

des rainures convenablement disposées; des bassines en cuivre, portées par l'essieu ou par l'arbre vertical, sont suspendues au-dessous des moyeux et des rondelles de serrage, pour recueillir les gouttes d'huile qui pourraient tomber sur la piste.

Les repoussoirs, les grattoirs et l'appareil d'arrosage sont portés par un système de moises ou d'armatures, composé de deux pièces de fer fixées sur l'arbre vertical, l'une à la partie inférieure, l'autre un peu au-dessus de l'œil dans lequel passe l'arbre horizontal. Chaque moise comprend deux parties en fer carré, formant collier autour de l'arbre vertical et réunies entre elles, de chaque côté, par des boulons; elle est calée sur l'arbre de telle façon, que la face verticale la plus éloignée de la meule derrière laquelle elle est placée fasse avec l'axe de l'essieu un angle de 66° .

Les repoussoirs, en bronze, sont généralement au nombre de deux, l'un à l'extérieur de la piste, l'autre à l'intérieur, chaque meule n'étant suivie que par un seul. Dans le repoussoir extérieur, la surface destinée à ramener la matière sur la piste est gauche: la génératrice, inclinée à une extrémité suivant une des génératrices du tronc de cône qui forme le rebord du bassin, se relève progressivement et devient verticale à l'autre extrémité. Le repoussoir intérieur a pour surface d'action un cylindre à génératrices verticales: il s'appuie par la base sur la surface extérieure de la saillie circulaire centrale du bassin. La hauteur des surfaces d'action est de $0^m,44$; la longueur de l'arête rectiligne du repoussoir extérieur qui repose sur le bassin est de $0^m,45$, et celle de l'arête circulaire développée du repoussoir intérieur est de $0^m,47$ environ. Ces appareils sont entraînés dans le mouvement des meules par des tiges verticales en fer méplat, qui appuient par leur poids sur les repoussoirs en pénétrant dans une boîte en bronze ménagée à cet effet, et dont les extrémités supérieures s'engagent à travers des ouvertures pratiquées dans des bras horizontaux fixés aux moises: cette disposition permet de soulever les repoussoirs de $0^m,12$ à $0^m,15$ au-dessus du bassin et de les maintenir soulevés à l'aide de chevilles, précaution indispensable pour l'opération du galetage et pour le nettoyage de la piste. — L'emploi de 4 repoussoirs peut donner lieu à des coincements de matière entre les deux appareils placés l'un en face de l'autre, et, par suite, à la dénudation de la piste. Les repoussoirs se composaient autrefois de parties articulées comme des lames de ciseaux, de sorte qu'on pouvait à volonté augmenter ou diminuer

leur effet et arriver à compenser exactement la tendance de la matière à s'échapper de la piste: cette précaution était superflue, et l'on a pu sans inconvénients réduire la construction des repoussoirs au type simple actuellement adopté.

Les grattoirs sont des couteaux en bronze, dont le tranchant est parallèle aux génératrices de la surface cylindrique des meules et appliqué à une très-petite distance de cette surface. Ils sont suspendus, de chaque côté de la meule, à des tiges fixées sur des colliers qui embrassent les moyeux, et portent, en outre, une queue massive pouvant tourner autour d'un tourillon assujéti à la moise inférieure; ce dispositif a pour but d'éviter les ruptures qui pourraient résulter des déplacements verticaux des meules. Les tiges de suspension sont formées de deux pièces filetées en sens inverse et réunies par un écrou en bronze, qui permet d'augmenter ou de diminuer le jeu laissé entre le tranchant du couteau et la surface de la meule.

L'appareil d'arrosage se compose d'un tube percé de petits trous, porté par une des moises inférieures et qui reçoit l'eau en pression d'un réservoir fixé à la moise supérieure ou disposé autour de l'arbre vertical; un robinet permet d'interrompre ou de rétablir à volonté l'arrivée de l'eau. Le réservoir peut être muni d'un flotteur relié à une aiguille mobile sur un tableau et destiné à indiquer les quantités d'eau dépensées; on peut également y verser, pour chaque arrosage, l'eau à répandre sur la poudre. Toutes les mesures servant à l'arrosage des meules sont en caoutchouc durci.

