ci se compose d'un corps de peson comportant une masse réglable. Ce corps de peson est traversé par un axe et porte les aiguilles indicatrices et les vis réglables.

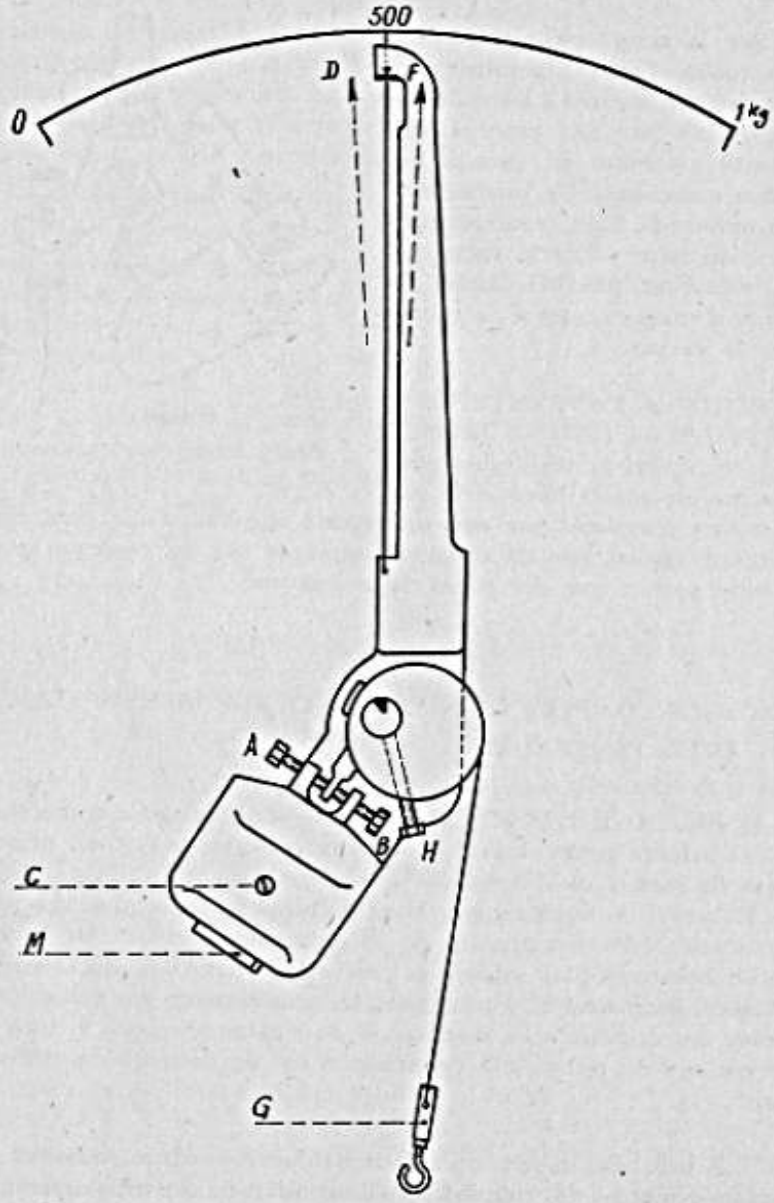


Figure 116 : Peson à tangente rectifié par came excentrée

PESON A TANGENTE RECTIFIÉ (fig. 116).

La came excentrée peut pivoter par rapport à l'axe du peson ; une fois le réglage effectué, elle est rendue solidaire de l'ensemble par les vis de réglage et de serrage.

Sur la came, vient s'enrouler un ruban d'acier très mince qui est fixé sur la came à l'une de ses extrémités par une pince à vis, l'autre extrémité est fixée à un point quelconque des mécanismes au moyen d'un dispositif permettant de faire varier la longueur du ruban ou, plus exactement, le point d'attaque au zéro, du ruban sur la came.

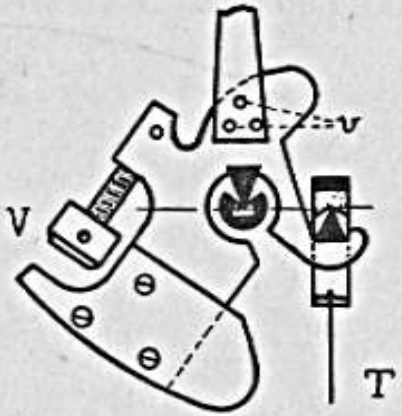


Figure 117
Peson à tangente non rectifié

PESON A TANGENTE NON RECTIFIÉ (fig. 117). — La seule différence avec la réalisation précédente est que la came et le ruban sont remplacés par une tige rigide agissant, d'une part, sur le corps du peson par un coussinet appliqué sur un couteau, et liée, d'autre part, à une des pièces du mécanisme.

