

Zeitschrift:	Die Eisenbahn = Le chemin de fer
Herausgeber:	A. Waldner
Band:	10/11 (1879)
Heft:	16
Artikel:	Rapport sur un appareil électrique: construit par MM. Striedinger et Doerflinger (de New-York) pour faire sauter simultanément plusieurs milliers de mines
Autor:	Perard, L.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-7728

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: 08.01.2026

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

les élèves arriveront plus mûrs à l'école et la discipline y gagnera.

M. le président *Kappeler* est d'accord avec ce point de vue comme il reconnaît aussi qu'une réorganisation est nécessaire dans toutes les divisions.

L'orateur doute qu'il soit possible de constituer le Conseil de perfectionnement demandé, il se produira des frottements avec le Conseil de l'école, les professeurs se soumettront difficilement et il vaudrait beaucoup mieux arriver à introduire des éléments techniques suffisants dans le conseil, il est réellement incompréhensible que cela ne soit pas ainsi.

M. *Waldner* conclut en disant que suivant lui la pétition présentée par les anciens élèves de l'Ecole polytechnique lui paraîtrait mieux résumer les désirs exprimés que les nouvelles propositions.

Il propose de renvoyer la question à une réunion de délégués de notre Société qui serait d'autant plus à même de juger qu'elle compte un grand nombre de membres ayant étudié dans des écoles étrangères et auxquels on ne pourrait pas reprocher de faire opposition.

M. *Legler*, ingénieur à Glaris, appuie surtout les dernières paroles de M. *Waldner*, il est bien d'avis que la Société doit s'occuper de la question dont il s'agit et propose de nommer une commission de sept membres non anciens élèves de l'Ecole polytechnique qui devrait faire rapport à la prochaine réunion de la Société.

M. *Bürkli*, ingénieur à Zurich, estime qu'il faut absolument prendre une décision aujourd'hui, tous les préliminaires ayant eu lieu. Il n'est pas très favorable à l'institution d'un conseil de perfectionnement, mais il reconnaît que c'est le seul moyen d'arriver à ce que l'élément technique puisse exercer quelque influence sur l'organisation de l'école. En effet le Conseil de l'école vient d'être renouvelé pour six ans, et il ne compte parmi ses membres aucun technicien.

M. *Jean Meyer* déclare que ce n'est pas par enthousiasme que ce conseil de perfectionnement a été proposé, mais comme l'a dit le préopinant c'est une nécessité. Il propose de joindre nos observations à celles des anciens élèves de l'Ecole polytechnique, car il n'est plus possible de renvoyer cette affaire à une nouvelle assemblée.

M. *Gonin*, ingénieur cantonal à Lausanne, ne connaît pas le ménage intérieur de l'Ecole polytechnique, mais tient à appuyer tout ce que fera notre Société dans le but d'augmenter la considération des professions techniques, il insiste sur la nécessité des études littéraires et générales qui font la base des études techniques et il se déclare heureux de voir cette nécessité proclamée aujourd'hui par tout le monde.

La discussion est close et l'on passe au vote.

La proposition Legler tendant à renvoyer toute la question à l'examen d'une commission de sept membres est rejetée à une grande majorité. Puis les conclusions proposées par M. Meyer sont adoptées successivement et l'ensemble de la proposition est également adopté ensuite à une très grande majorité.

* * *

Rapport sur un Appareil électrique.

Construit par MM. *Striedinger* et *Dörflinger* (de New-York), pour faire sauter simultanément plusieurs milliers de mines, par *L. Perard*.

(Suite.)

Fusées (fig. 4, 5, 6).

A la suite d'essais comparatifs sur l'emploi des ponts électriques en platine, en argent neuf, et en argent platiné, on a donné la préférence à ce dernier alliage (66 parties d'argent et 33 de platine), tant sous le rapport de la résistance qu'il offre, que sous celui de l'inaltérabilité.

Le fil ainsi composé pour mettre le feu aux amores avait un diamètre de 0,036 mm. et une longueur 6,5 mm.; ces dimensions ont été indiquées par l'expérience.

