

CHAPITRE I.

FORMATION DE LA GALETTE.

La formation de la galette comprend la série des opérations ci-après :

- 1° Trituration des matières premières (salpêtre, soufre, charbon);
- 2° Mélange et incorporation des substances pulvérisées;
- 3° Galetage du mélange incorporé.

Ces trois opérations, qui exercent une grande influence sur les propriétés physiques et balistiques de la poudre, ont été successivement effectuées par les procédés les plus divers. Elles étaient autrefois fondues en une seule : de nos jours, au contraire, on peut constater une tendance presque générale à les séparer plus ou moins complètement.

Pour mieux suivre le développement historique de ces procédés nous les exposerons dans l'ordre suivant :

- 1° Trituration, mélange et galetage en une seule opération;
- 2° Trituration des substances isolées;
- 3° Mélange et galetage, en une seule opération, des substances triturées;
- 4° Mélange des substances triturées;
- 5° Galetage des substances triturées et mélangées.

§ I.

TRITURATION, MÉLANGE ET GALETAGE EN UNE SEULE OPÉRATION.

I. PAR LES PILONS.

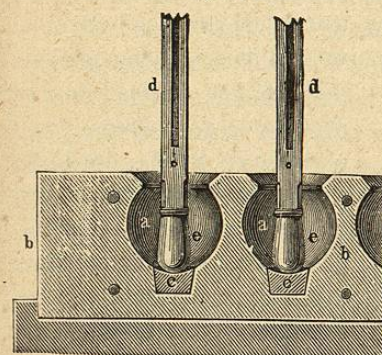
Anciennement, on broyait les trois substances dans un mortier en bois ou en pierre à l'aide d'un pilon en bois, qu'on manœuvrait soit directement à la main, soit avec un levier. Un pareil procédé ne permettait d'opérer sur de grandes quantités de matière qu'à la condition de disposer d'un personnel considérable; aussi en vint-on bientôt à installer des appareils mécaniques, qui constituèrent les moulins à pilons.

La première usine à pilons fut établie par Harscher, en 1435, à Nüremberg.

a) Appareils.

La partie essentielle de l'appareil consiste (fig. 23) en une série de cavités ou mortiers *aa*, creusés dans un billot en bois de chêne ou

Fig. 22.



de hêtre *bb*, ayant environ 0^m,60 d'épaisseur. La distance, d'axe en axe, des mortiers successifs varie de 0^m,69 à 0^m,77; on ne peut les rapprocher davantage, à cause des secousses que subiraient les parties du billot situées dans l'intervalle des mortiers. La forme de la cavité, primitivement cylindrique, est aujourd'hui à peu près sphérique, le mortier figurant un peu plus d'un hé-

mispère; la profondeur est d'environ 0^m,50 et la largeur de 0^m,40. Le bord supérieur est évasé en forme d'entonnoir; au fond est placé un morceau de bois dur debout *cc*, sur lequel viennent se produire les chocs du marteau. — Le billot se compose de quatre morceaux de bois réunis par des frettes et par des boulons; il repose sur un massif solide, qui est le plus souvent formé d'une

