Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 30 (1904)
Heft: 1

Artikel: La fabrique d'explosifs de Gamsen (Valais)
Autor: Brélaz, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-24098

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

La figure 4 contient quatre représentants des courbes (δ), répondant aux valeurs particulières :

$$m = \sqrt{2}\,;\ m = 1\,;$$

$$m = \sqrt{\tfrac{3}{4}}\ ;\ m = 1.$$

Les centres de courbure en ligne droite y sont entourés de petits ronds.

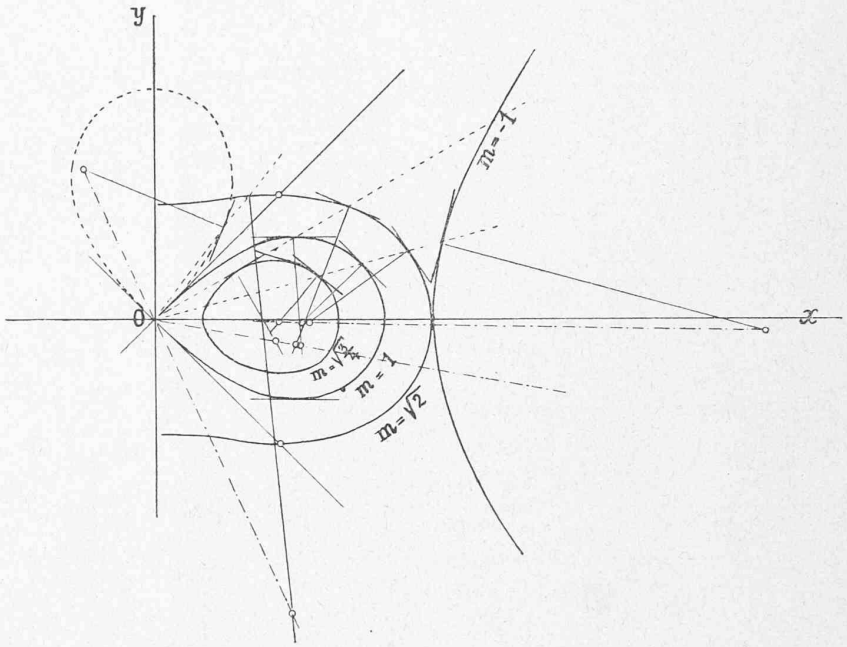


Fig. 4.

La fabrique d'explosifs de Gamsen (Valais).

Société suisse des explosifs, à Brigue.

Par M. G. Brélaz,
Professeur extraordinaire à l'Ecole d'Ingénieurs.

Grâce à la bienveillance de M. l'ingénieur P. Ronchetti, président du Conseil d'administration de la Société et directeur de la fabrique, j'ai obtenu, non seulement l'autorisation de visiter celle-ci et d'étudier la fabrication dans tous ses détails, mais aussi d'en publier une description.

Malgré les visites que j'ai faites à plusieurs reprises à l'usine, je ne serais pas parvenu au résultat désiré avec suffisamment de détails et d'exactitude, sans l'obligeance avec laquelle la Direction a bien voulu compléter mes renseignements.

Ce n'est pas une étude approfondie des questions de chimie qui se rattachent aux explosifs, que je veux présenter ici, mais la description d'une usine, à tous égards remarquablement installée.

A quatre kilomètres de Brigue, sur la route de Brigue à Viège, on trouve à gauche un petit vallon, profondément encaissé, où coule le torrent la Gamsa. Les sables et les graviers charriés par elle ont formé, à son débouché dans la plaine, un cône de déjection qui termine le vallon par une pente régulière et fortement inclinée.

C'est sur ce cône de déjection qu'est placée la fabrique de la *Société suisse des explosifs* (siège social et bureaux commerciaux à Brigue).

Le choix de cet emplacement, excellent au point de vue de la fabrication d'un produit dangereux, a été certainement déterminé par la prévision du percement du tunnel du Simplon, et, en effet, la fabrique fournit les explosifs nécessaires à ce travail.

La Société suisse a été constituée le 9 avril 1894. Elle a pour objet la fabrication et la vente des produits explosifs de toute nature, soit pour l'industrie privée, soit pour les usages de la guerre.

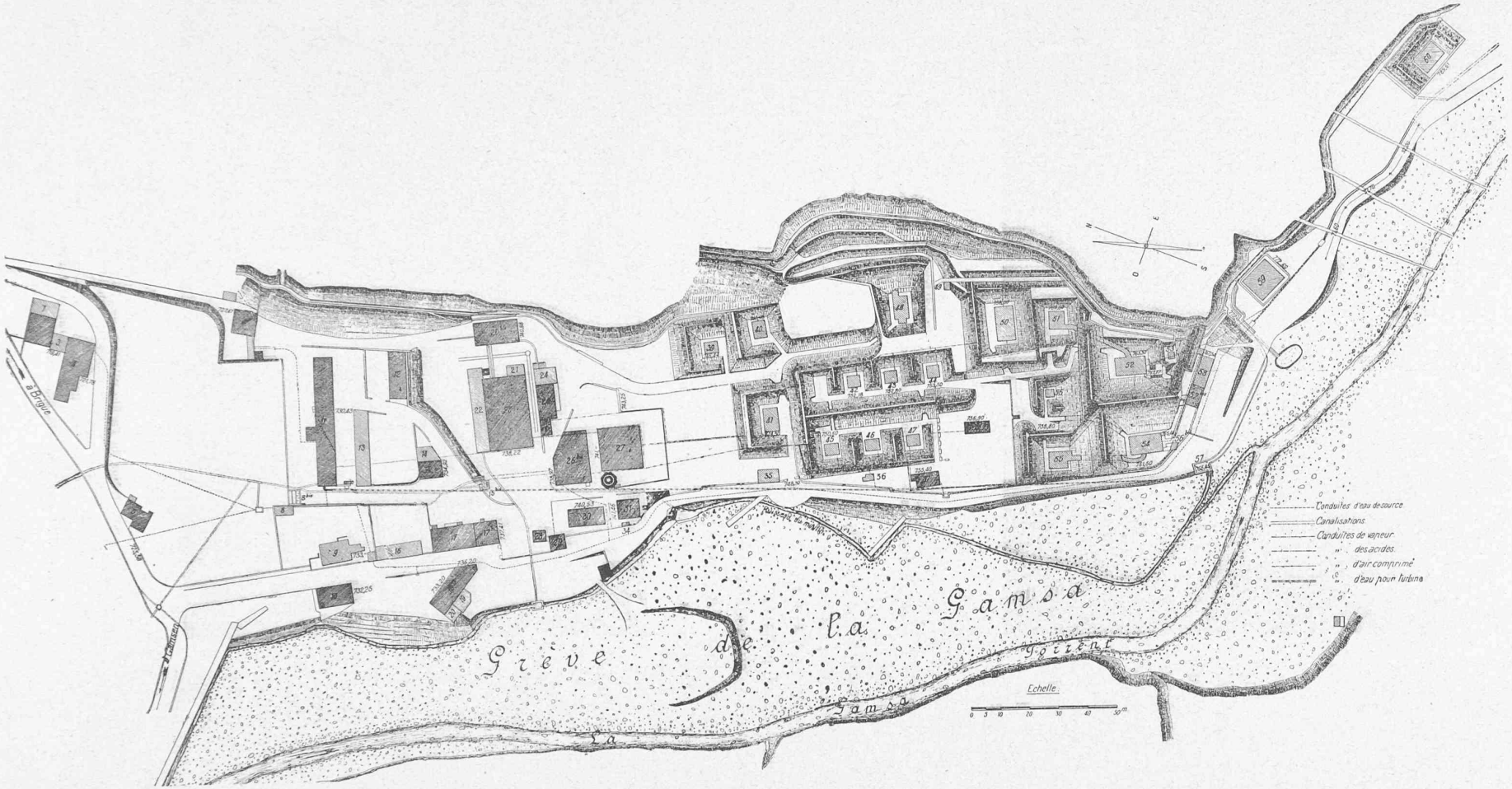
Sa fabrication actuelle comporte tous les genres de dynamites.

