

Titre : Exposition universelle d'Anvers 1885. Concours international de traction mécanique et de matériel de tramways. Rapport du jury international

Auteur : Exposition universelle. 1885. Anvers

Mots-clés : Exposition internationale (1885 ; Anvers, Belgique) ;

Tramways \* Europe \* 19e siècle ;

Description : [4]-61-[3] p. : 1 dépl. ; 30 cm

Adresse : Bruxelles : Imp. Lefèvre, 1886

Cote de l'exemplaire : 4° Xae 30 (Bibliothèque du CNAM)

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4XAE30>



N° 202, 3. (Donc exemple) 154.

# CONCOURS INTERNATIONAL

*DE TRACTION MÉCANIQUE*

ET DE MATÉRIEL DE TRAMWAYS.

---

DÉPOSÉ ET DROITS DE REPRODUCTION ET DE TRADUCTION INTERDITS.

---

4° 32

4° Xae 30

Exposition Universelle d'Anvers

1885

---

# CONCOURS

International

DE TRACTION MÉCANIQUE

et de Matériel de Tramways

---

*RAPPORT du JURY INTERNATIONAL*

---

BRUXELLES  
IMPRIMERIE A. LEFÈVRE  
9, RUE SAINT-PIERRE 9.

—  
1886



EXPOSITION UNIVERSELLE D'ANVERS

1885

# CONCOURS INTERNATIONAL

de traction mécanique

ET DE MATÉRIEL DE TRAMWAYS.

*Rapport du Jury international.*



## I. — INTRODUCTION.

### Organisation du Concours.

#### 1° CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES.

Le concours international de traction mécanique et de matériel de tramways dont nous sommes appelés à juger les résultats, a été organisé, sous les auspices du Commissariat général du Gouvernement, à l'occasion de l'Exposition universelle d'Anvers.

Le concours portait :

1° Sur les moteurs ou les voitures automotrices reconnus propres à la traction dans les villes;

2° Sur les moteurs ou les voitures automotrices reconnus propres à la traction sur les tramways ou chemins de fer vicinaux.

En outre, il a paru intéressant d'adjoindre à ce concours entre moteurs une exhibition pratique de voitures. Dans cet ordre d'idées, ont été soumises au jugement du jury :

1° Des voitures spécialement construites pour l'exploitation des tramways ou chemins de fer vicinaux;

2° Des voitures construites en vue de la traction par chevaux, mais pouvant être attelées à une voiture automotrice ou remorquées par un moteur, soit seule soit par rames de deux. Il était important, en effet, de connaître la façon dont se comporterait le matériel actuel des exploitations, si la traction mécanique remplaçait la traction animale.

Les éléments d'appréciation sur lesquels le jury a basé son jugement sont déterminés par le programme fondamental, connu des firmes qui se sont fait officiellement inscrire au concours.

Le jury n'a tenu compte, en fait de moteurs, de voitures ou d'appareils spéciaux, que des spécimens qu'il avait sous les yeux, écartant, comme élément de classement, tout perfectionnement susceptible d'être apporté soit pendant le concours, soit dans l'avenir.

Le jury s'est donc trouvé en présence du fait accompli et n'a eu ni à discuter, ni à compléter les dispositions admises comme point de départ du concours.

## 2° DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES.

Le programme fixant les conditions réglementaires du concours a été dressé en dehors du jury, qui n'est entré en fonction, d'une manière effective, que dans le courant du mois de juillet. Ce programme est annexé au présent rapport.

## 3° INSCRIPTIONS AU CONCOURS.

Les firmes suivantes ont demandé leur inscription :

### 1<sup>re</sup> SÉRIE. — MOTEURS OU VOITURES AUTOMOTRICES.

#### *a) Dans le 1<sup>er</sup> groupe (traction urbaine) :*

1. M. W.-R. Rowan, à Berlin, pour une voiture automotrice à vapeur;
2. La Société « L'Électrique », à Bruxelles, pour une voiture automotrice et un remorqueur électrique;
3. La « Beaumont Compressed air Locomotive Company », à Londres, pour deux voitures automotrices à air comprimé (de même système);
4. MM. Black Hawthorn et C<sup>ie</sup>, à Gateshead-on-Tyne (Newcastle), pour une locomotive, système Wilkinson, construite dans leurs ateliers;
5. MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, à Munich, pour une locomotive.

Ces moteurs et voitures automotrices étaient construits pour la voie normale (1<sup>m</sup>,435 entre les faces internes des bourrelets des rails).

*b) Dans le 2<sup>e</sup> groupe (traction suburbaine) :*

1. MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, à Munich, pour une locomotive;
2. La Société « La Métallurgique », à Bruxelles, pour une locomotive;  
(Ces deux locomotives ont été construites pour la voie à écartement de 1 mètre entre les faces internes des bourrelets des rails.)
3. MM. Henschell et fils, constructeurs à Cassel, pour une locomotive;
4. « La Maschinenfabrik » d'Esslingen, id. id.;
5. La Société « La Métallurgique », à Bruxelles, id. id.;
6. La Société Franco-Belge de Construction de Matériel de Chemins de fer et de Tramways, à Raismes (France), pour une voiture à vapeur, système Rowan.

(Ces quatre derniers moteurs étaient construits pour la voie normale.)

2<sup>e</sup> SÉRIE. — VOITURES A VOYAGEURS.

*a) Dans le premier groupe (voitures pour tramways vicinaux) :*

1. La Société internationale de construction et d'entreprises de travaux publics, à Braine-le-Comte, pour trois voitures ouvertes;
2. La Société « La Métallurgique », à Bruxelles, pour trois voitures fermées, à grandes plateformes;
3. MM. Nicaise et Delcuve, constructeurs à La Louvière, pour une voiture ouverte;
4. MM. A. et V. Halot, constructeurs à Louvain, pour une voiture ouverte;  
(Ces voitures ont été construites pour la voie à écartement de 1 mètre.)
5. La Société anonyme des Ateliers de Construction de Malines, pour trois voitures pouvant indifféremment s'ouvrir ou se fermer;
6. M<sup>me</sup> A. Verhaghen, à Malines (Établissement Raghen), pour une voiture fermée montée sur bogies;  
(Ces voitures étaient construites pour la voie normale.)

*b) Dans le 2<sup>e</sup> groupe (voitures pour tramways de ville) :*

1. La Société Franco-Belge de Construction de Matériel, pour une voiture ouverte et une voiture fermée;
2. La Société « Les Tramways Bruxellois », pour une voiture ouverte et une voiture fermée;
3. M. W.-R. Rowan, à Berlin, pour une voiture ouverte construite dans les ateliers de MM. Herbrand et C<sup>ie</sup>, à Ehrenfeld (Cologne).



Au mois de septembre, la Société Cockerill, à Seraing, a demandé à mettre en service, sur la voie réservée aux essais, une locomotive pour tramways vicinaux, sortant de ses ateliers. Sa demande a été accueillie sous réserve que cette locomotive serait considérée comme ne participant pas au concours. Cette mesure était dictée par son arrivée tardive à Anvers et par le défaut d'inscription officielle.

La voiture à vapeur pour chemins de fer vicinaux du système Rowan, et la locomotive électrique ont dû également être mises hors concours : la première, bien qu'elle ait fait un service régulier, par suite du manque de voitures pouvant y être attelées; la seconde à cause de son arrivée tardive à Anvers, arrivée tardive qui la mettait dans l'impossibilité de regagner l'avance kilométrique prise par les moteurs de son groupe. Elle n'a donc effectué, hors concours, que des voyages d'essai ou de conduite et un petit nombre de voyages en service régulier.

Enfin, une seule des voitures Beaumont a été mise en service.

#### 4° VOIE RÉSERVÉE AU CONCOURS.

La voie, mise à la disposition des concurrents, avait été établie sur les artères reliant l'Exposition à la gare de l'Est. Son point de départ était à quelques mètres des guichets d'entrée de l'Exposition; elle suivait les avenues du Sud, de l'Industrie et des Arts, traversait la place de la Commune et venait aboutir, en passant par les rues de la Commune et Vanschoonhove, en face des bâtiments de la gare de l'Est.

Indépendamment des évitements extrêmes, la ligne comportait trois garages utiles et un garage de sûreté. Leur longueur moyenne était de 80 mètres et ils étaient raccordés à la voie droite par des courbes de 35 mètres de rayon.

Celles des voitures automotrices qui devaient être tournées aux extrémités, empruntaient les voies de deux triangles établis à l'Exposition et à la place de la Commune. Les moteurs du 1<sup>er</sup> groupe s'arrêtaient tous en ce dernier point, tandis que ceux du second poursuivaient jusqu'à la gare.

