64. *Note sur le* Cuivre pyriteux aurifère *de Gando, près Martigny* (Valais); par M. P. Berthier.

Famille or.

Le minerai de Gando est irrégulièrement disséminé dans une roche grisâtre un peu feuilletée, composée de quarz et de feldspath. Il est accompagné de quelques mouches de galène. Sa couleur est le jaune verdâtre pâle.

On l'a débarrassé de sa gangue par le lavage; puis on en a pris 10 grammes, que l'on a fondus avec trois parties de flux noir, après les avoir grillés le plus complétement possible : ils ont donné un culot de cuivre rouge très-pur, pesant 1g15. On a coupellé ce culot de cuivre avec 20g de plomb d'orfèvre, et il est resté un bouton d'un blanc d'argent très-petit, mais très-net. Ce petit bouton ayant été aplati entre deux papiers, on l'a fait chauffer avec de l'acide nitrique pur; l'acide a laissé un grain scoriforme brun qui avait toute l'apparence de l'or. On l'a coupellé avec 2g de plomb, et il a produit effectivement un petit bouton d'un très-beau jaune, qui était de l'or pur, et dont le poids s'est trouvé être d'un milligramme.

Il résulte de cette expérience que le minerai de Gando, lavé, contient 0,115 de cuivre et 0,0001 d'or, et par conséquent que le cuivre que l'on pourrait en extraire renfermerait 0,0009 d'or, ou environ une once 3 gros au quintal poids de marc. La valeur de cette quantité d'or serait un peu plus grande que celle du cuivre. Il paraît que ce minerai contient aussi un peu d'argent.

Sur les ponts de chaînes (de Russie) et sur les résistances des fers employés dans leur construction.

Extrait d'une lettre écrite à M. Baillet par M. LAMÉ, Ingénieur des Mines de France et Major du Génie au service de Russie.

Saint-Pétersbourg, 12-24 octobre 1824.

.... Parmi les constructions qui sont du ressort de l'ingénieur des ponts et chaussées, dont je remplis ici les fonctions, il n'en est peut-être pas de plus intéressante pour l'ingénieur des mines que celle des ponts en chaînes. La solidité de ce genre de pont, la légèreté dont il peut être susceptible, l'économie qu'il peut offrir, dépendent presque entièrement de la solution d'un problème de métallurgie, qui consiste à trouver les moyens d'extraire et de forger à peu de frais un fer jouissant de certaines propriétés. Permettez-moi d'entrer dans quelques développemens à cet égard.

Le fer est livré aux usages civils sous un nombre presque infini de variétés différentes : parmi celles qui sont très-tenaces, c'est-à-dire susceptibles de soutenir sans se briser un poids très-grand relativement à leur épaisseur, les unes sont très-ductiles, c'est-à-dire s'allongent beaucoup avant de se rompre, tandis que les autres ne s'allongent pas d'une manière sensible; enfin parmi les mêmes variétés, il en est qui se raccourcissent en partie quand elles cessent de supporter les poids sous lesquels elles s'étaient allongées, tandis que les autres sont dépourvues de cette élasticité. La nature et la distribution des pressions que doit soutenir le pont suspendu, le genre de mouvement que les pressions mobiles lui imprimeront, doivent faire préférer une certaine variété de fer à toutes les autres. Une étude approfondie des ponts de chaînes, et sur-tout l'expérience, doivent guider dans un choix aussi difficile ; mais quand il sera fixé, le métallurgiste aura à s'occuper de la recherche non moins épineuse du traitement à faire subir au fer, pour qu'il jouisse des propriétés demandées et au degré voulu.

A ces raisons, qui pourraient exciter l'ingénieur des mines à s'occuper d'une application où ses connaissances peuvent être si utiles, il faut ajouter que les pays de mines étant assez ordinairement montagneux, le besoin de faire communiquer les deux flancs d'une vallée pour le service d'une mine peut quelquefois engager à les joindre par un pont de chaînes, dont la construction serait alors du ressort de l'ingénieur des mines.

