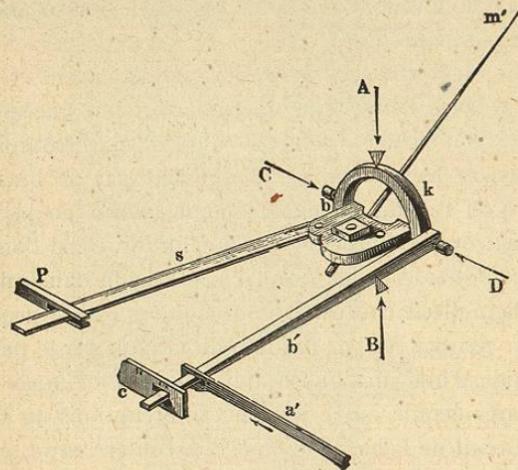


système mobile autour de AB, il en résulte pour le style m' un petit mouvement de rotation latéral. Les styles sont montés sur une articulation à la Cardan, qui leur permet de prendre un mouvement de petite amplitude dans une direction quelconque.

Fig. 70.



Pour mettre l'instrument en expérience, on amène l'engrenage M en prise avec la roue B à l'aide de la vis Y; un dispositif de pivotement placé en J permet d'arriver facilement à ce résultat. Les communications de circuits étant alors établies, on fait tourner le volant à la main, et l'on peut procéder aux essais de tir.

Bashforth a entrepris à Woolwich, avec son chronographe, une série d'expériences sur la résistance de l'air au mouvement des projectiles (1867-1869); il est arrivé à conclure que cette résistance est sensiblement proportionnelle au cube de la vitesse, lorsque celle-ci varie dans les limites de la pratique, c'est-à-dire entre 100^m et 570^m par seconde. Cette loi du cube avait d'ailleurs été déjà formulée par Hélie dans son *Traité de Balistique* (1865).

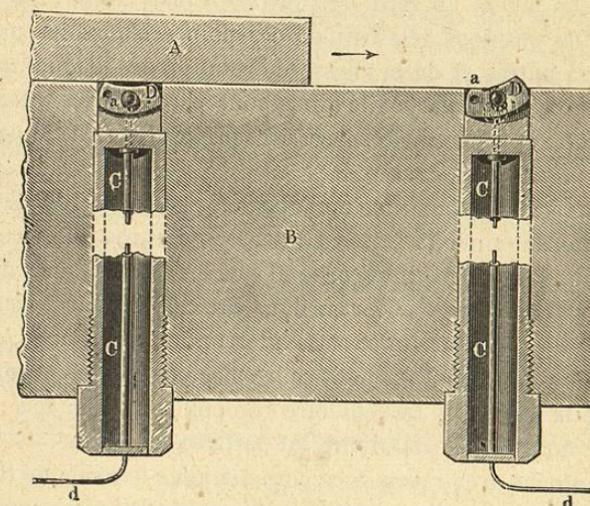
f) Chronographe Noble.

Ce chronographe est destiné à mesurer la vitesse du projectile à l'intérieur même du canon. Pour cela, Noble a cherché, par une combinaison de courants électriques, à faire marquer sur un cylindre tournant avec une vitesse très-grande, mais uniforme, l'instant précis où le projectile atteint un point déterminé du tube.

L'appareil consiste essentiellement en une série de disques métalliques minces, circulaires, ayant $0^m,916$ de circonférence, assujettis sur un arbre commun et isolé. On donne à ces disques une très-grande vitesse de rotation par la chute d'un poids, dont le mouvement se transmet à l'arbre par l'intermédiaire d'un engrenage de roues droites; pour augmenter la vitesse, on agit sur une manivelle fixée au second arbre de transmission, de manière que les disques possèdent une vitesse à la circonférence de 1000 pouces anglais ($25^m,40$) par seconde. Sur le troisième arbre de transmission est monté un système d'horlogerie, qui peut être embrayé ou désembrayé à volonté, et qui donne, avec une approximation de $1/10$ de seconde, le temps écoulé pendant un nombre de tours déterminé. Le pourtour des disques porte des bandes de papier préalablement recouvertes de noir de fumée; il est, en outre, mis en relation avec l'un des fils secondaires de l'appareil d'induction, tandis que l'autre fil secondaire, isolé avec soin, aboutit à un arc conducteur placé à une petite distance du bord du disque correspondant.