La *longueur* de la voie parcourue, pour un voyage simple, par les moteurs du 1<sup>er</sup> groupe, la voiture électrique exceptée, était de 2,797 mètres (triangles de manœuvre, soit 505 mètres, compris). Elle se composait de 2,295 mètres en ligne droite, de 313 mètres en courbe d'un rayon compris entre 20 et 35 mètres et de 189 mètres en courbe de 35 mètres de rayon et au-dessus. Une seule rampe, légère d'ailleurs, (4 millimètres par mètre), régnait sur une longueur de 45 mètres.

Les voitures automotrices des systèmes Rowan et Beaumont, ainsi que les deux locomotives appartenant au même groupe, empruntaient les triangles ; les premières par nécessité, les secondes uniquement pour éviter le désaccouplement et les manœuvres aux évitements extrêmes. La voiture électrique seule pouvait se dispenser de toute manœuvre aux têtes de ligne. La longueur de la voie qu'elle a parcourue n'était donc que de 2,292 mètres dont 189 mètres en courbe de 35 mètres de rayon minimum et 46 mètres en rampe de 4 millimètres.

La *longueur* de la voie parcourue par les moteurs du second groupe était de 2,597 mètres dont 236 mètres en courbe de 35 mètres de rayon minimum et 46 mètres en rampe de 4 millimètres.

La voie qui, d'ailleurs, devait être démolie après le concours, avait été posée hâtivement et laissait à désirer.

#### 5° ORGANISATION DU SERVICE.

Le concours était essentiellement pratique et basé sur le service régulier que l'on attendait de chacun des moteurs inscrits.

Eu égard au nombre des évitements, six moteurs seulement pouvaient être mis en service le même jour. C'est ce qui a été fait, à quelques exceptions près imposées soit par le jury, soit par des considérations d'exploitation, soit enfin par l'arrivée tardive de certains moteurs qui avaient à regagner le temps perdu. En règle générale, quatre machines du second et deux machines du premier groupe se trouvaient donc simultanément en service.

Les annotations régulières n'ont été tenues qu'à partir du 26 juin, bien qu'à cette époque la plupart des moteurs, notamment ceux du second groupe, eussent à leur actif un parcours kilométrique d'une certaine importance, fait en dehors du concours. Ce dernier n'a donc réellement commencé que le 26 juin.

Pendant la période du 26 juin au 2 novembre, les moteurs du second groupe ont fait, en moyenne, quatorze voyages par jour de service. La vitesse réglementaire était limitée à 12 kilomètres à l'heure et, afin de tenir compte des ralentissements dans les traversées, à l'entrée des évitements et aux arrêts, le temps donné pour un voyage simple avait été fixé à 16 minutes. La longueur des tronçons extrêmes différant de celle des tronçons intermédiaires, on avait admis un stationnement de 14 minutes à chacune des têtes de lignes. Le temps alloué pour un voyage, aller et retour, se composait donc de

$2 \times 16 = 32$  minutes de marche et de  $2 \times 14 = 28$  minutes de repos, soit une heure au total.

Pendant la période du 26 juin au 24 septembre, les moteurs du premier groupe ont fait également 14 voyages par jour; mais du 25 septembre au 2 novembre, leur service a été forcé à la demande du jury, de façon à donner à l'exploitation, qui jusqu'alors avait plutôt été vicinale, l'allure d'une exploitation de ville.

Pendant la première de ces périodes, le temps fixé pour un voyage était également de 1 heure, comprenant un arrêt de 14 minutes à une extrémité et un arrêt de 18 minutes à l'autre. (Le trajet utile pour les moteurs du premier groupe, c'est-à-dire les triangles non compris, était un peu moins long que pour ceux du second groupe qui, brûlant le triangle de la place de la Commune, ne s'arrêtaient qu'à la gare de l'Est.)

Pendant la seconde de ces périodes, une heure de service comprenait 48 minutes de marche et 12 minutes seulement à consacrer au repos ou aux manœuvres. Dans ces conditions, le nombre des voyages effectués journellement par les moteurs du premier groupe s'élevait jusqu'à 21.

#### 6° ORGANISATION ET NATURE DU CONTROLE.

Le service du contrôle avait été organisé comme suit :

a) DISTRIBUTION DU COMBUSTIBLE ET DES HUILES DE GRAISSAGE. — Un livre à souches, imprimé aux couleurs respectives des concurrents, avait été remis à chaque mécanicien.

Les distributions d'huile avaient lieu le matin, avant la sortie des remises. Les distributions de combustible se faisaient le matin d'abord puis, selon les machines, une ou plusieurs fois dans la journée. Les pesées étaient effectuées en présence des intéressés, soit au dépôt même, soit au point d'arrêt en face du dépôt.

Les mécaniciens détachaient de leur livre à souches un reçu signé par eux et constatant les quantités délivrées. Ces reçus étant de couleurs différentes, aucune confusion n'était possible.

b) KILOMÈTRES PARCOURUS. — Le matin, il était remis au chef de chaque train une feuille de service également imprimée aux couleurs respectives des concurrents. Sur cette feuille, rendue le soir à l'agent chargé du contrôle, étaient inscrits le nombre de voyages effectués, le nombre de voitures attelées et le nombre d'heures de service. Cette pièce, signée par le chef du train, était visée par le mécanicien.

c) FEUILLES JOURNALIÈRES. — Chaque jour une feuille était dressée au moyen des deux imprimés précédents et signée par les délégués des concurrents. (Chacun d'eux avait son mécanicien et son chauffeur; plusieurs d'entr'eux avaient même un délégué spécial.)

La feuille journalière indiquait :

- Le nom du moteur ;
- La date ;
- L'heure de sortie et l'heure de rentrée ;
- Le nombre d'heures de service ;
- Le nombre de voyages aller et retour ;
- Les kilomètres parcourus par le moteur ;
- Le nombre de voitures attelées ;
- Les kilomètres parcourus par les voitures attelées ;
- Le nombre d'hommes employés sur le moteur ou, le cas échéant, à la machine fixe ;
- Le nombre d'heures de service de ces hommes ;
- Les quantités de combustible ou d'huile reçues.

d) JOURNAL DE CONSOMMATION ET DE PARCOURS. — Enfin, un journal de consommation et de parcours, dressé au moyen de la feuille ci-dessus, était tenu par les agents chargés du contrôle. Ce journal était mis à la disposition des concurrents pour *ce qui les concernait*.

Le contrôle avait donc été organisé de façon à prévenir, dans les limites du possible, toute confusion ou toute fraude. Celles-ci devaient d'ailleurs être rendues très difficiles et par la nature du service et par le choix des artères où était établie la voie. De plus, la surveillance réciproque qu'exerçaient les intéressés créait un contrôle supplémentaire présentant de nouvelles et sérieuses garanties.

---

Les attachements ont porté sur :

- Les parcours kilométriques effectués ;
- Les consommations de combustible et de matières de graissage, en cours de route ;
- La quantité d'eau dépensée par journée de service et par kilomètre ;
- La quantité de combustible nécessaire pour chacun des allumages ;
- Le temps qu'il fallait aux moteurs du premier groupe pour se trouver en ordre de marche, prêts à entrer en service ;

Les réparations plus ou moins fréquentes, plus ou moins importantes, qui auraient été nécessitées.

Les données relatives aux manquements ressortent, en somme, d'un essai fait sur une échelle relativement restreinte. Elles sont donc insuffisantes pour permettre de préjuger, avec quelque certitude, les résultats que donnerait une application en grand, dans des conditions d'exploitation plus défavorables.

L'évaluation du travail des machines fixes a été faite par M. VINÇOTTE, directeur de l'Association pour la surveillance des chaudières à vapeur; les constatations relatives à l'électricité par M. LAURENT, ingénieur honoraire des mines et diplômé de l'Institut électro-technique de Liège. Ces constatations et évaluations ont toujours été faites en présence des intéressés.

#### 7° OBSERVATION GÉNÉRALE.

Le jury estime que la publication des récompenses doit avoir lieu simultanément avec celle du présent rapport, et cela afin d'éviter tout malentendu.

Le jury n'a voulu ni infirmer ni confirmer officiellement les données, affirmations, etc., etc., présentées dans les prospectus, rapports ou mémoires qui lui ont été fournis, soit qu'ils fussent déjà livrés à la publicité, soit qu'ils fussent confidentiels et destinés ou non à une publicité ultérieure; en un mot il n'a entendu sanctionner que les faits contrôlés et les supériorités relatives qui se sont produits dans les conditions définies ci-dessus.

En outre, le jury insiste sur ce que les conclusions auxquelles il est arrivé n'ont de valeur absolue que pour les circonstances de tracé, de profil et de service dans lesquelles le concours a eu lieu. Il va de soi que certaines d'entre elles pourraient être modifiées par l'introduction de conditions nouvelles.