REGLAGE COMPLET D'UNE BALANCE SEMI-AUTOMATIQUE A DEUX PLATEAUX.

1) REGLAGE DU MECANISME. — Le réglage du mécanisme d'une balance semi-automatique à deux plateaux se fait, en principe, dans les mêmes conditions que le réglage d'un mécanisme ordinaire de Roberval ou de Béranger. Mais, d'une part, l'exécution des pièces destinées à des mécanismes de balances automatiques est faite de façon beaucoup plus soignée et précise que pour des mécanismes de balances ordinaires et, d'autre part, les constructeurs ont généralement prévu des dispositifs de montage et de réglage spéciaux, si bien que le réglage du mécanisme proprement dit ne présente aucune difficulté.

A titre d'exemple, nous indiquerons cependant comment s'effectue le réglage des contre-fléaux dans une balance semi-automatique Roberval à contre-fléaux supérieurs comportant un dispositif simple de réglage de la position des contre-fléaux.

Le réglage consiste à mettre chaque contre-fléau parallèle à la moitié du fléau qui lui correspond. Dans ce but, le contre-fléau dont l'extrémité B se déplace en même temps que le fléau AC s'appuie par son extrémité D sur une butée portée par la colonne et dont la position en hauteur est réglable. On charge les deux plateaux de la balance en leur centre d'une masse assez lourde, de 5 kg par exemple, et l'on tare de manière que l'aiguille se trouve sur la division 500 du cadran.

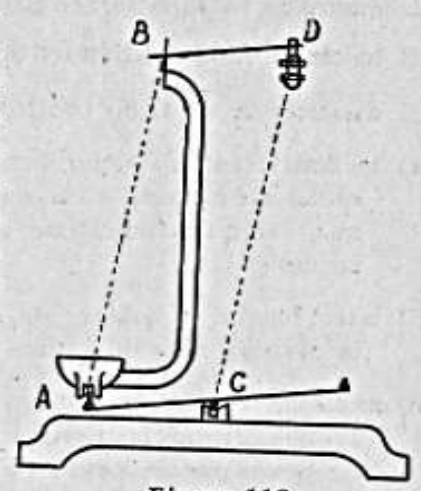


Figure 118

Supposons que l'on veuille régler le parallélogramme de gauche qui correspond à la moitié gauche du fléau (plateau poids à gauche, plateau marchandises à droite) ; sans toucher à la position du poids placé sur le plateau de droite, on déplace « en dehors » le poids du plateau de gauche.

Si l'aiguille retarde, c'est-à-dire n'atteint pas la division 500, il faut élever la butée ;

Si l'aiguille avance, c'est-à-dire dépasse la division 500, il faut baisser la butée.

Le poids du plateau de gauche étant déplacé « en dedans » :

— si l'aiguille retarde, il faut baisser la butée ;
— si l'aiguille avance, il faut élever la butée.

Le réglage du contre-fléau de droite se fait exactement dans les mêmes conditions, mais en sens inverse.

Pour une excentration « en dehors » :

— si l'aiguille retarde, il faut baisser la butée ;
— si l'aiguille avance, il faut élever la butée.

Pour une excentration « en dedans » :

— si l'aiguille retarde, il faut élever la butée ;
— si l'aiguille avance, il faut baisser la butée.

2) REGLAGE D'ENSEMBLE DU MECANISME ET DE L'APPAREIL INDICATEUR. — Lorsque le réglage du mécanisme est réalisé, il faut procéder au réglage particulier de l'appareil indicateur et au réglage d'ensemble :

— *Cas d'un peson à tangente rectifié.* — Il faut (voir fig. 116) :

1) mettre la balance de niveau au moyen des vis de calage ;

2) baisser à fond les butoirs du mécanisme ;

3) desserrer la vis C du contrepoids de peson ;

4) le fléau étant maintenu horizontal, régler le point d'attaque du ruban sur la came, au moyen du crochet de ruban G, de manière que l'aiguille indicatrice se trouve sur la division 500 g du cadran ;

5) tarer ensuite la balance de manière que l'aiguille se trouve sur la division zéro du cadran ;

6) mettre 1 kg sur le plateau à marchandises et amener l'aiguille exactement sur la division 1 kg en agissant sur le contrepoids du peson par le moyen de l'écrou M (si l'on visse l'écrou, l'aiguille avance ; si on dévisse, l'aiguille va en arrière) ;

7) revenir à zéro et recommencer les opérations 5 et 6 jusqu'à ce que l'aiguille soit exactement au zéro lorsqu'il n'y a pas de poids sur le plateau à marchandises, et exactement sur la division 1 kg lorsqu'un poids de 1 kg se trouve sur le plateau ;

