

Zeitschrift:	Bulletin technique de la Suisse romande
Band:	31 (1905)
Heft:	2
Artikel:	Transport industriels économiques: dépenses comparées de construction et d'exploitation pour un chemin de fer à rails et pour un câble aérien
Autor:	Petitmermet, L.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-24838

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: 15.01.2026

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

Transports industriels économiques.

Dépenses comparées de construction et d'exploitation pour un chemin de fer à rails et pour un câble aérien.

Par M. L. PETITMERMET, ingénieur.

En thèse générale, lorsqu'il s'agit de transporter, entre deux points déterminés, un tonnage également déterminé d'une matière aisément divisible en parties d'un poids limité, il convient d'étudier l'installation d'un porteur à câble. Ce sera le cas surtout lorsque la charge est descendante, la force motrice pour ramener au point de chargement les récipients vides étant alors nulle ou insignifiante.

Le chemin de fer terrien a plus d'élasticité comme capacité de transport, celle-ci pouvant être augmentée par la simple multiplication du matériel roulant et des voies d'évitement. Il sera souvent aussi d'une exécution plus facile, pouvant au besoin desservir lui-même son propre avancement, tandis que pour le chemin aérien à câble tous les matériaux doivent être transportés à pied d'œuvre par des moyens spéciaux, souvent dans des terrains très difficiles. En revanche, l'aérien sera toujours plus court, plus rapidement construit et coûtera beaucoup moins en frais d'exploitation.

Les progrès réalisés depuis quelques années dans la construction des câbles, dans celle des chariots de roulement et de leurs appareils automatiques d'accouplement au câble tracteur, etc., tendent à rendre le système aérien beaucoup plus souvent applicable qu'autrefois. C'est ainsi que le système devient facilement automoteur pour des pentes moyennes de 4 à 5 %, avec des charges convenables, tandis qu'il y a peu de temps encore on n'y comptait que pour des pentes doubles ; on estimait qu'au delà de 3 à 4 km. de longueur il était nécessaire d'avoir une station intermédiaire de renvoi et de tension du câble tracteur, alors que récemment on a construit une installation de 11 kilomètres de longueur avec un câble tracteur d'un seul circuit.

Ayant eu l'occasion d'établir et d'exploiter des chemins aériens, et d'en apprécier les mérites, nous avons cru intéressant de résumer ici les études comparatives relatives à une ligne en construction, d'importance assez grande.

Programme. — Il s'agit de transporter par an 100 000 tonnes de minerai de fer, en 240 jours de 10 heures environ, entre un point de la mine, situé à 350 m. sur mer, et le dépôt au point d'embarquement, à la côte 20 m. sur mer. Transport par heure 42 t. Distance à vol d'oiseau des deux points donnés 8 km. exactement.

Le devis du prix de revient du minerai permet d'attribuer à l'amortissement des installations de transport une somme maximum de 70 centimes par tonne, en comptant sur 500 mille tonnes de minerai seulement, quantité actuellement assurée dans la mine. Pour établir le prix de

l'amortissement, on pourra déduire $\frac{1}{5}$ environ de la dépense de premier établissement, comme valeur restante des installations après le transport de 500 000 t.

Etude sommaire d'un chemin de fer à locomotives. — *Profil et développement.* — Le tracé d'une voie de terre présente de sérieuses difficultés, car la plus grande différence de niveau — 290 m. environ — doit être rachetée sur la moitié seulement de la distance en ligne droite des points terminus, soit sur 4 km. On pourrait intercaler un plan incliné automoteur, mais cette solution ne diminuerait guère la dépense de construction et donnerait des sujétions fâcheuses et une majoration des frais pour l'exploitation.

Le simple examen du terrain suffit à démontrer qu'on ne peut dépasser l'écartement — d'ailleurs suffisant — de 0^m,75 pour la voie, de façon que celle-ci puisse admettre des courbes de 50 et même 40 m. de rayon, et épouser le terrain d'une manière aussi intime que possible, en évitant tous grands travaux d'art et de terrassement.

Si l'on admet pour le tronçon montueux :

Rampe maximum en alignement droit	0,033
Résistance moyenne des courbes	0,009
Proportion des courbes aux alignements.	1 : 2
On aura une rampe moyenne d'environ	0,030

La longueur totale en rampe (L') sera donnée par :

$$(0,033 - 0,009) \frac{L'}{3} + 0,033 \frac{2L'}{3} = 290 \text{ m.}$$

$$L' = 9666 \text{ m.}$$

Ajoutant 234 m. pour petits paliers à intercaler, cela donne $L = 9900$ m.