L'usine a une surface de 260 000 m²; elle a coûté 450 000 fr. La fabrique n'est pas constituée par un seul bâtiment, mais par une série de constructions ou de baraques étagées en terrasses. Toutes ces constructions sont reliées entre elles par des allées, la plupart souterraines et très bien entretenues, comme toute l'usine du reste.

Des travaux de protection, tels que talus et cavaliers, tous en matériaux sablonneux passés au crible, séparent les uns des autres les ateliers de la dynamiterie, ainsi que les dépôts, et les garantissent complètement de tout danger de destruction générale, comme l'a démontré l'expérience, à Gamsen, lors de l'explosion d'un appareil à nitroglycérine en 1900.

Les constructions ne faisant pas partie de la dynamiterie, telles que fabrique d'acide nitrique, atelier de regagnage et de concentration, magasins généraux, locaux des chaudières et des machines, bureaux, laboratoire, conciergerie, écuries, etc., sont construits en solide maçonnerie, au moyen des matériaux trouvés à profusion dans le lit de la Gamsa. Celle-ci, qui coule immédiatement à côté de l'usine, fournit en outre une force motrice plus que suffisante

FIG. 1. — PLAN GÉNÉRAL DE LA FABRIQUE D'EXPLOSIFS DE GAMSEN.



LÉGENDE :

1, 3. Hangars. — Remises.
2. Logement des charretiers.
4. Grange et écurie.
5. Logement du plombier.
6. Logement du contrôleur.
7. W.-C.
8. Lavoir couvert.
9. Chalet.
10. Réfectoire.
11. Atelier mécanique, turbines, compresseurs, broyeur, séchoir à nitrate et magasin à cellulose.
12. Plomberie.
13. Hangar (atelier mécanique).
14, 15. Menuiserie et hangar.
16. Hangar.
17. Magasin général.
17 *bis*. Logement du concierge.
18, 20. Cantine et logements ouvriers.
19. Stand.
20 *bis*. Magasin à nitrate.
21-23. Bâtim^t de l'acide nitrique et dépendances.
24-25. Bâtiment de l'acide sulfurique et dépendances.
26. Mélange des acides.
26 *bis*. Chaudières à vapeur et magasin à houille.
27. Atelier de regagnage et de concentration.
28. Loge du garde de nuit.
29. Logement du chauffeur.
30. Bureau et laboratoire.
31. Marquage des caisses à dynamite et dépôt.
32. Bains.
33. Magasin à huile, pétrole.
34. W.-C.
35. Hangar pour caisses vides.
36. Monte-acides de relai.
37. Cuves de repos.
38. Bureau de la dynamiterie.
39. Capsulerie (projet).
40. Magasin à coton.
41. Emballage.
42-47. Cartoucheries.
48. Séchoir à coton.
49. W.-C.
50. Pétrissage de la dynamite.
51, 55. Filtrage.
52, 54. Appareils à nitration.
53, 56 *bis*. Arrivée des acides mélangés.
56. Baraque des résidus.
57. Prise d'eau pour la turbine.
57 *bis*, 58. Dépôt et hangar pour la glycérine.
59, 60. Dépôt à dynamite.

pour actionner les compresseurs et les machines-outils des ateliers de réparations.

Les *ateliers dangereux* étaient au début construits en doubles cloisons de planches, entre lesquelles se trouvait un remplissage de sciure. Ce mode de construction a été abandonné et les parois sont actuellement presque toutes en briques de liège, enduites de plâtre à l'intérieur et passées au carbolinéum à l'extérieur.

Pour les plafonds, on a généralement adopté les planches de roseaux. Ces nouveaux matériaux n'ont donné lieu à aucune critique et sont employés pour toute nouvelle construction dans laquelle on manipule la dynamite.

La couverture des bâtiments est faite d'ardoises ou de tuiles goudronnées pour les constructions en maçonnerie, et de carton bitumé pour les autres.

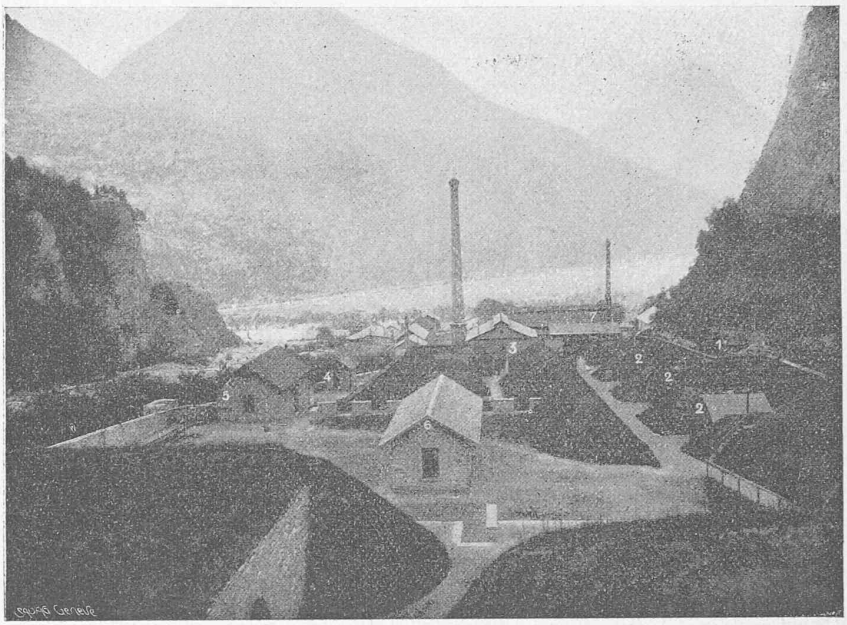


Fig. 2. — Vue générale de l'Usine.

