

IX<sup>e</sup> CONGRÈS INTERNATIONAL DE NAVIGATION  
DUSSELDORF — 1902.

---

I<sup>e</sup> Section.

2<sup>e</sup> Communication.

---

**Traction électrique des bateaux**  
sur  
les Canaux du Nord.

---

**Communication**

par

**Mollard,**

Ingénieur en Chef,

Administrateur Délégué de la Société „Traction Electrique“, Paris.

---

**BERLIN.**

P. Stankiewicz' Buchdruckerei.

1902.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316145

BAL-3-109/2018

~~III. 17.685~~



III-307116

# Traction électrique des bateaux

sur

les Canaux du Nord.

---

## Communication

par

**Mollard,**

Ingénieur en Chef, Administrateur Délégué de la Société "Traction Electrique", Paris.

### Avant-Propos.

Malgré le développement des chemins de fer, malgré l'augmentation de leur trafic général, les transports par voies navigables, rivières et canaux, en France, ont plus que triplé en 30 ans, passant de 1500 millions de tonnes kilométriques en 1870 à 4700 millions en 1900.

C'est donc à bon droit que l'on se préoccupe de l'amélioration de l'exploitation des voies navigables, plus particulièrement des canaux.

Dans les précédents Congrès, depuis 1894 surtout, la substitution de la traction mécanique au halage par traction animale a donné lieu à des rapports et à des communications intéressantes. Parmi les spécialistes éminents qui ont traité cette question, nous devons citer MM. La Rivière et Bourguin, qui, par leurs travaux personnels et leurs encouragements, ont facilité les applications qui ont été faites, et guidé les recherches qui se continuent. D'autres, tels que M. Galliot, l'initiateur de l'application de l'électricité au halage des bateaux, MM. Denèfle, Léon Gérard et Köettgen ont rivalisé d'esprit inventif, d'ingéniosité, pour réaliser le tracteur idéal. Il m'a paru que la Société qui, la première, a fait l'application *pratique* de l'électricité au halage des bateaux sur les canaux, devait participer à ces recherches, à ces travaux, et qu'elle devait faire connaître les résultats de son expérience.

Malheureusement, par suite de circonstances indépendantes de notre volonté, la présente note n'a pu être commencée avant le 18 Mai et ce n'est que par faveur spéciale qu'elle pourra figurer aux travaux du Congrès de Dusseldorf. Je ne pourrai donc lui donner tout le développement qu'elle comporte.

Avant d'aller plus loin, je vais me permettre de dire un mot de la "Société de traction électrique sur les canaux du Nord".

Fondée en 1897, elle a appliqué — cette même année — le tricycle Galliot-Denêfle à l'exploitation des canaux, sur une longueur de 26 kilomètres, entre Béthune et Pont-à-Vendin (Nord); puis, en 1900, elle a étendu ses installations de Pont-à-Vendin à Courchelettes ce qui a porté la longueur de son réseau actuellement en exploitation à 60 kilomètres.

Le canal ainsi outillé est, en France, un de ceux dont le trafic est le plus considérable; il dépasse 3 000 000 de tonnes. Les difficultés de son exploitation sont d'autant plus nombreuses qu'on peut le considérer sur toute sa longueur comme une voie de triage; c'est dans cette partie, en effet, que naît le trafic des canaux du Nord: Mines de Courrières, de Marles, Béthune, Lens, Bruay, Liévin, Aniche. Les rivages y sont très multipliés et compliquent singulièrement l'exploitation.

Il s'agit donc d'une application *pratique sérieuse*, de laquelle on peut tirer des conclusions.

Il est regrettable qu'au Congrès de 1900, cette société, qui peut revendiquer à bon droit la priorité dans l'application pratique de l'électricité à la traction des bateaux, n'ait pas pris une part plus active aux discussions qui ont eu lieu et dont quelques-unes, reposant sur des expériences théoriques seulement, auraient pu être l'objet de quelques rectifications.

### Position de la Question des Tracteurs.

Il me paraît superflu de refaire un historique — même succinct — de tous les travaux, de toutes les recherches faites jusqu'à ce jour sur la question qui nous intéresse, *celle du tracteur idéal*.

Le Congrès de 1900 semble avoir laissé dans l'ombre quelques systèmes qui n'ont plus qu'un intérêt historique, par exemple la traction à vapeur, et écarté de la discussion détaillée ceux qui ne peuvent avoir leur application que dans certains cas spéciaux.

Nous ne retiendrons donc que ceux qui concernent notre spécialité: l'exploitation des canaux ordinaires à grand trafic.

La comparaison faite entre les systèmes Galliot-Denêfle, Léon Gérard et Kœttgen: tracteur sur rails ou tracteur sur piste, est inexacte.

Il ne faut faire de comparaison qu'entre des choses comparables.

A mon avis le choix d'un tracteur est une question d'espèce, c'est-à-dire qu'il doit être approprié seulement aux circonstances locales, aux services à rendre — en un mot — dans chaque cas particulier.

Il serait, en effet, absurde de partir de ce principe que la traction mécanique peut être appliquée sur tous les canaux quel que soit leur trafic et qu'un tracteur excellent pour un trafic considérable donnera des résultats satisfaisants aussi sur un canal à tonnage très réduit.

Nous en trouvons un exemple frappant dans les chemins de fer d'intérêt général, les chemins de fer d'intérêt local, les tramways et les diligences. L'ensemble de ces moyens de transport ne pourrait être appliqué indistinctement avec le même succès économique à toutes les voies de transport par terre.

### Du Choix d'un Tracteur.

Pour résoudre ce problème, on doit tenir compte, notamment:

- de l'importance du trafic de canal;
- du tonnage et de la forme des bateaux;
- des difficultés locales d'exploitation résultant des rivages, des écluses, des courbes, des ponts, et principalement du profil en long.

