

la base inférieure d'un T qui peut se mouvoir parallèlement à lui-même jusqu'en T' (fig. 3), position pour laquelle la somme algébrique des divers termes de l'équation devient égale à zéro.

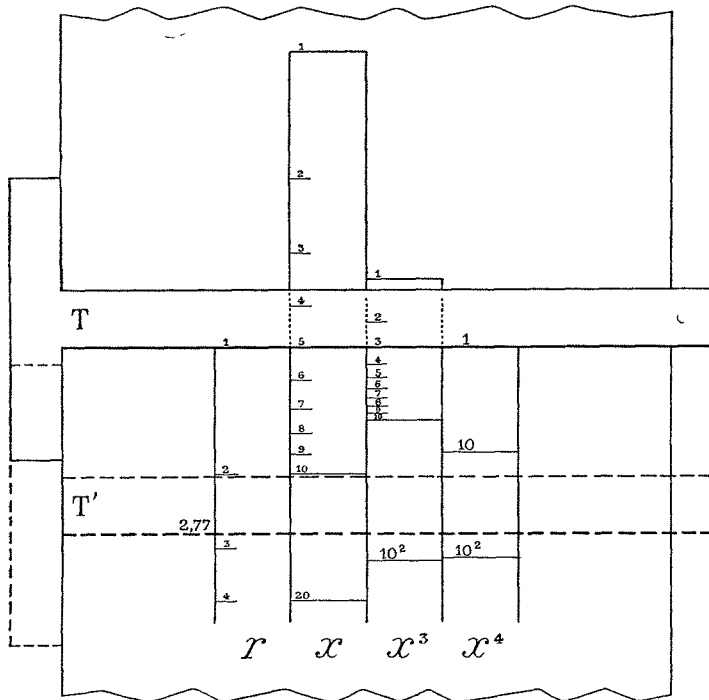


FIG. 3. — Résolution de l'équation :
 $x^4 - 3x^3 + 5x - 9 = 0$

En plus de l'économie de construction, ce dernier appareil a encore l'avantage de restreindre le tableau aux seules colonnes nécessaires à la résolution de l'équation dont on s'occupe.

§ V. — Application.

Soit, par exemple, à calculer les dimensions d'un canal de dérivation d'une usine hydraulique, capable de débiter 4 mètres cubes par seconde, avec une pente de un millimètre par mètre.

Nous supposons qu'il s'agit d'un canal maçonné, de section, rectangulaire, et nous nous servirons de la formule bien connue de BAZIN :

$$\frac{RI}{V^2} = \alpha \left(1 + \frac{\beta}{R} \right)$$

dans laquelle V est la vitesse moyenne, et où R , le rayon moyen, est égal au rapport $\frac{\Omega}{\chi}$ de la section Ω du canal à son périmètre mouillé χ . On a donc, en désignant par x la largeur du canal, et par y sa hauteur :

$$V = \frac{Q}{xy} \quad R = \frac{xy}{x + 2y}$$

En portant ces valeurs de V et de R dans la relation précédente il vient :

$$y^4 x^4 - \alpha \frac{Q^2}{T} \left[(y + \beta) x^2 + (2y^2 + 4\beta y) x + 4\beta y^2 \right] = 0 \quad (1)$$

Si l'on se donne arbitrairement la valeur y de la hauteur du canal, on n'aura plus qu'à résoudre une équation du 4^e degré en x .

Par exemple, si l'on se donne arbitrairement $y = 1$, l'équation précédente devient :

$$x^4 - 3,25x^2 - 6,93x - 0,85 \quad (2)$$

pour le cas de maçonneries soigneusement rejointoyées, ou munies d'un enduit ordinaire, pour lequel on a :

$$\alpha = 0,00019 \quad \text{et} \quad \beta = 0,07$$

on voit immédiatement que la seule solution compatible avec la valeur $y = 1$, est une racine comprise entre 1 et 10. On cherche donc, au moyen du radicaalculateur, la racine de l'équation (2) comprise entre 1 et 10. L'appareil donne aussitôt la solution $x = 2,485$.

On sait que les dimensions qui, pour une même section, conduisent au minimum de périmètre mouillé, ainsi qu'au minimum de la perte de charge, sont celles qui correspondent à une largeur double de la hauteur. Les dimensions précédemment trouvées diffèrent assez peu de cette condition, on pourrait les accepter.