Tels sont les motifs qui nous ont déterminés, Clapeyron et moi, à nous occuper de ce genre de construction ; nous avons fait des recherches à cet égard, que nous avons trouvé l'occasion d'utiliser ici. Je sais que ce sujet a été traité par d'habiles ingénieurs, et que leurs travaux, que je ne connais pas, ne laissent rien à désirer; mais comme les méthodes dont nous nous sommes servis sont très-simples, suffisamment rigoureuses dans la pratique, et d'une application facile et prompte, j'ai pensé que vous en liriez avec plaisir l'exposé, et je m'empresse de vous l'adresser.

J'ai joint à cette note théorique la description d'une nouvelle machine à essayer les fers, construite à Pétersbourg, et le résumé des principales expériences faites au moyen de cette machine. Le souvenir des leçons dans lesquelles vous m'avez inspiré le goût de la mécanique pratique me persuade que vous aimez particulièrement cette science, et me fait espérer que tout ce que je prends la liberté de vous écrire ici ne sera pas sans intérêt pour vous.

Le plancher d'un pont de chaînes est soutenu par plusieurs rangs de tiges de fer verticales, équidistantes entre elles suivant la longueur du pont : chacune de ces tiges est fixée, par son extrémité supérieure, au sommet d'un polygone en fer, auquel on donne le nom de chaînes. Le nombre des polygones ou des rangs de tiges doit être au moins de deux. Les polygones aboutissent par leurs extrémités à des supports verticaux situés sur les culées du pont ; ces supports sont équilibrés par des chaînes, opposées aux polygones, qui sont fixées dans le sol à des plaques de fonte chargées de poids considérables, ou tout simplement de la maçonnerie même des culées. L'épaisseur à donner aux tiges, aux chaînons des polygones et à ceux des chaînes équilibrantes, dépend évidemment de la traction qu'ils ont à supporter.

Pour calculer cette traction, nous imaginons que tous les polygones parallèles se réduisent à un polygone unique, qui, supportant tout seul le poids du pont au moyen d'un seul rang de tiges verticales, éprouverait une traction égale à la somme des tractions des polygones composans, et aurait conséquemment une épaisseur égale à la somme des épaisseurs de ces mêmes polygones.

Ce polygone unique serait sollicité à chaque sommet par une force verticale égale 1°. au poids d'une portion rectangulaire du plancher du pont, ayant la même largeur transversale que le pont, et pour longueur l'intervalle qui sépare les milieux des projections horizontales de deux côtés consécutifs du polygone; 2°. à la portion correspondante de la charge maximum; 3°. enfin à la demi-somme des poids des deux côtés du polygone, adjacens au sommet que l'on considère.

De ces trois poids différens, les deux premiers sont les mêmes pour tous les sommets lorsque l'on suppose la charge maximum également répartie sur toute la surface du pont; le troisième poids varie au contraire d'un sommet à l'autre, puisque les côtés du polygone, qui ont tous la même projection horizontale, doivent avoir des longueurs et des épaisseurs différentes; mais la flèche du polygone n'étant ordinairement qu'une fraction assez petite de la distance entre ses supports, cette variation est négligeable. On peut négliger encore la variation du poids de la tige fixée à chaque sommet, poids qui est insignifiant à côté des poids que nous venons de considérer: nous supposerons donc que le polygone-chaîne est sollicité à chaque sommet par une même force verticale que nous désignerons par P.

L'équilibre de ce polygone exige que les composantes horizontales des tractions des deux côtés adjacens à chaque sommet soient égales entre elles et directement opposées l'une à l'autre, et que la somme algébrique des composantes verticales de ces mêmes tractions soit égale et directement opposée au poids P, qui sollicite le sommet que l'on considère; de plus, il faut que les tractions d'un même côté à ses deux extrémités soient égales entre elles. Il est aisé de conclure de là que les composantes horizontales des tractions de tous les côtés du polygone proposé ont toutes la même valeur absolue : nous désignerons cette valeur par A.