La deuxième partie de la ligne aura au moins 4100 m. de développement, ayant à contourner une colline avant le point d'arrivée.

On aurait donc une longueur totale *minimum* de $9900 + 4100 = 14\,000$ m., soit $1\frac{3}{4}$ fois la distance en ligne droite des points à réunir.

En présence de ce chiffre, il nous a paru superflu de rechercher sur le terrain (à défaut de cartes) l'application du tracé, et nous nous sommes bornés à une estimation kilométrique, très basse, des dépenses pour travaux d'infrastructure.

Traction. — Sur une voie semblable, on ne peut pas admettre une vitesse moyenne de marche supérieure à 12 km. Un train exigera donc pour le parcours aller et retour :

Marche	$\frac{28}{12} = 2 \text{ h. } 20 \text{ m.}$
Manœuvres, déchargement, eau et charbon .	$0 \text{ h. } 40 \text{ m.}$
Total, environ	3 heures

Si l'on a deux machines en service et une en réserve, on pourra demander à chaque machine de faire 7 trains en deux jours, 4 l'un, 3 l'autre ; on aura donc en somme 7 trains par jour et, pour 420 t. journalières, le train devra transporter 60 t. de minerai.

Cela suppose un poids d'environ 20 t. pour le train vide à remorquer à la montée, locomotive non comprise. Pour que l'on puisse aussi transporter à la mine des ouvriers et

du matériel, sans modifier la composition normale du train, nous compterons 25 t.

A la résistance maximum de 33 % des rampes et courbes, nous ajoutons 7 % comme résistance du train en pâlier et alignement. L'effort de traction sur le crochet d'attelage de la machine sera donc de 40 kg. par tonne de poids du train, soit 1000 kg. en tout.

La locomotive suivante, type courant d'une fabrique allemande, remplit assez bien les conditions nécessaires ; elle est à 2 essieux et à adhérence totale :

Puissance	50 chevaux
Poids à vide	7,45 t.
Poids en ordre de marche	9,25 t.
Timbre de la chaudière	12 kg.
Diamètre des cylindres	210 mm.
Course des pistons	300 »
Diamètre des roues	580 »
Ecartement des essieux	1200 »

La force de traction à la circonférence des roues est de 1450-1500 kg. et, la locomotive absorbant pour elle-même 400 kg., il reste 1050-1100 kg. pour le remorquage du train.

Dans la contrée, on peut compter en tout temps sur une adhérence de $\frac{1}{6}$ au moins, de sorte que le poids de la locomotive est bien en rapport avec la force de traction.

Voie. — La charge maximum normale sur une roue de la locomotive est de 2,5 t. Pour tenir compte des courbes à faible rayon, du dévers, des chocs, etc., nous prévoyons l'emploi d'un rail de 15,8 kg., de 93 mm. de hauteur, qui peut porter 3,6 t. avec un écartement des traverses de 0^m,80; il y aurait 12 traverses par longueur de rail de 9 m. Ces traverses, en chêne, seraient de dimensions telles que l'on en puisse débiter quatre dans une traverse ordinaire de la voie de 1^m,44.

Les garages et évitements porteront la longueur de voie à 14500 m. au moins.

Evaluation de la dépense de construction.

Infrastructure (plateforme de 2^m,25-2^m,50) :

4 km. à Fr. 5 000 = Fr. 20 000
10 » » 10 000 = » 100 000
Fr. 120 000

Superstructure :

Voie : (Prix des matériaux débarqués sur le rivage) :

Rails, 460 t. à Fr. 160	73 600
Traverses, 20 000 à Fr. 1,20	24 000
Eclisses, boulons et crampons, 30 t. à Fr. 300	9 000
Changements de voie	1 000
Ballastage 14,5 km., à Fr. 1600	23 200
Pose de la voie, transports, sa- botage et perçage des traver- ses	30 000
	Fr. 160 800

Divers :

Hangar pour locomotives, avec fosses, forge et petit atelier,	
quai à charbon	10 000
Outilage, machines	5 000
Station d'eau	5 000
Outilage, voie, wagonnet	1 200
	Fr. 21 200

Matériel roulant :

3 locomotives de 7,45 t., sur place et montées	54 000
50 wagons (5 en réserve), dont $\frac{1}{3}$ avec frein, sur place et montés	60 000
	Fr. 114 000

Frais généraux :

Douane et octroi	15 000
Terrains et indemnités	14 000
Etudes, surveillance, etc.	35 000
	Fr. 64 000

Total Fr. 480 000

soit environ Fr. 34 000 par kilomètre.