Cependant, si l'on désirait plus d'exactitude (et pour les cas où cette première approximation aurait donné des résultats beaucoup trop écartés de la condition précédente), on se donnerait une nouvelle valeur de y , comprise entre 1 et 1,20, et l'on aurait à résoudre une nouvelle équation (2') qui donnerait une nouvelle valeur de x plus approchée que la précédente. En opérant ainsi par approximations successives, ce que le radicaalculateur permettrait de faire très rapidement, on arriverait bientôt à la valeur exacte cherchée.

Mais on peut obtenir plus directement cette valeur exacte en posant $x = 2y$ dans l'équation (1), ce qui donne :

$$2y^8 - \alpha \frac{Q^2}{T} \left[y^3 + 2\beta y^2 \right] = 0$$

ou, pour le cas considéré :

$$y^6 - 1,52y - 0,21 = 0 \quad (3)$$

Equation dont le radicaalculateur donne immédiatement la racine $y = 1,11$

Les dimensions du canal seront donc :

$$y = 1^m 11 \quad x = 2^m 22$$

On établirait de même les dimensions d'un canal de section trapézoïdale, avec parois en terre, les calculs seraient seulement un peu plus long.

J. JOUFFRAY,
Ingénieur E. C. L.

LE BÉTON ARMÉ ACTUEL

Ses principes et ses ressources

Rapport présenté à la section du Génie civil du Congrès de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, par M. C. RABUT, ingénieur en chef, professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Pour servir d'introduction aux séances que l'A. F. A. S. a eu l'heureuse idée de consacrer, dans son congrès de 1907, au béton armé, je me propose de préciser, en quelques pages, la conception qu'on doit actuellement se former des principes de ce mode de construction et des ressources qu'on peut en attendre, d'après les résultats déjà acquis.

Si l'on laisse de côté le bois, article à production limitée, la grande construction ne dispose que de deux matériaux : la pierre et le fer.

La construction en pierre a seule un long passé : sous les influences combinées du développement des communications, du progrès de l'industrie et du renchérissement de la main-d'œuvre, le type primitif, maçonnerie de pierres de taille posées sans mortier, a lentement évolué jusqu'à la forme moderne essentiellement industrielle du béton de ciment comprimé, celle qui, presque partout, fournit actuellement au plus bas prix l'unité de résistance. La maçonnerie de toute catégorie, formée de morceaux juxtaposés, dépourvue par conséquent de résistance à l'arrachement, doit s'employer en massifs dont les trois dimensions dépassent un pied et dont les formes soient telles qu'ils ne subissent que des efforts de compression, à savoir : le pylône et la voûte.

Le fer, produit récent d'une industrie perfectionnée (fonte moulée au début, actuellement acier laminé ou tréfilé) possède une résistance spécifique environ vingt fois plus grande que celle de la pierre et qui, de plus, résiste à l'arrachement comme à l'écrasement. De cette dernière propriété, résulte la possibilité de construire en métal des poutres droites, soit reposant sur deux appuis, soit en porte-à-faux et par suite des cantilevers. En raison, d'ailleurs, de la grandeur même de sa résistance, le fer s'emploie normalement en prismes ou barres de très petite section; les barres comprimées, exposées à flamber, doivent être entre-toisées, d'où emploi de la forme en treillis, tant dans les poutres que dans les pylônes. La barre tendue n'ayant pas besoin de contreventement, la forme la plus avantageuse de l'élément métallique n'est pas le treillis de barres rigides, mais bien le faisceau de câbles flexibles.

Dans l'état actuel de l'industrie, le problème capital de la construction, à savoir l'établissement des ponts de très grande portée, a sa solution la plus économique dans la combinaison du câble métallique et du pylône en maçonnerie (pont suspendu). On réalise ainsi la division du travail entre le fer tendu et la pierre comprimée. Dans cette combinaison, les deux matériaux bien qu'associés restent séparés et n'ont que le minimum de points de contact. On peut aussi les associer en les réunissant intimement, et c'est là la définition du béton armé.

Mais tandis que le principe du pont suspendu ne se prête qu'à une combinaison unique, celui du béton armé représente, à proprement parler, une infinité de combinaisons différentes, à cause des innombrables éléments arbitraires que comporte le mélange des deux matériaux.