Pour mieux fixer les idées, nous diviserons les moyens de halage connus et applicables couramment aux canaux ordinaires en un certain nombre de catégories:

- 1° Moyens primitifs, hommes et animaux;
- 2° Moteurs mécaniques portant avec eux leur source d'énergie;
- 3° Moteurs mécaniques circulant sur piste ou dans l'eau et ayant leur source d'énergie dans une usine génératrice;
- 4° Moteurs mécaniques circulant sur rails et ayant leur source d'énergie dans une usine génératrice.

La conclusion naturelle, on la devine, est qu'on ne doit pas condamner l'un quelconque de ces divers systèmes et que tous peuvent avoir leur place marquée dans l'exploitation des canaux.

En effet:

1° *Pour les canaux à faible trafic*, à trafic variable surtout, avec bateaux de tonnage réduit, on ne saurait songer à immobiliser des capitaux, à créer des installations onéreuses lorsque la recette doit être faible et surtout variable. Les moyens primitifs actuellement usités peuvent donc y être fréquemment et avantageusement conservés.

2° *Pour les canaux dont le trafic n'est pas assez élevé* pour justifier des dépenses d'installations fixes, qui constituent des charges financières assez lourdes, quelle que soit la recette, le halage mécanique par tracteurs portant avec eux leur source d'énergie peut présenter des avantages sur la traction animale, surtout si les bateaux sont d'un fort tonnage. Nous en trouvons le cas dans les affluents de grands canaux par exemple. Le tracteur à pétrole de M. Galliot

pourrait avec une étude approfondie y trouver sa place et même le propulseur Büsser.

3° La troisième catégorie de moyens de halage s'appliquerait à notre avis à *des canaux où le trafic* peut donner une recette justifiant l'établissement d'installations fixes telles qu'usines génératrices, lignes aériennes etc., mais où les charges de l'établissement d'une voie ferrée seraient trop lourdes.

4° La quatrième, qui comporterait les installations de la troisième plus une voie ferrée, ne devrait être envisagée que pour les *canaux à grand trafic*.

Il serait téméraire de prétendre fixer une démarcation générale exacte pour l'application de tel ou tel système, c'est, je le répète une question d'étude économique dans chaque cas particulier.

Dans cette étude on aura soin de tenir compte, comme cela est d'usage, de tous les chefs de dépenses, aussi bien de l'intérêt et de l'amortissement du capital dépensé que des dépenses d'exploitation.

À première vue on peut se rendre compte que, toutes choses étant égales: le trafic, les besoins, les difficultés locales, si le prix de revient de l'énergie varie sensiblement, on pourra être conduit à modifier le choix du tracteur, *du même type*, à préférer par exemple, si l'énergie coûte un prix bas, un tracteur d'un prix d'achat et d'un entretien plus économique lors même que sa dépense en énergie serait plus élevée.

Ces observations trouveront notamment leur application en France où le prix du charbon varie beaucoup suivant les régions.

Ce que je viens de dire pour des tracteurs d'un même type s'applique à plus forte raison au choix entre tracteurs de systèmes différents sur piste et sur rails.

### Du Tricycle sur Piste et du Tracteur sur Rails.

À la comparaison qu'il a faite de son tracteur avec les tracteurs sur berges, M. Kœttgen, comme je l'ai dit, a donné un sens trop général. — Je vais démontrer par un calcul bien simple que le tracteur sur piste a sa place à côté du tracteur sur rails et que l'un ne doit pas en principe, exclure l'autre.

Pour cette étude, je prendrai, quoiqu'ils soient exagérés, les chiffres de M. Kœttgen (voir son rapport, Congrès de 1900) qui évalue la différence de rendement des deux systèmes de 10 à 15% en faveur du tracteur sur rails. Je choisirai le chiffre plus élevé.

Par contre, j'admettrai une voie ferrée à deux rails; sur ce point je ne partage en aucune façon la manière de voir de M. Kœttgen pour sa préférence de voie à 1 rail. J'examinerai ce chapitre spécial plus loin.

Nous avons à évaluer tous les chefs de dépenses qui ne sont pas *communs* aux deux systèmes.

*Tricycles sur pistes.* — Intérêt et amortissement du supplément de 15% du coût des usines.

Dépense supplémentaire de 15% dans la consommation d'énergie.

Dépense supplémentaire de l'entretien des roues du tricycle par rapport au tracteur.

Intérêt et amortissement du fil de retour des lignes aériennes.

*Tracteurs sur rails.* — Intérêt et amortissement du supplément de dépense de la voie ferrée.

Dépense supplémentaire pour l'entretien de la voie ferrée.

Intérêt et amortissement du coût plus élevé du tracteur par comparaison avec celui du tricycle.

Prenons pour exemple le canal de Neufossée, dont le trafic est de 1 840 000 tonnes avec 10 600 bateaux chargés en *moyenne* de 180 tonnes, et, pour base de nos calculs (la puissance *utile* des tracteurs étant égale):

Remorquage d'un seul bateau;

Vitesse effective de halage utile à l'heure 3 kilomètres;

Parcours journalier utile du tracteur 21 kilomètres;

Parcours journalier utile du tricycle, 18 kilomètres;

Nombre de jours de travail 330;

Rendement de la ligne aérienne de l'usine au tracteur 85%.

La différence de parcours *utile* par jour de 18 kilom. à 21 kilom. est justifiée par la plus grande rapidité des retours à vide du tracteur sur rails.

## Calculs comparatifs par kilomètre-canal et par an.

a) Dépenses spéciales au *tricycle* en augmentation de celles du tracteur.

Le nombre moyen nécessaire de *tricycles* en marche par kilomètre-canal sera de

$$\frac{10\ 600}{330 \times 18} = 1,8$$

de tracteurs

$$\frac{10\ 600}{330 \times 21} = 1,5$$

A la vitesse de 3 kilom. à l'heure, l'énergie absorbée par le *tracteur* sera de 4 kilow. 600 environ.