Ces préliminaires aux conclusions du rapport sont essentiels; ils définissent la responsabilité du jury et le rôle accepté par lui.

## II. — RAPPORT.

### A. — Moteurs et Voitures automotrices.

---

#### GROUPE I. — TRAMWAYS DE VILLE.

---

##### 1° CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE.

Rappelons que les concurrents admis dans ce groupe étaient :

MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, avec une locomotive système Krauss ;  
MM. Black, Hawthorn et C<sup>ie</sup>, avec une locomotive système Wilkinson ;  
M. Rowan, avec une voiture automotrice à vapeur de son système ;  
Le colonel Beaumont (Beaumont Compressed Air Locomotive Company), avec  
une voiture automotrice à air comprimé ;  
La Société « l'Électrique », avec une voiture automotrice électrique.

---

Afin de faciliter l'examen et de permettre la critique de ses décisions, le jury a divisé en trois groupes, sous les lettres A, B, C, les diverses conditions du programme.

Les conditions imposées par les règlements de police acquièrent une importance spéciale lorsqu'il s'agit de moteurs destinés à circuler dans l'intérieur des villes. Les habitudes du public ou les exigences des autorités deviennent alors prépondérantes et peuvent rendre impossible l'emploi de tel système, qui serait d'une excellente application dans d'autres circonstances. Cette considération s'est ajoutée à celles qui ont été indiquées plus haut pour engager le jury à adopter la division à laquelle il s'est arrêté. Ceci n'enlève évidemment rien au mérite des systèmes qui échappent à toute critique à ce point de vue.

*Les conditions reprises sous le LITTERA A sont :*

1. Absence plus ou moins complète d'un panache de vapeur ;
2. Absence de fumée et d'escarbilles ;
3. Absence plus ou moins complète de bruit ;
4. Éléance d'aspect ;
5. Facilité avec laquelle on pourra séparer le moteur de la voiture proprement dite ;
9. Disposition du frein permettant l'action sur le plus grand nombre possible de roues du train.

*(Les freins actionnés par le conducteur du train en suite d'un signal du machiniste, n'entreront en ligne de compte que si cet agent est seul sur le moteur. Les freins actionnés directement par le machiniste auront toutefois la préférence.)*

12. Enveloppe du moteur telle qu'il soit le plus possible caché au public tout en étant visible et accessible au mécanicien dans toutes ses parties ;
18. Facilité de communication entre le mécanicien et le conducteur du train.

*Sous le LITTERA B, ont été classées les conditions relatives à l'entretien et à la construction, savoir :*

6. Protection plus ou moins complète des organes du mouvement contre l'action de la poussière et de la boue ;
7. Régularité et tranquillité de marche ;
8. Disposition permettant le passage dans les courbes de petit rayon ;
13. Construction la plus simple et la plus rationnelle ;
14. Facilité de visite et de nettoyage de l'intérieur des chaudières ;
15. Poids mort du train par rapport au nombre de places ;
16. Effort de traction effectif, les voitures étant complètement chargées ;
17. Rapidité avec laquelle le moteur peut être mis en ordre de marche ;
19. Service journalier le plus continu possible sans arrêts autres que ceux compatibles avec les exigences du service ;
20. Frais d'entretien par voiture et par kilomètre. *(On a supposé que le moteur ou la voiture automotrice qui donnera les meilleurs résultats en ce qui concerne les paragraphes 6, 7, 13, 14 et 15 sera le moins coûteux en réparations.)*

*Enfin, sous le LITTERA C, ont été rangées les considérations d'économie de matières de consommation.*

- 10 Consommation minima de combustible ;

*(On a pris pour base la voiture-kilomètre en tenant compte du nombre des places — sièges d'au moins 400 millimètres de longueur —.)*

11. Consommation minima d'huile de graissage, suif, etc. (même condition).

Aux termes du programme du concours, le jury a également dû tenir compte :

Des défauts ou inconvénients constatés en cours d'exploitation ;

De la nécessité de tourner un moteur ou une voiture automotrice aux points terminus ;

De cette circonstance qu'un ou deux hommes sont nécessaires pour la conduite des machines.

Trois questions générales se dégagent de l'ensemble des conditions qui précèdent :

- a) Règlements de police ;
- b) Emploi de remorqueurs et de voitures automotrices ;
- c) Traction à vapeur sous forme indirecte, par l'action d'une force emmagasinée.

#### a) RÈGLEMENTS DE POLICE.

Les règlements de police peuvent être une question de vie ou de mort pour les moteurs à vapeur.

S'il est possible, par un temps sec et sur une ligne de niveau, de condenser suffisamment la vapeur, l'absence continue et complète d'un panache de vapeur est une chimère par un temps humide, sur un profil accidenté et pour de longs parcours. On obtient des gaz incolores par l'emploi du coke comme combustible ; on ne supprime pas la production de gaz chauds et irritants.

La circulation des moteurs du deuxième groupe, sans condensation aucune au milieu du mouvement le plus actif de l'Exposition, n'a donné lieu, d'ailleurs, à aucun inconvénient. A la vérité, l'artère dans laquelle la voie était établie est large et spacieuse, mais chacun sait que des moteurs à vapeur, sans condensation réelle, circulent dans des rues très étroites ; citons les exemples connus des tramways d'Ixelles, d'Evere et de Charleroi.

Dans ces conditions, le jury, tout en constatant l'infériorité des moteurs à vapeur à ce point de vue, a cru devoir faire abstraction des exigences de police qui en proscriraient éventuellement l'emploi. S'il avait agi autrement, la présence de moteurs à vapeur au concours n'aurait pas eu de raison d'être. Il a, en conséquence, jugé les concurrents pour le cas où les défauts inévitables de l'emploi de moteurs à vapeur ne seraient pas un motif d'exclusion.



## b) EMPLOI DE REMORQUEURS ET DE VOITURES AUTOMOTRICES.

Dans le calcul du poids  $Q$  d'un remorqueur devant faire à la jante un effort  $E$ , il faut, avant tout, tenir compte de l'adhérence; en effet, si l'on appelle  $\alpha$  le coefficient d'adhérence d'un moteur, supposé à adhérence totale, la limite inférieure du poids  $Q$  sera donné par la formule :

$$\begin{aligned} E &= \alpha Q \\ \text{d'où} \quad Q &= \frac{E}{\alpha} \end{aligned} \quad (1)$$

Une considération d'un autre ordre fournira, dans certains cas, une deuxième limite inférieure : nous voulons parler de *l'énergie spécifique* de l'espèce de moteur employé. En effet, dans des conditions normales, pour un effort  $E$  moyen, constant et soutenu que doit faire un moteur, celui-ci aura un poids minimum  $Q$ . Nous appellerons *énergie spécifique* d'un moteur le coefficient  $e = \frac{E}{Q}$  mesurant le rapport de cet effort  $E$  au poids minimum  $Q$  cor-

respondant de ce moteur : ce coefficient est fixé par la pratique. Il est évident, *a priori*, que pour une espèce de moteur déterminée le coefficient  $e$  n'a pas une valeur absolue et nous n'entendons pas lui en fixer une dans ce qui va suivre.

Il existe donc une deuxième limite inférieure de  $Q$  donnée par la formule  $e = \frac{E}{Q}$ , soit

$$Q = \frac{E}{e} \quad (2)$$

Cela posé, nous pouvons aborder la comparaison des remorqueurs et des voitures automotrices.

Soient :

$\pi$  le poids en tonnes des voyageurs à transporter;

$p$  le poids en tonnes d'une voiture vide

et posons  $p + \pi = q$ ;

$r$  la résistance en kilog. par tonne de la voiture;

$P = \frac{Q}{1000}$  le poids en tonnes du remorqueur;

$R$  la résistance en kilog. par tonne du moteur;

$i$  la rampe en millimètres;

$E$  l'effort de traction en kilog. à la jante.

Calculons P :

1° Dans le cas d'un *remorqueur indépendant*, nous aurons :

$$E = P (R + i) + q (r + i) \quad (1)$$

Et la limite inférieure de P sera donnée

$$\text{soit par} \quad E = Q \alpha = 1000 P \alpha \quad (2)$$

$$\text{soit par} \quad E = Q e = 1000 P e \quad (3)$$

suivant que  $e$  sera  $>$  ou  $<$   $\alpha$ .

Dans le cas du moteur à vapeur indépendant, il n'y a pas lieu de s'arrêter à la considération de l'énergie spécifique. Car  $e$  est  $<$   $\alpha$  et conséquemment la limite de P, assignée par le coefficient d'adhérence  $\alpha$ , est plus élevée que celle qu'imposerait le coefficient d'énergie spécifique  $e$ .