La projection horizontale de chaque côté étant une longueur constante a, il nous est permis de prendre la ligne a pour représenter la force A; les conditions d'équilibre énoncées précédemment indiquent alors que la traction de chaque côté est proportionnelle à sa longueur; que le poids P est représenté à chaque sommet par la somme ou la différence des projections verticales des côtés qui y aboutissent, et que conséquemment cette somme ou différence est constante en passant d'un sommet à l'autre. Il est très-simple de conclure de cette constance la loi de la variation des projections verticales des côtés du polygone proposé, et par suite les valeurs des tractions en fonction de a et de P.

Appliquons ces résultats théoriques au cas où les extrémités du polygone sont au même niveau. Si le nombre de ses côtés est impair, le côté milieu sera horizontal; si ce nombre est pair, il y aura un sommet au milieu du polygone.

Dans le premier cas, la projection verticale du côté milieu étant nulle, celle du côté adjacent représentera la force P : désignons cette ligne par h; la projection verticale du second côté, à partir du côté milieu, diminuée de celle de h du premier, devant aussi représenter le poids P, sera nécessairement égale à $2h$; et en général la différence entre les projections verticales de deux côtés consécutifs, devant représenter la force P, sera nécessairement égale à h: d'où l'on conclut que les projections verticales des côtés croîtront, à partir du côté milieu horizontal, comme les nombres naturels 1, 2, 3, 4, etc.

Soient donc $2n+1$ le nombre des côtés du polygone, F la hauteur de la flèche; comme cette flèche est égale à la somme des projections verticales des côtés du polygone compris entre le milieu du pont et un support, on devra avoir

$$(1+2+3+4+5+\ldots+n)h=\mathrm{F},$$

d'où

$$(\mathrm{a})\ldots\ h=\frac{2\mathrm{F}}{n(n+1)}.$$

Connaissant la ligne h, on calculera aisément les projections verticales 0, h, $2h$, $3h$, etc..., nh, des côtés du polygone, et enfin leurs longueurs

$$a,\ \sqrt{a^2+h^2},\ \sqrt{a^2+4h^2},\ldots,\sqrt{a^2+n^2h^2}.$$

La proportion $\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{P}}=\frac{a}{h}$ donnant

$$(\mathrm{b})\ldots\ \mathrm{A}=\frac{a}{h}\mathrm{P}$$

pour la traction du côté milieu, les tractions des autres côtés, étant proportionnelles à leurs longueurs, seront

$$\frac{\sqrt{a^2+h^2}}{h}\mathrm{P},\quad \frac{\sqrt{a^2+4h^2}}{h}\mathrm{P},\ldots,\quad \frac{\sqrt{a^2+n^2h^2}}{h}\mathrm{P}.$$

Dans le second cas, h représentant la projection verticale d'un des côtés adjacens au sommet milieu, l'équilibre de ce sommet indique que la

force P sera représentée par $2h$, et puisque la différence entre les projections verticales des côtés adjacens à tout autre sommet doit aussi représenter la force P, on en conclut que lorsque le nombre des côtés du polygone sera pair, les projections verticales des côtés, à partir du sommet milieu, croîtront comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, etc.

Soient donc $2n$ le nombre des côtés, F la flèche du polygone, on devra avoir

$$(1+3+5+7+\ldots+(2n-1))h=\mathrm{F}:$$

d'où

$$(\mathrm{a}')\ldots\ h=\frac{\mathrm{F}}{n^2}.$$

La ligne h étant connue, on en déduira les valeurs numériques des projections

$$h,\ 3h,\ 5h,\ 7h,\ldots,\ (2n-1)h,$$

qui représentent les composantes verticales des tractions des côtés du polygone. La proportion $\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{P}}=\frac{a}{2h}$, donnant

$$(\mathrm{b}')\ldots\mathrm{A}=\frac{a}{2h}\mathrm{P}$$

pour la composante horizontale de toutes ces tractions, on en conclura que ces tractions elles mêmes, proportionnelles aux côtés

$$\sqrt{a^2+h^2},\ \sqrt{a^2+9h^2},\ \sqrt{a^2+25h^2},\ldots,\ \sqrt{a^2+(2n-1)^2h^2},$$

ont pour valeurs

$$\frac{\sqrt{a^2+h^2}}{2h}\mathrm{P},\quad \frac{\sqrt{a^2+9h^2}}{2h}\mathrm{P},\ldots,\quad \frac{\sqrt{a^2+(2n-1)^2h^2}}{2h}\mathrm{P}.$$