8) mettre un poids de 500 g sur le plateau à marchandises :

   a) si l'aiguille a de l'avance, desserrer la vis de fixation H de la came sur l'axe du peson, puis serrer la vis A pour doubler cette avance ;

   b) si, au contraire, l'aiguille a du retard, desserrer de même la vis de fixation H, puis serrer la vis B pour doubler ce retard ;

   c) régler de nouveau à 0 et 1 kg (opérations 5 et 6) ;

   d) vérifier de nouveau à 500 g et recommencer les opérations jusqu'à ce que les trois points : 0, 500 g et 1 kg soient rigoureusement exacts ;

   e) serrer la vis C du contrepoids du peson et bloquer la vis H fixant la came sur l'axe du peson ;

9) vérifier à l'aide de poids étalons les diverses divisions du cadran ;

10) Régler l'aiguille du second cadran en correspondance avec la première aiguille ;

11) Régler les butoirs du mécanisme de manière que l'aiguille puisse se déplacer de 20 à 30 g à l'extérieur des divisions 0 et 1 kg du cadran.

— *Cas d'un peson à tangente non rectifié* (fig. 117). — Il faut :

1) et 2) comme dans le cas ci-dessus ;

3) le fléau étant maintenu horizontal, régler la longueur de la tige d'attaque T sur le couteau du peson, de manière que l'aiguille soit sur la position 500 g du cadran, puis bloquer les écrous de réglage de la longueur de la tige T ;

4) Tarer ensuite la balance de manière que l'aiguille se trouve sur le zéro de la graduation ;

5) Mettre un poids de 1 kg sur le plateau des marchandises et amener l'aiguille exactement sur la position 1 kg en agissant sur la vis du contrepoids V (si l'on visse cette vis, l'aiguille avance ; si on la dévisse, l'aiguille va en arrière) ;

6) Revenir au zéro en enlevant le poids de 1 kg et recommencer les opérations 4 et 5 jusqu'à ce que l'aiguille soit exactement au zéro, lorsqu'il n'y a pas de poids sur le plateau des marchandises, et exactement sur la division 1 kg lorsqu'un poids de 1 kg se trouve sur ce plateau ;

7) Mettre un poids de 500 g sur le plateau à marchandises :

   a) si l'aiguille a de l'avance, doubler cette avance en desserrant les vis v de fixation de l'aiguille sur le corps de peson et en la déplaçant de la quantité voulue ;

   b) si, au contraire, l'aiguille a du retard, doubler ce retard en desserrant de même les vis de fixation de l'aiguille et en la déplaçant de la quantité voulue ;

   c) après le déplacement de l'aiguille, enlever le poids de 500 g et tarer à zéro ;

   d) remettre ensuite le poids de 500 g et agir sur l'aiguille comme en a et b ci-dessus, puis recommencer l'opération c ; en répétant, s'il y a lieu, ces opérations, on arrivera à régler l'aiguille exactement à zéro et à 500 g ;

8) Bloquer les vis v de fixation de l'aiguille sur le corps de peson, en prenant les précautions nécessaires pour éviter que cette opération ne déplace l'aiguille que l'on vient de régler ;

9) Régler l'aiguille du second cadran en correspondance avec la première aiguille ;

10) Régler les butoirs du mécanisme, de manière que l'aiguille puisse se déplacer de 20 à 30 g à l'extérieur des divisions 0 et 1 kg du cadran.

INFLUENCE DE L'INCLINAISON SUR L'EXACTITUDE DES BALANCES AUTOMATIQUES.

Considérons une balance automatique munie, par exemple, d'un peson à tangente rectifié.

Le peson qui repose par son axe de rotation sur les coussinets fixes, occupe dans l'espace une position immuable, lorsqu'on incline le carter de la balance parallèlement aux plans des cadrans.

Autrement dit, lorsqu'on incline la balance comme dit ci-dessus, les graduations du cadran défilent devant l'aiguille qui conserve pratiquement une position fixe dans l'espace.

Cette remarque permet.

1°) de se rendre compte sur quelles vis de calage l'usager doit agir pour ramener l'aiguille à zéro ;

2°) de comprendre qu'une balance qui, à vide, avance de 10 g, avancera, si le peson est rectifié, de 10 g à toutes charges.

Bascules Automatiques

De même que les balances automatiques et semi-automatiques sont constituées par des mécanismes de balances ordinaires, Roberval, Béranger ou autres, les bascules ou ponts-bascules avec appareil indicateur automatique se composent des mécanismes habituels de bascules ou de ponts-bascules, accouplés avec des appareils indicateurs automatiques dont l'élément essentiel est toujours un peson.

Nous allons décrire un des appareils indicateurs automatiques les plus courants, en donnant des indications sur son montage et son réglage.

BASCULE AUTOMATIQUE DU SYSTEME JACQUEMIER.

L'appareil indicateur construit d'après le principe du dispositif Jacquemier peut s'adapter à toutes les bascules ou aux ponts-bascules.