En réalité, la maçonnerie et la charpente métallique nous apparaissent désormais comme deux cas particuliers, extrêmes et opposés, de la solution générale du problème de la construction, solution qui consiste à unir les deux matériaux dans des conditions qui, de ce fait, présentent une variété infinie. Le béton armé est donc beaucoup plus qu'un troisième procédé de construction venant simplement s'ajouter aux deux premiers : c'est un terme générique embrassant un nombre illimité de procédés de construction différents dont chacun peut avoir un domaine aussi vaste que celui de la maçonnerie ou de la charpente métallique pures.

On conçoit de suite, en effet, qu'on peut, en principe, allier chacune des variantes de la maçonnerie avec chacune des variantes de la construction métallique. Mais il y a bien d'autres éléments de différenciation entre les bétons armés. D'abord, les positions relatives du fer et du béton : on peut loger le fer entièrement dans le béton (bétons armés proprement dits), ou inversement le béton dans le fer (bétons frettés) et encore réaliser de diverses manières une pénétration incomplète de l'un dans l'autre (poutres métalliques partiellement enrobées, massifs de béton partiellement frettés).

Lorsque le fer est logé dans le béton, divers rôles peuvent être assignés à l'armature.

Le plus fréquent est de supporter exclusivement les efforts

d'extension. Les pièces métalliques, quelles que soient les formes et les dimensions de leurs sections, doivent alors être orientées, en chaque point de leur trajet, au moins approximativement, dans la direction des efforts locaux de plus grande extension.

Mais on peut aussi utiliser l'armature pour la résistance à la compression, et cela peut se faire de deux manières différentes.

Celle à laquelle on pense tout d'abord est d'orienter les fers dans la direction des efforts locaux de plus grande compression. C'est l'armature directe. Comparée à une barre comprimée dans la charpente métallique ordinaire, la barre enrobée a l'avantage de ne pouvoir flamber, car le béton s'y oppose moyennant une fatigue insignifiante pour lui-même. Le métal employé en armatures directes a donc exactement le même rendement utile à la compression qu'à l'extension.

Il faut noter, toutefois, une différence essentielle, au point de vue économique, entre ces deux cas. Dans l'un comme dans l'autre, la déformation longitudinale étant la même pour le fer et le béton, le fer ne peut atteindre la limite pratique de déformation sans que le béton dépasse la sienne qui est moitié moindre. Cela est sans inconvénient si l'on ne compte que sur la résistance du métal (attendu que le béton peut travailler au double de sa limite pratique sans compromettre l'adhérence, et c'est ce qu'on fait presque toujours dans le cas de l'extension; à la compression, au contraire, il y a, en général, avantage à utiliser la résistance du béton en totalité et celle du fer, plus coûteuse, pour moitié seulement. Il en serait autrement si l'on exécutait l'ouvrage de manière à imposer à l'armature une compression préexistante (et utilisée pour la résistance) d'environ 6 kilogrammes par millimètre carré.

La seconde manière d'employer une armature contre un effort de compression est de l'orienter transversalement à cet effort : le fer s'oppose alors, par l'adhérence, au gonflement transversal du béton; comme la résistance du béton est mise en jeu avant celle du métal et que le gonflement linéaire en travers n'est guère que le quart du raccourcissement en long, cette armature indirecte est plus économique que la précédente pourvu que l'on dispose de l'ancrage nécessaire à l'adhérence.

On peut enfin, combiner les armatures directe et indirecte contre la compression (Hennebique). Dans l'intervalle de deux armatures transversales consécutives, les fers longitudinaux s'opposent au gonflement par leur résistance à la flexion.

On voit par ce qui précède quelle variété de combinaisons comporte le principe du béton armé, du seul fait du mode d'action qu'on impose à l'armature.

Mais les éléments les plus nombreux de différenciation des systèmes de béton armé se rencontrent dans les variantes qu'admet la mise en œuvre des matériaux.

Le béton est généralement comprimé pendant sa mise en place, soit avec des pilons à main ou actionnés mécaniquement, soit par cylindrage, soit même par la force centrifuge quand il s'agit de tuyaux Hennebique. Mais on peut aussi obtenir l'adhérence avec le fer en coulant simplement le béton très fluide. On peut alors utiliser le ciment prompt, dont l'emploi n'est généralement pas compatible avec la compression avant prise.