Le plus souvent les deux côtés extrêmes du polygone ont une projection horizontale a' plus grande que celle a des autres côtés ; on peut supposer alors que leur projection verticale croît dans le même rapport, et le dernier terme du premier membre des équations qui déterminent h est alors

$$\frac{na'}{a}h \text{ ou } \frac{(2n-1)a'}{a}h,$$

suivant que le nombre des côtés est pair ou impair. Du reste, la traction de ces côtés extrêmes est toujours donnée par la formule

$$(c)\ldots T=\frac{\sqrt{a'^2+n^2h^2}}{h}P,$$

ou

$$(c')\ldots T=\frac{\sqrt{a'^2+(2n-1)^2h^2}}{2h}P.$$

Je ne parlerai pas ici du cas où les extrémités du polygone ne seraient pas au même niveau, il doit se présenter rarement, et d'ailleurs il peut être ramené au cas que je viens de traiter, en supposant le polygone interrompu à un certain sommet de l'une de ses moitiés. Il suffit pour cela qu'il y ait toujours un côté horizontal, ou que le point le plus bas du polygone soit un sommet dont les côtés adjacens fassent des angles égaux avec la verticale. Des considérations théoriques, qu'il serait trop long de développer ici, démontrent que lorsque la projection horizontale de la chaîne totale et sa flèche sont données, il est plus avantageux d'employer un polygone symétrique de part et d'autre de la verticale passant par son point le plus bas ; c'est-à-

dire que pour des poids égaux à soutenir, la traction de la chaîne est un peu moins considérable.

Lorsque la flèche et l'ouverture de la chaîne sont connues, la formule (a) ou (a') donne la valeur de h, et la forme du polygone est tout-à-fait déterminée : d'où l'on voit que lorsqu'un pont de chaînes est uniformément chargé dans toute son étendue, la forme d'équilibre des chaînes reste la même, quelle que soit la charge. La formule (b) ou (b') donne la traction horizontale de la chaîne à chaque sommet, et la formule (c) ou (c') la traction maximum du polygone, c'est-à-dire celle des côtés extrêmes.

Pour avoir les valeurs de ces tractions, il est donc essentiel de connaître le poids P. Des trois parties qui le composent, la première, qui dépend du poids du plancher du pont, s'évalue facilement lorsqu'on connaît la pesanteur spécifique des matériaux qui forment ce plancher; nous évaluons la seconde en supposant que la charge maximum soit équivalente au poids d'une foule d'hommes uniformément répartis sur le pont, dont chacun occuperait un vingtième de sagène carrée (environ 1,224 mètre carré), et peserait 4 pouds (environ 67 kilogrammes); quant à la troisième partie du poids P, celle qui dépend du poids de la chaîne, on ne peut la déterminer que lorsque l'épaisseur de la chaîne est elle-même connue : or cette épaisseur est proportionnelle à la traction, et d'après les expériences dont je vous parlerai tout-à-l'heure, elle doit être d'autant de pouces carrés anglais qu'il y a de fois 8 tonneaux dans le poids qui ferait directement équilibre à la traction.

Ainsi l'évaluation totale du poids P exige que l'on connaisse la traction même que nous nous proposions de calculer, ce qui complique singulièrement l'équation (c) ou (c'). Mais on peut alors se servir de la méthode de tâtonnemens suivante : au moyen de la formule (c) ou (c'), on calcule la traction T' du côté extrême en négligeant dans P le terme correspondant au poids de la chaîne ; à la traction T' correspond une certaine épaisseur E' de la chaîne. On calcule en second lieu, toujours au moyen de la formule (c) ou (c'), la traction maximum T'', en évaluant le troisième terme de P suivant le poids de la chaîne dû à son épaisseur E' ; à la traction T'' correspond une épaisseur E'' pour la chaîne. On calcule ensuite successivement la traction T''' due à l'épaisseur E''; l'épaisseur E''' qu'exige la traction T'''; la traction T'''' due à l'épaisseur E'''; l'épaisseur E'''' qu'exige la traction T'''', etc., jusqu'à ce que l'on arrive à deux tractions consécutives, qui ne diffèrent l'une de l'autre que d'une quantité négligeable ; l'une d'elles pourra représenter la traction maximum du polygone proposé.