Les transmissions peuvent être supérieures ou inférieures; ce dernier mode de montage, qui est d'une exécution relativement coûteuse et quelquefois difficile, est préférable au point de vue de la sécurité. Dans les deux cas, l'arbre vertical repose, à sa partie inférieure, sur une crapaudine, et les surfaces du pivot sont deux grains en acier complètement baignés dans l'huile; son extrémité supérieure est reliée à une forte charpente en fer ou en bois au moyen d'un boîtier système Mauzaise, qui assure le graissage sans permettre l'écoulement de l'huile le long de l'arbre vertical. Pour prévenir la chute de tout corps étranger sur la piste, on tend une toile au-dessous de la toiture; dans le cas des transmissions supérieures, un bassin circulaire sert également à recevoir les débris provenant de la couronne de la roue horizontale montée sur l'arbre vertical. — En dehors de la transmission ordinaire, qui permet de donner

aux meules une vitesse normale de 10 tours par minute, la plupart des mécanismes français sont aujourd'hui pourvus de dispositifs spéciaux permettant de faire faire aux meules $1/2$ tour en 8 ou 10 minutes, pour l'opération du galetage.

Les frais d'installation pour une paire de meules, non compris les transmissions, s'élèvent à 12 000^{fr} environ. — On se servait autrefois, en France, de meules en pierre ou en marbre pesant 2 500^k : ces appareils ne donnaient pas une densité suffisante à la matière de la poudre, qui devait être ensuite galetée à la presse hydraulique ou au laminoir.

La plupart des meules actuellement employées en Allemagne sont établies sur le modèle français.

c) Meules russes, belges et anglaises.

Les meules russes se rapportent, en général, à trois types principaux : les meules légères en bronze ou en fonte de 3 200^k, et les meules lourdes en fonte de 4 800^k. Les repoussoirs sont remplacés par de simples balais; le déchargement s'effectue par une ouverture pratiquée sur le rebord de la piste et fermée pendant la marche par une vanne en bronze. La vitesse varie de 2,5 à 2,7 tours par minute, pour les meules légères, et de 4 à 5 tours, pour les meules lourdes.

Les meules de la poudrerie de Wetteren sont en pierre dure polie, pèsent de 5 000 à 5 500^k et ne font que 3 à 4 tours par minute. Elles ont un diamètre de 2^m,60 et une épaisseur de 0^m,30; elles se meuvent à des distances inégales de l'arbre vertical, qui sont respectivement de 0^m,67 et de 0^m,93 pour les centres des deux meules. Cette disposition, jointe à la lenteur de la marche, permet de supprimer les grattoirs et de les remplacer par un système de deux plans inclinés en bois, portés par l'arbre vertical et destinés à empêcher les projections de matière hors de la piste.

Les Anglais ont des meules en fonte et des meules en pierre cerclées en fonte, à l'aide de coins en bois qui donnent un serrage très-énergique; elles mesurent de 1^m,50 à 2^m,00 de diamètre, avec une largeur variant de 0^m,30 à 0^m,50. Les meules lourdes pèsent de 4 500 à 5 000^k. — Toutes les meules sont à inégale distance de l'axe; l'excentricité est égale à la moitié de l'épaisseur du cylindre. La vitesse varie de 7 à 9 tours par minute. Les grattoirs sont supprimés; les repoussoirs sont en bois nu ou garni de cuir. Les trans-

missions sont tantôt supérieures, tantôt inférieures; dans ce dernier cas, l'arbre vertical n'est pas guidé et s'arrête à l'essieu des meules.

B. Travail des meules.

a) Humidité des matières.

La double action de pulvérisation et d'incorporation des composants est favorisée par l'addition d'eau pendant le travail des meules : cette eau dissout, en effet, une certaine quantité de salpêtre, en raison même de l'échauffement qui se produit, et le dépose peu à peu par l'évaporation sous forme de particules ténues mélangées au reste de la matière. Toutefois, comme le fait remarquer E. Faucher, une partie de l'eau ajoutée se vaporise à l'air, et cette vaporisation s'accroît par le mouvement de l'air qui résulte du déplacement des meules; une autre partie entre immédiatement en vapeur au contact de la piste échauffée.