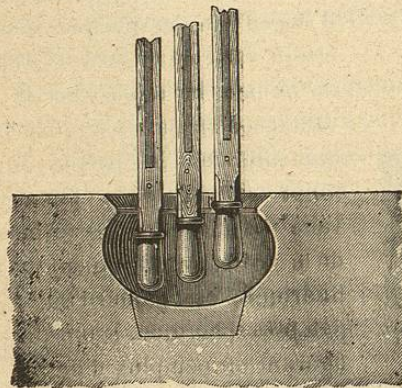
plate-forme en bois, afin d'éviter que le sol ne cède sous les coups répétés du marteau. — Les marteaux ou pilons proprement dits *dd* sont en bois de hêtre ou d'érable; ils affectent la forme parallépipédique, avec une épaisseur d'environ 0^m,10 et une longueur qui varie de 2 à 3^m. Ils se terminent, à leur partie inférieure, par une boîte piriforme en bronze dur *ee*. La composition de ce bronze est variable : elle est, le plus souvent, de 82 de cuivre pour 18 d'étain, ou de 80 de cuivre pour 20 d'étain; à la poudrerie de Lautenthal, dans le Harz, on prenait un speiss provenant d'Altenauerhütte, qu'on traitait par du cuivre micacé, et l'on obtenait ainsi, d'après Kerl, un alliage composé de 64,9 p. 100 de cuivre, 19,3 d'antimoine, 11,1 de plomb et 5,5 de nickel avec un peu de fer, mais s'usant d'une manière très-inégale; enfin, on a aussi employé du plomb aigre. La tige du pilon est assemblée à la poire au moyen d'un tenon arrondi, portant, sur une certaine longueur, une fente dans laquelle pénètre un coin. A la partie supérieure se trouve une mortaise, dans laquelle passe un mentonnet assujéti par une clef et dont la tête cylindrique sera soulevée par les cames de l'arbre horizontal. Chaque pilon est guidé par un système de moises.

En général, à chaque mortier correspond un seul pilon; on trouve pourtant, en Autriche, des usines où trois pilons travaillent dans le même mortier (*fig. 24*), et Jerlin, dans sa *Dissertatio de pulvere*, rapporte qu'en Suède, dès 1726, chaque mortier contenait jusqu'à quatre pilons. — En Italie, on s'est servi de mortiers métalliques reposant sur un support solide en maçonnerie. — En Angleterre, les moulins à pilons sont absolument

prohibés, en raison des dangers qu'ils présentent.

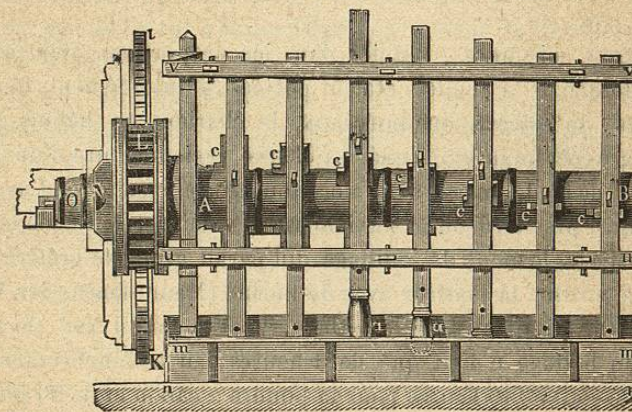
La force motrice est fournie soit par un manège, soit par une roue hydraulique. Le mouvement est transmis, par l'intermédiaire de deux roues à dents de bois *l* et *L* (*fig. 25*), à l'arbre horizontal *AB*, qui porte des cames *cc*, disposées en hélice et groupées deux à

Fig. 24.



deux aux extrémités d'un même diamètre. Chaque couple de cames correspond à un même pilon, qu'elles soulèvent, chacune à son tour, pendant la rotation de l'arbre *AB*, pour le laisser retomber quand

Fig. 25.



elles s'en sont suffisamment éloignées. La hauteur de levée est ordinairement de 0^m,432; en Danemark, elle se trouve réduite à 0^m,388. — Pour éviter les inconvénients des variations de niveau des eaux, on a installé, dans plusieurs poudreries, un compteur spécial, mis en relation avec l'axe de l'arbre horizontal à la manière d'une forerie, et dont l'aiguille indique les centaines et les milliers de tours, sans que l'ouvrier puisse y toucher et diminuer à dessein la durée du battage. Souvent, on fait en sorte que la vanne tombe dès que le nombre de coups prescrit est atteint.

En France, le poids d'un pilon, qui était, en 1791, de 32^l,8, est aujourd'hui de 40^l, dont 20^l pour la tige et 20^l pour la poire en bronze. En Allemagne, il oscille entre 20 et 30^l, suivant les mortiers. En Danemark, il varie de 28 à 30^l. En Autriche, les pilons pèsent 17^l ou 33^l,75; ces derniers sont dits *pilons Neusohler*.