Le mécanisme de la bascule ou du pont-bascule est relié par l'intermédiaire de la tringle de puissance HG, à un peson CD de contrepoids P.

Une bielle BC articulée en B et C relie le bras du peson à une manivelle AB mobile autour du point A et munie d'un secteur denté qui engrène avec un pignon porte-aiguille. Le contrepoids P est creux et peut contenir du plomb ; l'extrémité du peson CD porte un petit contrepoids de tare K. Le dispositif comprend un frein destiné à amortir les oscillations de l'aiguille et relié au bras du peson en K'.

Toute traction à la tringle de puissance abaisse l'extrémité C du peson et entraîne la bielle BC ; le point B s'abaissant, le secteur denté A tourne autour de son axe, entraînant le pignon porte-aiguille O, l'aiguille se déplace devant un cadran gradué.

On démontre que, pour que les

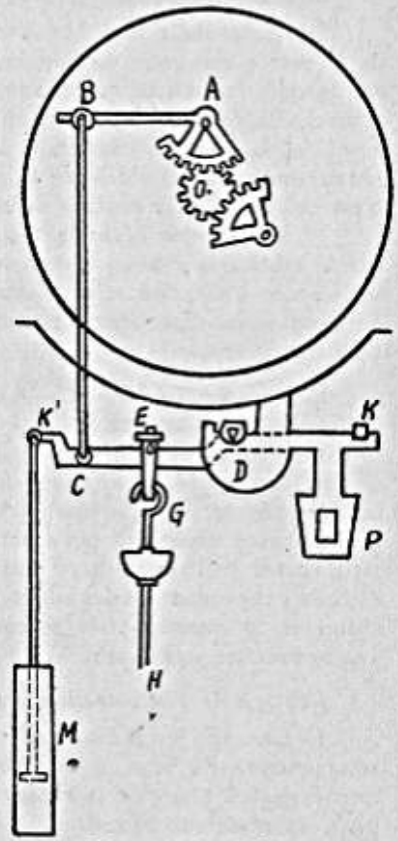


Figure 118 : Schéma du dispositif Jacquemier

déplacements de l'aiguille soient proportionnels à la charge et, par suite, le cadran tracé avec des divisions équidistantes, il est nécessaire que le rapport CD/BA de la longueur du bras de levier du peson à la longueur de la manivelle, soit égal à $\sqrt{3}$, soit 1,732.

REGLAGE DE L'APPAREIL INDICATEUR JACQUEMIER.

On suppose, comme toujours, que le mécanisme de la bascule ou du pont-bascule a été réglé au préalable.

Réglage du peson :

1) Après avoir taré la bascule, on examine, en chargeant le tablier avec des masses étalonnées, toute l'étendue du cadran ; on corrige, s'il y a lieu, l'excentration du cadran, comme nous l'indiquons plus loin et on règle le poids du contrepoids, en augmentant légèrement celui-ci si la bascule pèse en plus, et en le diminuant si la bascule pèse en moins.

Mais ces corrections sont rarement définitives.

2) Après avoir taré à nouveau, on charge la bascule à moitié de la portée maximum et l'on monte ou l'on descend le contrepoids sur la tige, jusqu'à ce que l'indication soit exacte, puis on place un contrepoids de tarage en K ou en K', afin que le peson CD soit horizontal et la bielle BC verticale, lorsque l'aiguille est sur la division correspondant à la moitié de la portée maximum ; si cette condition n'est pas réalisée, le réglage définitif est à peu près impossible.

3) Après avoir déchargé l'appareil et taré à nouveau, on place sur le tablier la charge correspondant à la portée maximum et on réalise une indication rigoureusement exacte de l'appareil indicateur en montant ou descendant le contrepoids P ou en y ajoutant ou retirant du plomb.

Réglage de la bielle BC. — Lorsque le peson est réglé et que les indications étant exactes à zéro et à charge maximum, les indications sont trop fortes ou trop faibles dans le voisinage des fortes portées, il faut raccourcir ou allonger la bielle. La combinaison des deux réglages par le peson, d'une part, et par la bielle, d'autre part, est généralement nécessaire pour obtenir un fonctionnement tout à fait satisfaisant de l'appareil, ce qui rend l'ensemble du réglage assez difficile ; cependant, si les différents organes sont exécutés avec précision et le montage très soigné, le fonctionnement du dispositif Jacquemier est satisfaisant.

Réglage de l'excentration du cadran :

1) Lorsque les indications données par l'appareil sont exactes aux environs du zéro, à mi-charge et à la portée maximum, mais trop fortes au quart de la charge et trop faibles aux trois quarts, on peut, en abaissant le cadran, obtenir des résultats satisfaisants : les indications en A et C sur la verticale et au voisinage de celle-ci, restent, en effet, sensiblement les mêmes, et les indications au quart et aux trois quarts de la portée maximum sont améliorées ; les indications sont, en effet, diminuées au quart de la portée maximum, et augmentées aux trois quarts de celle-ci (fig. 119).