Quant à la charge des fusées, on a donné la préférence au fulminate de mercure sur le coton poudre. Il paraît difficile en effet d'établir un contact complet entre cette dernière substance et le fil de pont. En l'employant sous forme de collodion pour assurer ce contact, on est obligé de donner plus de tension au courant. Le fulminate fait explosion à une température plus basse que ne fait le coton poudre, et comme le premier est meilleur conducteur de la chaleur, il exige moins de tension; il est aussi moins hygroscopique. Enfin, il se tasse plus facilement et plus uniformément autour du pont, ce qui est beaucoup plus favorable à la simultanéité des inflammations sous l'influence d'un même courant.

Une fusée formée d'une boîte de cuivre, recouverte de 3,2 mm. de gutta percha, et revêtue avant l'emploi d'une mince couche de paraffine, 0,6 mm., résiste à l'eau de mer pendant au moins quatre jours, à la profondeur de 12 m.

La boîte se compose de trois parties (fig. 4): deux tubes ouverts aux deux bouts, destinés à recevoir l'amorce, 10 grammes de fulminate de mercure; un tube plus large, fermé d'un côté

Fig. 4.



Fig. 5.

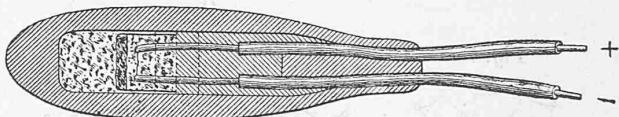
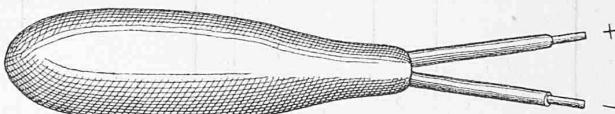


Fig. 6.



et s'emboitant sur les premiers, qui contient dans le fond la charge explosive, aussi composée de 10 grammes de fulminate.

Les conducteurs traversent d'abord le plus grand des deux tubes ouverts et le débordent d'environ 6,5 mm. (fig. 5); ils y sont maintenus en position par un empâtement de soufre fondu, qui s'arrête à 6,5 mm. de l'extrémité du tube. Le fil de pont est soudé à leurs extrémités.

Le second tube entre dans le premier jusqu'à ce qu'il soit arrêté par le soufre et par sa charge d'amorce; puis il est fermé au moyen d'une bourse de caoutchouc.

Enfin le dernier tube fermé, contenant la seconde charge, est emboité sur les premiers, et le tout est couvert d'une épaisseur de 1/8 pouce de gutta percha.

Pour l'explosion du récif Hellgate, à la pointe Hallett, où l'on a opéré sur près de 4 000 charges, on a formé des séries bien isolées, composées de 21 amores chacune, à égale distance dans chaque série; d'une série à l'autre, les distances varient de 6—7, 9 et même 10^{1/2} m.

Voici les dimensions des diverses parties d'une fusée:

Longueur du fil de pont	6,5 mm.
Diamètre	0,036 "
Longueur du tube contenant les conducteurs	22,2 "
Diamètre	9,52 "
Longueur du plus petit tube, contenant le fil de pont	10,27 "
Longueur du tube fermé	23,7 "
Longueur de la fusée avec gutta	38,1 "
Diamètre	15,87 "
Diamètre des conducteurs en cuivre nus	1,02 "
" " " revêtus de gutta	2,9 "

Groupement des fusées (fig. 7, 8, 9). La disposition adoptée pour les piles et les fusées a été suggérée, avons-nous dit, par les lois d'Ohm, relatives aux courants dérivés. L'analyse qui suit est destinée à exposer la marche des calculs nécessaires pour trouver le groupement le plus favorable des fusées, et les dimensions des piles à affecter à chaque groupe, sans tâtonnement, et sans la moindre chance d'erreur, dès que les expériences préliminaires, faites avec soin, ont donné à l'opérateur la connaissance exacte des éléments du problème, savoir la résistance des fusées, la force électro-motrice et la résistance des piles employées.