1° *Supplément de dépenses pour l'usine.*

La dépense moyenne en énergie à l'usine par kilomètre-canal avec tracteur sera

$$\frac{4,600 \times 1,5}{0,85} = 8,120 \text{ Kw.}$$

Celle avec tricycles

$$\frac{4,600 \times 1,8}{0,85} + \frac{15 \times 4,600 \times 1,8}{100} = \frac{11\ 000}{2,880 \text{ Kw.}}$$

Le coût d'installation du kilowatt-heure à l'usine varie, pour toute la partie mécanique et électrique avec accessoires, de 600 à 800 francs. — La dépense en sera donc augmentée avec utilisation des tricycles en prenant le coût moyen de 700 francs de;

$$\begin{array}{r} \text{Kw.: } 2,880 \text{ à } 700 \text{ francs} = 2\ 016 \text{ frs.} \\ \text{Réserve d'usine et marge } 40\% \quad \underline{800 \text{ ,,}} \\ \hline 2\ 816 \text{ frs.} \end{array}$$

en fixant l'intérêt de l'amortissement à 12%, la charge annuelle supplémentaire sera de

$$\frac{2\ 816 \times 12}{100} = 338 \text{ frs.}$$

### 2° *Supplément de dépense en énergie.*

Nous n'avons à tenir compte que du prix du combustible, toutes autres dépenses restent à peu près les mêmes.

La dépense effective en énergie a lieu pendant

$$\frac{18}{3} = 6 \text{ heures.}$$

Admettons une dépense de fr. 0,05 par kilowatt-heure; dépense supplémentaire de ce chef:

$$2,880 \times 330 \times 6 \times 0,05 = \dots \dots \dots 286 \text{ ,,}$$

### 3° *Dépenses supplémentaires d'entretien.*

Dans le tricycle l'usure des roues est plus rapide. Dans un examen comparatif nous avons trouvé un supplément de ce fait pour le tricycle par rapport au tracteur par an de: . . . . . 40 ,,

### 4° *Coût d'un fil de retour.*

$$\begin{array}{r} \text{Environ } 1\ 000 \text{ francs, } 10\% \quad \dots \dots \dots 100 \text{ ,,} \\ \hline \text{Total } 764 \text{ frs.} \end{array}$$

b) Dépenses spéciales du *tracteur* en augmentation de celles du tricycle.

1° *Coût supplémentaire de la voie.*

Voie comportant 2 rails posés sur traverses et dans une couche de 0,30 m de machefer, y compris croisement tous les 500 mètr. Coût à Douai . . . . . 14 000 frs. le kilomètre.

Cette dépense pourrait être réduite, mais au détriment de sa durée et de son entretien, ce qui reviendrait au même au point de vue des charges annuelles avec un peu plus d'ennuis.

De ce chiffre, il convient de retrancher ce que coûte la *mise en état* d'un chemin de halage et la création d'une piste pour tricycles, piste empierrée sur 3,00 m de largeur et 0,10 m d'épaisseur. Nous l'évaluons ainsi:

Travaux divers $1\ 000 \times 2,50$ . . . . .	2 500 frs.	
Fournitures		
$1000 \times 3 \times 0,10 \times 8$ frs. . . . .	<u>2 400 „</u>	
		<u>4 900 „</u>
	soit en moins	9 100 frs.

L'intérêt et l'amortissement de cette somme à 9 % est de:

$$\frac{2\ 100 \times 9}{100} = \dots \dots \dots 819 \text{ frs.}$$

2° *Coût supplémentaire de l'entretien de la voie.*

Sur les chemins de fer d'intérêt local, ou des tramways, la voie vignole avec 6 à 10 trains par jour revient, comme entretien, de 320 à 750 frs. par an le kilomètre.

Quoique le nombre de trains dans le cas qui nous occupe soit assez élevé,

$$\frac{10\ 600}{330} = 32$$

nous prendrons le chiffre de 400 frs., car la vitesse des trains sera beaucoup plus faible, ci . . . . . 400 frs.

Le coût de l'entretien annuel du kilomètre de chemin de halage coûte au Service des Ponts et Chaussées: 220, 239 et 254 frs. par an.

Cette même administration estime que l'entretien de ces mêmes chemins, mais avec

A reporter . . . . .	<u>400 frs.</u>	819 frs..
----------------------	-----------------	-----------

Report . . . . . 400 frs. 819 frs  
 piste pour tricycles coûte de 384 à 550 frs.  
 par kilomètre.

C'est donc une dépense annuelle suppl<sup>re</sup>  
 spéciale de tricycles par kilomètre de     230    „

170 „

### 3° Supplément du prix d'achat du tracteur.

Le tricycle Denève coûte environ de 6 000 frs.  
 à 6 500 frs. Un tracteur sur rails doit coûter de  
 7 500 à 8 000 frs. C'est donc une augmentation de  
 1 500 frs. environ.

Mais comme la proportion du nombre de tracteurs  
 ou de tricycles nécessaires est dans le rapport de 1,5  
 à 1,8, ce supplément de dépenses sera de :

$$7\,500 \times 1,5 = 11\,250 \text{ frs.}$$

$$6\,000 \times 1,8 = 10\,800 \text{ „}$$

$$\underline{1\,450 \text{ frs.}}$$

dont l'intérêt et l'amortissement à 12 % sont de

$$\frac{2\,250 \times 12}{100} \dots\dots\dots 54 \text{ „}$$

$$\text{Total pour le tracteur} \quad \underline{1\,043 \text{ frs.}}$$

Economie en faveur du tricycle par kilomètre  
 1 043 — 764 = . . . . . 279 „

Je n'ai pas eu en vue, dans cette étude plus que sommaire, de  
 faire des calculs très exacts, indiscutables; non, mon but a été  
 simplement de faire une démonstration par un calcul de principe.

Considérons les chiffres que nous venons d'exposer :

- 1° Les suppléments spéciaux aux *tricycles* sont *tous proportionnels*  
 au trafic, sauf le coût du fil de retour.
- 2° Dans ceux du tracteur, il y en a deux qui restent à peu près  
*invariables*, quelque soit le trafic :

le coût de la voie

son entretien.

Seul, le supplément du prix du tracteur est proportionnel au trafic.