La traction étant différente pour chaque côté du polygone, il paraîtrait nécessaire de donner à la chaîne des épaisseurs variables dans toute sa longueur ; mais une telle construction est inexécutable dans la pratique. Si le pont a peu d'ouverture, on peut donner à la chaîne, dans toute sa longueur, une épaisseur égale à celle qu'exige la traction des côtés extrêmes ; si le pont a une grande ouverture, la différence entre la traction maximum des côtés extrêmes et celle maximum des côtés milieux, quoique peu de chose relativement à chacune de ces tractions, peut être cependant assez grande pour qu'on doive économiser un excès inutile dans l'épaisseur du milieu de la chaîne : alors on peut se contenter de composer la chaîne de chaînons de deux, trois ou plusieurs épaisseurs différentes, décroissantes à partir des côtés extrêmes.

L'épaisseur de la tige verticale aboutissant à chaque sommet du polygone unique, ou bien la somme des épaisseurs des tiges situées dans un même plan vertical perpendiculaire à la longueur du pont, doit être celle qu'exige la traction due aux deux premières parties du poids P, le poids de la chaîne n'étant pour rien dans cette traction.

La direction de la chaîne équilibrante qui maintient le support placé à l'une des extrémités du polygone unique peut faire avec la verticale un angle quelconque δ ; la traction de cette chaîne est telle que sa projection horizontale fait équilibre à la traction A ; cette traction a donc pour valeur $\frac{A}{\sin\delta}$: sa projection verticale, plus la projection verticale de la traction T (formule (c) ou (c')), expriment la pression exercée sur le support, dont elle sert à déterminer l'épaisseur.

Il y a une valeur de l'angle δ pour laquelle la construction de la chaîne équilibrante du support et de la culée présentera la plus grande économie; elle dépend du prix des matériaux; sa détermination est une simple question de *minima*, que l'on peut résoudre par les moyens connus. Dans le cas où, par des circonstances particulières, on serait obligé de donner à la culée et au support des dimensions qui dépasseraient de beaucoup celles correspondant à la plupart des valeurs de l'angle δ, l'économie ne porterait que sur le poids total de la chaîne équilibrante. Or, si nous supposons que cette chaîne soit prolongée, en conservant sa direction, jusqu'au radier de la culée, et que nous désignions par H la hauteur du sommet du support au-dessus de la base inférieure de la maçonnerie, $\frac{H}{\cos. \delta}$ sera la longueur de la chaîne équilibrante, son épaisseur devant être de plus proportionnelle à la traction $\frac{A}{\sin. \delta}$ qu'elle éprouve dans le sens de sa longueur; son poids sera proportionnel à

$$\frac{AH}{\sin. \delta \cos. \delta},$$

et sera un minimum quand le produit $\sin. \delta \cos. \delta$, ou son carré $\sin.^2 \delta \cos.^2 \delta$, sera un maximum : or, comme la somme des deux facteurs variables $\sin.^2 \delta$, $\cos.^2 \delta$ est constante, le maximum de $\sin.^2 \delta \cos.^2 \delta$ a lieu lorsque $\sin.^2 \delta = \cos.^2 \delta$: ainsi, dans le cas que nous considérons, la chaîne équilibrante devra faire avec la verticale un angle égal à 45°.