Le plus souvent, chaque usine comporte deux séries de pilons, comprenant chacune de 7 à 10 mortiers; on ne peut en associer un plus grand nombre sur une même pile, à cause des ébranlements qui en résulteraient. L'appareil est installé dans un bâtiment dont les parois offrent peu de résistance en cas d'explosion; les murs sont très-bas et formés de poteaux reliés extérieurement par des planches. On donne au toit une pente assez forte, afin de faciliter l'écoulement

des eaux et d'empêcher, autant que possible, l'accumulation de la neige. — En France, le mode de construction d'une usine à pilons ne diffère pas sensiblement de celui d'une usine à meules (p. 219).

b) Opérations.

Les trois substances, réunies dans les proportions déterminées par le dosage de la poudre, étaient portées simultanément dans les mortiers : le salpêtre en morceaux, le charbon en bâtons et le soufre grossièrement concassé. La charge réglementaire d'un mortier était de 8^l. La masse était alors touillée, anciennement avec de l'eau pure; plus tard, on se servit aussi de vinaigre, et, vers le milieu du xvi^e siècle, le mode de touillage qui paraît avoir été préféré consistait à arroser la matière avec de l'urine (Mannesharn, der Weïn trinkt). On faisait ensuite le battage. Vers la fin du xvi^e siècle, la durée du battage n'était que de 6 heures; au commencement du xvii^e, elle était de 10 heures pour la poudre à canon et de 20 pour la poudre à mousquet; vers 1700, elle fut portée à 24 heures, à raison de 3500 coups par heure.

Nous ne pouvons donner ici une description détaillée du mode d'opération : les documents font presque entièrement défaut. Toutefois le procédé ressemble, dans ses parties essentielles, à celui que l'on suit aujourd'hui pour l'incorporation et le galetage des matières triturées. Nous renvoyons donc, pour éviter des répétitions inutiles, à ce que nous dirons plus loin du mélange et du galetage dans les mortiers à pilons (p. 240).

II. PAR LES MARTEAUX.

Ce procédé est encore employé en Suisse.

La disposition générale est semblable à celle des moulins à pilons, avec cette différence que le battage s'effectue au moyen de marteaux analogues à ceux dont on fait usage pour l'affinage du fer. Ces marteaux pèsent environ 50^l et frappent 85 coups par minute; la hauteur de levée est de 0^m,46. Chaque batterie comprend 5 marteaux; la charge ordinaire d'un mortier varie de 6 à 7^l. La durée du battage, correspondant au niveau moyen des eaux, est d'environ 6 heures.

III. PAR LES MEULES.

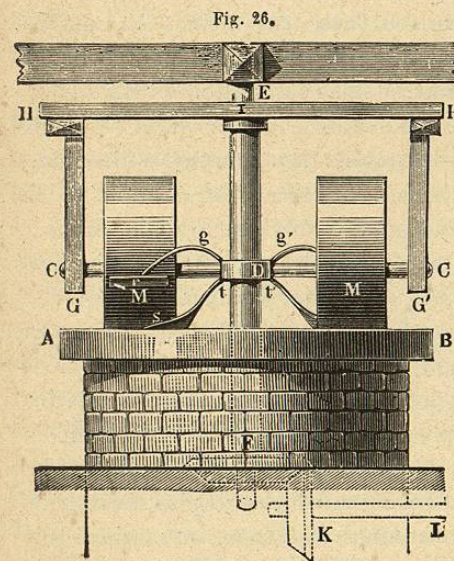
On ne sait pas exactement à quelle époque fut introduit le procédé des meules. Il était connu dès 1540, car Biringuccio rapporte que les moulins à poudre, établis sur le modèle des moulins à olives, avaient peu de faveur à cause du peu de sécurité qu'ils offraient. Malgré cet inconvénient, les meules ne tardèrent pas à se répandre en Allemagne, en Angleterre et en Italie. En Suède, d'après Miethen, la première usine de ce genre fut construite en 1684 par Cnutberg. C'est en France que les meules pénétrèrent en dernier lieu : en 1754, sur la proposition du P. Ferry, une usine à meules fut installée à la poudrière d'Essonne.