2) Si l'on se trouve avec des indications trop faibles en B et trop fortes en D, il faut alors procéder au réglage au moyen de la bielle, et probablement aussi du peson.

3) Si les indications sont trop fortes ou trop faibles dans la région de la demi-portée maximum et seulement dans cette région, on peut les corriger en déplaçant le cadran vers la gauche ou vers la droite (fig. 120). Si, par exemple, les indications sont trop fortes en faisant tourner le cadran autour de A dans le sens de la flèche, on corrige les indications constatées, mais, par contre, si les indications en A restent sensiblement les mêmes, celles en B et en D seront faussées, elles deviendront faibles ; en remontant alors un peu le cadran, on arrivera à faire disparaître l'inexactitude des indications en D.

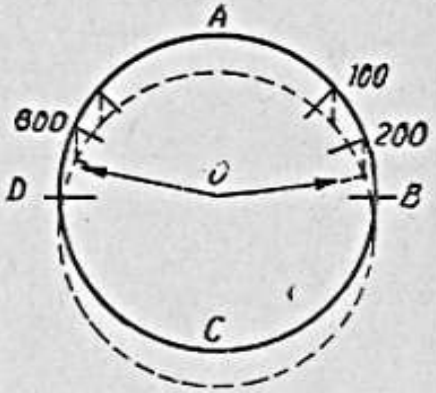


Figure 119

Il faudra opérer comme au 2° ci-dessus.

En général, une retouche conduit toujours à une autre retouche, il faut donc chercher à orienter le cadran de manière que les inexactitudes soient celles précisées au 2° ci-dessus.

4) Si les indications sont bonnes en B et D, mais trop faibles en C et trop fortes en A, c'est que le cadran est trop à gauche Il suffit de le déplacer vers la droite. Si, au contraire, bonnes en B et D, elles étaient trop fortes en C et trop faibles en A, il faudrait déplacer le cadran vers la gauche.

5) Si l'erreur n'existe que dans la première moitié du cadran, on la corrige en abaissant ou élevant celui-ci, mais de la moitié seulement de ce qui serait nécessaire pour le faire disparaître

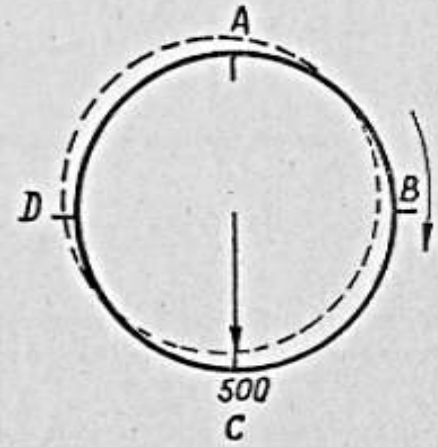


Figure 120

les inexactitudes restantes se corrigent comme nous l'avons indiqué ci-dessus.

Certains appareils automatiques comportent, non plus un seul peson, mais deux pesons accouplés de manière telle que les erreurs que créerait une mauvaise mise de niveau de l'appareil soient, pour chacun d'eux, de sens contraire, ce qui permet de compenser tout au moins partiellement ces erreurs (fig. 121).