Soit N le nombre de fusées à faire sauter simultanément;

, , , n le nombre de fusées formant un groupe continu;

, , , $\frac{N}{n}$ sera le nombre de groupes;

Soit E la force électro-motrice d'un élément, en Volts;

, , , r la résistance intérieure de chaque élément, en Ohmades;

, , , R la résistance extérieure des conducteurs principaux;

, , , f la résistance de chaque fusée;

, , , x le nombre d'éléments;

, , , C l'intensité du courant nécessaire pour faire éclater un groupe.

On aura, d'après les lois d'Ohm appliquées aux conducteurs dérivés:

$$\frac{N}{n} C = \frac{x E}{x r + R + \frac{n^2 f}{N}} \quad (1)$$

Fig. 7

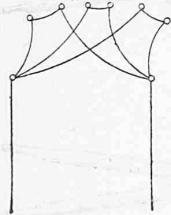


Fig. 8

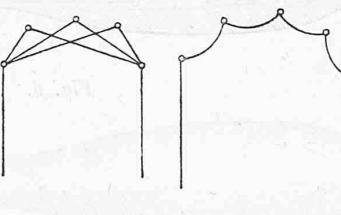
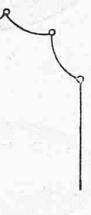


Fig. 9.



On sait que, pour obtenir l'effet maximum, il faut satisfaire à la condition que la résistance intérieure soit égale à la résistance extérieure*).

$$x r = R + \frac{n^2 f}{N} \quad (2)$$

Résolvant ces deux équations en x et en r , on a :

$$r = \frac{n E}{2 N C} \quad (3)$$

$$x = \frac{2 N C \left(R + \frac{n^2 f}{N} \right)}{n E} \quad (4)$$

*) Soit n piles de m éléments; désignons par A la force électro-motrice et par r la résistance intérieure de chaque élément; par R la résistance du conducteur qui réunit tous les pôles de même nom des n piles. L'intensité J du courant sera :

$$J = \frac{m A}{R + \frac{m r}{n}}$$

Soit $m n = M$ nombre constant, on aura :

$$J = \frac{M n A}{n^2 R + M r}$$

Le maximum de J sera donné par :

$$\frac{d J}{d n} = 0$$

d'où

$$n^2 R = M r \quad \text{ou bien} \quad \frac{m}{n} r = R$$

c'est-à-dire que le maximum d'intensité correspond à l'égalité entre les résistances intérieures et les résistances extérieures.

La surface immergée d'un élément étant inversement proportionnelle à sa résistance intérieure, et la surface totale de la pile étant le produit de cette surface immergée par le nombre d'éléments, on pourra représenter la surface totale par le rapport du nombre d'éléments au nombre qui exprime la résistance de chacun, savoir :

$$\frac{x}{r} = \frac{4 N^2 C^2 \left(R^2 + \frac{n^2 f}{N} \right)}{n^2 E^2} \quad (5)$$

Cette formule est applicable aux trois cas suivants :

1^o (Fig. 1): $\frac{N}{n}$ est quelconque;

2^o (Fig. 2): $n = 1, \frac{N}{n} = N$. Chaque groupe se compose d'une seule fusée avec son fil dérivé;

3^o (Fig. 3): $\frac{N}{n} = 1$. Toutes les fusées sont distribuées en une seule série et le circuit est continu.

Les surfaces correspondantes à ces trois cas sont respectivement proportionnelles aux valeurs des expressions suivantes :

$$\begin{aligned} 1\text{er cas: } & \frac{N^2}{n^2} R + N f \\ & \quad (6) \end{aligned}$$

$$2\text{e cas: } N^2 R + N f \quad (7)$$

$$3\text{e cas: } R + N f \quad (8)$$

Or, de ces trois expressions :

La seconde (7) est évidemment la plus grande, et la troisième (8) est la plus petite.