Evaluation des frais d'exploitation.

Par an

Personnel de la traction, combustible, graissage des locomotives et wagons, en- tretien courant des machines	Fr. 40 000
Personnel des trains et de déchargement	» 7 000
Entretien courant et surveillance de la voie	» 12 000
Entretien et renouvellement des wagons	» 12 500
Réparation majeure des locomotives : remplacement des foyers, tubes, freins, etc.	» 10 000
Réparation majeure, voie et plateforme : remplacement des traverses et du petit matériel	» 8 500
	Total par an Fr. 90 000

soit Fr. 0,90 par tonne pour 100 000 tonnes par an, et
Fr. 1,91 par km. de train.

Câble aérien.

Profil. — Le tracé en ligne droite, avec 8 km. de longueur, a été préféré, car une déviation n'aurait pas amélioré sensiblement le profil et aurait entraîné des complications de construction et de service. La différence de niveau de 330 m., donnant une pente moyenne de 0,04125, est très inégalement répartie, comme nous l'avons vu déjà. Malgré cela les constructeurs admettent que le mouvement sera automatique, sauf au démarrage et dans le cas de vitesse réduite ; il y a donc lieu de prévoir l'adjonction d'une locomobile de 12-15 chevaux à la station supérieure, où la tension du câble tracteur est la plus forte et la plus régulière.

Système. Disposition générale. — Le système allemand ou à trois câbles est le seul applicable, dans le cas particulier.

Le câble tracteur sera constitué d'un seul circuit, et aura une vitesse de 2^m,50 par seconde. Les wagonnets de 270 litres porteront environ 420 kg. de minerai ; pour 42 tonnes à l'heure il en faudra donc faire passer 100 par heure, soit un toutes les 36 secondes, et ils se suivront à 90 mètres de distance environ. La ligne ne comporte donc que deux stations terminales pour le renvoi du câble tracteur et la manutention des wagonnets. Elle est en revanche divisée en quatre sections, par trois dispositifs intermédiaires de tension (par contre-poids), pour les câbles porteurs.

Chargement et déchargement des wagonnets. — La station supérieure, établie en léger déblai et construite en charpente, est surmontée de part et d'autre de la voie par des trémies pouvant contenir 2000 t. de minerai. Sur ces trémies arrivent les voies Decauville amenant le minerai des chantiers d'extraction.

A l'entrée en station, les wagonnets vides quittent, par aiguille et déclenchement, les câbles porteur et tracteur et s'engagent sur des rails suspendus, où ils sont poussés à la main devant les goulottes à clapet des trémies ; aussitôt chargés on les pousse sur la voie descendante et ils s'accouplent automatiquement au câble tracteur au moment où l'aiguille les fait passer du rail sur le câble porteur.

Le déchargement a lieu automatiquement au moyen d'un appareil placé sur le câble porteur, qui fait culbuter les caisses des wagonnets ; cet appareil peut être déplacé au fur et à mesure des besoins. Ce déchargement a lieu ainsi, sur 100 m. de longueur, avant la station inférieure, et se fait en un tas à section triangulaire de 10 m. de hauteur et 25 m. de base. La plateforme de ce dépôt est couverte d'un éventail de 22 voies Decauville communiquant avec les trois voies du wharf de chargement des navires ; le wharf a 90 m. de longueur et sa culée est à 60 m. en moyenne du dépôt, de sorte qu'il y a un transport moyen de 150 m., qui permet de charger 100 t. à l'heure sur navires, avec une dépense de 20 centimes par tonne environ. Nous avons étudié aussi, pour cette question de mise en cale du minerai, des installations automatiques de transport, mais elles sont trop dispendieuses d'établissement pour le gain de temps et d'argent qu'elles donneraient, dans une localité où la main d'œuvre est encore abondante et assez bon marché.

Par la disposition adoptée, la station inférieure de l'aérien se trouve reportée à l'extrémité du dépôt ; elle ne sera plus qu'à supporter les contre-poids des câbles porteurs, les appareils de tension et de renvoi du câble tracteur et les rails qui relient la voie descendante à la voie montante ; elle prend seulement une certaine importance du fait de sa hauteur, qui atteint près de 20 m.