La construction d'un pont de chaînes présente une question de *minima* plus difficile à résoudre que celle que nous venons de traiter, et dont voici l'énoncé : *l'ouverture du pont étant donnée, on propose de déterminer la flèche à donner aux chaînes pour que la dépense totale du pont soit la moins forte possible.* On sent que ce problème est susceptible d'une solution : une trop petite flèche donne des tractions, et exige des épaisseurs trop considérables pour les chaînes ; il est vrai que les supports sont moins élevés, mais aussi les culées doivent avoir une plus grande épaisseur pour résister à une plus grande traction horizontale; d'un autre côté, une trop grande flèche nécessite des supports trop élevés, des frais de construction plus considérables ; les chaînes, il est vrai, sont moins épaisses, mais elles sont en même temps plus longues. Il doit donc exister une valeur particulière de la flèche pour laquelle le pont coûtera le moins possible ; elle dépend des prix des différens matériaux et de la main-d'œuvre, valeurs dont les rapports sont variables suivant les pays et les temps. Presque toujours des circonstances locales assignent des limites soit à l'empatement des chaînes équilibrantes, soit même à la hauteur des supports ; ce qui rend inutile la solution du problème précédent, qui ne nous paraît d'ailleurs pouvoir être abordé que par une méthode de tâtonnemens.

Lorsque les pièces de fer qui doivent entrer dans la construction d'un pont de chaînes ont été forgées avec les épaisseurs que le calcul leur a assignées, il est essentiel de les essayer pour s'assurer de leur résistance à la traction.

La machine dont on se sert à Pétersbourg pour ce genre d'épreuve a été construite dans la fonderie de M. Baire, d'après les plans du général Bétancourt. Elle consiste dans un long châssis composé de deux fortes poutres en fonte, liées entre elles en différens points de leur longueur par des traversines pareillement en fonte : ce châssis est assujetti horizontalement entre deux files de pieux bien battus; à l'une de ses extrémités est fixé le cylindre horizontal d'une presse hydraulique dont le piston est un cylindre plein, pareillement horizontal; ce piston entraîne dans son mouvement un châssis mobile en fer qui glisse sur les poutres longitudinales du châssis fixe, et auquel est fixée une des extrémités de la ligne de chaînons que l'on veut essayer. Lorsque cette chaîne est tirée par la presse, son autre extrémité tend à faire mouvoir un système de leviers dont les axes tournent dans des coussinets solidement établis à l'autre bout du grand châssis fixe ; un plateau p, suspendu à l'extrémité de ce système de leviers, et posé sur le châssis, reçoit les poids destinés à faire équilibre à la traction de la chaîne. Lorsque ce plateau p, supportant un poids a, est soulevé par la traction que la presse hydraulique produit sur la chaîne, les rapports des leviers sont tels, que cette traction est équivalente à environ $200\,a$, sans compter les frottemens sur les axes des leviers que cette traction est obligée de vaincre. Les dimensions de toutes les parties de cette machine ont été calculées de manière à ce qu'elle pût exercer une traction capable de rompre une barre de bon fer de 2 pouces et demi de diamètre. Cette rupture peut être produite en peu de temps par un seul homme, qui fait mouvoir successivement diverses pompes alimentant le cylindre de la presse hydraulique, et dont les pistons ont des diamètres de plus en plus petits. Comme le cylindre de la presse hydraulique est horizontal, on est obligé d'y faire rentrer le piston, au moyen de plusieurs roues dentées et d'une crémaillère horizontale fixée au piston

même; un homme agissant sur une manivelle met ce système en mouvement.

Lorsque cette machine fut construite, il devint nécessaire de faire sur elle des expériences propres à en régler l'usage. On nomma à cet effet une commission dont je fis partie.

La première série d'expériences entreprises par cette commission eut pour objet de déterminer rigoureusement le rapport des leviers de la machine : on plaça à cet effet dans le châssis fixe un rang de forts chaînons, dont une des extrémités était attachée au système de leviers ; et dont l'autre, au lieu d'être attachée au châssis mobile du piston de la presse hydraulique, l'était à la branche verticale d'un levier coudé ; tandis que sa branche horizontale, égale à la première ; soutenait un grand plateau P, disposé dans un puits, et sur lequel on plaça des poids considérables qui mesuraient la traction de la chaîne, l'axe du levier coudé roulait sur des coussinets fortement assujettis au châssis fixe de la machine.