Un principe très fécond de variantes dans la mise en œuvre est le moulage préalable, à l'usine, de tout ou partie des éléments d'une construction (E. Coignet).

Un autre principe important est l'utilisation de ces éléments moulés d'avance comme support des parties à poser ensuite, que celles-ci soient également moulées d'avance ou confectionnées sur place.

Un exemple récent et très curieux de ces combinaisons est le pont de Belvidère (Etats-Unis) : on a édifié d'abord un arc composé de voussoirs armés mais creux, ouverts par le haut et sur leurs faces de contact, qui ont été posés en porte-à-faux en partant des culées; après clavage, le vide continu

des voussoirs a été ensuite rempli de béton où l'on a introduit de nouvelles armatures (Strauss).

On remarquera que le rouleau de voussoirs creux constitue en réalité le cintre de la voûte et dispense d'un cintre provisoire. C'est aussi un principe très fécond en matière de béton armé, que l'incorporation, à la construction définitive, des travaux préparatoires.

Un parti analogue au précédent à l'égard du fer est le montage systématique de tout ou partie des armatures de façon qu'elles forment une charpente se soutenant par ses propres moyens avant l'emploi du béton (Bonna). Cela peut se pratiquer avec ou sans le support des coffrages ou du béton lui-même par cette charpente métallique. Notons que dans ce dernier cas le fer supporte à lui seul le poids de la construction, le béton ne travaillant que sous les surcharges.

Quant à la force des armatures, je signalerai comme principes de variantes l'emploi systématique de fers profilés (totalement ou partiellement enrobés), de fils métalliques, de métal déployé.

Les variantes portant sur la forme de l'élément pierre consistent dans l'emploi systématique de briques creuses enfilées par les armatures (Cottancin), de maçonnerie en petits matériaux, de tranches armées (Harel), etc.

Dans le béton fretté, la compression peut être pratiquée avant ou après la prise du ciment; l'armature périphérique peut consister en spires (Considère), en anneaux ou en tubes continus. Ce dernier système est le seul où l'adhérence ne joue aucun rôle : dans les deux premiers, elle s'exerce transversalement par rapport aux barres frettantes.

La variété des combinaisons que contient en germe le principe du béton armé est actuellement loin d'être épuisée, et l'on en voit fréquemment apparaître de nouvelles. Il est juste de constater qu'elles sont dues, pour la plupart, comme l'ont été les premiers essais du béton armé et ses plus importants progrès, à des constructeurs français.

D'un pays à l'autre, les types varient surtout en raison du prix de la main-d'œuvre; aussi les deux types extrêmes se rencontrent en Bretagne et aux Etats-Unis. Dans le premier de ces deux pays, où l'ouvrier est peu payé, Harel emploie systématiquement la maçonnerie armée à profils évidés avec grand développement de parements et de très faibles pourcentages. En Amérique, où la main-d'œuvre est hors de prix et le travail d'usine très bon marché, on pratique presque exclusivement le coulage du béton, l'emploi d'armatures peu nombreuses, par suite très grosses, mises en place sans précision et sans attaches, et on rachète, en vue de l'adhérence, le manque de surface de ces fers par un guillochage obtenu au laminoir (Thacher).

Cette extrême souplesse, due au grand nombre d'éléments arbitraires que comporte la conception du béton armé, et qui lui permet de s'adapter aux besoins les plus divers, constitue son principal avantage sur les deux modes de construction, moins complexes, mais moins riches, qui l'ont précédé. A cet avantage capital, s'en joignent d'autres qu'il n'est pas sans intérêt de préciser, si l'on nous pardonne quelques redites sur ce sujet déjà classique :

Solidarité entre les parties d'une construction, obtenue sans dépense supplémentaire, par le prolongement des fers de l'une dans l'autre;

Résistance aux agents extérieurs : humidité, gelée, feu, émanations corrosives, variations de température, le fer étant couvert et le béton *cousu*;

Résistance à tous les genres d'efforts intérieurs, réglée à volonté, en chaque point, sans excès de matière;

Pas de rupture brusque;

Résistance aux effets dynamiques par la masse, qui manque aux charpentes métalliques, et par la ténacité, qui manque aux maçonneries;

Facilité de bardage et de mise en œuvre, due à la division des matériaux;

Sécurité croissante avec l'âge de la construction.