Dans la distribution des N fusées dans N fils dérivés exige la plus grande surface; tandis que la disposition en une seule série continue, exige la plus petite.

Si maintenant nous comparons les résistances intérieures dans ces trois cas, nous aurons les valeurs proportionnelles :

$$\begin{aligned} 1\text{er cas: } & r_1 = \frac{n E}{N} \\ & \quad (9) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2\text{e cas: } & r_2 = \frac{E}{N} \\ & \quad (10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3\text{e cas: } & r_3 = E \\ & \quad (11) \end{aligned}$$

De ces trois expressions :

La seconde (10) est évidemment la plus petite, et la troisième (11) est la plus grande.

Donc la disposition des N fusées en une seule série continue exige de petits éléments; tandis que leur partage en N fils dérivés en exige de plus grands.

Mais l'expérience a démontré que, pour faire éclater des fusées en séries (fig. 7 et 9), il faut mettre en usage un courant environ trois fois plus fort que pour produire l'explosion des fusées isolées (fig. 8). Si donc on substitue dans l'équation (5) appliquée au second cas ($n = 1$), $\frac{C}{3}$ à C , on aura pour valeur relative de la surface, au lieu de l'expression (7), la suivante :

$$\frac{N^2 R + N f}{9} \quad (12)$$

La surface nécessaire pour ce cas est donc réduite au neuvième. De sorte que si la condition

$$\frac{N^2 R + N f}{9} < R + N f$$

était satisfaite, le système représenté (fig. 8) serait plus économique que le système (fig. 9). La même batterie pourrait servir dans l'un et l'autre cas, si l'on avait :

$$\frac{N^2 R + N f}{9} = R + N f$$

$$\text{d'où } N = \frac{4 f}{R} + \sqrt{\frac{16 f^2}{R^2} + 9} \quad (13)$$

Soit par exemple $f=2$, $R=1,4$, on aura: $N=12$ en nombre rond.

On conclut de ce qui précède qu'en employant la même batterie, pour faire sauter N fusées:

1^o Si ce nombre N est petit (12 au plus, offrant chacune une résistance de 2 ohm., et la résistance extérieure étant de 1,5 ohm. au maximum), le circuit continu (fig. 9) et le circuit dérivé (fig. 8) sont les deux systèmes les plus économiques;

2^o Si le nombre N est grand, le circuit continu (fig. 9) exige la moins grande surface;

3^o Mais lorsque N augmente la valeur de $\frac{N^2}{n^2} R$ comparée à celle de Nf , diminue dans l'expression (6); de sorte que si N devient assez grand pour permettre de négliger $\frac{N^2}{n^2} R$ sans erreur sensible, le circuit continu (3^e cas, fig. 9), et le circuit composé (1^{er} cas, fig. 7) sont à peu près au même rang sous le rapport économique.

Or ce dernier, en proportion du nombre de groupes, offre le plus de chances de réussite, parce qu'un groupe peut manquer sans arrêter les autres.

Cela étant, quel est le meilleur mode d'arrangement des N fusées dans la réalisation du 1^{er} cas?

La formule (3) donne le nombre de groupes

$$\frac{N}{n} = \frac{E}{2rC} \quad (14)$$

Il est directement proportionnel à la force électro-motrice, et inversement proportionnel à la résistance r de chaque élément et à l'intensité nécessaire pour chaque groupe.

Les valeurs E et r sont connues d'après le choix des éléments; celle de C est donnée par la nature des fusées.

Or, d'après la formule (4), le nombre d'éléments est proportionnel à la résistance extérieure

$$R + \frac{n^2 f}{N}$$

On peut diminuer le premier terme de deux manières: d'abord en employant des conducteurs polaires gros et courts en cuivre, ensuite en divisant ces conducteurs en autant de branches qu'il y a de groupes de fusées, et adaptant chaque branche à son groupe de fusées disposé en série.