Dans les parois de la bouche à feu sont vissés des cylindres C (fig. 71 et 72) qui sont munis, au point où ils affleurent la surface

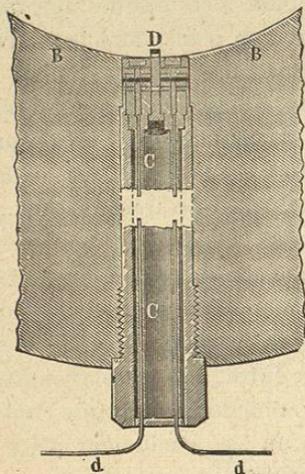
Fig. 71.



de l'âme, de clapets à charnière D. Sur l'un des côtés du cylindre pénètre le fil primaire d , qui traverse l'ouverture a du clapet (fig. 71) et ressort de l'autre côté du cylindre (fig. 72); les deux extrémités

de ce fil sont reliées aux fils principaux de l'appareil électrique, dès

Fig. 72.



que les cylindres sont mis en place. Le passage du projectile relève l'œil du clapet, retenu par le fil primaire *d* qui se rompt: la rupture du courant principal donne aussitôt naissance à un courant d'induction dans les fils secondaires de la bobine correspondante; une étincelle jaillit entre l'arc conducteur et le disque en brûlant le noir de fumée, et il reste un petit point blanc parfaitement perceptible. Ce phénomène se reproduit sur chaque disque à la rupture de chaque circuit.

L'expérience terminée, on recherche la série des étincelles sur les disques métalliques. A l'aide d'une vis micrométrique, on amène le point blanc du premier disque exactement en face de la pointe du déchargeur correspondant; on fixe un vernier à l'extrémité de l'arbre, et on le met au zéro; on opère de même pour les autres disques. Des positions relatives de ces points blancs les uns par rapport aux autres et de la vitesse de rotation des disques, on déduit le temps que le projectile a mis pour parcourir les intervalles compris entre les ouvertures successives pratiquées dans la paroi de la pièce.

On peut vérifier l'exactitude de l'appareil par l'appareil lui-même, en procédant comme il suit. Si tous les courants primaires sont rompus simultanément, il est évident que les points blancs de tous les disques devront se trouver en ligne droite, sur une parallèle à l'axe de l'arbre. Pour produire cette interruption simultanée, on fixe tous les fils primaires à un petit cadre placé un peu en avant de la bouche de la pièce: ils doivent être rompus tous à la fois par le projectile, dont la face antérieure est parfaitement plane.

On a reproché avec raison à ce chronographe le mode de rupture des fils primaires par le projectile: la force nécessaire pour abattre les clapets est, en effet, si considérable et le choc que subit le projectile si violent qu'on retrouve assez souvent de profondes entailles longitudinales dans les ceintures cylindriques; on peut en

conclure que le projectile a éprouvé une perte notable de vitesse. En outre, le mode d'évaluation du nombre de tours effectués par les disques est inexact, car l'appareil d'horlogerie se trouve retardé par sa liaison même avec le chronographe.

Les tableaux des tirs d'expérience publiés par la Commission anglaise indiquent des résultats qui, bien que satisfaisants en général, laissent souvent à désirer au point de vue du fonctionnement de l'appareil. Ainsi, le temps correspondant à l'intervalle du troisième au quatrième cylindre se trouve être de $0^{\text{sec}},000\,496$, dans une expérience, et, dans une autre, de $0^{\text{sec}},000\,525$; les vitesses correspondantes du projectile seraient de $1\,030^{\text{pieds}},5$ ($314^{\text{m}},40$) et 973^{pieds} ($296^{\text{m}},57$) par seconde, d'où résulterait, entre les deux coups, une différence peu admissible de $57^{\text{pieds}},5$ ($17^{\text{m}},53$).

g) Chronographe Schultz.

Dès 1864, Schultz avait construit un chronographe bien supérieur à l'appareil de Noble et récemment perfectionné par Marcel Deprez, qui en a fait un instrument d'une extrême précision (fig. 73) (*). La principale différence entre le chronographe Schultz et le chronographe Noble, c'est que, pour le premier, la vitesse imprimée au cylindre peut être connue à chaque instant avec une grande exactitude, grâce à l'emploi d'un diapason vibrant, qui trace sur le cylindre une série de sinusoïdes régulièrement espacées, dont chacune représente $1/500$ de seconde.