Donc, à mesure que le trafic diminue ou varie, les avantages  
 du tricycle sur le tracteur augmentent et, inversement, plus le trafic  
 est considérable, plus les avantages du tracteur s'accroissent.

Ainsi, le même calcul appliqué à un trafic de 3 500 000 tonnes  
 donne comme résultat une économie par kilomètre de

$$1\,384 - 1\,179 = 205$$

en faveur de la solution avec tracteurs sur voie ferrée.

Le point de démarcation sera par conséquent donné dans chaque cas par une étude judicieuse, en s'inspirant surtout des résultats pratiques obtenus dans des exploitations analogues.

### Discussion des tracteurs.

Je ne ferai que l'examen comparatif des tricycles avec les tracteurs sur rails:

Ce sont les deux seuls types que j'ai étudiés en détail et sur lesquels je peux donner quelques indications précises.

#### 1° *Tricycles Galliot-Denèfle et Léon Gérard.*

Le tricycle Galliot-Denèfle, inventé en 1893, expérimenté sur les canaux de Bourgogne en 1894, puis appliqué en 1897 sur les canaux du Nord, a été l'objet d'études et de discussions fréquentes. On a discuté le principe de la vis sans fin employée comme transmission du mouvement de la dynamo à l'essieu moteur et plus particulièrement son rendement.

M<sup>r</sup> Léon Gérard, pour ses applications sur le canal de Charleroi, a créé deux types successifs qui découlent du tricycle Galliot-Denèfle; dans le premier il avait remplacé la vis sans fin par une chaîne galle; l'expérience l'a amené à remplacer cette chaîne par un double train d'engrenages.

Dans les rapports et notices qu'il a publiés, il nous a fait connaître les rendements obtenus avec les deux types qu'il a créés; lesquels seraient meilleurs que ceux donnés par la vis sans fin.

L'utilisation de ces tricycles sur le canal de Charleroi se fait dans des conditions désavantageuses; le faible tonnage des bateaux, l'impossibilité de faire des trains de plusieurs bateaux sont des difficultés qui compliquent singulièrement le problème économique à résoudre.

On conçoit donc que M<sup>r</sup> Léon Gérard ait tenté plusieurs solutions pour faire disparaître ce que l'on considère comme une imperfection grave dans le tracteur Galliot-Denèfle.

Il ne faut pourtant pas oublier que la condition première et essentielle pour un tracteur, c'est d'être robuste et économique comme entretien.

La vis sans fin permet une simplification considérable de ces sortes d'engins: une vis, une roue dentée et l'on obtient une réduction de  $\frac{1}{40}^e$  dans la transmission du mouvement. Rien ne se dérègle, rien ne se rompt, même sous les cahots les plus violents. Il ne peut en être de même avec une chaîne de galle et des engrenages.

On peut discuter son rendement, on ne peut pas discuter sa robustesse.

Depuis cinq ans que ces tricycles fonctionnent on n'a pas constaté une seule rupture dans leurs parties essentielles. Voilà un point important acquis par une expérience de plusieurs années avec un personnel de conduite inexpérimenté, qui a soumis ce matériel aux épreuves les plus dures et les plus dangereuses.

Quant au rendement de la vis sans fin, il est fonction de son montage et de l'entretien dont elle est l'objet.

Les premiers tricycles avaient des défauts dans les paliers de butée de la vis; des résistances anormales se produisaient en ce point sous la poussée excessive de l'arbre de cet organe. M<sup>r</sup> l'Ingénieur en Chef La Rivière a traité cette question avec sa compétence habituelle dans son rapport de 1900.

Deux améliorations successives y ont été apportées: l'une a consisté à remplacer le palier ordinaire de butée par un palier à billes, l'autre à remplacer la vis sans fin „tangente“ par une vis à filets „convergeants“.

La modification de palier de butée a eu pour effet d'atténuer très sensiblement les résistances passives. Celle des filets de la vis a eu pour but d'intéresser simultanément plusieurs filets à la transmission du mouvement, sous un angle de contact beaucoup plus réduit; la poussée sur le palier de butée en a été diminuée, le rendement général du tracteur sensiblement amélioré.

On peut au surplus s'en rendre compte par les essais de rendement du tricycle 102 faits le 20 Mai, lesquels ont donné les résultats suivants:

Vitesse par Seconde	Effort de Traction	$T_u$ Kgm	Ampères	Volts	T M		Rendement $\frac{T_u}{T_m}$
					Watts	Kgm	
0,8	640	512	20,5	550	1100	11 209	0,456
0,8	700	560	21,5	550	1160	11 820	0,473
0,8	690	552	19,5	550	1072	10 920	0,505
0,8	650	520	20,0	550	1100	11 209	0,473

$$\text{Rendement moyen } \frac{1907}{4} = 0,475$$

Si nous nous reportons aux rendements des essais de Novembre 1898 et Mai 1900, on constate une amélioration sensible.

Dans cette modification de vis les surfaces en contact des filets et des dents de la roue d'engrenage ont été plus que doublées; l'usure de l'ensemble des organes en a été considérablement réduite. J'en donnerai un exemple en indiquant que les vis, roue dentée et

palier de butée du tricycle 102 ainsi transformé, qui fonctionne depuis Mars 1901, n'ont pas été réparés, sauf le palier de butée réparé une fois, et que la visite qui en a été faite en Avril dernier, il y a un mois, a fait constater un parfait état sans usure appréciable.

Comme tous les objets mécaniques et surtout électriques, le tricycle doit être entretenu avec soin; on doit *prévenir* l'avarie plutôt que de la subir.

Il n'en a malheureusement pas toujours été ainsi; à la Société de Traction l'entretien laissait à désirer dans ses parties les plus simples: changements de coussinets, graissage etc., et le tricycle était soumis à un travail qui, dans certains cas, était absolument excessif.

On en a tiré des conclusions que ces indications permettront de redresser.

Pour un appareil mécanique de cette nature, il est bien conçu, approprié aux services à rendre, sa mobilité le rend précieux dans les parties où les rives des canaux sont encombrées, dans les rivages, etc.