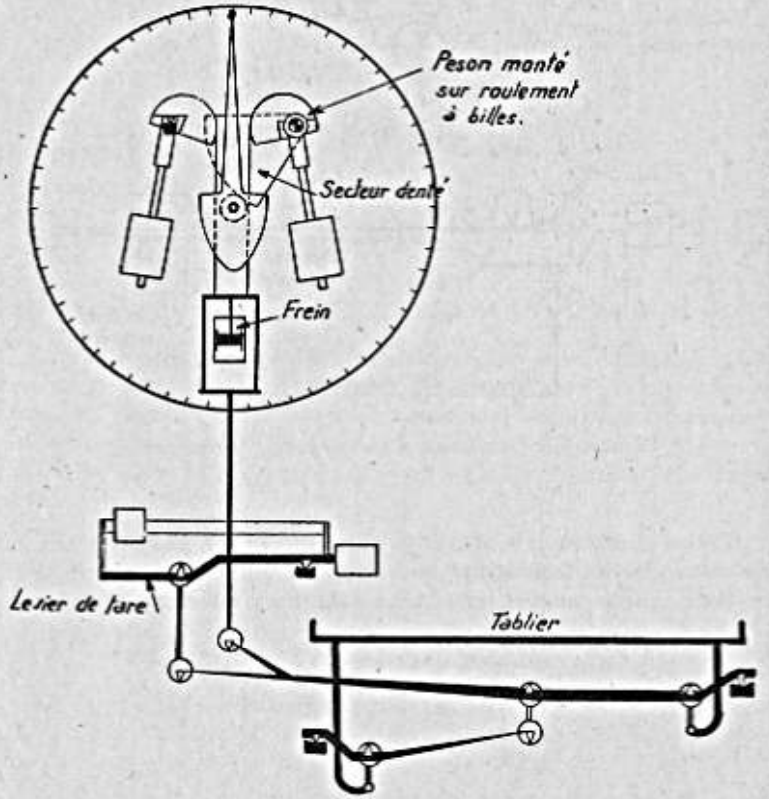


Figure 121 : Bascule automatique à double peson.

DISPOSITIFS A IMPRESSION SUR LES APPAREILS INDICATEURS AUTOMATIQUES.

L'adaptation de dispositifs à impression des poids sur tickets sur les appareils indicateurs automatiques a fait l'objet de très nombreuses études.

Une réalisation intéressante est celle de l'appareil « Aequitas » qui comporte une romaine sur laquelle se déplace un curseur mu par un ressort, lequel curseur s'arrête automatiquement lorsque

dispositif permettant la lecture directe sur un cadran du poids marqué par le curseur sur la romaine et permettant également l'impression du poids sur un ticket.

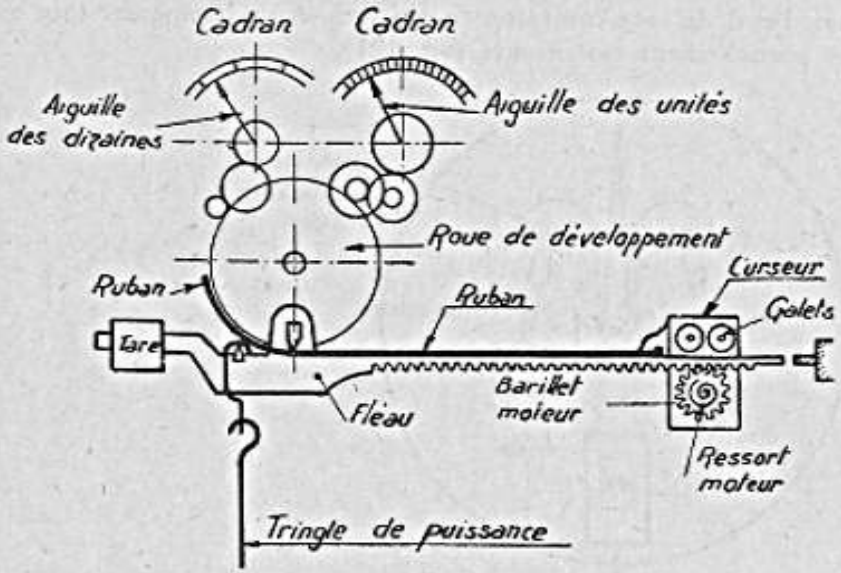


Figure 122 : Schéma d'un appareil Aequitas.

D'assez nombreuses réalisations d'impression des poids sur tickets pour les appareils indicateurs automatiques ont été mises au point dans ces dernières années, mais elles sont hors du cadre tracé pour ce Manuel.

Cinquième Partie :

Etude sommaire sur les poids

DEFINITION DE L'UNITÉ LEGALE : ETALON NATIONAL.

L'unité légale de masse, le kilogramme, qui a été initialement la masse du décimètre cube d'eau prise à son maximum de densité, est maintenant la masse du prototype international en platine irridié, qui a été sanctionné par la Conférence générale des Poids et Mesures, tenue à Paris en 1889, et qui est déposé au Pavillon de Breteuil, à Sèvres.

L'Etalon, pour la France, est la copie n° 35 du kilogramme prototype international, déposée au Conservatoire National des Arts et Métiers.

ETALONS DES BUREAUX DE VERIFICATION.

Les bureaux de vérification possèdent une série de poids étalons en laiton, de 20, 10, 5, 2 et 1 kg, vérifiés avec une très grande approximation : ± 4,3 mg pour le poids de 1 kg.

Pour les poids étalons en-dessous du kilogramme, les Bureaux possèdent des poids étalons en acier inoxydable de 1 kg, 500 g, 200 g, 100 g, 50 g, 20 g, 10 g, 5 g, 2 g, 1 g, dont l'exactitude varie de ± 2 mg pour le poids de 1 kg, à ± 0,15 mg pour le poids de 1 gramme.

Les bureaux possèdent de plus des poids divisionnaires du gramme en lamelles, en métal baros (alliage à 50 % de nickel et 50 % de chrome) à savoir : de 500 mg, 200 mg, 100 mg, 50 mg, 20 mg, 10 mg, 5 mg, 2 mg, 1 mg, dont l'exactitude est de ± 0,1 mg.