LÉGENDE :

1. Magasin à coton-poudre humide. — 2. Cartoucheries. — 3. Emballage. — 4. Monte-acide de relai, pour opérations sulfonitriques. — 5. Cuves de repos pour acides résiduels. — 6. Bureau et magasins de tubes à cartouches. — 7. Atelier de préparation de l'acide nitrique.

Tous les ateliers sont munis de ventilateurs et sont chauffés à la vapeur. Celle-ci est utilisée également pour le chauffage de l'eau employée au lavage de la nitroglycérine, au chauffage des bains-marie du pétrissage et du séchoir à coton-poudre, ainsi que pour actionner la tour dénitrante; elle est fournie par deux chaudières fonctionnant alternativement, l'une, de 50 m² de surface de chauffe, pour l'hiver et l'autre, de 36 m², pour l'été. La pression habituelle dans les chaudières est 7 atmosphères, et dans la conduite générale de chauffage 1 à 2 atmosphères.

En marche normale, l'usine occupe 25 hommes et 18 femmes, pour lesquels une cantine, deux réfectoires et un établissement de bains ont été construits. Ces personnes peuvent en outre toucher, au magasin général, des vêtements spéciaux, à prix très réduits, ainsi que des chaussures en bois ou en toile caoutchoutée, suivant leurs occupations.

Le torrent (la Gamsa) longe la limite extérieure de l'usine, en descendant rapidement; au sommet du cône de déjection ses eaux sont en partie détournées dans des bassins de repos et de clarification; elles descendent ensuite d'ateliers en ateliers jusqu'au réservoir d'alimentation des chaudières à vapeur.

Une pression d'air fait monter les acides du bas de l'usine aux différents ateliers et, entre autres, aux ateliers de nitration, placés à l'origine et au-dessus de tous les autres ateliers. Toute cette installation est faite d'une façon extrêmement rationnelle au point de vue de l'utilisation des conditions topographiques locales et de l'économie technique.

Disons, en passant, que tout l'établissement est entièrement entouré d'une muraille qui met en complète sé-

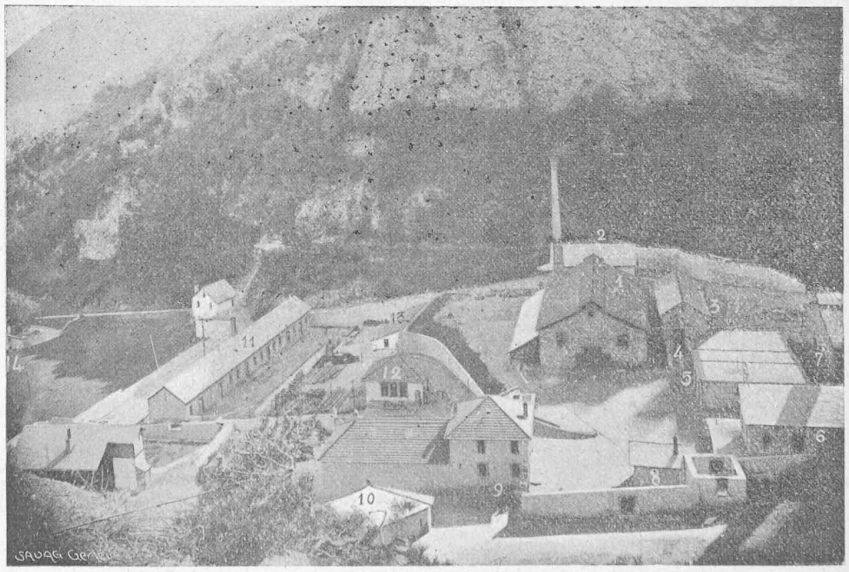


Fig. 3. — Partie inférieure de l'Usine.

LÉGENDE :

1. Atelier de préparation de l'acide nitrique. — 2. Magasin à nitrate de soude. — 3. Réservoirs à acide sulfurique fort. — 4. Baraque des mélanges sulfonitriques (par jaugeage). — 5. Local des chaudières. — 6. Bureau et laboratoire. — 7. Ateliers de regagnage et concentration des acides résiduels. — 8. Local du gardien de nuit. — 9. Conciergerie et magasin général. — 10. Cantine ouvrière et logements. — 11. Turbines, compresseurs, ateliers mécaniques, séchoir à nitrate pour mélanges absorbants et magasin à cellulose. — 12. Menuiserie. — 13. Plomberie. — 14. Ecuries.

curité les gardiens de l'intérieur.

La base des explosifs fabriqués est d'une part, et essentiellement, la *nitroglycérine,* d'autre part une des variétés de *coton poudre,* ces deux produits étant mélangés entre eux (dynamite gomme), ou, en outre, mélangés à des absorbants divers, suivant l'emploi qui doit être fait de l'explosif (dynamite gélatine).

Sans entrer dans trop de détails, mais pour faire comprendre les dispositifs des différents ateliers, rappelons les principaux faits chimiques qui sont à la base de cette fabrication. En premier lieu la *nitroglycérine,* qui est la substance principale, soit comme quantité, soit comme force explosive, est fabriquée à l'usine, ainsi que l'acide nitrique, tandis que le coton poudre, la glycérine et l'acide sulfurique sont achetés au dehors. La préparation de la nitroglycérine est donc la genèse de la fabrication; elle en est aussi la partie la plus dangereuse. Cette préparation s'effectue dans l'atelier dit de *nitration,* qui est placé au sommet des gradins sur lesquels s'étagent tous les ateliers; cette disposition permet de faire toujours descendre les produits liquides d'un atelier dans un suivant par le simple effet de la gravité et sans manipulations ni moyens mécaniques.

Vu l'importante place qu'occupe la nitroglycérine dans la fabrication des explosifs, nous placerons son étude et celle de la dynamite au commencement de cet article; mais comme nous avons l'intention de décrire spécialement l'usine de Gamsen, dans ses traits essentiels, nous exposerons ensuite la préparation de l'acide nitrique et enfin les opérations si importantes et si instructives appelées en terme d'atelier le *regagnage.* C'est la récupération d'une partie plus ou moins considérable des acides sulfurique et nitrique qui se trouvent encore dans les résidus de fabrication de la nitroglycérine.

Fabrication de la nitroglycérine.

Théorie. — La nitroglycérine est le produit de l'action sur la glycérine de l'acide nitrique *concentré* HNO^3, mélangé à de l'acide sulfurique également très concentré. Ce mélange est fait dans la proportion en poids de 1 ½ partie d'acide nitrique et de 2 ½ parties d'acide sulfurique :

Acide nitrique : HNO^3 à 1,52 de densité (50-51° $B^é$)
» sulfurique: H^2SO^4 » 1,842 » (66° $B^é$)

c'est le mélange sulfonitrique.