### Tracteur sur Rail.

Ainsi que je l'ai indiqué précédemment, en vue des extensions du halage électrique de la Société de Traction sur les Canaux du Nord, j'ai été amené à étudier la question de traction sur rails.

La première extension aurait lieu sur un canal où le trafic est en transit et atteint 3 500 000 tonnes; les difficultés locales sont presque nulles; la traction sur rails a donc paru plus marquée que partout ailleurs.

J'ai examiné la locomotive de M. Köettgen; son étude très séduisante m'a paru ingénieuse. Il a mis en oeuvre les ressources d'une intelligence fertile en envisageant le problème sous des aspects nouveaux et même originaux; mais à mon avis, il est resté dans le domaine théorique; son appareil est un objet trop compliqué, trop scientifique, il ne répond pas aux conditions essentielles et indispensables pour le service auquel il est destiné.

Les essais trop restreints auxquels il a été soumis, ont conduit M. Köettgen à des conclusions que la pratique condamne:

1° Il est inadmissible de compter qu'un poids de 1 600 kilos suffira pour permettre à la locomotive de développer, en fonctionnement normal, des efforts de traction utiles de 320 à 700 kilos.

Dans les voies ferrées, où l'auteur de ces lignes a fait des expériences assez nombreuses à ce sujet pendant les douze ans où il a été Ingénieur, Directeur ou Administrateur Délégué de Sociétés de tramways électriques, la *limite d'adhérence pratique* n'a pas dépassé 12%.

Dans certains cas, par exemple avec du brouillard, cette limite est descendue à  $5\frac{1}{2}$ —6%; à la chute des feuilles des voitures tramways sont parties à la dérive, les essieux étant calés, sans qu'il ait été possible de les arrêter sur des déclivités ne dépassant pas 3%.

Il serait donc téméraire, le long des canaux où l'humidité règne en permanence et où les arbres abondent, d'admettre un coefficient d'adhérence atteignant de 20 à 30%. On éprouverait des déceptions qu'il faudra prévenir.

2° La solution mixte qu'il propose: voie et piste, ne paraît pas plus admissible parce qu'elle n'offre, à mon avis, pas d'avantages et que par contre elle présente beaucoup d'inconvénients.

D'après ses expériences, la résistance au roulement du même tracteur sur 2 rails et sur voie mixte serait identiquement la même.

Cela surprend et est contraire aux principes les plus élémentaires de la théorie et de la pratique; la roue lisse portant le poids de 400 kilos (lequel doit être augmenté d'une partie de l'effort de traction comme composante), doit forcément — en roulant sur une piste plus ou moins unie — présenter plus de résistance au roulement qu'une roue bandagée avec cette même charge circulant sur deux rails.

Au surplus, y a-t-il économie avec sa combinaison aux différents points de vue:

du prix de construction de la locomotive,

de son entretien,

du prix d'établissement de la voie et de son entretien?

Je ne le crois pas. Je suis même convaincu du contraire.

On a simplement un objet plus compliqué, une piste dont l'entretien doit demander une très grande surveillance et on expose la locomotive à des cahotements qui lui sont nuisibles.

3° Sa locomotive manque de simplicité. Les organes délicats et assez compliqués qu'elle comprend nécessitent pour sa conduite un bon mécanicien-électricien.

Il faut remarquer que dans la traction des bateaux, la marche de chaque tracteur a son autonomie propre, la surveillance en est difficile parce qu'on ne peut pas la soumettre à un horaire fixe.

D'autre part, les frais d'exploitation doivent être très réduits, on doit éviter les charges trop élevées d'un personnel technique pour la conduite des machines. Sur ce point il faut imiter ce qui se fait dans les tramways, c'est-à-dire pouvoir confier les appareils à des agents quelconques auxquels on a fait subir un apprentissage de quelques jours.

J'admets, ainsi que je l'ai expliqué plus avant, le principe de la traction sur rails, mais j'estime que la locomotive à employer doit

être extrêmement simple, se rapprochant autant que possible des moteurs mécaniques connus appliqués, par exemple, aux tramways.

Je ne suis pas partisan des dispositifs artificiels plus ou moins compliqués pour augmenter l'adhérence. Celle-ci doit être simplement obtenue par le poids propre de la locomotive.

Elle doit être construite de telle façon qu'elle soit à l'abri, autant que possible, de tout dérangement et de toute avarie et pouvoir être confiée à des agents quelconques auxquels on aura donné quelques notions.

La voie doit être établie suivant les pratiques usitées dans les chemins de fer et les tramways, c'est-à-dire avec deux rails reposant sur des traverses ou sur d'autres supports.

Comme on le voit au sujet de l'adhérence, je ne partage pas l'opinion de M<sup>r</sup> Léon Gérard, qui conseille, non pas de recourir au poids, mais à des dispositifs spéciaux, par exemple à la crémaillère.

Je trouve cette opinion dans une notice de 1901, qu'il a bien voulu me communiquer tout récemment.

Comme dépenses de construction, pour la voie et pour le tracteur, l'adoption de la crémaillère coûtera certainement plus cher, à effort égal de traction à obtenir, que l'ensemble des dépenses avec rails lisses, surtout si ces efforts ne dépassent pas 1 000 à 1 200 kilos (représentant le remorquage d'un train composé de 3 à 4 bateaux).

La crémaillère à lame simple coûte de 8 000 à 10 000 frs. par kilomètre. Les organes correspondants du tracteur augmentent le prix de construction et compliquent son mécanisme pour en faire une véritable locomotive. Le prix de ce tracteur est de ce fait supérieur de plus d'un tiers. C'est donc une augmentation totale de 12 à 15 000 frs. par kilomètre (en admettant 2 tracteurs au kilomètre).

Par l'adhérence simple, pour exercer ce même effort de traction de 1 000 à 1 200 kilos, un tracteur devra peser de 8 à 9 tonnes. Si on fait abstraction du poids adhérent nécessaire, un tracteur de cette puissance pèsera normalement de 4 à 5 tonnes. Il faudra donc lui donner une surcharge de 4 tonnes environ.