Pour le travail courant de vérification, les inspecteurs du Service des Instruments de Mesure n'utilisent pas ces étalons, mais emploient des reproductions, dites étalons de travail ou étalons secondaires.

POIDS UTILISÉS DANS LES TRANSACTIONS COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES.

Des dispositions administratives récentes — Janvier 1946 et Mai 1953 — ont assez profondément modifié la réglementation antérieure, en ce qui concerne les poids utilisés dans les transactions commerciales et industrielles, la base de la réglementation étant la répartition des poids en quatre classes, d'après leur degré de précision :

— précision courante ;
— précision moyenne ;
— précision fine ;
— précision spéciale.

Les principales dispositions communes à tous les poids sont les suivantes :

Les valeurs nominales des poids doivent être égales à un multiple ou sous-multiple décimal du kilogramme, à son double, ou à sa moitié.

Les poids peuvent être fabriqués en toute matière présentant des qualités suffisantes de résistance et de stabilité.

Pour une valeur nominale donnée, la forme des poids doit être indicative de leur classe de précision.

Pour une classe donnée et dans une même série, les formes des poids doivent être sensiblement homothétiques.

Chaque poids doit porter, en caractères lisibles et indélébiles, l'indication de sa valeur nominale, ainsi que la marque du fabricant ou celle du réparateur.

POIDS DE PRECISION COURANTE.

Les valeurs nominales des poids de précision courante en métal s'étendent de 50 kilogrammes à 5 grammes.

Les poids de précision courante de masse égale ou supérieure à 50 grammes, doivent être fabriqués en fonte grise de fer ou en tout métal ou alliage, présentant, au point de vue de l'emploi, des qualités reconnues analogues.

La surface des poids de précision courante peut être nue ou protégée par un revêtement. Si la surface est nue, elle doit être brute de fonderie. Si la surface est protégée par un revêtement, celui-ci doit donner des garanties analogues à celles que l'on obtient par galvanisation, cadmiage, nickelage, chromage ou parkérisation.

Les formes générales des poids doivent être les suivantes :

— Poids de 50 kg et de 20 kg : tronc de pyramide à base rectangulaire dont les arêtes latérales sont arrondies et les autres arêtes adoucies.

— Poids de 10 kg à 50 grammes : tronc de pyramide à base hexagonale régulière dont toutes les arêtes sont adoucies.

La constitution des poids est la suivante :

— Ils comprennent un corps avec poignées ou anneaux maintenus par des lacets.

— Les poids de 50 kg ont deux poignées rectangulaires maintenues chacune par deux lacets.

— Les poids de 20 kg ont une poignée rectangulaire maintenue par deux lacets.

— Les poids de 10 kg à 50 g ont un anneau circulaire maintenu par un lacet.

Cependant, les poids de 1 kg à 50 g peuvent n'avoir ni anneau, ni lacet.

Le corps du poids comporte, débouchant sur sa base, une cavité ayant à sa partie haute une gorge rétentrice. Dans cette cavité est coulée une certaine quantité de plomb servant à l'ajustage des poids. La gorge doit avoir une forme et des dimensions telles que le plomb ne puisse être ébranlé, même sous l'action de chocs répétés.

La poignée ou l'anneau circulaire doivent être fermés. Ils sont fabriqués en acier doux de section circulaire, brasés ou soudés.

Les lacets, en acier doux, comportent une tête dans laquelle tourne librement la poignée ou l'anneau, et une queue de scellement.

2°) Le plomb d'ajustage, coulé d'un seul jet, ou fondu entièrement au four, à la lampe, ou par tout autre procédé, ne doit pas pouvoir bouger dans sa cavité. Il doit recouvrir le fond de cette cavité et la queue du lacet d'une couche d'au moins trois millimètres d'épaisseur.

RAJUSTEMENT DES POIDS DE PRECISION COURANTE.

Le rajustement des poids doit s'effectuer par une refonte complète du plomb de tarage qui doit être coulé d'un seul jet dans la cavité, en recouvrir le fond et emprisonner complètement la queue du lacet.

Pour exécuter cette opération dans de bonnes conditions, il y a lieu de prendre les précautions suivantes :

Décaper la partie de la fonte mise à découvert, remplacer le lacet si ses extrémités sont cassées, introduire dans le fond du poids un peu de sable, de cendre ou de farine, pour empêcher le plomb fondu de passer à travers le trou du lacet, puis couler le plomb en employant l'un des deux procédés suivants :

1°) Placer sur l'un des plateaux d'une balance sensible, de préférence à plateaux inférieurs, le poids étalon convenable, et la moitié de la tolérance en plus accordée, soit pour 5 kg : 5 kg + 1,5 g, puis placer sur l'autre plateau le poids à ajuster, la grande base en haut. Verser dans la cavité du poids du plomb fondu avec une cuillère, jusqu'à ce que la balance soit en équilibre.