La réaction avec la glycérine est la suivante : la glycérine, qui a pour molécule $C^3H^8O^3$ et pour poids moléculaire 92 gr., perd en présence d'acide nitrique H^3 (3 gr.) et prend $3NO^2$ (138 gr.) à l'acide nitrique: $C^3H^5(3NO^2)O^3$ est la *nitroglycérine* [1].

[1] Plus exactement: $C^3H^8O^3 + 3NO^3H = C^3H^5(NO^3)^3 + 3H^2O$ éther nitrique de la glycérine.

L'hydrogène donne, avec le résidu HO de HNO^3, de l'eau ($3H^2O$).

L'acide sulfurique n'intervient pas dans la réaction chimique, mais il est là pour absorber l'eau qui se forme, et il maintient ainsi la concentration de l'acide nitrique.

Rendement en nitroglycérine : d'après l'équation de la réaction, la glycérine (92 gr.) perd de l'hydrogène (3 gr.) et gagne 3 (NO^2) qui pèsent 138 gr.; le rendement est donc, théoriquement, de 227 gr. de nitroglycérine, pour 92 gr. de glycérine (anhydre).

La réaction se fait en outre avec un dégagement de chaleur.

La proportion de vapeurs nitreuses contenues dans l'acide nitrique ne doit pas dépasser 2 à 2 ¼ %. En effet, N^2O^4 ne nitre pas la glycérine, mais il diminue par sa présence le poids réel de l'acide et par conséquent fait baisser le rendement en nitroglycérine. Les acides sont mélangés au dehors de l'atelier de nitration. S'ils ont le degré de concentration voulu, il ne se produit pas d'échauffement sensible et l'opération se fait sans danger. Ce mélange est envoyé par une pression d'air dans un bac en grès qui se trouve près de l'atelier de nitration, mais en dehors; la pression d'air est d'au moins 3 atmosphères, afin que les liquides soient rapidement chassés et qu'il n'en reste pas dans les tuyaux.

Glycérine. — 58 kg. de glycérine, bien exactement pesés, d'une densité de 1,262 à 1,264, à 15° C., sont placés dans un bac au-dessus de l'appareil à nitration. La glycérine doit être très pure, incolore ou légèrement jaunâtre; celle à reflets verdâtres est généralement de mauvaise qualité. Sa teneur en chlore, matières grasses et organiques, sulfate de chaux, etc., doit être très minime.

Marche de l'opération de la nitration.

Outre les proportions exactes d'acide et de glycérine (150 HNO^3 et 250 H^2SO^4 pour 58 de glycérine), la préoccupation principale doit être de maintenir le mélange sulfonitrique et glycérine à une température constante, et qui ne doit pas dépasser 23° ni descendre au-dessous de 15°. C'est la partie délicate et dangereuse de la fabrication; tout l'appareil est disposé pour réaliser ces conditions. Il faut, en effet, se souvenir que la réaction des acides sur la glycérine dégage de la chaleur; si celle-ci s'élevait trop, une réaction nouvelle se produirait, avec explosion possible. Il faut pour cela:

1° Addition lente et *contrôlée* de la glycérine;

2° Refroidissement énergique par les courants d'eau des serpentins intérieurs;

3° Brassage des liquides par injection d'air comprimé. Cette opération contribue aussi à refroidir.

4° *Surveiller constamment* les thermomètres.

Cette nitration, que nous allons décrire avec quelques

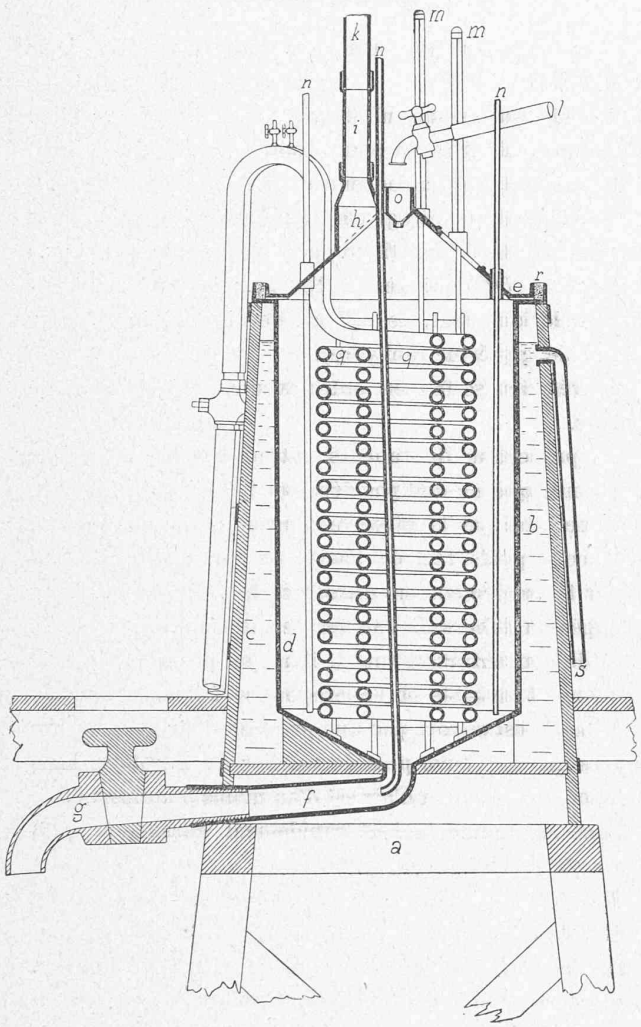


Fig. 4. — Coupe de l'appareil pour la fabrication de la nitroglycérine. — Echelle 1 : 20.

LÉGENDE :

a. Support d'appareil. — *b*. Chemise avec circulation d'eau froide. — *c*. Cuve en bois. — *d*. Cuve en plomb. — *e*. Couvercle de la cuve. — *f*. Canal de vidange. — *g*. Robinet de vidange. — *h*. Ouverture pour échappement des gaz. — *i*. Lanterne en verre. — *k*. Cheminée en grès. — *l*. Arrivée de la glycérine. — *m*. Thermomètres. — *n*. Arrivée de l'air de barbottement. — *o*. Entonnoir pour injection de la glycérine. — *q*. Serpentins refrigérants. — *r*. Joint gras. — *s*. Sortie de l'eau de la chemise.

détails, à cause de son importance, consomme une quantité d'acide nitrique telle, que la Société trouve son avantage à fabriquer elle-même cet acide dans son usine.

Nous décrivons plus loin la fabrication de l'acide nitrique.

Pratique de la nitration. — Le mélange des acides, 400 kg., est introduit dans l'appareil à nitration; on l'agite par pression d'air et on l'amène à une température de 12° à 15° C. par la circulation d'eau qu'on introduit dans les trois serpentins et entre les parois de la double enveloppe.