On remarquera tout de suite que cette surcharge peut être constituée par des saumons de plomb ou des blocs de fonte.

Ce poids de 8 à 9 tonnes, avec une voie ferrée bien établie surtout, ne présente rien d'anormal pour les digues, au point de vue de leur résistance. Je signalerai d'ailleurs que des locomotives à vapeur, d'un poids supérieur, système Cail, ont circulé déjà sur les canaux du Nord.

La crémaillère, soit par elle-même, soit par les organes de transmission de la locomotive qui lui sont propres, donne lieu à des résistances assez élevées qui font que dans tous les chemins de fer

accidentés, ce dispositif n'est adopté que lorsque les limites d'adhérence sur rails lisses sont dépassées.

M<sup>r</sup> Lévy-Lambert dans son ouvrage sur les chemins de fer à crémaillère cite le cas de plusieurs lignes à crémaillère où le supplément total de résistance inhérent à ce dispositif est de 7 à 8 % de la pression utile sur la crémaillère.

Ce même auteur indique également que les dépenses supplémentaires d'entretien par kilomètre dues à la crémaillère seulement atteignent le chiffre de 495 frs. par an pour des voies peu fréquentées.

A mon avis la crémaillère ne peut être employée que dans les cas spéciaux où tout autre moyen d'adhérence simple ne peut pas donner de résultat.

En somme, dans le cas qui nous occupe, elle serait une complication considérable de plus et une source de dépenses supplémentaires.

### Nouveau tracteur.

Me basant sur les observations que je viens de formuler, sur les résultats obtenus à la Société de traction électrique sur les canaux du Nord, sur la pratique des moyens de traction usités dans les chemins de fer et surtout dans les tramways électriques, j'ai étudié et fait construire un nouveau tracteur dont je vais donner une description rapide.

Il se compose de deux essieux espacés de 1,60 m, actionnés chacun par un moteur à courant continu de la puissance de 10 chevaux par l'intermédiaire d'un double train d'engrenage donnant une réduction de  $\frac{1}{27}^{\circ}$ .

Au centre de ce tracteur est disposé une cabine pour le conducteur qui a, à la portée de sa main, le contrôleur de distribution d'énergie et le levier d'un frein ordinaire à sabots.

Ces essieux, moteur, contrôleur et frein, sont presque identiques à ceux usités dans les tramways électriques.

La liaison entre les bateaux et le tracteur a lieu par l'intermédiaire d'un câble enroulé sur un tambour fou. Ce tambour porte un cône d'embrayage à friction; le levier de manoeuvre de ce cône d'embrayage est placé dans la cabine à la portée du conducteur. Le but de ce tambour et de cet embrayage est le suivant:

*Au démarrage*, le conducteur peut, s'il est nécessaire, laisser dérouler ce câble sans haler le bateau et, lorsque le tracteur a une certaine vitesse, embrayer plus ou moins le cône de manière à entraîner le bateaux d'abord à une vitesse inférieure, puis égale à celle du tracteur.

*Aux passages difficiles* de donner au tracteur, s'il en est besoin,

une vitesse supérieure à celle du bateau. Le câble enroulé a une longueur de 100 mètres.

Le tracteur comporte en outre des sablières pour sabler les rails.

Il est disposé pour marcher dans les deux sens.

Ses extrémités sont absolument symétriques et, en plan, de forme arrondie. Les organes au-dessus et à côté de chaque essieu sont abrités par des enveloppes en tôle.

Son poids est de cinq tonnes environ.

Son bâti a été calculé pour supporter une surcharge de 3,5 tonnes.

Ce poids mort total de 8 tonnes 5 et la puissance de ses 2 moteurs de 10 chevaux lui permettent de développer un effort utile pratique de 1000 à 1200 kilos.

Le poids du tracteur est réparti également sur les 4 roues.

La partie électrique de ce tracteur a été combinée de manière que les moteurs puissent fonctionner en série ou en parallèle.

On peut ainsi faire varier la vitesse de 2,8 kilomètres à 10 kilomètres à l'heure suivant les charges remorquées.

Ce tracteur est soumis actuellement à des expériences qui me permettront d'en faire connaître les résultats lors des discussions au Congrès.

Dans cette étude j'ai cherché à réaliser toutes les conditions essentielles qui me paraissaient indispensables pour un semblable appareil.

Simplicité;

Solidité des organes;

Facilité de conduite;

Elasticité de puissance.

Sur cette dernière condition il me paraît utile de dire quelques mots.

En pratique, un tracteur est soumis à des efforts extrêmement variables et qui souvent dépassent de beaucoup les prévisions de puissance résultant des calculs théoriques. Un tracteur construit pour remorquer un ou deux bateaux est fréquemment obligé par les circonstances, par exemple dans les rapproches, près des écluses, dans les encombrements, de traîner 3 et quelquefois 4 bateaux. Il faut surtout compter à ce sujet avec des complaisances coupables de conducteurs vis à vis des marinières qui leur font accepter quelquefois de soumettre le tracteur à des épreuves redoutables pour sa conservation. Il arrive aussi que dans les croisements les bateaux remorqués peuvent porter sur les bords du canal.

Le moteur du tracteur doit donc être puissant et, quels que soient les efforts qu'il ait à donner, ceux-ci ne doivent pas dépasser sa puissance normale. Il doit être combiné ainsi que ses organes accessoires pour résister à toutes les manoeuvres intempestives.

Cette élasticité de puissance est surtout nécessaire pour éviter les frais trop élevés d'entretien, lesquels ont été, il ne faut pas l'oublier, la cause des déceptions financières de la plupart des Sociétés de tramways à traction électrique en France et, si nous ne nous trompons pas, à l'Étranger.

Sous des efforts répétés dépassant sa puissance normale, il se produit des avaries aux induits et aux inducteurs qu'il faut alors reconstruire. Résultat d'une faible dépense prévue d'entretien on est condamné à faire de la reconstruction; de là les surprises de dépenses que tous ceux qui se sont occupés de tramways, connaissent bien.