A. Appareils.

Nous décrirons d'abord un type général d'usine à meules, d'après les anciennes installations; puis nous insisterons spécialement sur les dispositions actuellement adoptées en France et dans quelques autres pays.

a) Description générale.

Sur une table horizontale en pierre AB se meuvent deux cy-



lindres verticaux M, M (fig. 26), qui sont assujettis, au moyen de l'arbre horizontal CC, à l'arbre vertical EF, situé au milieu de la table et mis en mouvement par le système d'engrenages LKF entièrement placé dans le sous-sol. Ce système d'engrenages donne à l'arbre EF et, par l'intermédiaire du châssis GHG'H', à l'arbre CC un mouvement de rotation autour de EF, dans lequel sont entraînées les meules, mobiles elles-mêmes.

mes autour de CC. Les cylindres doivent être peu éloignés de l'axe EF, afin que le cercle moyen qu'ils décrivent ait une courbure suffisamment prononcée. Par suite de cette disposition, les meules possèdent un double mouvement de roulement et de glissement sur la piste : à chaque instant, la génératrice de contact qui, dans le cas du simple roulement, resterait parallèle à elle-même, est obligée de s'incliner, de façon à venir passer constamment par l'axe vertical du mécanisme; c'est cette inclinaison qui produit le glissement, d'où résulte un effet d'écrasement et de broyage extrêmement avantageux pour la trituration et l'incorporation des substances. En général, les meules sont à inégale distance de l'axe vertical, de sorte que la matière qui se trouverait rejetée vers l'intérieur en se dérobant à l'action de la meule extérieure serait triturée par la meule intérieure, et inversement : de cette manière, la piste n'est jamais dénudée. — Les repoussoirs *s*, fixés à l'anneau D par les bras *t*, *t'*, détachent la matière adhérente à la piste et la ramènent sous les meules, grâce à leur forme en soc de charrue. De même, les grattoirs horizontaux *r*, assujettis aux bras *g*, *g'*, râclent la matière adhérente aux cylindres. A un instant déterminé de la trituration, la poudre a une tendance à se mettre en grumeaux et à se coller aux meules; la piste est donc mise à nu par endroits, et du choc de la meule sur la piste peut naître une étincelle : de là résulte un danger sérieux d'explosion, surtout avec des meules en marbre, qui contiennent toujours des grains de sable. C'est pour éviter de semblables explosions que Munk imagina les grattoirs (1816).

Les dimensions, la forme, la matière et, par suite, le poids des meules varient suivant les pays. Le diamètre est toujours compris entre 1^m,20 et 2^m,60, l'épaisseur entre 0^m,30 et 0^m,50. — La forme est ordinairement celle d'un cylindre. On avait autrefois, à la poudrerie royale de Dresde, des meules de forme lenticulaire, et l'on trouve encore aujourd'hui, en Prusse, des meules sphériques. Cette dernière forme, proposée par Bottée et Riffault, a l'avantage d'éviter tout frottement dangereux résultant du glissement de la meule et d'exercer une pression uniforme sur toute l'étendue de la matière; mais le mouvement de glissement sur la piste est précisément ce qui constitue la puissance de trituration et d'incorporation des meules cylindriques. — La matière des meules est, le plus souvent, du calcaire fétide, exploité dans les environs de Namur, du marbre, de la fonte ou du bronze. En 1756, la poudrerie d'Essonne avait des meules

en bois; en Chine, les meules sont en pierre et la piste en cuivre. Les meules en marbre ou en calcaire présentent, sur les meules métalliques, l'avantage de s'user plus régulièrement, mais elles ont l'inconvénient de se détériorer davantage en cas d'explosion, et surtout d'absorber l'eau avec une grande facilité, ce qui oblige à augmenter la proportion des eaux d'arrosage. — Le poids des meules est aussi très-variable. A la poudrerie de Dresde, on n'a employé, jusqu'en 1871, que des meules pesant 150^k, tandis que les poids que l'on rencontre le plus fréquemment aujourd'hui varient de 2500 à 5000^k; les meules françaises actuelles pèsent de 5000 à 5500^k.