Nous pouvons donc poser dans ce cas :

$$1000 P \alpha = P (R + i) + q (r + i)$$

$$\text{d'où} \quad P = \frac{q (r + i)}{1000 \alpha - (R + i)}.$$

Ce résultat montre, ce qui était prévu du reste, que pour une charge  $q$  remorquée sur une rampe donnée  $i$ , le poids P augmente quand le coefficient d'adhérence diminue et qu'il ne dépend que de cette condition.

S'il s'agissait d'un moteur à énergie spécifique  $e < \alpha$ , il faudrait remplacer  $\alpha$  par  $e$  dans cette formule et dans ses conséquences.

2° Conservant les notations précédentes, calculons le poids  $P_1$  minimum du moteur dans le cas de la voiture automotrice.

Ici les conditions d'adhérence ne nous donnent pas, d'une façon immédiate, une limite inférieure du poids  $P_1$  parce que nous allons emprunter à la voiture et à sa charge une partie du poids adhérent nécessaire et que la proportionnelle  $\beta$  du poids  $q$ , que nous utiliserons à l'adhérence, n'est pas indiquée à priori.

Nous aurons, dans ces conditions :

$$E = (Q + 1000 \beta q) \alpha \quad \text{d'où} \quad P_1 = \frac{E}{1000 \alpha} - \beta q.$$

Les deux limites de  $P_1$  seront donc :

$$P_1 = \frac{E}{1000 e} \quad (1)$$

$$P_1 = \frac{E}{1000 \alpha} - \beta q \quad (2)$$

En introduisant ces deux équations dans le calcul de  $P_1$  nous pourrions déterminer la proportionnelle  $\beta$  de façon que  $P_1$  satisfasse à la fois aux deux limites.

L'expression de la valeur minimum de  $E$  en fonction des résistances est :

$$E = (P_1 + \beta q) (R + i) + (1 - \beta) q (r + i). \quad (*) \quad (3)$$

En combinant ces équations, on trouve :

$$\beta = \frac{(r + i) (e - \alpha)}{e \left[ 1000 \alpha - (R + i) \right] + (r + i) (e - \alpha)}$$

De l'examen de cette expression, il ressort que, toutes choses égales d'ailleurs :

1° *La proportionnelle  $\beta$  est indépendante du poids  $q$  de la voiture et des voyageurs transportés;*

2° *Elle augmente en même temps que la rampe à gravir;*

3° *Elle augmente également avec l'énergie spécifique du moteur.*

Connaissant  $\beta$ ,  $P_1$  nous est donné par l'expression

$$P_1 = \beta \frac{\alpha q}{e - \alpha} \text{ déduite de (1) et (2)}$$

$$P_1 = \frac{q \alpha (r + i)}{e \left[ 1000 \alpha - (R + i) \right] + (r + i) (e - \alpha)}$$

ou encore

$$P_1 = \frac{q \alpha (r + i)}{e \left[ 1000 \alpha - (R - r) \right] - \alpha (r + i)}$$

Remarquons, tout d'abord, que, dans la pratique,  $1000 \alpha$  est toujours considérablement plus grand que  $R - r$  : conséquemment le terme en  $e$  est positif.

L'examen de la valeur de  $P_1$  nous montre que, toutes choses égales d'ailleurs :

1° *Le poids du moteur augmente en même temps que la rampe à gravir;*

2° *Il diminue à mesure que l'énergie spécifique augmente.*

La comparaison directe des valeurs de  $P$ , dans le cas du remorqueur indépendant, et de  $P_1$  dans celui de la voiture automotrice ne peut donner de résultat suffisamment saisissable. Ce rapport est, en effet :

$$\frac{P}{P_1} = \frac{e \left[ 1000 \alpha - (R - r) \right] - \alpha (r + i)}{\alpha \left[ 1000 \alpha - (R + i) \right]}$$

(\*) Nous supposons ici que la partie du poids de la voiture qui contribue à l'adhérence crée une résistance au mouvement de  $R$  kilogrammes par tonne, quoique cette valeur soit évidemment trop grande. L'hypothèse est donc défavorable à la voiture automotrice.

on peut en déduire cependant, en posant  $\frac{e}{\alpha} = n$ , que moins est grande l'énergie spécifique du moteur employé, c'est-à-dire plus  $e$  diminue et se rapproche de  $\alpha$ , moins est grand le rapport  $\frac{P}{P_1}$ .

Pour  $n = 1$ , c'est-à-dire  $e = \alpha$ ,  $\frac{P}{P_1} = 1$ .

En d'autres termes, la voiture automotrice perdrait, dans ce cas, tous les avantages que lui donne le moindre poids de son moteur; mais en pratique  $e$  est toujours  $> \alpha$ .

Un exemple numérique fera mieux ressortir les avantages de la voiture automotrice.

Supposons :

$$p = 1890 \text{ kilog.}$$

$$\pi = 2100 \text{ " (30 voyageurs à 70 kilog.).}$$

$$q = p + \pi = 3990 \text{ kilog.}$$

$$r + i = 66 \text{ kilog.}$$

$$R + i = 72 \text{ "}$$

$$\alpha = \frac{1}{9}$$

et cherchons le poids minimum  $P$  du remorqueur à vapeur indépendant ainsi que celui  $P_1$  du moteur à vapeur de la voiture automotrice, répondant à ces conditions. Il faut ici assigner à  $e$  une valeur particulière; afin de rester en-dessous de la vérité, faisons  $e = \frac{1}{7}$ . (Certains constructeurs sont arrivés à établir des moteurs à vapeur dont l'énergie spécifique ne dépasse guère  $\frac{1}{5}$ .)

L'introduction de ces valeurs donne :

1° Dans le cas du moteur indépendant :

$$P = \frac{22}{13} q = 6752 \text{ k.}$$

$$P + p = 8642 \text{ k.}$$

$$E = 750 \text{ k.}$$

$$\frac{P + p}{\pi} = 4.11$$

2° Dans le cas de la voiture automotrice :

$$P_1 = \frac{21}{22} q = 3808 \text{ k.}$$

$$P_1 + p = 5698 \text{ k.}$$

$$E_1 = 544 \text{ k.}$$

$$\frac{P_1 + p}{\pi} = 2.71$$

$$\beta = \frac{3}{11}$$

et :

$$\frac{P}{P_1} = 1.77$$

$$\frac{P + p}{P_1 + p} = 1.51$$

$$\frac{E}{E_1} = 1.378$$

Les chiffres qui précèdent n'ont pas été pris au hasard : ils correspondent à peu près aux conditions actuelles de l'exploitation de la rampe du Jardin Botanique, à Bruxelles.

A la vitesse de 1<sup>m</sup>.10 par seconde, qui est celle d'un cheval au pas, le travail moteur du remorqueur indépendant serait donc de 11 chevaux-vapeur et celui du moteur de la voiture automotrice de 7.97 chevaux-vapeur pour un même travail utile. Au boulevard Botanique, trois chevaux enlèvent la voiture.

Dans les calculs qui précèdent, les valeurs de R et de r sont supposées des minimum.

Dans les tramways urbains, on compte pour  $\approx \frac{1}{10}$  et même  $\frac{1}{12}$ .

La voiture automotrice possède donc, sur la voiture remorquée par un moteur indépendant, les avantages suivants et *ce qui précède n'a eu d'autre but que de le démontrer* :

- 1° Elle comporte un moteur d'un poids moindre ;
- 2° Elle présente un poids mort plus faible ;
- 3° Elle diminue le rapport du poids mort au poids utile ;
- 4° Elle n'exige, à *égalité de travail utile*, qu'un travail moteur moindre.

*Tous ces avantages augmentent avec l'énergie spécifique des moteurs employés.*

D'un autre côté, elle présente les défauts suivants :

- 1° Dépendance du moteur et de la voiture, défaut qui est fortement atténué dans les voitures automotrices à moteur amovible ;
- 2° Nécessité d'une plaque tournante ou d'un triangle pour virer aux points terminus. Cette nécessité n'existe pas pour toutes les voitures automotrices. L'emploi d'un triangle est, du reste, une question d'emplacement. Au surplus, on a vu à Anvers et on peut voir tous les jours à Bruxelles, les conducteurs d'un remorqueur préférer l'usage du triangle à la manœuvre par évitement avec décrochage et accrochage ;
- 3° Défaut d'élasticité au point de vue de la variabilité de la charge. Sur un chemin de fer où le train comporte un certain nombre de véhicules, c'est là

un inconvénient qui, somme toute, correspond à l'emploi d'une locomotive trop faible; sur un tramway urbain, ce n'est qu'une situation qui existe actuellement avec la traction animale. Au demeurant, les voitures automotrices peuvent généralement remorquer une voiture supplémentaire, mais ce correctif augmente nécessairement le poids du moteur.

c) TRACTION A VAPEUR SOUS FORME INDIRECTE, PAR L'ACTION D'UNE FORCE EMMAGASINÉE.