La pression de l'air pour barbotage est ramenée de 3 à 1 atmosphère par un détendeur. L'agitation est continuée pendant toute l'opération.

On fait alors couler la glycérine en ouvrant légèrement le robinet disposé à cet effet; son introduction est réglée de façon à éviter toute élévation brusque de température,

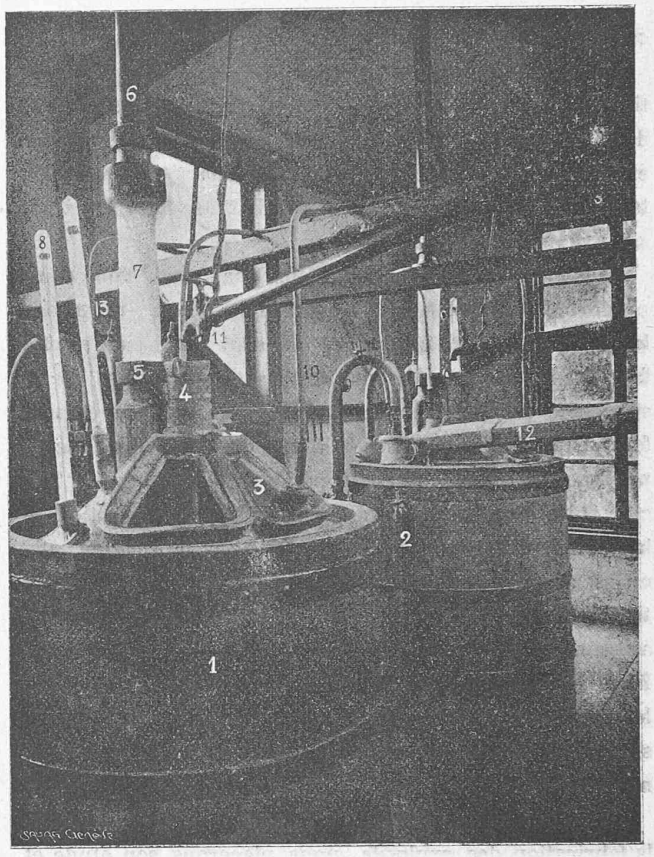


Fig. 5. — Intérieur de l'atelier de nitration. Appareils à nitroglycérine.

LÉGENDE :

1. Chemise en bois pour rafraîchissement.— 2. Sortie d'eau de la chemise. — 3. Glace des appareils pour examen de marche. — 4. Entrée de la glycérine. — 5. Sortie des vapeurs dégagées pendant l'opération. — 6. Cheminée en grès. — 7. Glace pour examen des vapeurs. — 8. Thermomètres. — 9. Entrées et sorties des serpentins réfrigérants. — 10. Entrée de l'air de barbotage. — 11. Tuyau d'arrivée de la glycérine. — 12. Conduite d'arrivée du mélange sulfonitrique. — 13. Appareil détendeur de pression d'air.

laquelle ne doit jamais dépasser 23° C., avec une tolérance de 2° en plus au maximum. La grosseur du filet de glycérine dépend donc de la température de l'eau de réfrigération. La réaction détermine une élévation de température qu'il faut combattre par la circulation de l'eau. Deux thermomètres plongent dans le mélange, l'un indique la température du *centre*, l'autre celle du *bas* de la cuve. Un troisième thermomètre donne la température de l'eau qui sort des serpentins. Celle-ci s'élève de 2° à 3° par son passage dans l'appareil. Si la température de l'eau devenait plus considérable, il y aurait lieu d'arrêter l'opération.

L'ouvrier employé à l'appareil doit avoir constamment les yeux fixés sur les thermomètres.

Quand toute la glycérine a été introduite, on prolonge encore le refroidissement et l'agitation par l'air, de façon à abaisser la température jusqu'à 14 ou 16°. La réaction est terminée. L'appareil contient la nitroglycérine, environ 120 kg., plus l'acide sulfurique en totalité, l'eau produite par la réaction et enfin une certaine quantité d'a-

Fig. 6. — Appareils pour la fabrication de la nitroglycérine. — Vue générale.

cide nitrique inutilisé et affaibli, soit environ 8 à 10 % de la quantité introduite.

L'acide sulfurique a passé, pendant l'opération, de 96 % d'acide réel monohydraté, à un titre d'acide de 70 % environ.

La nitration dure 18 minutes si l'eau a 8-9°, et 30-40 si elle a 15 ou 18°. De la température du réfrigérant dépend donc la durée de la nitration, par suite de la plus grande lenteur de l'admission de la glycérine. La durée est telle, qu'en commençant à 6 heures du matin on peut faire 16 opérations avant midi, c'est-à-dire 2000 kg. de nitroglycérine. Cette quantité est totalement transformée en dynamite et cartouches de dynamite dans la même journée, soit 3500 kg. de dynamite, suivant la qualité.

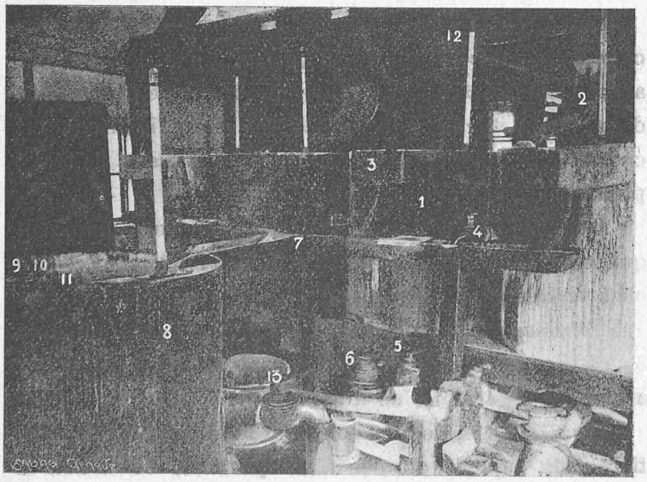


Fig. 7. — Intérieur de l'atelier de nitration.
Séparateurs et cuve à lavages.

LÉGENDE :

1. Séparateurs. — 2. Arrivée du mélange de nitroglycérine et des acides résiduels. — 3. Entonnoirs d'écrémage. — 4. Robinet de décantation de la nitroglycérine. — 5. Sortie des acides résiduels. — 6. Robinet de secours en cas de décomposition dans les séparateurs. — 7. Dalle d'amenée de la nitroglycérine à la cuve à lavages. — 8. Cuve à lavages. — 9. Arrivée de l'eau froide. — 10. Arrivée de l'eau chaude. — 11. Arrivée de l'air de barbotage. — 12. Thermomètres. — 13. Robinet de décantation de l'eau des lavages.