La force motrice est fournie soit par un manège, soit par une roue hydraulique, soit par une machine à vapeur. — Le cheval est attelé au système LKF ou au prolongement de l'arbre horizontal des meules. On peut aussi, comme en Suède, fixer à l'axe EF une poutre inclinée vers le sol, sur laquelle on fait tirer le cheval. A Wetteren, on avait autrefois installé un système de quatre poutres, dont deux partaient de l'extrémité de la traverse qui repose sur l'arbre vertical, les deux autres étant reliées à l'arbre des meules, et qui concouraient au point où l'on voulait enharnacher le cheval. Le rayon du cercle décrit doit être au minimum de 4^m, et peut être porté à 5 ou 6^m; sinon, le cheval est gêné dans ses mouvements et sa force moins bien utilisée. — Si l'usine marche par l'eau ou par la vapeur, l'arbre de couche porte une roue d'engrenage qui communique le mouvement à l'arbre vertical des meules.

Le bâtiment élevé au-dessus des meules est le plus souvent en bois et de construction légère. Les murs latéraux et le toit sont pourvus de clapets qui, en cas d'explosion, s'ouvrent vers l'extérieur par la pression même des gaz, ce qui tend à diminuer les dégâts. La porte s'ouvre également de l'intérieur vers l'extérieur. Dans le cas d'une construction en maçonnerie, on établit trois murs forts, de 0^m,80 à 1^m,00 d'épaisseur, avec une toiture et une devanture légères, permettant de diriger l'explosion; la toiture, recouverte de serge, est à 0^m,50 ou 0^m,60 en contre-bas des murs latéraux; quant à la devanture, elle est en planches de sapin et vitrée à partir d'une certaine hauteur. Dans les anciennes usines, l'entrée était sur le devant. A la poudrerie de Sévran, où plusieurs usines à meules se trouvent juxtaposées, la porte est pratiquée dans le mur de fond, en face d'un masque qui règne parallèlement à ce mur; cette dernière disposition aurait, en cas d'explosion, l'inconvénient de rendre possible l'ir-

ruption des gaz d'un compartiment dans le compartiment voisin : à ce point de vue, il semblerait préférable, pour deux usines réunies, de ménager les portes d'entrée dans les deux murs forts latéraux. La devanture doit, autant que possible, regarder sur un emplacement non fréquenté et abrité par des arbres. Enfin, des merlons disposés latéralement sont destinés à parer aux suites d'une explosion. — On a adopté, à la poudrerie de Cambridge, une disposition, en partie reproduite à la poudrerie de Sévran, ayant pour but d'inonder les meules en cas d'explosion. Au-dessus de la piste se trouve un récipient rempli d'eau, dont le fond est fermé par des clapets : ces clapets s'ouvrent au moyen d'un système de leviers, se composant de deux barres de fer réunies par une articulation, et cet effet se produit par l'action des gaz sur des cloches en tôle fixées aux extrémités des barres de fer. Ce dispositif a été attribué à tort à Munk (1819), car, dès le siècle précédent, on trouve une installation analogue dans l'Île-de-France. A Sévran, le plateau qui reçoit l'action des gaz et qui, en basculant, détermine la chute en avant du réservoir et, par suite, l'inondation de la piste, est fixé à un arbre en fer autour duquel il peut tourner et auquel sont assujettis les plateaux des usines contiguës : on assure ainsi l'inondation de tout un groupe d'usines, dans le cas où l'une d'elles ferait explosion.

b) Meules françaises.