Nous avons fait intervenir plus haut l'élément *énergie spécifique* et nous avons montré l'influence favorable d'un coefficient élevé  $e = \frac{E}{Q}$ .

Dans les voitures automotrices, l'emploi d'un moteur à énergie spécifique plus grande que celle des moteurs à vapeur diminuerait encore le poids  $P_1$ , et avec lui l'effort nécessaire, le travail, etc.

En effet, reprenons les résultats obtenus dans le cas de la voiture automotrice (voir page 15) avec un moteur d'énergie spécifique  $e = \frac{1}{7}$  et cherchons le poids minimum  $P_2$  d'un moteur à énergie spécifique plus grande  $e = \frac{1}{5}$ , par exemple; nous trouvons :

*Voiture automotrice avec moteur d'énergie spécifique*

$e = \frac{1}{7}$		$e = \frac{1}{5}$	
$P_1 = \frac{21}{22} q$	= 3808 kilog.	$P_2 = \frac{15}{28} q$	= 2137 kilog.
$P_1 + p$	= 5698 »	$P_2 + p$	= 4027 »
$E_1$	= 544 »	$E_2$	= 427 »
$\frac{P_1 + p}{\pi}$	= 2.71	$\frac{P_2 + p}{\pi}$	= 1.91
$\beta$	= $\frac{3}{11}$	$\beta$	= $\frac{3}{7}$

et

$$\frac{P_1}{P_2} = 1.78$$

$$\frac{P_1 + p}{P_2 + p} = 1.41$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 1.27$$

Dans les mêmes conditions de vitesse de  $1^{\text{m}}.10$  par seconde, le travail de la voiture automotrice à énergie spécifique  $e = \frac{1}{5}$  serait donc 6.26 au lieu de 7.97 chevaux pour un même travail utile.

On comprend dès lors que l'emploi de la force vapeur par intermédiaire ou la traction à vapeur sous forme indirecte par l'action d'une force emmagasinée — qui paraît paradoxale au premier abord — puisse être avantageuse. Dans la voiture électrique, par exemple, le rapport du poids mort  $P_1 + p$  au poids utile  $\pi$  est réduit à 1.78.

Citons ici quelques autres avantages de ce mode de traction :

1° Il supprime le transport du charbon et de l'eau nécessaires à la production de la vapeur ;

2° Il permet l'emploi de charbon menu de qualité inférieure, au lieu de coke non sulfureux, ce qui, dans beaucoup de pays, donne immédiatement plus de 50 p. c. d'économie au point de vue de la consommation du combustible ;

3° Il permet d'utiliser des machines perfectionnées consommant un minimum de combustible par cheval et par heure.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ces comparaisons en décrivant et en discutant chacun des systèmes concurrents.

## 2 DESCRIPTION DES MOTEURS ET DES VOITURES AUTOMOTRICES ADMIS DANS LE PREMIER GROUPE.

### a) REMORQUEUR KRAUSS.

Le remorqueur Krauss est une locomotive-tender, à deux essieux accouplés, avec suspension par trois points et dont les bâches à eau forment châssis intérieur. Ces deux dernières particularités caractérisent le type Krauss.

La machine est protégée par un abri dont la toiture est surmontée d'un condenseur à surface formé de 108 tubes en cuivre rouge, disposés transversalement à la voie ; ils ont un diamètre extérieur de  $0^{\text{m}}.037$ .

La chaudière est une chaudière de locomotive ; la hauteur de son axe au-dessus du niveau des rails est de  $1^{\text{m}}.18$ .

Le moteur a une longueur totale de  $3^{\text{m}}.02$  et une largeur de  $2^{\text{m}}.20$ . L'empattement des roues est de  $1^{\text{m}}.500$ .

La plate-forme du palier se prolonge sur les côtés de la chaudière et la porte du foyer est dans l'axe de celle-ci.

La prise de vapeur, la commande des injecteurs et des appareils accessoires, le levier de changement de marche et celui du frein, sont réunis à la portée du mécanicien, qui se tient vers le milieu de la locomotive.

Voici les principaux éléments de cette machine :

$d$	Diamètre des cylindres . . . . .	$0^m.140$
$l$	Course des pistons . . . . .	$0^m.300$
$D$	Diamètre des roues . . . . .	$0^m.800$
$t$	Timbre de la chaudière. . . . .	15 atmosphères.
$E$	Effort de traction $\frac{0.5 t d^2 l}{D} =$ . . . . .	550 kilog.
$S$	Surface de chauffe totale . . . . .	$9^m^2.77$
$G$	"    la grille . . . . .	$0^m^2.25$
$c$	"    du condenseur . . . . .	$25^m^2.50$
$P'$	Poids en ordre de marche. . . . .	7,500 kilog.
	Capacité des soutes à eau . . . . .	800 litres.
	"    "    à combustible . . . . .	400 "

$$\frac{P'}{E} = 12.72; \quad \frac{P'}{S} = 716; \quad \frac{P'}{G} = 30000; \quad \frac{C}{S} = 2.61; \quad \frac{B}{C} = 21.57.$$

Pendant toute la durée du concours, la locomotive Krauss a fait un service régulier, à quelques exceptions près dues, pendant le service forcé, à ses fréquentes prises d'eau. Son fonctionnement n'a rien laissé à désirer; toutefois, l'appareil de condensation a été reconnu absolument insuffisant.

*b)* REMORQUEUR DE MM. BLACK ET HAWTHORN, SYSTÈME WILKINSON.

La chaudière et le mécanisme de ce moteur sont verticaux. Les cylindres sont montés sur un bâti indépendant de la chaudière à l'opposé de la porte du foyer. Les pistons attaquent un faux essieu coudé qui, au moyen de roues dentées, transmet son mouvement de rotation à l'un des essieux porteurs accouplés.

Les commandes du régulateur, du levier de changement de marche, des injecteurs et du frein à main sont doubles de façon à pouvoir être manœuvrées, indifféremment à l'avant ou à l'arrière.

La chaudière est à tubes Field; la tôle porte-tubes est percée, en son milieu, d'une ouverture à bords emboutis qui sert d'embase à la conduite d'échappement des gaz chauds prolongée par la cheminée.



La vapeur est surchauffée pour éviter qu'elle ne s'échappe sous la forme vésiculaire visible. A cet effet, au sortir des cylindres, elle se rend dans une chambre en fonte adossée extérieurement à la chaudière et destinée à retenir l'eau entraînée; elle passe ensuite dans une deuxième chambre, suspendue dans l'axe de la chaudière et de la conduite des gaz chauds à une faible hauteur au-dessus de la grille; elle arrive enfin dans une sorte de poche, renfermée dans cette dernière chambre, ouverte par le bas et continuée dans sa partie supérieure par le tuyau d'échappement. Cette manière de dissimuler la vapeur évite l'emploi d'un condenseur; mais en admettant que la vapeur qui s'échappe ait une température minimum de 300 degrés, elle emportera une quantité de chaleur supérieure à celle qu'aura exigée sa formation à dix atmosphères. La vapeur lâchée par les soupapes de sûreté et les purgeurs est dissimulée de la même manière et par les mêmes appareils.

Enfin, la roue dentée, fixée sur l'essieu porteur, en commande une autre actionnant un arbre en relation avec le régulateur, afin de modérer automatiquement la vitesse du remorqueur et empêcher qu'il ne s'emporte.

La longueur du moteur est de 3<sup>m</sup>.35, sa largeur de 1<sup>m</sup>.80, l'empattement de ses roues de 1<sup>m</sup>.69.

Les deux plates-formes communiquent par le côté libre du palier.

Le tableau suivant donne les chiffres intéressants relatifs à cette locomotive :

<i>d</i>	Diamètre des cylindres . . . . .	0 <sup>m</sup> .165
<i>l</i>	Course des pistons . . . . .	0 <sup>m</sup> .228
<i>D</i>	Diamètre des roues. . . . .	0 <sup>m</sup> .699
<i>t</i>	Timbre de la chaudière . . . . .	10 atmosphères.

Rapport entre le nombre de tours de l'arbre moteur et de l'essieu porteur 1.55.

$$E \text{ Effort de traction} = \frac{1.55 \times 0.5 \times t d^2 l}{D} = . \quad 686 \text{ kilog.}$$

$$S \text{ Surface de chauffe . . . . .} \quad 9^{\text{m}^2}.743$$

$$G \text{ " la grille . . . . .} \quad 0^{\text{m}^2}.501$$

$$P \text{ Poids en ordre de marche . . . . .} \quad 7,000 \text{ kil.}$$

$$\text{Contenance des soutes à eau . . . . .} \quad 370 \text{ litres.}$$

$$\text{" " à charbon . . . . .} \quad 356 \text{ "}$$

$$\frac{P}{E} = 10.2; \quad \frac{P}{S} = 718; \quad \frac{P}{G} = 13972.$$

Le moteur Wilkinson n'a donné lieu, en service, à aucune observation; ses divers organes se sont bien comportés.