Le nombre et la nature des arrosages ne paraissent pas exercer d'influence appréciable sur la qualité des produits, pour une même humidité au déchargement. Au début de la fabrication des meules, à Esquerdès, les arrosages étaient continus, avec un faible débit; aujourd'hui, ils sont en général intermittents et séparés d'heure en heure. On avait constaté qu'en été, une charge de 20^k de composition de chasse à 2,5 p. 100 d'humidité, arrosée d'une manière continue, recevait en 5 heures de 16 à 18^k d'eau, soit 80 à 90 p. 100; on se contente actuellement de verser, en moyenne, 1^k d'eau au début et à peu près la même quantité d'heure en heure : il en résulte que la dépense d'eau est d'autant plus forte, pour une même durée de la trituration, que les arrosages sont plus fréquents.

L'humidité de la matière à triturer ne doit être ni trop faible, car la masse se dissiperait en poussière ou serait exposée à des déplacements dangereux, ni trop forte, car la charge glisserait devant les meules et échapperait à leur action. Quant à l'humidité de la galette au moment du déchargement, elle doit être aussi faible que possible, sans toutefois dépasser une certaine limite, ce qui pourrait diminuer le rendement au grenage; elle varie de 2 à 5 p. 100. Plus la poudre est sèche, à égalité d'eau dépensée pendant la trituration, plus l'intimité du mélange se conservera pendant les opérations ultérieures : les évaporations provoquées par le broyage des matières ne peuvent, en

effet, que détruire l'homogénéité de la masse; on a donc intérêt à en diminuer l'importance.

b) Vitesse des meules et durée de la trituration.

La valeur de la trituration augmente, toutes choses égales d'ailleurs, avec le poids des meules; mais il ne semble pas qu'il suffise, pour qu'elle reste constante, que chaque centimètre carré de la circonférence moyenne de la piste supporte le même poids pendant le même temps. La vitesse de la rotation qui correspond au meilleur mode de trituration des matières paraît varier, pour les meules lourdes, de 7 à 11 tours par minute. Il résulte d'expériences anglaises que, d'une manière générale, une rotation rapide et de courte durée est préférable à une rotation lente et plus prolongée, et que l'accroissement du nombre de tours supplée difficilement au manque de vitesse.

La durée de la trituration exerce également une influence sensible sur l'intimité du mélange: elle augmente la force de la poudre, mais elle paraît n'avoir qu'une action assez faible sur la vitesse de combustion de la galette. Enfin, elle est en relation directe avec l'échauffement des matières et de l'appareil et avec la densité des produits obtenus.

D'après les expériences exécutées par E. Faucher à Esquerdes (1840), la différence de température entre les matières soumises à l'action des meules et l'air ambiant augmente avec la durée de la trituration et la vitesse de l'appareil; elle varie avec le poids et la nature de la charge, le mode d'arrosage des matières, l'installation de l'usine et le moment de la journée où se fait l'observation, minimum le matin, puis régulièrement croissante jusqu'au soir, résultat qui s'explique par l'échauffement des mécanismes. Cette différence reste comprise entre 15° et 30° pour du poussier trituré à 8 tours par minute pendant 1/2 heure, sans arrosage continu, entre 26°,25 et 33°,75 pour des compositions triturées à la vitesse de 10 tours pendant 1^h 1/4 à 3^h 1/4, l'arrosoir restant ouvert à la demande des matières. Suivant E. Faucher, le travail des pilons ne produit, pendant une trituration de 3 à 7 heures, qu'un échauffement de 20° à 22°,50 au-dessus de la température extérieure.