2°) Déterminer, au moyen d'une balance sensible, la quantité de plomb nécessaire au rajustement ; placer ce plomb dans la cavité du poids et faire chauffer ce dernier ; le plomb fond régulièrement.

POIDS DE PRECISION MOYENNE.

Les valeurs nominales des poids de précision moyenne s'étendent de 20 kilogrammes à 100 milligrammes. Les poids de précision moyenne doivent être fabriqués en laiton, maillechort, acier inoxydable, ou en tout autre métal ou alliage présentant, au point de vue de l'emploi, des qualités reconnues analogues. Ils peuvent être usinés ou coulés, ils doivent présenter extérieurement des surfaces nettes, géométriquement définies.

La surface peut être nue ou protégée par un revêtement donnant des garanties analogues à celles que l'on obtient par nickelage ou chromage. La surface extérieure doit être uniformément exempte de toute rugosité.

Les poids de 20 kilogrammes à 1 gramme inclus doivent être réalisés sous forme d'un cylindre surmonté d'un bouton. Pour tous les poids, sauf ceux de 2 et 1 grammes, la hauteur du cylindre est égale à son diamètre. La hauteur du bouton est égale à la moitié du diamètre du cylindre.

Les poids de 500, 200 et 100 milligrammes sont réalisés sous forme d'une lamelle circulaire dont un segment est plié à angle droit.

La constitution des poids est la suivante :

— Les poids de 20 kg à 50 grammes comprennent deux parties : le corps et le bouton. Le corps comporte dans son axe une cavité intérieure servant à contenir la masse de tarage. Le bouton obture cette cavité d'ajustage. Il est vissé sur le corps, auquel il est invariablement fixé par une cheville en cuivre rouge enfoncée à force, à travers la collerette du bouton et dans la partie supérieure du corps et arasée. La longueur de la partie filetée du bouton est au moins égale à la partie taraudée de la couronne.

— Les poids de 200 g, 100 g et 50 g peuvent être massifs.

— Les poids de 20 g à 1 décigramme sont toujours massifs.

RAJUSTEMENT DES POIDS DE PRECISION MOYENNE.

Les poids de 20 kg à 50 grammes avec cavité sont rajustés en dévissant le bouton, après avoir enlevé la cheville, et en ajustant dans la cavité une masse de tarage ; une nouvelle cheville doit être replacée après l'opération.

Les poids massifs de 200, 100 et 50 grammes, de même que les poids de 20 grammes à 100 milligrammes devenus faibles, ne sont pas réparés.

POIDS CARATS ET POIDS SPECIAUX DE PRECISION.

Poids carats. — Dans les transactions relatives aux diamants, perles fines et pierres précieuses, la dénomination de carat métrique peut légalement remplacer celle de double décigramme. Le carat métrique vaut donc 2 décigrammes et le gramme vaut 5 carats métriques.

La forme des poids carats est celle d'un tronc de pyramide quadrangulaire ou d'un cylindre surmonté d'un bouton.

Toutefois, les poids carats inférieurs à 1 gramme sont constitués par des lames de métal coupées en forme de carrés.

Pour les poids carats cylindriques, la hauteur est inférieure au diamètre et le bouton est moins important que dans les poids ordinaires. Il est en effet indispensable que les poids commerciaux ordinaires et les poids carats ne puissent être confondus.

Les métaux autorisés sont : le platine, le laiton, le maillechort, les alliages nickel-chrome et, pour les poids au-dessous de 1 carat, l'aluminium.

Les poids carats compris entre 5 000 carats métriques et 0,10 carat métrique doivent recevoir le poinçon de vérification primitive.

Le Bureau Central d'Etalonnage de Paris est spécialement outillé à cet effet.

Poids spéciaux de précision. — Les poids spéciaux de précision destinés aux balances de précision, lesquelles ne sont pas soumises à la vérification et au poinçonnage, sont aussi exemptés de ces formalités et doivent avoir une forme sensiblement différente de celle des poids légaux, mais doivent avoir, néanmoins, des valeurs métriques.

Ils doivent être enfermés dans des boîtes spéciales, portant le nom du constructeur, l'indication de la balance à laquelle ils sont destinés, celle des poids qui y sont contenus et celle de leur degré d'exactitude.

ERREURS MAXIMA, EN PLUS OU EN MOINS, DES POIDS EN SERVICE.

Les erreurs maxima tolérées pour les poids en service des trois premières classes, ont les valeurs indiquées au tableau de la page suivante.

Les erreurs maxima des poids de précision spéciale doivent être inférieures à la moitié des erreurs maxima tolérées pour les poids correspondants de la classe « précision fine ».