Construction de la ligne. — Les câbles porteurs, de 30 mm. de diamètre pour la voie sous charge et de 22 pour l'autre, sont du système « Excelsior » ou à construction pleine. Leur résistance à la rupture est de 90-100 kg. par mm². La plus grande portée est de 325 m. L'écartement des câbles est de 2^m,25. Le câble tracteur a 17 mm. de diamètre ; il est

construit en torons de fils d'acier disposés autour d'une âme en chanvre ; sa résistance atteint 180 kg. par mm².

Les câbles porteurs sont supportés par des sabots ou coulisses en fonte ; dans l'intervalle de deux wagonnets le câble tracteur roule sur des galets-guides ou rouleaux porteurs. Sabots et rouleaux sont montés, entre les stations et tendeurs, sur 82 pylônes en fer, d'une hauteur moyenne de 8 m. Hauteurs limites 6^m,50 et 23 m.

On a préféré le fer pour la construction des poteaux parce qu'il n'existe pas de bois convenable dans le pays, et aussi à cause de la difficulté des transports ; les fers peuvent être facilement divisés en pièces transportables à dos d'homme ou de mulet. Les pylônes sont ancrés dans quatre massifs de maçonnerie.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les détails de construction, qui ne rentrent pas dans le but et le cadre de cette notice.

Evaluation des dépenses de construction.

Parties métalliques, fournies sur navires à Hambourg, Rotterdam ou Anvers :	
Câbles, avec leurs manchons de joints et d'extrémité	Fr. 68 600
Installations dans les stations de tête et de tension	» 14 500
Armatures des pylônes (sabots et rouleaux)	» 6 400
Wagonnets avec leurs accouplements	» 42 300
Goulottes des trémies	» 1 000
Téléphone	» 1 200
Charpente des pylônes	» 32 000
Boulons	» 3 500
Imprévu et casse	» 3 500
	Fr. 173 000
Emballage maritime, fret et assurance sur vapeurs, transbordement, fret et assurance sur voiliers, débarquement par estacade provisoire	Fr. 18 000
Locomobile, avec hangar, eau, transmissions, transport compris	» 23 000
Travaux sur le terrain :	
Fouilles de fondation et tranchées sur des crêtes	» 11 500
Maçonneries	» 19 500
Charpentes en bois des stations et tendeurs, avec planchers, toits, trémies, etc., transport et montage compris	» 28 000
Contre-poids	» 2 500
Transport et montage des pylônes, avec peinture à l'anti-rouille	» 12 000
Transport et montage des parties mécaniques et métalliques diverses, des armatures des pylônes, etc.	» 16 000
Déroulement, transport, joints et mise en place des câbles	» 12 000
Estacade provisoire, chemin de 5-6 km. pour les transports à la station supérieure	» 10 000
Frais généraux :	
Douane et octroi	» 25 000
Terrains, indemnités, coupe de bois	» 18 000
Etudes, surveillance, etc.	» 31 500
	Fr. 400 000
ou Fr. 50 000 par km.	

Evaluation des frais d'exploitation.

Personnel :

Par an.

Un mécanicien et un chauffeur pour le service de la station supérieure, loco-mobile et frein	» 4 200
Trois manœuvres pour le chargement	» 2 520
Trois manœuvres jeunes à chaque station pour pousser les wagonnets	» 3 600
Trois surveillants et gardiens, dont un ouvrier intelligent pour la station inférieure	» 2 520
Personnel supplémentaire et de renfort, arrimage au déchargement	» 1 660
	Fr. 14 500
Combustible, graissage, entretien courant, peinture fers et bois, etc.	» 6 500
Pièces de rechange, stations et poteaux	» 3 000
Renouvellement des câbles	» 8 500
Entretien et renouvellement des wagonnets	» 2 500
Total par an	Fr. 35 000

et, pour 100 000 tonnes, 35 centimes par tonne.

En résumé on a donc :

	Chemin de fer.	Câble aérien.
Dépenses de 1 ^{er} établissement	Fr. 480 000	Fr. 400 000
Valeur restante supposée apr. transport 500 000 t.	» 96 000	» 80 000
Somme à amortir sur 500 000 t.	Fr. 384 000	Fr. 320 000
Soit par tonne	Fr. 0,768	Fr. 0,64
Frais d'exploitation	» 0,900	» 0,35
Dépense totale pour le transport d'une tonne	Fr. 1,668	Fr. 0,99

Le devis du chemin aérien est basé sur des données exactes et une étude détaillée; il tient largement compte des difficultés locales d'exécution. L'évaluation du chemin de fer est au contraire plutôt basse. Quant aux devis d'exploitation, ils sont basés tous deux sur des données d'expérience personnelle dans des cas assez semblables à celui-ci.