En regard de ces avantages, il est utile de noter les inconvénients du béton armé.

Le principal est la longue durée nécessaire au durcissement complet du ciment, à cause de sa proportion plus grande que dans la maçonnerie. Pour ce motif, les constructions en béton armé possèdent leur minimum de sécurité pendant la période d'exécution; elles ont donné lieu, pendant cette période, à de plus nombreux accidents que les ouvrages en pierre ou en fer. En revanche, celles-ci périssent assez souvent en service après avoir satisfait aux épreuves initiales, alors qu'il n'y a pas, à ma connaissance, d'exemple analogue pour un ouvrage en béton armé.

Un second inconvénient, qui n'existe que pour une partie des systèmes de béton armé, est la sujétion assez minutieuse qu'implique l'implantation des armatures et le pilonnage du béton.

Enfin, l'inconvénient réel qui se fera sentir le plus longtemps et qui cause, à mon avis, le plus de préjudice au développement du béton armé, c'est son infériorité esthétique, due surtout : 1° à la nouveauté des formes que comportent les nouveaux modes de construction; 2° à l'impossibilité de mettre en évidence les fers enrobés.

Ces inconvénients n'empêchent pas le nombre et l'importance des applications du béton armé de suivre, d'année en année, une progression plus que géométrique.

Dans plusieurs catégories de constructions, telles que les bâtiments industriels (et plus généralement les bâtiments non habités), les cuves de réservoirs, les aqueducs découverts, les dalots, les conduites forcées de grand diamètre, les estacades et encorbellements, les ponts et passerelles par dessus les chemins de fer, les ponts industriels et ruraux, les pilotis, les caissons de fondation, les murs de soutènement, le béton armé est d'ores et déjà préféré, le plus souvent, à la maçonnerie ou à la charpente métallique. Il en est de même de certaines parties des bâtiments d'habitation : les planchers, certains escaliers, les citernes, les fosses d'aisance et aussi certaines parties des ouvrages d'art : plaques de fondation sur terrains compressibles, platelages de ponts métalliques ou en maçonnerie (Séjourné).

Dans la construction intégrale des ponts, l'emploi du béton armé a été tardif, mais ses progrès sont tellement accélérés depuis quatre ou cinq ans, qu'on doit prévoir son triomphe sur les anciens procédés dans un délai de deux ou trois ans au plus.

Parmi les applications encore en retard, mais appelées au plus grand avenir, je signalerai les phares (un seul construit à Nicolaiew), les tunnels construits en galerie (un seul exemple à Meudon), les grands murs de réservoirs (aucun exemple), les écluses, formes de radoub et autres grands ouvrages des ports — tous genres de travaux où le béton armé présente sur les systèmes anciens un immense avantage de sécurité et de durée, et enfin le bâtiment d'habitation.

La lenteur des premiers progrès en matière de travaux publics tient à la difficulté de mettre en mouvement les grandes administrations, puissamment centralisées, qui détiennent ces travaux dans toute l'Europe continentale; aussi avons-nous été devancés, sur ce point, par l'Angleterre et les Etats-Unis; mais nous avons pris depuis de brillantes revanches (travaux Harel, travaux des Compagnies d'Orléans, de l'Ouest et de l'Est, pont de Châtellerault, Denize et surtout Pyrimont).

Quant à la maison d'habitation, la difficulté est d'un autre ordre. Le mur en béton armé, avec l'épaisseur stricte que veut la résistance, n'assure pas la protection contre les intempéries; suffisamment matelassé, il coûte plus que le mur en pierre. Mais ce n'est là que le petit côté de la question. Le fait capital, c'est la liberté nouvelle et prodigieuse donnée à l'architecte pour la réalisation de tous les désirs, de tous les rêves du propriétaire. La souplesse du béton armé, supprimant toute subordination entre les parties du bâtiment (correspondance des murs d'un étage à l'autre, des plafonds dans un même

étage, limitation des porte-à-faux, etc.), permet de tout oser sans risque ni frais. Une nouvelle architecture doit donc naître, dont le caractère sera une extrême fantaisie; l'enfantement de cette révolution demande quelque temps et surtout quelques hommes d'une certaine envergure.