L'*atelier* de nitration comprend à son tour :

1° 2 appareils à nitration,
2° 4 séparateurs de nitroglycérine,
3° 1 cuve à lavages,
4° 1 cuve de secours,
5° 1 jeu de bacs à chicanes.

Appareil à nitration. — Il est constitué par une cuve cylindrique en plomb de 1 cm. d'épaisseur de parois, munie d'un couvercle conique également en plomb (fig. 4). Cet appareil a 1m,30 de hauteur (sans le couvercle) et 66 cm. de diamètre; il est complètement entouré d'une chemise en bois, dans laquelle circule une partie de l'eau froide destinée au rafraîchissement pendant les nitrations.

Nous remarquons en outre :

3 serpentins destinés également au rafraîchissement, 3 barboteurs pour l'agitation par l'air comprimé, 2 grands thermomètres, 1 robinet de vidange en grès.

Sur le couvercle, 3 glaces servant à l'examen minutieux du mélange, les tubulures d'entrée et de sortie des serpentins, une ouverture pour l'introduction de l'acide et une pour l'échappement des gaz et de l'air pendant la nitration. A cette dernière ouverture est adaptée une cheminée en grès, munie d'une lanterne en verre. Enfin, les échelles thermométriques.

Les *séparateurs* sont des cuves en plomb de même épaisseur que les nitrateurs, de 1 m. de haut et de 60 cm. de diamètre; ils sont recouverts d'une glace et munis d'un thermomètre de précision, d'un robinet de sûreté, d'un robinet pour la décantation de la nitroglycérine qui surnage sur les acides, et d'un autre pour l'écoulement des acides résiduels.

La *cuve à lavage,* de construction identique mais plus grande, possède : 1 thermomètre, 1 robinet d'eau froide, 1 d'eau chaude, 1 pour l'écoulement de la nitroglycérine, laquelle étant plus lourde que l'eau va au fond, 1 pour la sortie des eaux de lavage et 1 pour la vidange de la cuve; ces deux derniers sont en communication éventuelle avec la *cuve de secours*. Celle-ci se trouve au rez-de-chaussée de la baraque des nitrateurs; elle a comme dimensions: longueur 6 m., largeur 4 m., profondeur 2 m. Elle est munie de robinets au niveau de son fond et aux $^3/_4$ de sa hauteur, niveau auquel elle est constamment remplie d'eau. C'est en effet dans celle-ci qu'on noierait la nitrogly-

cérine en cas de décomposition dans l'appareil, dans les séparateurs ou dans la cuve à lavage.

L'eau est continuellement renouvelée et passe, avant de sortir, dans un bac à chicanes dans lequel se déposent les globules de nitroglycérine entraînés mécaniquement avec l'eau de lavage.

Le robinet d'écoulement de la nitroglycérine de la cuve à lavage est en communication directe avec l'atelier du filtrage, au moyen de deux canaux concentriques en plomb, de façon qu'aucune perte d'explosif n'ait lieu au cas où la première conduite viendrait à être détériorée.

Comme *appareils spéciaux* nous trouvons dans cet atelier : 3 cuves de plomb circulaires de même grandeur que les séparateurs. Elles sont munies d'agitateurs à air comprimé, d'un robinet de vidange et de deux robinets de décantation pour l'eau de lavage.

En regard de ces cuves, se trouvent trois réservoirs de plomb placés en contre-bas et munis chacun d'un couvercle à charnière. A la partie fixe de celui-ci est adapté un entonnoir avec filtre en toile de laiton. Ce tamis contient du sel marin sec, lequel a pour but de déshydrater la nitroglycérine. Au fond du réservoir est disposé un robinet pour soutirer l'explosif. Signalons encore un bac pour la préparation de la solution alcaline destinée à la neutralisation ; sous les cuves, un bac à chicanes pour les eaux de lavage et une bascule.

Séparation. — La nitration achevée, on relie l'appareil avec un des séparateurs, on laisse écouler le mélange de nitroglycérine, d'acide sulfurique dilué et d'acide nitrique qui n'a pas été absorbé pendant la nitration, et on met en marche l'autre appareil, chargé pendant l'opération que nous venons de décrire.

Par suite de la différence de densité de la nitroglycérine et des acides résiduels, la première *monte à la surface* et, au bout de 50 minutes, la séparation est terminée. La nitroglycérine passe alors à la cuve de lavage, dans laquelle on travaille le produit de deux opérations à la fois, à la température de 15°-20° C. La nitroglycérine gagne le fond. On lave jusqu'à ce que l'eau accuse 0° $B^é$, ce qui nécessite trois à cinq renouvellements de l'eau. On laisse ensuite écouler au *filtrage* le produit qui a encore une réaction acide. Une décomposition, toujours révélée par une élévation de température ou des vapeurs rutilantes, survient-elle dans les séparateurs ou dans le récipient dans lequel on a travaillé en dernier lieu, on vidange le tout dans la *cuve de secours*.

Quant aux acides résiduels, ils sont envoyés aux cuves de repos, où, après un séjour de 24 heures, on écrème les dernières traces de nitroglycérine montées à leur surface ; puis de là, par écoulement naturel, ils vont à l'atelier du regagnage et de la concentration où nous les retrouverons plus tard.

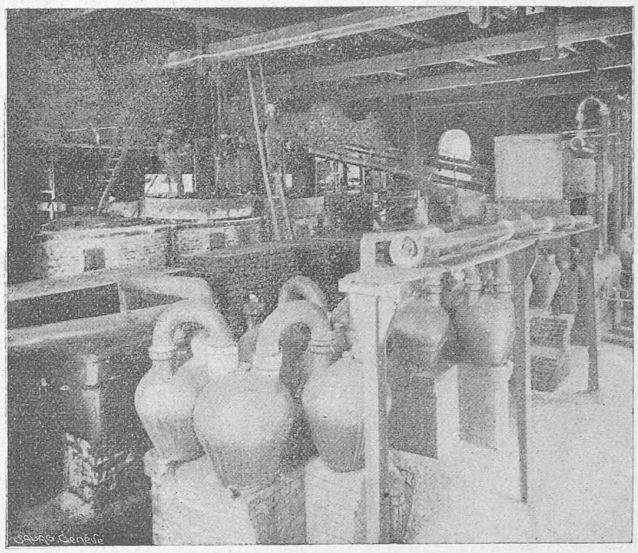


Fig. 8. — Fabrication de l'acide nitrique.

La nitroglycérine passe dans une cuve où est introduite une solution chaude de soude. Après barbotage pendant 50 minutes, l'eau est décantée et l'excès d'alcali enlevé par lavage à l'eau chaude ; on prend un échantillon, qui doit donner une réaction neutre, puis on filtre et déshydrate l'explosif au moyen de l'appareil mentionné plus haut.

Préparation de la dynamite.