Après avoir placé sur le plateau p des poids tels qu'il ne pût quitter son support que pour des tractions beaucoup plus considérables que celles que l'on voulait faire supporter à la chaîne, on plaçait un poids déterminé A sur le plateau P; on ôtait ensuite peu-à-peu une portion des poids du plateau p, jusqu'à ce qu'il fût soulevé; sa course avait été limitée à un pouce par un arrêt convenablement placé ; si a' représente le poids restant alors sur le plateau, le rapport $\frac{A}{a'}$ aurait été le rapport des leviers du système, s'il n'y avait pas eu de frottemens : or, si l'on désigne par x le poids qui, sur le plateau p, faisait équilibre aux frottemens sur les axes des leviers, dus à la traction A,

$$\frac{A}{a' + x}$$

sera le rapport demandé ; désignons-le par y, on aura

$$y = \frac{A}{a' + x}.$$

On ajoutait ensuite peu-à-peu d'autres poids sur le plateau p, jusqu'à ce qu'il descendît sur son support ; a'' représentant le poids placé sur le plateau lors de sa descente, $a'' - x$ aurait suffi pour faire équilibre à la traction A, s'il n'y avait pas eu de frottement. On avait donc encore

$$y = \frac{A}{a'' - x}:$$

d'où

$$x = \frac{a'' - a'}{2}, \; y = \frac{2A}{a'' + a'}.$$

On fit varier A depuis 50 pouds jusqu'à 600 pouds (3 pouds = 50 kilogrammes). On obtint une série de valeurs différentes pour x, et pour y une seule valeur à très-peu près constante, qui exprima le rapport demandé du système de leviers de la machine ; ce rapport était un peu plus petit que 200. Les circonstances locales ne permirent pas d'essayer directement, au moyen du levier coudé, des tractions plus grandes que 600 pouds (10,000 kilogrammes).

Le poids x, qui, sur le plateau p, eût fait équilibre au frottement de la machine et à celui du levier coudé, variait dans le même sens que A,

mais non proportionnellement : le rapport $\frac{A}{x}$ diminuait lorsque A augmentait ; mais quand même on eût déterminé par l'expérience, pour chaque valeur de A, la partie du poids x due au frottement sur l'axe du levier coudé, et quand même on eût trouvé une formule empirique qui donnât exactement la partie de la variable x due au frottement sur les axes du système des leviers, pour toutes les valeurs de A comprises entre 50 et 600 pouds, ces valeurs étaient trop éloignées des tractions que la machine devait faire supporter aux fers à essayer, lesquelles devaient varier entre 1000 et 10,000 pouds (17,000 et 170,000 kilog. environ), pour que l'on pût en conclure le frottement dû à ces hautes tractions.

Le moyen que l'on avait employé pour évaluer le frottement sur les axes des leviers de la machine, lorsque la traction de la chaîne était produite au moyen du levier coudé par un poids A placé sur le plateau P, ne pouvait pas être appliqué au cas où la traction était produite par la presse, parce que, dans le premier cas, la descente du plateau p, depuis l'arrêt jusqu'au support, par l'addition du poids $(a'' - a')$, avait lieu par l'élévation du plateau P; tandis que, dans le second cas, cette descente ne pouvait avoir lieu que par l'allongement de la chaîne. Il est vrai que la course du plateau p, depuis l'arrêt jusqu'au support, pouvait être aussi petite que possible, et conséquemment l'allongement de la chaîne environ 200 fois plus petit encore; mais quelque petit que fût cet allongement, il fallait, pour le déterminer, augmenter les poids placés sur le plateau p au-delà de la portion de ces poids nécessaire pour vaincre les frottemens. Cette nouvelle augmentation de poids pour une même traction variait extrêmement avec la nature du fer éprouvé : nous l'avons trouvée presque nulle pour certains fers très-élastiques, et tellement considérable pour d'autres fers, que plusieurs d'entre eux se brisaient avant que le plateau p descendant eût atteint son support. Le jeu de la presse étant arrêté, si l'on diminuait les poids supportés par le plateau, il remontait dans le cas où le fer essayé était élastique; mais dans le cas contraire, ce plateau, même dégarni de tout poids, ne remontait pas.