Dans ce dernier cas la résistance extérieure devient

$$\frac{R}{N} + \frac{n^2 f}{N} = \frac{R + n f}{N}$$

Si R , comparé à $\frac{n^2 f}{N}$ dans le premier cas, et à $n f$ dans le second cas, est assez petit pour être négligé, on a dans l'un et l'autre:

$$x = \frac{2 N C f}{E}$$

Le nombre d'éléments est donc proportionnel au nombre de fusées composant son groupe.

Choix des fusées. Pour choisir les fusées les plus convenables parmi plusieurs types donnés, celui qui exige la plus petite batterie, c'est-à-dire la plus économique, on remarque que les équations (4) et (14) donnent, après élimination de n :

$$x = \frac{R}{r} + \frac{4 r N C^2 f}{E^2} \quad (15)$$

formule qui montre que le nombre d'éléments croît, à partir d'une certaine valeur, proportionnellement au produit $C^2 f$.

Ainsi les expériences sur les différents types de fusées ont pour but de chercher:

1^o Leurs résistances individuelles à froid, et ensuite au moment de l'explosion: cette dernière est la valeur de f , en ohmades.

2^o L'intensité du courant nécessaire pour en effectuer l'explosion; valeur de C .

La fusée qui donne la plus petite valeur pour $C^2 f$ est la plus économique. Or on trouve à New-York que la fusée décrite dans ce travail donne non-seulement une valeur $C^2 f$ plus petite que les autres types, dans lesquels le fil de pont est en platine ou en fer doré, ou en argent platiné de 4,8 mm. de long et 0,036 mm. diamètre; mais que le produit $C^2 f$ n'atteint pour cette fusée que la moitié de la plus petite valeur des autres modèles.

(A suivre.)

* * *

ETAT DES TRAVAUX DU GRAND TUNNEL DU GOTTHARD au 30 Septembre 1879.

La distance entre la tête du tunnel à Göschenen et la tête du tunnel de direction à Airolo est de 14920 mètres. Ce chiffre comprend donc aussi, pour 145 mètres, le tunnel de direction. La partie courbe du tunnel définitif du côté d'Airolo, de 125 mètres de longueur, ne figure pas sur ce tableau.

Désignation des éléments de comparaison	Embouchure Nord — Goeschinen			Embouchure Sud — Airolo			Total fin septembre	Etat correspondant au programme fixé le 23/25 sept. 1875	Différences en plus ou en moins
	Etat à la fin du mois précédent	Progrès mensuel	Etat fin septembre	Etat à la fin du mois précédent	Progrès mensuel	Etat fin septembre			
Galerie de direction	longueur effective, mètr. cour.	7251,0	85,0	7336,0	6585,9	93,3	6679,2	14015,2	14276,0 — 260,8
Elargissement en calotte,	longueur moyenne, " "	6361,7	142,6	6504,3	5664,9	119,3	5784,2	12288,5	13150,0 — 861,5
Cunette du strosse,	" " " "	5104,3	94,4	5198,7	4944,4	119,4	5063,8	10262,5	12924,0 — 2661,5
Strosse	" " " "	4350,6	107,7	4458,3	4465,6	50,9	4516,5	8974,8	11931,0 — 2956,2
Excavation complète	" " " "	3704,0	106,0	3810,0	4114,0	109,0	4223,0	8033,0	— —
Maçonnerie de voûte,	" " " "	5249,0	78,0	5327,0	4950,8	55,8	5006,6	10333,6	12306,0 — 1972,4
" du piédroit Est,	" " " "	3712,0	81,0	3793,0	4419,1	175,2	4594,3	8387,3	11786,0 — 3085,8
" du piédroit Ouest,	" " " "	4681,7	26,3	4708,0	4306,0	—	4306,0	9014,0	— —
" du radier	" " " "	62,0	—	62,0	—	—	—	62,0	— —
" de l'aqueduc complète	" " "	3687,0	—	3687,0	4285,0	—	4285,0	7972,0	— —
Tunnel complètement achevé	" " "	3687,0	—	3687,0	4044,3	89,7	4134,0	7821,0	11579,0 — 3758,0