## c) VOITURE A VAPEUR, SYSTÈME ROWAN.

La voiture Rowan est caractérisée par la possibilité de séparer facilement et rapidement le moteur de la voiture proprement dite. Elle se compose, en réalité, de deux véhicules sinon isolés du moins séparables en quelques minutes. Ce caractère la distingue nettement de toutes les voitures à vapeur construites jusqu'à présent.

Dans son ensemble, elle comprend donc deux parties distinctes :

1° **Le moteur** porté sur un bogie à quatre roues accouplées ou non.

2° **La voiture proprement dite** reposant à l'arrière sur un train de roues guidé par un truck mobile (genre Cleminson) et à l'avant sur le moteur auquel elle fournit une partie de l'adhérence qui lui est nécessaire. Il résulte de cette disposition que la voiture isolée n'est plus mobile et que l'avant doit en être soutenu.

Ces deux parties sont reliées comme suit :

Sur le châssis du moteur — à hauteur des brancards de la voiture, — se trouvent deux coulisses en arc de cercle dont le centre est sur l'axe d'empattement des roues. Dans chacune de ces coulisses glissent deux patins sur lesquels s'appuient les extrémités d'un ressort à lame : ces ressorts servent de support aux brancards de la voiture. Le moteur joue donc le rôle de bogie à l'avant de celle-ci.

Le truck d'avant est relié au train de roues d'arrière par deux tirants de traction, croisés et boulonnés sur des pattes fixées aux extrémités de la traverse d'arrière du moteur. Les mouvements des roues d'arrière et du bogie d'avant, espacés de 5<sup>m</sup>.05 d'axe en axe, sont donc solidaires.

La liaison est complétée par un secteur horizontal, fixé au châssis du véhicule et saisi entre deux rouleaux verticaux de forme bombée, placés sur le moteur et dans l'axe de celui-ci. Ce secteur a, en outre, pour fonction de régulariser les mouvements relatifs de la caisse et du moteur. Tout l'effort de traction porte donc sur les tirants et sur le secteur sans aucune intervention de la caisse.

**Moteur.** — *L'appareil de vaporisation* est formé de deux chaudières verticales à foyer intérieur et tubes à eau réunies, à leur partie supérieure, par une tubulure horizontale. L'enveloppe extérieure a 0<sup>m</sup>.54 de diamètre à la base; elle est en deux parties assemblées par un joint à équerres boulonnées. Il suffit, pour mettre à jour les ouvertures des tubes et en permettre la visite et le nettoyage, d'enlever la partie supérieure de cette enveloppe.

Le tirage est naturel; il est produit pour chaque foyer par une cheminée de

1<sup>m</sup>.57 de hauteur dont la base, fixée sur le ciel du foyer, est à 0<sup>m</sup>.97 de la grille. La machine ne porte pas de soute à charbon spéciale. Le combustible est placé dans de petites caisses en tôle accrochées au garde-corps d'avant et contenant chacune deux kilogrammes de coke : le chargement du foyer se fait donc sans pelle et avec une très grande propreté.

*Le mécanisme moteur* est établi entre les deux chaudières, dans une caisse fermée par le dessous, formant le bâti du bogie. C'est une machine horizontale, à deux cylindres, dont le mouvement comprend une pompe alimentaire.

L'essieu coudé est à l'arrière et les cylindres à l'avant. Le levier de changement de marche, un injecteur, une garniture réunissant, à hauteur de manœuvre, le levier du modérateur et les accessoires de la chaudière, la commande d'un frein à pédale pour le moteur et d'un frein à vis pour la voiture sont également à l'avant à portée du mécanicien. Le mécanisme tout entier peut être démonté et remplacé facilement en enlevant quelques boulons.

La vapeur d'échappement se rend directement dans un *condenseur* de construction spéciale placé sur l'impériale de la voiture. Ce condenseur est formé de tôles de cuivre minces, ondulées et accolées deux à deux, de manière à constituer des chambres dont la grande surface est très favorable à l'émission de la chaleur. La proximité peut être un peu grande des surfaces rayonnantes est compensée par la circulation d'air artificielle produite par le mouvement de la voiture. Ce condenseur a toujours été très efficace dans les circonstances où la voiture a fonctionné à Anvers ; il présente une surface de 80 mètres carrés qui pourrait être portée à 100 mètres carrés et ne pèse que 600 kilogrammes. Tous les éléments en sont librement suspendus, de manière à permettre les mouvements dus à la dilatation.

L'eau condensée s'écoule dans deux réservoirs de 100 litres chacun placés sous le châssis de la voiture, par un jeu de tuyaux formant syphon et empêchant l'accès direct de la vapeur ; celle-ci, envoyée dans le foyer, se surchauffe et se mélange avec les produits de la combustion. Deux autres réservoirs à eau froide de même capacité sont placés près des deux premiers. Tous quatre sont en communication, par des branchements et un jeu de soupapes approprié, avec les bâches à eau du moteur.

L'excédent d'eau de condensation non utilisée doit être purgé ; cette opération a pour effet d'entraîner par l'échappement les matières de graissage minérales. Avant que la voiture ne commence son service, une purge à la vapeur, tous les robinets de vidange ouverts, effectue un nettoyage plus énergique du condenseur et des bâches.

**La voiture proprement dite** est d'une construction élégante. Son

aspect général est celui d'une voiture de tramway dont la plate-forme d'avant serait occupée par la machine. Elle est accessible par la plate-forme d'arrière et par des baies latérales à l'avant. Un couloir central règne sur toute sa longueur; les bancs sont disposés transversalement par sièges de deux places de chaque côté du couloir. Quelques places adossées à la paroi d'avant et un petit compartiment à l'arrière donnent à l'ensemble un cachet assez original.

Le plancher est à 0<sup>m</sup>.75 au-dessus du niveau des rails.

Le tableau ci-dessous donne les éléments principaux de la voiture qui a circulé à Anvers.

Longueur totale . . . . .	9 <sup>m</sup> .50
"    de la caisse . . . . .	8 <sup>m</sup> .15
Largeur " . . . . .	2 <sup>m</sup> .20
Longueur occupée par le moteur . . .	3 <sup>m</sup> .00
"    "    les voyageurs . . . . .	6 <sup>m</sup> .50
Nombre de places . . . . .	50
Poids des voyageurs à 70 k. . . . .	3500 kilog.
"    du véhicule . . . . .	2500 "
"    du condenseur et des réservoirs	600 "
"    total $p$ . . . . .	3100 "
Rapport $n = \frac{p}{\pi}$ . . . . .	0.886

Poids chargeant le moteur en ordre de marche :

Sans les voyageurs . . . . .	1400 kilog.
Le moteur à charge complète . . . .	2900 "

Les dimensions du moteur sont :

$d$ Diamètre des cylindres . . . . .	0 <sup>m</sup> .13
$l$ Course des pistons . . . . .	0 <sup>m</sup> .25
$D$ Diamètre des roues . . . . .	0 <sup>m</sup> .75
$t$ Timbre de la chaudière . . . . .	13 atmosphères.

$E$ Effort de traction $= \frac{0.5 t d^2 l}{D}$ . . . . .	366 kilog.
--	------------

$S$ Surface de chauffe . . . . .	5 <sup>m</sup> <sup>2</sup> .96
----------------------------------	---------------------------------

$G$ " grille . . . . .	0 <sup>m</sup> <sup>2</sup> .29
------------------------	---------------------------------

$C$ " du condenseur . . . . .	80 <sup>m</sup> <sup>2</sup>
-------------------------------	------------------------------

$P'$ Poids en ordre de marche . . . .	4100 kil. (moteur seul).
---------------------------------------	--------------------------

$P''$ " " " complet . . . . .	7000 "
-------------------------------	--------

Contenance des soutes à eau . . . .	120 litres.
-------------------------------------	-------------

"    "    à charbon . . . . .	100
-------------------------------	-----

Empattement des roues motrices . . . 1<sup>m</sup>.54

$$\frac{P'}{E} = 11.20, \quad \frac{P''}{E} = 19.12, \quad \frac{P'}{S} = 688, \quad \frac{P'}{G} = 14138, \quad \frac{C}{S} = 13.42, \quad \frac{E}{C} = 4.57$$

La voiture Rowan a fait un service absolument régulier. Le moteur et l'appareil de condensation se sont parfaitement comportés pendant toute la durée du concours.

d) VOITURE AUTOMOTRICE A AIR COMPRIMÉ SYSTÈME BEAUMONT.