L'Invention du four électrique

Le prix Nobel, la mort de Moissan, ainsi que l'affaire Lemoine, ont rappelé l'attention sur le four électrique, et la plupart de ceux que ces questions préoccupent attribuent le four électrique à Moissan. La gloire de ce dernier est assez grande pour n'avoir rien à craindre du rétablissement de la vérité et il est permis de rendre le four électrique à celui qui l'a imaginé il y a vingt-six ans.

C'est en 1881 que M. Louis Clerc, aujourd'hui chef de l'exploitation du secteur Edison, poursuivant ses études sur la lampe Soleil dont il était l'inventeur, imagina le four électrique sous la forme même où Moissan l'employa quelques années plus tard. Le brevet belge du 9 juillet 1881, pris au nom de la Compagnie belge de Lumière Electrique, à laquelle appartenait alors M. Clerc, montre la similitude des deux appareils, et c'est pour cette raison que nous le reproduisons ci-dessous, avec les figures qui l'accompagnent. Cette similitude n'implique, d'ailleurs, nullement que Moissan ait eu connaissance alors de cette antériorité; en 1896, faisant des expériences avec le four électrique à l'usine Trudaine, Moissan reconnut devant M. Clerc l'antériorité évidente du brevet de 1881, *la seule qu'il acceptât*.

Le four électrique venait trop tôt en 1881; les ressources de l'industrie étaient insuffisantes pour l'exploitation utile de ses remarquables propriétés; cependant, avec le faible courant dont il disposait, 15 ampères sous 160 volts, M. Clerc put obtenir la transformation du charbon en graphite, et il reconnut que rien ne pouvait résister à la chaleur de l'arc. La conséquence en fut l'abandon de la lampe Soleil, faute d'une matière réfractaire suffisante.

Voici le texte original du brevet :

Notre invention a pour but de produire et d'utiliser l'énorme quantité de chaleur que peuvent développer une flamme oxyhydrique ou un arc voltaïque, employés seuls ou concurremment, quand ils lèchent continuellement les mêmes parois de la substance à échauffer.

L'appareil ou four à l'aide duquel nous réalisons cette invention consiste en un bloc fait de matière ou de pâte réfractaire, dans lequel nous réservons deux, quatre ou un nombre quelconque de canaux.

Si le four de haute température est à flamme oxyhydrique, chaque paire de canaux reçoit deux tubes à gaz pour l'accès de l'hydrogène et de l'oxygène dans des proportions connues.

Si l'appareil est à arc voltaïque, ces canaux reçoivent des baguettes de charbon terminant les fils ou câbles d'une machine productive d'électricité. Ces baguettes seront mues par des contrepoids ou par des ressorts. Elles ont leurs extrémités noyées dans la matière réfractaire, et l'arc passe par deux orifices qui les maintiennent.

On peut employer les deux sources de chaleur concurremment. Quant à la nature du bloc, il suffit que celui-ci soit formé d'une matière réfractaire; à cet effet, nous employons de préférence, quoique non exclusivement, un aggloméré de magnésie calcinée et d'un oxyde métallique, comprimés à haute pression.

La forme intérieure du four dépend du corps que l'on veut soumettre à la haute température obtenue. C'est généralement une simple cavité sphérique, sur laquelle on peut disposer un couvercle mobile.

Dans certains cas, ce couvercle peut être fixe, ou être percé d'une ouverture pour l'introduction des matières à traiter.