Quant à la densité de la matière, elle varie, avec la durée de la trituration, suivant une loi qui paraît dépendre essentiellement du poids des meules employées et de l'humidité de la charge. D'après

Piobert, en triturant les matières sous des meules lourdes, avec 2 à 2,5 pour 100 d'humidité, et en ralentissant la marche vers la fin de l'opération, on obtient des densités de galettes de 1,500 au bout de 1^h, de 1,800 au bout de 3^h, de 1,850 au bout de 4^h, et de 1,980 au bout de 10^h. Des expériences faites à Spandau, sans doute avec des meules très-légères (cf. p. 219), ont, au contraire, donné les résultats suivants:

DURÉE de la trituration.		DENSITÉ RÉELLE de la matière.
h.	min.	
1	48	1,63
2	20	1,42
3	24	1,36
7	12	1,36
9	56	1,30

Enfin, des expériences récemment exécutées à la poudrerie de Sévran semblent avoir montré que, si l'on opère avec des meules lourdes, la densité de la matière commence par diminuer plus ou moins rapidement, suivant l'humidité et le poids spécifique moyen de la charge, jusqu'à un minimum à partir duquel elle va sans cesse en croissant: ce minimum paraît correspondre à une durée de trituration variant de 1/2^h à 1^h, pour une humidité comprise entre 2 et 3 p. 100. Voici un exemple des nombres obtenus avec des compositions de poudre F₁ triturées sans galetage:

DURÉE de la trituration.	HUMIDITÉ de la matière au déchargement.	DENSITÉ RÉELLE DE LA MATIÈRE	
		humide.	supposée sèche.
heures.	p. 100.		
1	2,32	1,527	1,492
2	2,50	1,501	1,463
3	2,50	1,565	1,526
4	2,90	1,599	1,552

Ces derniers résultats n'ont rien qui doive surprendre, si l'on remarque que la densité du salpêtre en neige est de 2,1 à 0°, celle

du soufre raffiné de 2,087 à 0°, et celle du charbon distillé, en bâtons non encore refroidis, de 0,300 environ. D'après A. D. Vergnaud, la mise en galette de ces trois matières, triturées isolément sous des meules pesantes avec une durée d'opération pouvant aller jusqu'à 4^h, fait varier la densité du salpêtre de 1,500 à 1,990, celle du soufre de 0,660 à 1,320, et celle du charbon de 1,270 à 1,320; les densités du salpêtre et du soufre n'augmentent plus et celle du charbon n'augmente que très-peu par une trituration de 6^h. Il faut donc admettre, au début de la trituration des deux premières substances, l'existence d'une période de pulvérisation correspondant à une diminution brusque de la densité initiale, et qui doit nécessairement précéder la période d'incorporation proprement dite. En général, le travail des meules donnera lieu à la production d'une densité minimum de la charge toutes les fois que les matières n'auront préalablement subi qu'une pulvérisation incomplète. — Les densités du salpêtre, du soufre et du ternaire de poudre, non galetés, paraissent diminuer constamment avec la durée de trituration dans les tonnes; celle du charbon seule augmente d'une manière continue (p. 239). Enfin, une trituration de 12^h dans les mortiers à pilons équivaut, pour chacun des trois composants, à une trituration de 1^h à peine sous les meules, et l'on n'augmente pas la densité finale en prolongeant l'opération jusqu'à 24 et même 36^h.

De ces divers résultats on peut conclure, avec A. D. Vergnaud, que, plus la trituration de la poudre est complète, plus le charbon acquiert et moins les deux autres éléments perdent de la densité; en sorte que la faible densité d'une poudre est l'indice d'une trituration imparfaite, qui n'a pas permis au mélange d'arriver au poids spécifique indiqué par celui de ses composants.

c) Travail consommé par les meules.

Il résulte de l'ensemble des expériences de E. Faucher (1840) que le travail consommé par les meules varie avec la vitesse de l'appareil, la durée de la trituration et le poids de la charge.

Le tableau ci-dessous résume quelques-uns des résultats obtenus en faisant varier à la fois la vitesse des meules, la durée de la trituration et la nature de la charge :

MATIÈRES triturées.	DURÉE de la trituration.	NOMBRE DE TOURS des meules par minute.	TRAVAIL UTILE TOTAL sur l'arbre de la roue.
	h. min.		kilogrammèt.
Poussiers.	0 30	7,50	409,48
	0 30	8,00	429,80
	1 30	8,90	436,22
	2	8,90	491,47
Poudre.	2	9,37	460,06
	0 30	9,84	482,48
	1	10,00	530,85
	0 10	10,00	469,73
	6 15	10,72	501,55
	4 15	10,80	544,75

E. Faucher conclut que, si le travail utile paraît, dans les conditions habituelles du travail des meules de 5 750^h, rester compris entre 6 et 6,50 chevaux, il ne faut pas moins pouvoir porter le travail disponible à 7 et même à 8 chevaux, pour faire face aux résistances variables de la poudre pendant l'opération, ainsi qu'à la mise en mouvement.