L'appareil primitif de Schultz comprend trois parties essentielles:

1° Un cylindre métallique horizontal, pouvant recevoir un mouvement de rotation au moyen d'un système d'engrenages qui le mettent en relation avec un poids moteur;

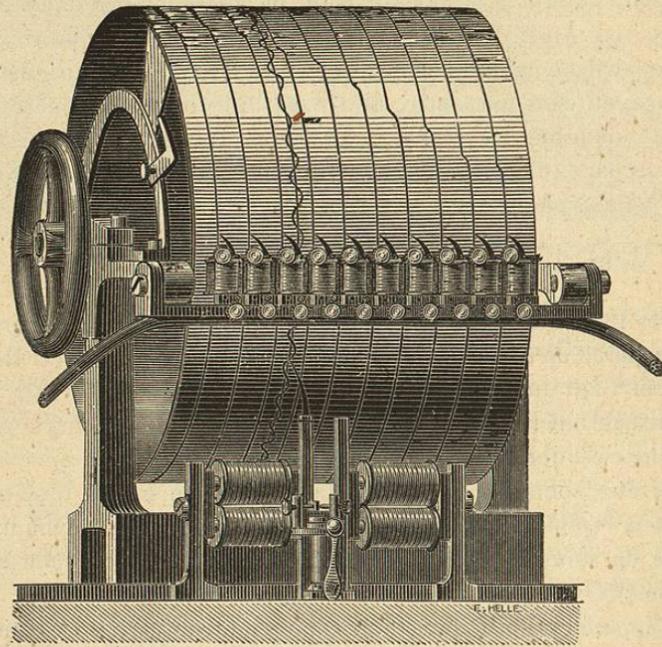
2° Une bobine d'induction chargée de donner des étincelles électriques, dont la trace est conservée sur le cylindre noirci à l'avance;

3° Un diapason vibrant, muni d'une plume dont la pointe trace ses positions successives sur le cylindre en mouvement.

(*) Les fig. 73, 74, 76 et de 81 à 85 sont extraites d'une notice intitulée: *De la mesure des pressions développées par les gaz de la poudre*, par M. H. SÉBERT, chef d'escadron d'artillerie de la marine, Paris, Tanera, 1877. — Nous avons fait plusieurs emprunts à cette brochure, notamment en ce qui concerne le chronographe Schultz, les expériences de Rodman et d'Uchatius et les appareils de mesure des pressions dus à MM. Marcel Deprez et Sébert.

Comme organes secondaires, l'appareil comporte encore un interrupteur et un système d'électro-aimants destinés à entretenir les vibrations du diapason, un pendule et une horloge électrique pour mesurer la durée de ces vibrations.

Fig. 73.



L'appareil est porté sur un bâti en fonte surmonté d'une tablette de bois : l'axe du cylindre repose sur un chariot mobile dans le sens longitudinal et reçoit le mouvement de rotation par une roue dentée, montée sur l'une de ses extrémités ; il est muni, à l'autre extrémité, d'un volant à main. L'arbre le plus voisin de la table, fileté sur une partie de sa longueur, reçoit un mouvement de rotation par l'intermédiaire d'une roue calée sur lui, et peut être embrassé par les deux mâchoires d'un écrou à ressort fixé au cylindre, de sorte que celui-ci, tout en tournant, est alors entraîné le long de l'arbre fileté, qui fait le même nombre de tours. Un régulateur à ailettes permet de faire varier à volonté la résistance de l'air. L'appareil est également muni d'un frein, composé d'un tore en bronze sur lequel frotte une lame de bois, qu'on peut appuyer plus ou moins fortement au

moyen d'un système excentrique. Une petite manivelle, placée à l'extrémité de l'axe du tore, permet de commander le mouvement à la main et de produire ainsi une marche lente, commode pour certaines opérations. Enfin une lunette est portée par un arc gradué en laiton, concentrique au cylindre, sur lequel elle peut être mise en mouvement au moyen d'un bouton et d'une crémaillère ; cet arc lui-même peut se déplacer parallèlement à l'axe du cylindre, à l'aide d'une seconde crémaillère.