La dynamite gomme, principal produit de l'usine, est un mélange obtenu par *pétrissage* d'un coton-poudre spécial et de nitroglycérine. Celle-ci gélatinise le coton et s'allie avec lui en donnant une masse très homogène, molle et un peu brunâtre.

Le coton-poudre est reçu à la fabrique en boîtes bien closes et contient jusqu'à 35 % d'eau. Il faut le dessécher avant l'emploi, ce qui se fait avec beaucoup de précautions dans une petite baraque isolée, et dont l'intérieur est chauffé à la vapeur et ventilé. Le coton qui sort de là est pulvérulent.

Des avertisseurs placés à plusieurs endroits indiquent quelle est la température de cet atelier, lequel doit être observé très attentivement.

Pétrissage. — La nitroglycérine propre à être employée au pétrissage est pesée, puis transportée dans un atelier au moyen de cruches en gutta-percha.

Le pétrissage, comme son nom l'indique, est l'opération dans laquelle on pétrit la dynamite. Cet atelier a comme mobilier 12 bassines rectangulaires en cuivre, placées dans des bains-marie chauffés à la vapeur. On introduit d'abord dans celles-ci la nitroglycérine, 92 parties, et le coton-poudre, 8 parties, à froid. Le mélange est brassé intimement avec les mains nues, puis on chauffe à 75°. Cette élévation de température donne une gomme brunâtre, qui est la qualité de dynamite la plus puissante

connue, si le mélange a été fait dans certaines proportions, c'est la *dynamite-gomme*. Pour obtenir des qualités développant une puissance moindre, il suffit d'ajouter à la pâte certaines matières pulvérulentes bien sèches : salpêtre, farine de bois, cellulose, etc. Ces dernières variétés de dynamites portent généralement le nom de *dynamites-gélatines*.

Encartouchage. — La dynamite est ensuite amenée dans les cartoucheries, où elle passe à la machine à boudin. Cette machine est munie d'un tube de sortie, dont le diamètre varie entre 18 et 65 mm., suivant la demande des acheteurs. L'enveloppe de papier parcheminé est enroulée autour du tube et se remplit de la matière, au fur et à mesure du mouvement de l'hélice. Il ne reste qu'à la fermer et la cartouche est faite.

Ces cartouches sont transportées à l'emballage où elles sont mises en paquets de 2,5 kg. Dix de ces paquets forment une caisse normale de 25 kg., laquelle est clouée, puis plombée. Une inscription au feu sur chaque caisse indique la qualité et le diamètre des cartouches, ainsi que les numéros de séries et la raison sociale. Chaque soir la dynamite fabriquée pendant la journée est entièrement transportée dans les dépôts, pour éviter toute explosion dans l'usine.

Fabrication de l'acide nitrique.

Nous avons dit plus haut que l'Usine de Gamsen fabrique elle-même l'acide nitrique qu'elle emploie. Celui-ci doit être aussi pur et aussi concentré que possible.

Il est obtenu au moyen de la décomposition du nitrate de soude par l'acide sulfurique concentré, selon la réaction représentée par l'équation :

$$Na\,NO^3 + H^2SO^4 = HNO^3 + NaHSO^4.$$

A cet effet, une installation de 8 cornues verticales en fonte, de $2^m,50$ de diamètre et $2^m,60$ de hauteur, est aménagée. Le couvercle de chaque cornue est percé de deux ouvertures, l'une à laquelle vient s'adapter le tuyautage en grès pour l'échappement des gaz et vapeurs, et l'autre pour l'introduction du nitrate et de l'acide sulfurique. Cette dernière est fermée pendant la marche au moyen d'un tampon de pierre volcanique (terre réfractaire).

Les joints du tuyautage en grès sont faits avec un mélange de silicate de soude, de sulfate de baryte et d'amiante pulvérisée.

Ces 8 cornues présentent deux systèmes de condensation différents ; chez quatre d'entre elles, les vapeurs acides non condensées dans la conduite de grès qui sépare le condenseur de tête de la cornue, s'introduisent par le bas du serpentin, chez les quatre autres par le dessus du serpentin (système Griesheim).

Le nitrate de soude, desséché pendant l'opération précédente dans des séchoirs en tôle *disposés sur les cornues* même, est introduit dans celles-ci, ensuite l'acide sulfurique. On ferme hermétiquement la cornue, puis on commence à chauffer.

Les gaz développés par la réaction s'échappent par la conduite en grès où la plupart se condensent ; l'acide liquide s'écoule dans le condenseur de tête, puis de là dans un réservoir collecteur, pendant que l'acide gazeux se liquéfie dans un serpentin de grès également. Les dernières vapeurs, ainsi que celles qui sont expulsées de l'acide fort lors de son blanchiment au moyen d'insufflation d'air, sont recueillies dans des touries spéciales, puis enfin dans la tour d'absorption.

Des lanternes en verre sont placées avant et après le condenseur de tête ainsi qu'à la sortie du serpentin ; l'opération est conduite jusqu'à ce que aucune vapeur rouge n'apparaisse plus dans celles-ci. Vers la fin, la *température du condenseur de tête atteint* 118-120° C. ; on lâche alors le bisulfate, qui est liquide à ce moment et s'échappe par une ouverture pratiquée au fond de la cornue et communiquant avec le tuyau de décharge. Ce produit résiduel n'a pas encore été avantageusement employé jusqu'à ce jour.

L'acide nitrique fort est alors soumis à un barbotage au moyen d'air comprimé

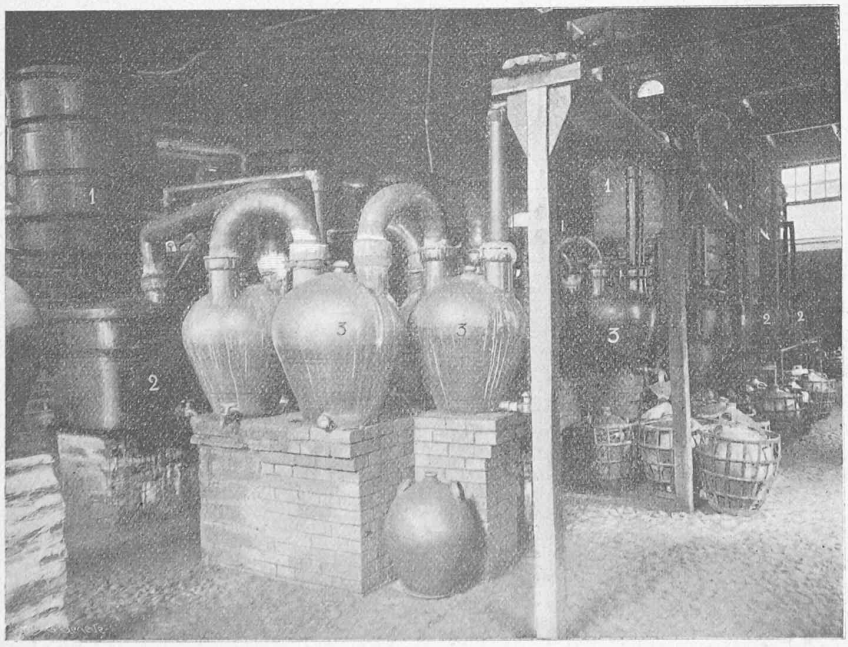


Fig. 9. — Intérieur de l'atelier de préparation de l'acide nitrique.