Il y a donc une différence énorme et certaine en faveur du câble aérien.

Athènes, novembre 1904.

Comme suite et comme complément à l'article qui précède, nous pouvons dès aujourd'hui annoncer la publication prochaine d'une notice sur les installations mécaniques du chemin de fer aérien projeté; cette notice sera accompagnée de plusieurs dessins et photographies.

(Réd.).

Divers.

Tunnel du Ricken.

Bulletin mensuel des travaux. — Décembre 1904.

Galerie de base.	Côté Sud	Côté Nord	Kaltbrunn	Wattwil	Total
------------------	----------	-----------	-----------	---------	-------

Longueur à fin novembre 1904	m.	1004,6	1578,7	2583,3
--	----	--------	--------	--------

Progrès mensuel :				
-------------------	--	--	--	--

Perforation à la main	"	7,8	103,9	111,7
---------------------------------	---	-----	-------	-------

Longueur à fin décembre 1904	"	1012,4	1682,6	2695,0
--	---	--------	--------	--------

% de la longueur du tunnel		11,8	19,5	31,3
--------------------------------------	--	------	------	------

Perforation à la main :				
-------------------------	--	--	--	--

Progrès moyen par jour	m.	2,60	3,50	—
----------------------------------	----	------	------	---

Progrès maximum par jour	"	6,7	6,0	—
------------------------------------	---	-----	-----	---

Ouvriers.

Hors du tunnel.

Total des journées	n.	5608	3504	9112
------------------------------	----	------	------	------

Effectif maximum	"	269	138	407
----------------------------	---	-----	-----	-----

Dans le tunnel.

Total des journées	"	5479	3555	9034
------------------------------	---	------	------	------

Effectif maximum	"	180	144	324
----------------------------	---	-----	-----	-----

Total.

Total des journées	"	11087	7059	18146
------------------------------	---	-------	------	-------

Moyenne journalière	"	358	298	586
-------------------------------	---	-----	-----	-----

Effectif maximum	"	449	282	731
----------------------------	---	-----	-----	-----

Animaux de trait

Total des journées	n.	227	249	476
------------------------------	----	-----	-----	-----

Locomotives.

Températures (maxima).

De la roche, à l'avancement (Degrés C.)		—	16,0	—
---	--	---	------	---

De l'air, "		41	18	—
-----------------------	--	----	----	---

Venues d'eau, litres par seconde		5,0	0,6	—
--	--	-----	-----	---

Renseignements divers.

Côté Sud. — Les travaux ont été arrêtés dans la galerie de base le 3 décembre au soir; jusqu'à la fin du mois, ils sont restés entièrement suspendus à l'avancement et dans la galerie de faite située à 607 m. du portail, à cause des travaux d'abatage du faite entre les points 466 et 531 m., où du grisou sort de la roche. Le 21 décembre, la perforation de la galerie de faite, entreprise par deux côtés, a été achevée à 500 m. du portail et les travaux d'abatage commencés sur ce tronçon. Afin d'écartier tout danger d'explosion, on n'utilise pour ceux-ci que des lampes de sûreté et des explosifs spéciaux. La galerie de faite est maintenant terminée jusqu'à 607 m. en avant; l'excavation totale et les piédroits sont achevés jusqu'à 452 m., la voûte est construite jusqu'à 84 m. et de 140 à 452 m.

Côté Nord. — La galerie de direction a traversé du grès, interrompu parfois par des bancs isolés de marne sèche, de 4 à 5 m. d'épaisseur. Depuis le 27 décembre, l'avancement de la galerie de faite a été repris à partir de 270 m. du portail vers le Sud; l'extraction des matériaux se fait par le puits du point 250 m. L'abatage de la calotte est terminé jusqu'à 76 m. en avant, l'excavation complète sur 14 m. et la voûte sur 58 m. Sur le tronçon de 14 à 270 m. du portail on travaille à l'agrandissement de la galerie de faite.

Les voies d'accès des deux côtés du tunnel sont terminées.

¹ Y compris 270,1 m. de galerie de direction, percée dans le faîte.

Collège suburbain de Vauseyon,
à Neuchâtel¹.

Projet « Babillard », de M. U. Grassi, architecte, à Neuchâtel.

Nous publions à la page suivante le projet « Babillard », présenté par M. U. Grassi, architecte à Neuchâtel, et classé second au concours. Notre prochain numéro contiendra les deux derniers projets primés.

¹ Voir N° du 25 janvier 1905, page 43.