Une seconde série d'essais, exécutés en suivant une même composition pendant toute la durée de l'opération et en calculant par une formule particulière la résistance propre des meules, semble avoir indiqué que cette résistance diminue rapidement à mesure que la trituration du charbon s'opère, pour augmenter ensuite et converger vers une valeur moyenne sensiblement uniforme, lorsque la galette commence à se lier.

Enfin, une dernière série d'expériences, destinées à mettre en évidence l'influence du poids de la charge, a donné les résultats suivants, obtenus avec du binaire soufre-charbon :

CHARGE.	NOMBRE DE TOURS des meules par minute.	TRAVAIL UTILE TOTAL sur l'arbre de la roue.
kilogr.		kilogrammèt.
	6,123	248,88
10	10,000	360,05
	12,000	463,81
	6,061	296,08
20	8,571	468,70
	10,811	522,81
	6,593	443,41
30	9,302	582,17
40	6,452	537,50

Ces divers résultats se trouvent confirmés par des expériences plus récentes, exécutées à la poudrerie de Metz (1864) et qui ont permis d'évaluer séparément la portion du travail consommé correspondant à la marche des mécanismes, comme le montre le tableau ci-dessous :

NOMBRE DE TOURS des meules par minute.	TRAVAIL UTILE TOTAL sur l'arbre de la turbine.	
	Meules chargées.	Meules sans matières.
	chev.	chev.
12	7,84	0,83
11	7,00	»
10	7,20	0,58
9	5,40	»
8	5,48	0,42
7	4,98	»
6	4,17	0,27

C. Opérations.

La matière (cf. I, *b*) était étendue régulièrement sur la piste et triturée d'abord à sec; elle était ensuite arrosée avec 2 p. 100 d'eau, opération qu'on renouvelait chaque fois que la surface de la poudre

devenait poussiéreuse. L'eau devait être répandue uniformément sur toute la masse, soit à la main, soit au moyen d'un appareil d'arrosage spécial. On avait soin de ne pas trop humecter la matière; sinon, la couche de poudre glissait devant la meule, et l'on n'obtenait qu'un mélange imparfait des trois substances.

La quantité d'eau d'arrosage, qui était en moyenne de 7 p. 100 environ, dépendait, non-seulement de l'humidité de l'air atmosphérique, mais aussi de la matière même des meules : on sait, en effet, que les meules en pierre sont hygrométriques et peuvent, par suite, rendre à la couche de poudre une partie de l'eau qu'elles ont absorbée.

Dès que la trituration et le mélange étaient terminés, ce que l'ouvrier reconnaissait à l'apparence de la matière, on diminuait la vitesse des meules, qui tournaient sur la masse pendant un certain temps avec une faible vitesse et lui donnaient du corps. Pour que la galette ainsi formée pût être ramenée à un degré d'humidité déterminé au moment du déchargement et acquérir une densité convenable, et surtout pour opérer dans des conditions de sécurité suffisantes, on faisait varier les charges de 20 à 30^e, suivant les dimensions de l'appareil.

Les meules qui marchaient par l'eau faisaient de 8 à 10 tours par minute; celles qui étaient mues par des chevaux n'en faisaient que la moitié.

§ II.

TRITURATION.

En procédant à la trituration, au mélange et au galetage en une seule opération, on eut de nombreux accidents, surtout au début des manipulations, par suite de l'inflammation du charbon; en outre, le charbon et le soufre en bâtons étaient assez mal triturés, ce qui diminuait l'inflammabilité de la poudre. On ne tarda pas à abandonner cette méthode, et l'on chercha à triturer séparément les substances, avant de les mélanger et de les galeter.