LÉGENDE :

1. Serpentins de condensation en grès. — 2. Réservoirs d'acide fort. — 3. Condenseurs pour acide faible.

pour le ramener à une densité uniforme et pour en chasser les vapeurs hypoazotiques qu'il pourrait contenir, puis mis en touries de grès, renfermées dans des paniers de fer, et conduit sur le parc, où les ouvriers le prendront pour constituer le mélange sulfonitrique. La charge d'une cornue comporte 700 kg. de nitrate de soude sec et 800 kg. d'acide sulfurique, et produit en moyenne 450 kg. d'acide nitrique de 49-49,2° $B^é$; durée de l'opération 22-24 heures.

L'acide sulfurique concentré, provenant actuellement des Usines de St-Gobain, arrive en gare de Brigue dans des wagons citernes de 10-12 000 kg., il est ensuite transvasé dans des fûts en fer, conduit à l'Usine, puis vidé dans quatre réservoirs de plomb de 12 000 kg. chacun. Ces réservoirs se trouvent à proximité du parc d'acide nitrique.

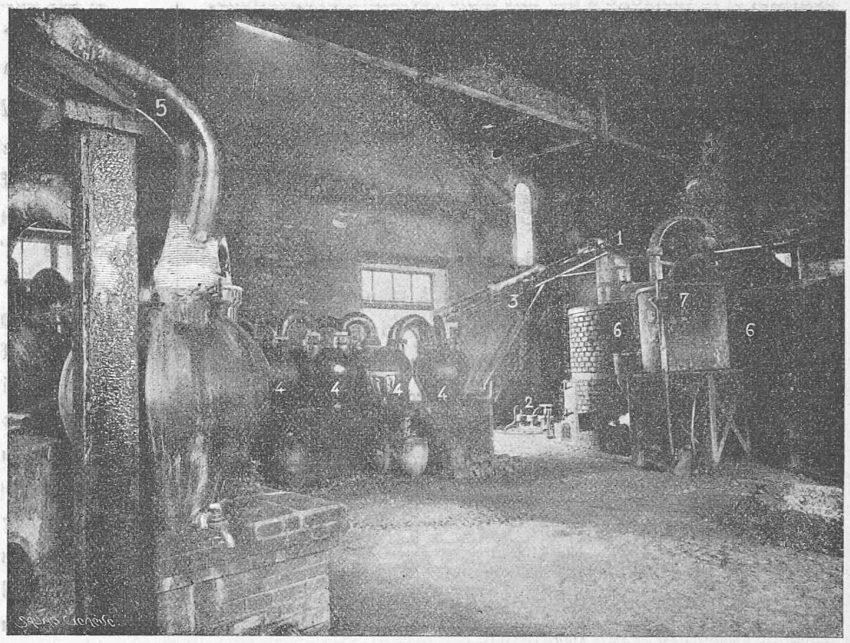


Fig. 10. — Intérieur de l'atelier de regagnage et de concentration des acides résiduels.

LÉGEODE :

1. Tour dénitrante. — 2. Monte-jus pour acide sulfurique à concentrer. — 3. Sortie des vapeurs nitreuses de la tour. — 4. Batterie pour absorption et oxydation de l'acide nitreux et pour sa transformation en acide nitrique. — 5. Sortie de l'acide nitreux non absorbé. — 6. Cornue de concentration de l'acide sulfurique. — 7. Boule réfrigérante pour petites eaux sulfuriques.

Regagnage.

Les acides résiduels sont travaillés à l'atelier de *regagnage,* au moyen de la tour dénitrante. Celle-ci est en lave de Volvic; elle a 3m,50 de hauteur, 80 cm. de diamètre et est évidée à l'intérieur. Elle sert à la décomposition de ces acides au *moyen de vapeur d'eau injectée par le bas.*

Les acides y sont introduits par la partie supérieure et ruissellent de haut en bas sur des fragments de pierre de Volvic. L'acide nitrique volatilisé s'échappe par une ouverture pratiquée au sommet de la tour et est recueilli dans une batterie en grès. On obtient ainsi un acide de 40-42° $B^é$, qui est livré au commerce. L'acide sulfurique sort par le bas de la tour, passe dans un réfrigérant, puis dans un monte-jus qui l'envoie dans les cornues de concentration. Il est concentré dans celles-ci jusqu'à 66° $B^é$, soit à 96-97 % de monohydrate, puis employé à la fabrication de l'acide nitrique fort.

Comme nous l'avons vu, l'acide nitrique fort est fabriqué à Gamsen, l'acide sulfurique provient de l'étranger, ainsi que la glycérine et le coton-poudre. Il est probable que, dans la suite, quelques-unes de ces matières seront fabriquées à Gamsen.

L'usine est construite de façon à fournir journellement 2400 kg. d'acide nitrique.

A l'heure actuelle, où les explosifs dits de sûreté sont seulement dans une période d'essais et ne peuvent encore lutter avec la dynamite pour le travail en galerie, l'usine de Gamsen est capable de fournir en explosifs une grande partie des entrepreneurs travaillant en Suisse, en attendant le moment où, lorsque le tunnel du Simplon sera achevé, elle pourra exporter au loin ses produits.

Novembre 1903.

Application de la statique graphique aux systèmes de l'espace.

Par M. B. MAYOR, ingénieur,

Professeur ordinaire.
Ancien élève de l'Ecole d'Ingénieurs (1884-1887).

(Suite) [1].

CHAPITRE III

Mode de représentation spécial.

35. Il résulte des applications qui terminent le chapitre précédent, que le mode de représentation adopté jusqu'ici se prête sans difficulté à la solution des problèmes dans lesquels n'interviennent que les propriétés projectives des figures de l'espace. Mais, si les relations métriques entrent en jeu, et c'est précisément le cas lorsqu'on envisage les problèmes les plus élémentaires de la statique graphique, les solutions ne peuvent être obtenues qu'au prix de constructions souvent fort compliquées. Il est donc essentiel de particulariser ce mode de représentation, de manière que les propriétés métriques qui peuvent exister dans les figures de l'espace se retrouvent sous des formes simples dans leurs éléments représentatifs. Ainsi que nous allons le voir, il suffit, pour atteindre ce but, de choisir le système directeur (F_0) de manière que la droite désignée jusqu'ici par E, c'est-à-

[1] Voir N° du 25 décembre 1903, page 355.