Ce système nécessite une installation fixe pour l'air comprimé. Celle-ci comprend des réservoirs, un compresseur et une canalisation.

Les *réservoirs* employés à Anvers étaient en tôle, sans rivure et chargés à 63 atmosphères.

Le *compresseur d'air* se compose de quatre corps de pompes placés parallèlement, par groupes de deux consécutifs, dans une même bache à eau et actionnés directement par les tiges des pistons d'une machine compound à cylindres juxtaposés et d'égale course. Le tout est supporté par une chaudière type locomobile, marchant à une pression moyenne de 5 atmosphères.

L'air refoulé dans le premier cylindre passe successivement dans les trois autres de diamètres décroissants; à la sortie de chacun d'eux, il circule dans un serpentin refroidisseur. Le refroidissement de l'air est très efficace; la température du compresseur ne varie guère que de 5 degrés, avec une consommation d'eau d'environ 800 litres, pour une compression de 40 à 63 atmosphères. Le fractionnement de la compression a pour effet de diminuer la température de l'air à l'entrée de chaque cylindre et de produire une économie sensible dans le travail même de la compression.

La *canalisation*, commandée par des valves à ses extrémités, conduit l'air comprimé des réservoirs fixes à une bouche de chargement établie au quai d'embarquement; sa longueur, qui dépend des circonstances locales, était, à Anvers, de 80 mètres.

La **voiture automotrice** se présente sous l'aspect de deux véhicules reliés entr'eux par une articulation verticale et un étroit couloir à soufflet.

L'impériale comporte 34 places assises : elle est accessible par un escalier placé à l'arrière et disposé de manière à ne pas entraver la montée ou la descente des voyageurs de l'intérieur.

Le véhicule d'arrière est supporté par un bogie à deux essieux, coupés en leur milieu en demi-essieux indépendants et assemblés par un manchon; les roues peuvent donc tourner indépendamment l'une de l'autre.

Le véhicule d'avant comprend deux parties distinctes complètement isolées l'une de l'autre par une cloison : le moteur et un compartiment pour voyageurs s'appuyant sur deux essieux accouplés reliés à un faux essieu moteur. Le moteur est abrité sur les côtés et au-dessus par la caisse du véhicule. Le mécanicien, placé à l'avant, domine la voie.

L'air comprimé est emmagasiné dans des réservoirs occupant la majeure partie de l'espace réservé au moteur.

Celui-ci se compose de deux couples de cylindres verticaux à haute et à basse pression, jumelés, venus de fonte d'une pièce et accolés latéralement l'un à droite, l'autre à gauche du réservoir principal. Les pistons, également jumelés, sont réunis à une même crosse et actionnent un faux essieu à quatre coudés, deux d'attaque et deux d'accouplement avec les deux essieux porteurs d'avant : ceux-ci sont ainsi les moteurs de la voiture.

Une petite chaudière, établie sur le côté avant du véhicule, produit de la vapeur qui sert à réchauffer les enveloppes des tuyaux de prise d'air et celles des cylindres.

L'air est admis, à pleine pression, dans les petits cylindres en quantité nécessaire pour que, successivement détendu dans ces cylindres et dans les grands, il produise le travail voulu. La levée des valves d'admission dans les petits cylindres est réglée par un mécanisme analogue à celui des machines à vapeur de construction récente, dont la course de tiroirs est commandée par cames. Le contact plus ou moins long des cames donne une durée proportionnelle d'admission et la durée du contact est continuellement réglée à la main par un régulateur à chaîne servant de trait d'union entre le mécanisme de droite et celui de gauche. Pour la mise en train, l'air est admis, à pleine pression, dans les grands cylindres au moyen d'un levier spécial qui agit sur les valves des petits cylindres et fait passer l'air de ceux-ci aux grands, sans détente.

La voiture automotrice à air comprimé travaillait à Anvers dans les conditions suivantes :

Poids à vide : 10000 kilog.		{	moteur et véhicule d'avant . . . . .	7000 kilog.	
			véhicule d'arrière . . . . .	3000 "	
Nombre de places : 56	{	intérieur	véhicule d'avant. . . . .	6	
			" d'arrière . . . . .	12	
		impériale	véhicule d'avant. . . . .	20	
			" d'arrière . . . . .	14	
		plate-forme . . . . .	4		
				Total. . . . .	56

Les constatations directes, faites par le jury avec le concours de M. Vin-

çotte, ont montré que la machine fournissait, en marche moyenne, un travail moteur de 34 chevaux indiqués et que, dans ces conditions, la durée d'une opération était de 50 minutes.

Le nombre de chevaux-heures employé pour les 716 chargements effectués peut donc être évalué à

$$\frac{716 \times 34 \times 50}{60} = 19953.$$

La consommation totale effective de combustible ayant été de 41,100 kilog., il a été consommé  $\frac{41100}{19953} = 2^k.05$  de charbon de foyer par cheval indiqué et par heure, consommation qui n'a rien d'exagéré pour un travail intermittent.

La consommation de charbon pour une charge a été d'ailleurs de  $\frac{41100}{716} = 57^k.4$ .

La dépense moyenne d'air comprimé, par voyage, a été évaluée comme suit :

Le volume des réservoirs de la voiture était de  $2^m3.01$ .

Le poids spécifique de l'air a été calculé par la formule :

$$\pi = \frac{p_1}{a \times t} \times \rho \frac{a}{p_0}$$

dans laquelle :

$p_1 \times 10,333$  kilog. représente la pression de l'air comprimé par mètre carré.

$p_0 \times 10,333$  " " " atmosphérique "

$a = 273 =$  zéro absolu de température.

$t =$  température du thermomètre en degrés centigrades.

$\rho = 1^k.29318$  (poids de un mètre cube d'air à la température de la glace fondante et à la pression normale de  $0^m.760$ ).

$\pi =$  le poids de un mètre cube d'air à la pression  $p_1$  et à la température  $t$ .

d'où pour  $p_1 = 42.6$  atm. et  $t = 29^\circ$  . . . . .  $\pi = 49^k.79$

$p_1 = 20.9$  "  $t = 22^\circ$  . . . . .  $\pi = 25^k.01$

Le poids d'air dépensé pour un voyage est donc :

$$2.01 [49.79 - 25.01] = 49^k.81$$

représentant, à 63.8 atm. et à  $16^\circ$ , un volume de  $0^m3.650$ .

La consommation kilométrique d'air aurait donc été de  $\frac{49^k.810}{5.089} = 9^k.783$ .

La compression d'un kilogramme d'air comprimé dépensé par la voiture a coûté :  $\frac{57^k.40}{49^k.81} = 1^k.152$  de charbon.



Enfin, la dépense de combustible, en charbon de foyer, a été de  $11^k.28$  par kilomètre parcouru.

Le travail moteur de la machine fixe, diminué des résistances propres au mécanisme et aux compresseurs, doit pourvoir, en sus du travail utile de chargement de la voiture, à  $42.6$  atmosphères :

- 1° aux fuites des compresseurs et de la conduite ;
- 2° à la perte de travail sous forme de chaleur enlevée par les serpentins ;
- 3° au travail de compression, au-delà de  $42.6$  atmosphères, de l'air introduit et de l'air resté dans les réservoirs fixes.

Enfin, le rôle de la chaudière réchauffeuse de la voiture est très important, non-seulement pour relever la température des cylindres refroidis par la détente, mais aussi au point de vue des réservoirs d'air comprimé. Ce réchauffeur a combattu très efficacement le refroidissement de l'air du réservoir, la perte de température n'ayant été que de  $7$  degrés par voyage. La consommation de cette chaudière s'est élevée à  $0^k.49$  de coke de gaz par kilomètre, ce qui porte la consommation kilométrique totale à  $11^k.77$ .

La valeur de la traction par l'emploi de l'air comprimé dépend, en grande partie, de l'état et du fonctionnement des compresseurs établis sur les machines fixes ainsi que des dispositions de la partie fixe de l'installation et des conduites de chargement.

A ces divers points de vue, le jury doit reconnaître que le colonel Beaumont, se présentant avec une seule voiture en service et avec un moteur délabré d'un type qui réclame des perfectionnements, s'est trouvé dans des conditions assez peu favorables.

Notons pour mémoire l'exposition d'un projet de voiture automotrice où toute la partie mécanique est placée sous les banquettes et dans le châssis.

En ce qui concerne la disposition adoptée en vue de la facilité de passage dans les courbes de faible rayon, elle a paru présenter moins d'avantages que d'inconvénients ; elle semblait, notamment dans la marche en arrière, augmenter les chances de déraillement.

La voiture à air comprimé a donné lieu à de fréquents manquements provenant d'avaries soit aux organes de la voiture, soit aux compresseurs.