Ces dernières expériences firent perdre l'espoir de déterminer l'influence du frottement de la machine dans les hautes tractions; mais comme le principal but de la machine proposée était de faire subir aux fers des tractions plus fortes que celles qu'ils pouvaient avoir à supporter, on augmentait la certitude des épreuves, en prenant pour la traction des chaînes le produit du rapport des leviers (200 environ), par le poids situé sur le plateau, au moment où il était ébranlé par la traction de la chaîne, laquelle était plus grande que ce produit de toute la force nécessaire pour vaincre les frottemens; c'est à ce mode d'évaluation que la commission s'arrêta.

La seconde série d'expériences entreprises par la commission eut pour but d'essayer différens fers de Russie, afin de reconnaître ceux qui pouvaient être employés avec le plus d'avantage à la construction des ponts de chaînes. Pour essayer

chacun d'eux, on en forgeait un ou plusieurs chaînons d'un pouce carré anglais d'épaisseur, que l'on intercalait dans la chaîne de la machine, dont l'épaisseur était beaucoup plus grande; on plaçait un poids peu considérable sur le plateau p; on faisait agir la presse hydraulique jusqu'à ce que le plateau fût ébranlé; on arrêtait une seconde fois le jeu des pompes; on augmentait encore un peu le poids du plateau, et ainsi de suite jusqu'à la rupture d'un chaînon. L'allongement de la chaîne était noté à chaque différence de traction par le mouvement du châssis mobile du piston de la presse, relativement au châssis de la machine.

Les meilleurs fers essayés ont supporté jusqu'à 26 tonneaux au pouce carré anglais sans se briser (le tonneau équivaut à 1,050 kilogrammes). Ils commençaient à s'allonger d'une manière sensible aux deux tiers de cette traction, et l'allongement semblait croître en progression géométrique pour des tractions croissant en progression arithmétique.

Les plus mauvais fers essayés se sont brisés à une traction de 14 tonneaux au pouce carré anglais; ils ne s'allongeaient pas d'une manière sensible avant leur rupture.

On obtint directement un fer qui ne se brisait qu'à 24 tonneaux, et ne commençait à s'allonger qu'à 16 tonneaux au pouce carré anglais, en forgeant ensemble 4 barres d'un fer de qualité moyenne.

En s'appuyant sur ses principaux résultats, la commission décida : 1°. que l'épaisseur des chaînes dans un pont suspendu serait calculée de manière à ce que le fer ne supportât qu'une traction de 8 tonneaux au pouce carré anglais, lors du *maximum* de charge du pont; 2°. et qu'avant d'être placées, les différentes parties de chaînes devaient être essayées à la machine sous une traction de 16 tonneaux au pouce carré, et ne pas s'allonger sensiblement sous cette traction..................., etc.

SUITE DE LA NOTICE

Sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais d'étain et de cuivre du Cornouailles ;

Par MM. DUFRENOY et ÉLIE DE BEAUMONT, Ingénieurs des Mines.

TROISIÈME PARTIE.

Préparation mécanique et fonte des minerais d'étain.

§ 44. En décrivant le gisement de l'oxide d'étain, nous avons indiqué que ce minéral se trouvait en couche, en amas, en stockwerks, en filons, et disséminé dans des dépôts d'alluvion.

L'oxide d'étain retiré des quatre premiers gisemens s'appelle *mine-tin* (étain de mine), et celui qui provient du dernier est connu sous le nom de *stream-tin,* étain de *stream-works* (étain de lavage).

Le premier est accompagné d'une grande quantité de métaux étrangers, tandis que le second n'est presque associé qu'avec des substances pierreuses.

Cette grande différence dans la composition de ces deux minerais, en amenant une dans la manière de les préparer, nous diviserons ce que nous avons à dire sur ce sujet en deux paragraphes ; savoir,

Préparation mécanique de l'oxide d'étain retiré des mines (*mine-tin*);

Préparation mécanique de l'étain de lavage ou d'alluvion (*stream-tin*).