La bobine d'induction, construite par Rhumkorff, est placée dans le pied du bâti et diffère peu des bobines usuelles. Le circuit induit sort par les deux poupées dont elle est surmontée : l'une d'elles communique avec le cylindre enregistreur par ses supports métalliques, l'autre avec une pointe de platine enfermée dans un tube de verre qui se présente normalement au cylindre et près de sa surface. Le pendule électrique joint à l'appareil doit battre la seconde et donner une interruption, toutes les deux secondes, dans le courant inducteur qui passe par l'interrupteur du pendule ; le mouvement d'oscillation est d'ailleurs entretenu électriquement par un dispositif spécial. L'horloge électrique marque le nombre des demi-oscillations du pendule, à l'aide d'un courant particulier qui la traverse à chaque demi-oscillation. La durée de l'oscillation se mesure en comparant le nombre marqué par l'horloge au nombre de secondes enregistré par un chronomètre.

Le diapason est disposé en avant du cylindre : les deux branches verticales, en acier doré, sont munies de deux armatures de fer doux, en regard desquelles se trouve le système des électro-aimants chargés d'entretenir le mouvement vibratoire. La plume du diapason peut être relevée au moyen d'un petit levier à main porté par une colonne fixe, au sommet de laquelle se trouve, dans une plaque de gutta-percha, l'encastrement de l'une des extrémités du circuit induit, l'autre extrémité étant formée par le cylindre lui-même. Les deux électro-aimants sont placés par dérivation dans un même circuit, et la distance de l'armature de chacun d'eux, réglée par une vis de rappel, est d'environ $0^m,002$. Le courant des électro-aimants traverse un interrupteur Foucault, dont le nombre des vibrations est exactement moitié de celui du diapason : en réglant convenablement le niveau du mercure dans le godet, on arrive ainsi à produire, par l'attraction périodique des branches du diapason, une série d'actions toutes favorables à l'entretien du mouvement vibratoire de ce

dernier. Le diapason donne environ 500 vibrations simplés par seconde.

Pour mettre l'appareil en expérience, on recouvre la surface polie et argentée du cylindre d'une couche de noir de fumée, on met le diapason en vibration, on s'assure que le courant inducteur traverse les cibles, et on lâche le frein : le cylindre se met en mouvement et acquiert bientôt une vitesse de rotation de 4 à 6^m à la circonférence, tout en se déplaçant de la droite vers la gauche. La plume du diapason décrit sur le noir de fumée une série de sinusoides très-nettes, et les ruptures successives du courant inducteur donnent des étincelles dont la trace reste sur le cylindre. La distance de deux de ces étincelles servira à mesurer la durée qui a séparé les interruptions correspondantes du courant, la vitesse de rotation du cylindre étant connue par la trace même des vibrations du diapason. On obtient ainsi cette durée avec une erreur de lecture moindre que 0^{sec},000 04.

Dans des expériences exécutées à Meudon (1864), Schultz réussit à enregistrer, avec cet appareil, les instants du passage du projectile en différents points de l'âme. Mais, quand on voulut appliquer le chronographe à la mesure des pressions produites par les gaz à l'intérieur de la pièce, en le mettant en relation avec les manomètres à pistons différentiels de Marcel Deprez (p. 576), l'étincelle d'induction ne put donner de bonnes indications pour des phénomènes aussi rapides, la bobine n'ayant pas le temps de se recharger entre les instants des déplacements de deux pistons consécutifs; en outre, les départs des pistons n'étaient pas produits avec assez de rapidité pour donner des signaux suffisamment nets avec l'étincelle, qui exige des ruptures de circuit très-brusques; enfin, les irrégularités mêmes de production de cette étincelle introduisaient des erreurs trop considérables, eu égard à la petitesse des intervalles à mesurer.

C'est alors que Marcel Deprez imagina un système d'enregistreurs électriques d'un maniement simple et commode, doués d'une précision et d'une constance remarquables. Ces enregistreurs (*fig. 73*) se composent de petits électro-aimants portant chacun une petite plume d'acier, qui trace sur le cylindre en mouvement une circonférence : lorsque le courant qui entretient chaque électro-aimant est interrompu, la plume est déplacée et trace un crochet qui fixe à l'instant le phénomène. Le retard entre le moment où le courant est

rompu et celui où la plume se met en mouvement peut être abaissé à 1/8000 de seconde, tandis qu'il est de près de 1/100 pour les électro-aimants ordinaires, et la variation de ce retard d'un instant à l'autre ne dépasse pas 0^{sec},000 01. Comme, dans les expériences de balistique, on ne cherche que des différences de temps, il en résulte que l'on peut évaluer des durées de 0^{sec},000 01.