D'autre part, pour éviter dans la limite du possible les „pannes” que nous redoutons à bon droit, le tracteur doit être pourvu de 2 moteurs, de manière qu'en cas d'avarie, l'un d'eux soit suffisant pour continuer la marche du convoi jusqu'à un relai et ensuite ramener le tracteur au dépôt.

L'expérience faite dans les tramways doit guider dans la circonstance: on a abandonné la voiture à un moteur pour adopter celle à double équipement.

### Du Monopole.

Tout milite en faveur des concessions avec monopole d'exploitation.

Je ne puis donc, en ce qui nous concerne, qu'appuyer très vivement tous les arguments fournis à ce sujet par M. M. La Rivière et Bourguin, Ingénieurs en Chef de la navigation.

Cette idée du monopole, d'ailleurs, a fait du chemin en France.

Monsieur le Ministre des Travaux Publics a soumis au Parlement un projet de loi, en même temps que son projet général sur les voies navigables, pour instituer le monopole d'exploitation pour les canaux à créer.

Le Parlement a été beaucoup plus loin; il a adopté la proposition de loi de monsieur le Ministre Baudin autorisant l'application de ce monopole non seulement aux *voies navigables à créer*, mais encore en l'étendant aux *voies actuelles*.

Nous transcrivons ci-après un extrait du Rapport de M. Aimond, député, sur la question:

„L'article 4 du projet du Gouvernement traitait non seulement des travaux de création d'un certain nombre de voies navigables nouvelles, mais encore de l'outillage de traction de ces voies, en stipulant qu'un monopole de halage pourrait être créé par décret sur ces voies nouvelles au profit du concessionnaire des péages. Il peut sembler à première vue que le Gouvernement ait été conduit à con-

stituer ces monopoles de halage pour fournir un supplément de ressources au concessionnaire des péages et faciliter ainsi le remboursement des emprunts correspondant aux subventions fournies pour la création de la voie.

En réalité nous savons que ce n'est pas seulement un motif financier qui a conduit le Gouvernement à prévoir l'organisation de services publics de traction fonctionnant sur certaines voies navigables à l'exclusion de toute entreprise privée de halage. L'expérience a montré que si la liberté du halage est compatible avec une circulation peu active de la batellerie sur les voies de petite ou de moyenne importance, elle conduit à une véritable impossibilité de l'exploitation dès que la circulation dépasse une certaine limite. A la suite d'une obstruction désastreuse de la circulation sur l'Escaut et le canal de Saint-Quentin, causée pendant plusieurs années soit par l'insuffisance des moyens du halage libre, soit par les prétentions exagérées des haleurs dans les périodes de grande affluence des bateaux, l'Administration a décidé, en 1875, que sur l'Escaut et le canal de Saint-Quentin, et sur quelques autres voies du Nord et du Pas-de-Calais, le halage serait fait exclusivement par des entreprises organisées par l'Etat et fonctionnant sous sa direction. Un décret rendu en Conseil d'Etat, le 19 Juin 1875, a réglé en principe l'organisation de ces entreprises. Le halage est fait par chevaux en vertu de baux consentis pour neuf années à la suite d'adjudications publiques. Le rabais d'adjudication porte sur le tarif de halage. Toutefois sur le bief de partage du canal de Saint-Quentin on a été obligé, à défaut d'offres satisfaisantes d'aucun entrepreneur, d'organiser aux frais de l'Etat un service de touage sur chaîne noyée qui fonctionne en régie sous la direction des Ingénieurs.

L'organisation de ce service public a immédiatement fait cesser l'état d'anarchie dans lequel la batellerie se débattait; elle a accéléré le mouvement des bateaux en même temps qu'elle produisait une notable diminution des frais de la traction et qu'elle assurait aux bateliers, pour l'évaluation de ces frais, un élément indispensable de l'appréciation du taux du frêt. On a pu baisser ainsi le prix de la traction par chevaux à moins de 0,003 fr. par tonne et par kilomètre, tandis que sur les canaux du Nord et de l'Est, où le halage est resté libre, ce prix dépasse souvent 0,007 fr., et descend rarement au-dessous de 0,045 fr. L'expérience a donc prononcé, et l'on peut affirmer qu'au fur et à mesure du développement devenu si rapide de la navigation intérieure, on sera obligé d'étendre peu à peu à de nouvelles sections de canaux le régime qui a produit de tels résultats sur la grande voie du Nord. Les effets économiques seront encore plus considérables quand on se décidera à substituer au halage par chevaux un système convenable de traction mécanique.

Notamment dans un canal où l'on n'a que la largeur nécessaire au croisement de deux bateaux, et qui est parcouru par deux courants commerciaux opposés très intenses, il devient matériellement impossible, au delà d'une certaine limite de fréquentation, d'assurer une circulation rapide et bien ordonnée quand les bateaux ont des vitesses différentes. L'existence d'une traction mécanique répondant à tous les desiderata d'une exploitation rapide et économique serait d'ailleurs, dans bien des cas, incompatible avec l'emploi simultané d'autres engins mécaniques ou de chevaux de halage.

Il peut ainsi y avoir un très important intérêt public à organiser un service de traction unique et obligatoire sur les voies navigables dont la circulation dépasse une certaine limite. Par suite, ce n'est pas l'intérêt financier des établissements publics, qui auront subventionné la création des voies navigables, qui justifierait seulement l'installation de services publics de halage exclusifs; une telle installation peut être nécessitée par les besoins de l'exploitation, non seulement sur les voies navigables, mais encore sur toutes celles des *voies navigables existantes*, dont l'exploitation serait gênée par la liberté du halage.

Faut-il une disposition législative nouvelle pour donner à l'administration le pouvoir d'installer un mode de traction unique et obligatoire dans tout les cas où ce serait utile? Nous n'hésitons pas à répondre affirmativement. Le décret du 19 Juin 1875 tire sa valeur légale des pouvoirs de police donnés à l'administration pour assurer la sécurité de la circulation sur les rivières et canaux.