En France, les meules sont en fonte et pèsent de 5 000 à 5 500^k; elles ont la forme de cylindres à bords arrondis (Pl. III, fig. 5 et 6), de 1^m,50 de diamètre sur 0^m,47 de largeur, et présentent sur les deux bases un évidement dont la profondeur varie de 0^m,040 à 0^m,042; on doit employer, pour la matière des meules, de la fonte grise, ne se piquant pas, aussi dure et aussi résistante que possible. Le mécanisme comporte deux meules traversées par un arbre horizontal en fer forgé, de 0^m,120 de diamètre sur 2^m,54 de longueur totale, et symétriques par rapport à l'arbre vertical qui communique au système le mouvement du moteur. Ce dernier arbre, qui est également en fer et dont la longueur, dans le cas d'une transmission inférieure, est de 4^m,71, porte, à la hauteur des centres des meules, un renflement prismatique percé d'une ouverture à section rectangulaire, dont les parois verticales sont garnies de deux plaques de bronze parfaitement dressées et dans laquelle s'engage, à frottement doux, une boîte en bronze qui sert de gaine à l'arbre horizontal. Grâce à cette dis-

position, les meules possèdent un certain jeu dans le sens vertical, et peuvent se soulever avec leur arbre pour peser de tout leur poids sur la matière à triturer.

Les meules tournent sur une piste horizontale, formée par un bassin circulaire en fonte grise, peu cassante et à grains serrés, qui ne doit ni s'user trop rapidement, ni se piquer trop facilement, ni se polir outre mesure. Ce bassin a 2^m de diamètre extérieur et 0^m,05 à 0^m,09 d'épaisseur; il est muni d'un rebord incliné à 45° et d'une saillie centrale, ayant 0^m,76 de diamètre sur 0^m,04 de hauteur et percée d'un trou pour le passage de l'arbre vertical, dans le cas d'une transmission inférieure, ou simplement creusée pour recevoir la crapaudine qui le supporte, dans le cas d'une transmission supérieure; la largeur de la piste proprement dite est ainsi de 0^m,62. Le bassin porte, à la partie inférieure, 4 ou 5 nervures venues de fonte, qui servent à l'encastrer dans un massif solide en maçonnerie, et 4 oreilles saillantes, également venues de fonte, destinées à en faciliter le travail et le maniement.

Au centre de chaque meule et sur les deux faces se trouve une saillie formant moyeu : l'arbre horizontal en fer traverse librement la fonte et ne s'appuie que sur deux bagues en bronze de 0^m,16 de longueur, placées aux extrémités des moyeux et fixées par deux clefs en fer. L'écartement des meules est maintenu par un système de rondelles en bronze et en acier : les unes, à l'intérieur, vont jusqu'à l'arbre central et empêchent le rapprochement; les autres, à l'extérieur, sont arrêtées par une clef en fer traversant l'arbre horizontal et s'opposent à l'écartement. La clef employée pour cet arrêt est à coin : un boulon fixé sur l'arbre permet de maintenir la clef dans la position convenable et de modifier cette position pour parer à l'usure des rondelles. Dans chaque groupe, les rondelles sont au nombre de trois : une d'elles, en bronze, tourne avec la meule, entraînée par une saillie des clefs en fer qui servent à caler la bague; une autre rondelle, également en bronze, reste fixe sur l'arbre horizontal, maintenue par la clef à coin qui entre dans une rainure pratiquée vers l'extérieur (la rondelle correspondante, située de l'autre côté de la meule, peut tourner autour de l'arbre). Ces deux rondelles sont séparées par une rondelle d'acier complètement libre, sur les faces de laquelle s'opère le glissement; pour éviter son contact avec l'arbre, on interpose un anneau de bronze conservé sur l'une des rondelles voisines. Le graissage des parties frottantes est facilité par