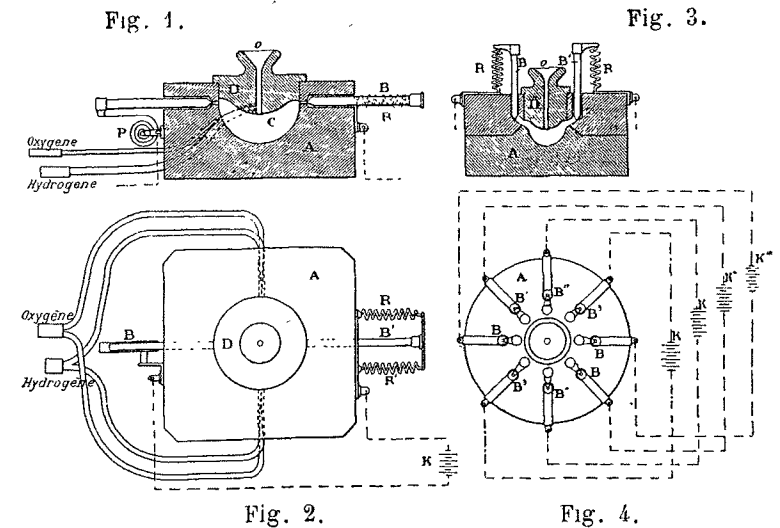
On voit facilement que, par la disposition indiquée, la matière à traiter sera toujours lèchée par la flamme ou par l'arc, dont la position est uniformément invariable.

Les applications de ce four sont nombreuses.

Le dispositif dans lequel on fait usage d'un arc voltaïque, permettant la transformation du charbon en graphite, peut être utilisé dans beaucoup de cas où cette transformation de charbon en graphite peut aider à l'action physique ou chimique que l'on a en vue.

La figure 1 est une coupe verticale, et la figure 3 une vue horizontale d'une première disposition.

La figure 2 est une coupe verticale, et la figure 4 une vue horizontale d'une deuxième disposition.



Dans ces figures, les mêmes lettres désignent les mêmes objets : A représente le bloc fait de pâte ou de substance réfractaire; il peut être formé d'une pièce ou de plusieurs pièces fretées; C représente la cavité qui y est ménagée; ses dimensions varient avec le but à atteindre; D représente le couvercle qui permet de maintenir la chaleur localisée dans le four, lorsqu'on veut atteindre les températures les plus élevées; il est percé d'une ou de plusieurs ouvertures O, pour l'introduction des matières à traiter, ou l'échappement des gaz ou des vapeurs.

Si le four est électrique, la fusion des substances traitées s'obtient au moyen d'un arc voltaïque qui se produit entre les paires de charbons BB', B'B', B''B'', etc., ayant leurs extrémités noyées dans le bloc réfractaire et passant par des orifices OO'. La section de ces charbons est de forme circulaire, mais il pourra être avantageux de donner une section différente, polygonale, annulaire ou mixte. La section de ces charbons pouvant être très grande, on peut mélanger dans leur masse, ou leur adjoindre intérieurement des matières destinées à augmenter leur durée, ou faciliter leur bon fonctionnement. Les crayons creux peuvent servir à introduire les jets de gaz oxyhydrique. L'avancement des charbons ou crayons peut être obtenu au moyen d'un système de ressorts, soit en spirale, comme on le voit en P dans la figure 1, ou à boudin R, R', soit en simples lames. Ces ressorts peuvent être remplacés par des contrepoids.

Le courant peut être produit par une ou plusieurs piles, ou par une ou plusieurs machines magnéto ou dynamo-électriques K, K', etc., ou par une source quelconque d'électricité.

Si le four est oxyhydrique, l'oxygène et l'hydrogène sont envoyés à l'intérieur du four par une ou plusieurs paires de tubes qui amènent les gaz de réservoirs quelconques, dans les proportions convenables pour obtenir le maximum de chaleur (fig. 1 et 2).

Quel que soit le nombre de paires de câbles électriques ou de tubes à gaz, les uns et les autres doivent être disposés symétriquement par rapport au centre de l'appareil, pour assurer l'échauffement régulier et rapide de la substance sur laquelle on opère.

En résumé, nous revendiquons, comme étant notre propriété exclusive :

1° Les dispositions spéciales, grâce auxquelles la haute chaleur nécessaire à l'échauffement des substances s'obtient; soit au moyen d'une ou de plusieurs paires de charbons ou crayons, tels qu'ils sont indiqués plus haut, recevant le courant d'une ou de plusieurs batteries, ou sources quelconque d'électricité, d'une ou de plusieurs machines dynamos ou magnéto-électriques, soit au moyen d'une ou plusieurs paires de tubes à gaz hydrogène et oxygène provenant de deux ou plusieurs gazomètres;

2° En général, la construction du four tel qu'il est ci-dessus décrit et dessiné, formé d'une substance quelconque, mais plus