Or, dans bien des cas ce n'est pas la sécurité de la circulation qu'il conviendra d'invoquer. C'est la commodité et la rapidité de l'exploitation, et aussi la convenance de donner à la batellerie la sécurité de ses transactions. Or, en l'état actuel de la législation, les pouvoirs de police de l'administration sont limités à ce qui concerne la conservation du domaine public et la liberté de la circulation. Il est nécessaire tout d'abord de donner à ces pouvoirs de police, tant au point de vue de leurs objets qu'au point de vue de leurs sanctions pénales, une base légale autre que les vieilles ordonnances royales des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, confirmées, avec tous les anciens règlements de voirie par la loi du 19—22 Juillet 1791, ordonnances qui sont aujourd'hui les seuls textes de loi régissant l'exploitation des voies navigables; et il faut ensuite qu'un texte précis donne à l'administration, d'une manière incontestable, le pouvoir *d'organiser la traction* sur toutes les voies où les commodités de l'exploitation l'exigeront.

Tels sont les motifs qui ont déterminé la Commission à introduire dans la présente loi les articles 9, 10, 11 et 12, qui s'appliquent non seulement aux voies navigables dont la création ou

l'amélioration fait l'objet de l'article premier, *mais encore à toutes les voies navigables existantes*".

La source autorisée des arguments qui viennent d'être donnés, nous dispense d'en fournir nous-mêmes.

### De la forme des bateaux et de la profondeur des canaux.

Dans le dernier Congrès l'avis a été émis que les recherches expérimentales de M<sup>r</sup> l'Inspecteur général De Maas, sur la résistance des bateaux au mouvement, soient continuées et plus approfondies. On ne peut qu'appuyer cet avis quoiqu'elles aient permis déjà d'en tirer des indications très précieuses.

Nous savons tous que la dépense en énergie n'est pas un des moindres facteurs dans la solution pratique des problèmes du halage mécanique ou électrique des bateaux.

Nous devons d'autant plus nous en préoccuper que les expériences de M<sup>r</sup> De Maas ont établi que cette résistance pour les bateaux, toutes choses étant égales, sauf leurs formes, pouvait varier, pour une vitesse de 1,50 m par exemple, suivant les rapports ci-après :

Pour le bateau-péniche 1,00.

Pour le bateau-flûte 0,55.

Pour le bateau prussien

Pour le bateau margota } 0,25.

Nous devons donc chercher à mettre en pratique ces précieux renseignements.

Différentes solutions ont été envisagées, mais j'estime que les moins compliquées consistent à adjoindre aux bateaux existants des avant-becs de forme bateau-prussien ou margota et d'allonger les écluses.

Les mariniers pourront être incités à adopter les modifications qui les concernent, par l'application des tarifs proportionnels aux efforts de traction nécessaires à leurs bateaux.

Ces expériences ont indiqué également que lorsque la profondeur des canaux augmentait, si le tirant d'eau restait le même, la résistance au mouvement diminuait considérablement. Il me paraît donc utile de demander qu'il en soit tenu compte dans la construction des nouveaux canaux.

### Conclusions.

En résumant ce mémoire et les différents points que je viens d'examiner, j'en tire les conclusions suivantes, que j'ai l'honneur de soumettre au Congrès.

## I.

**Traction des bateaux sur les canaux.**

1° On ne peut faire choix d'un tracteur idéal s'appliquant indistinctement aux canaux de trafic différent. Ce choix doit être subordonné dans chaque cas à une étude économique, où doivent intervenir :

- Le trafic du canal,
- Le tonnage et la forme des bateaux,
- Le profil en long du canal, etc.

En principe, les différents modes de halage peuvent être divisés en 4 groupes :

- a) Moyens primitifs, hommes et animaux,
- b) Moteurs mécaniques portant avec eux leur source d'énergie,
- c) Moteurs mécaniques circulant sur piste ou dans l'eau et ayant leur source d'énergie dans une usine génératrice,
- d) Moteurs mécaniques circulant sur rails et ayant leur source d'énergie dans une usine génératrice.

Dans chaque cas on aura donc à faire une étude générale pour le choix du mode traction, puis une étude comparative entre les types de chaque groupe.

2° Le tracteur Galliot-Denèfle appliqué dans la pratique pendant plusieurs années, par la simplicité de ses organes, sa robustesse, et même son rendement, à la suite surtout de la modification de sa vis et de ses paliers de butée, doit être classé comme le type des moyens de sa catégorie.

3° La traction sur rails doit être envisagée pour les canaux à grand trafic, mais le tracteur doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Adhérence directe par le poids, à l'exclusion des dispositifs artificiels,
- Simplicité des organes,
- Solidité,
- Facilité de conduite,
- Elasticité de puissance avec 2 moteurs.

## II.

**Monopole.**

Le monopole étant une des conditions essentielles à réaliser pour faire un service régulier et économique de halage, doit être appliqué sur tous les canaux où le trafic est élevé.

## III.

**De la forme des bateaux et de la profondeur des canaux.**

Pour mettre en profit les expériences de M<sup>r</sup> l'Inspecteur Général De Maas, il me semble utile:

- 1° D'étudier un dispositif d'avant-bec pour placer aux bateaux actuels de manière à réduire l'effort de traction et de proposer les mesures suivantes pour en rendre l'application possible et effective:
  - a) De demander à l'administration des canaux français de donner aux écluses une longueur supplémentaire pour recevoir les bateaux avec avant-bec,
  - b) Interdire aux mariniers d'allonger leurs bateaux pour utiliser ce supplément de longueur d'écluse si leurs bateaux ne sont pas pourvus d'avant-bec,
  - c) Inviter les sociétés de halage à appliquer des tarifs réduits aux bateaux munis d'avant-bec de manière à tenir compte de leur moindre résistance.
- 2° De demander que tous les canaux français projetés comportent une profondeur d'eau de 2,50 m pour un tirant d'eau des bateaux de 1,80 m maximum.

Paris, le 24 Mai 1902.

Mollard,  
Ingénieur en chef, Administrateur Délégué.









Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**III-307116**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**100000316145**