En outre, à trois reprises différentes, la voiture a dû interrompre son service par suite de la négligence du mécanicien qui laissait brûler la chaudière réchauffeuse faute de l'alimenter à temps.

## e) VOITURE AUTOMOTRICE ÉLECTRIQUE DE LA SOCIÉTÉ « L'ÉLECTRIQUE ».

**Description.**

**Voiture.** — La voiture qui a pris part au concours est une voiture ordinaire de tramway, munie d'un frein à main, construite pour la traction par chevaux et modifiée, après avoir servi comme telle, en vue des besoins de sa nouvelle destination.

Les accumulateurs d'électricité sont logés sous les bancs, ce qui a nécessité un léger surélévément du plancher permettant de disposer de l'espace primitivement occupé par les tambours des roues. En vue de faciliter les manœuvres de manutention des accumulateurs, les panneaux inférieurs de la voiture ont été rendus mobiles. L'introduction et l'enlèvement des batteries, les accouplements, la surveillance, tout le service des accumulateurs, en un mot, se fait de l'extérieur, avec la plus grande facilité.

Le poids total de la voiture, en service, est de 4250 kilogrammes se décomposant comme suit :

Voiture . . . . .	2570 kilog.	} 4250 kilog.
Accumulateurs . . . . .	1120 "	
Mouvement . . . . .	560 "	
La longueur de la voiture est de . . . . .	6 <sup>m</sup> .50	
Sa largeur de . . . . .	2 <sup>m</sup> .10	
L'empattement des roues de . . . . .	1 <sup>m</sup> .65	
La hauteur du plancher au-dessus des rails de : . . . . .	0 <sup>m</sup> .680.	

**Appareil moteur et transmission.** — La machine motrice est une dynamo à lumière du système Siemens (type D<sup>2</sup> horizontal) fixée au châssis de la voiture en dehors de l'empattement des roues; sa vitesse de rotation, en marche normale, est de 1,000 tours par minute.

Le changement de marche est produit par un simple renversement des balais obtenu au moyen d'un mécanisme très simple, commandé par un petit levier placé à l'intérieur de la voiture.

La machine motrice commande, par courroie, un arbre intermédiaire monté, à l'extrémité opposée du châssis : elle est montée sur un chariot qui permet de régler la tension des brins. Le mouvement de cet arbre intermédiaire est transmis à l'essieu moteur unique par une chaîne à tourillons en bronze phosphoreux. Les transmissions sont réglées de façon à donner à la voiture une vitesse de quatre mètres par seconde.

**Accumulateurs.** — Les éléments constitutifs des batteries sont composés

chacun de 19 lames — 9 positives et 10 négatives — isolées les unes des autres par de petits tampons en caoutchouc. Les lames positives ont quatre millimètres d'épaisseur et pèsent chacune 655 grammes; la matière active entre dans ce poids pour 165 grammes; les lames négatives ont une épaisseur de trois millimètres et pèsent 450 grammes dont 150 grammes de matière active. Chaque élément pèse ainsi  $10^k.485$  et contient  $2^k.700$  de matière utile; soit 26 p. c.; en y comprenant le liquide et le récipient, le poids brut par élément est de 14 kilogrammes. Les éléments sont réunis deux par deux dans des boîtes en ébonite à deux compartiments.

La voiture était desservie par deux jeux de quatre batteries d'accumulateurs composées chacune de dix éléments doubles. L'un d'eux fonctionnait dans la voiture pendant que l'autre était en chargement au dépôt. Le poids brut des quatre batteries était de 1,120 kilogrammes. Chacune d'elles était composée de dix éléments doubles, réunis dans une même caisse. Les éléments de chacune de ces batteries étaient disposés en tension; les électrodes des éléments d'une même batterie étaient mises en connexion au moyen de soudures.

*Commande de mouvement.* — L'effort à développer par la dynamo-motrice varie avec le profil, le tracé, la charge et la vitesse. Il est donc indispensable de pouvoir régler à volonté la force du courant électrique débité par les accumulateurs.

Cette condition est heureusement remplie, dans la voiture de la société « l'Électrique », par un commutateur permettant différents groupements des quatre batteries en service. Sur chacune des plateformes se trouve un de ces appareils enfermé dans une caisse en bois de petites dimensions. Le conducteur ne possède qu'une clef mobile, servant indifféremment à manœuvrer les deux commutateurs; l'enlèvement de cette clef empêche donc les voyageurs d'avoir accès à l'appareil inoccupé. La machine et les quatre batteries sont reliées séparément à chacun des commutateurs.

La clef qui sert de manivelle parcourt un secteur à crans dont chacun correspond à un groupement particulier.

Au cran n° 1 les 4 batteries sont groupées : 4 en quantité, 1 en tension.

” n° 2 ” ” 2 ” 2 ”

” n° 3 ” ” par 3 en tension.

” n° 4 ” ” 4 ”

Lorsque la manivelle est au cran n° 3, le commutateur réunit en quantité les deux batteries intermédiaires qui, ainsi, n'en forment plus qu'une seule; la dépense de chacune d'elles n'est alors que la moitié de celle des deux autres.

Un cran n° 5, qui est celui du repos, met la machine hors circuit et réunit

les quatre batteries en quantité en les couplant sur elles-mêmes. Dans une certaine mesure, cette disposition rétablit l'équilibre entre tous les accumulateurs.

Il est à remarquer qu'à l'aide du commutateur le déchargement de chaque batterie peut se faire uniformément sans interposition de résistance artificielle; au point de vue de l'utilisation du travail emmagasiné, c'est là un fait dont l'importance ne saurait être méconnue.

**Installations fixes.** — La force motrice était fournie par une locomobile attaquant un arbre intermédiaire qui renvoyait le mouvement à la dynamo productrice; les transmissions se faisaient par courroies.

L'électricité était produite par une machine Gramme (type A, dite d'atelier), excitée par une dérivation simple prise aux balais.

Pendant le chargement, les quatre batteries étaient disposées en tension par groupes de deux; chacun des groupes recevait ainsi un courant d'intensité égale à la moitié de celui fourni par la machine dans le circuit extérieur.

Les accumulateurs en chargement étaient disposés sur des tréteaux, à la hauteur du plancher de la voiture. Leur introduction sous les banquettes se faisait ainsi, avec la plus grande facilité, par un simple mouvement de glissement des caisses qui les contenaient.

Cette manœuvre n'était effectuée, d'ailleurs, que deux fois par jour : le matin, au moment de la mise en train, et, en général, après sept ou huit voyages, aller et retour. La rentrée de la voiture au dépôt et le remplacement des batteries épuisées par des batteries fraîches n'exigeait que dix minutes dont quatre ou cinq à peine pour l'opération du remplacement proprement dit.

### Fonctionnement.

La voiture électrique, dont nous venons de décrire sommairement les divers éléments, a fait très régulièrement le service simple à une et à deux voitures et le service forcé, également à une et à deux voitures, qui lui ont été imposés. Elle obéit avec la plus grande docilité; les changements de marche sont faciles et rapides, et la douceur de sa marche est au moins égale à celle des autres systèmes en présence.

Examinons rapidement comment se sont comportés les divers organes pendant la durée du concours.

**Appareil moteur et transmission.** — Le fonctionnement de la dynamo motrice n'a donné lieu à aucune observation et n'a rien laissé à désirer; son entretien s'est borné à un nettoyage peu important et au renouvellement des balais usés.

La chaîne à tourillons s'est bien comportée; la courroie seule, par suite d'une rupture, a nécessité une rentrée au dépôt; disons que cet accident, peu important d'ailleurs, eût été évité, si la courroie, qui depuis quelques jours s'allongeait visiblement, avait été remplacée en temps utile.

La disposition d'ensemble de cette voiture automotrice réclame l'emploi d'une fosse pour l'entretien et la réparation des organes, peu nombreux, il est vrai.

Aucune précaution spéciale n'a été prise pour mettre la dynamo et ses organes à l'abri de la poussière. Il serait facile de remédier à ce défaut qui, à Anvers, n'a occasionné d'autre inconvénient qu'un nettoyage plus fréquent.

**Accumulateurs.** — Nous ne croyons pas utile de nous étendre sur les actions chimiques qui se passent dans les accumulateurs.

La théorie généralement admise du transport de l'oxygène sur la lame positive pendant que la lame négative est réduite à l'état de plomb pur lors de la charge tandis que les phénomènes inverses se passent pendant la décharge, est assez connue pour que nous pensions ne pas devoir nous y arrêter.

Il est à remarquer cependant que, pour chaque type d'accumulateurs et pour chaque groupement d'éléments, il existe un régime de chargement et de déchargement qui convient le mieux, indépendamment des conditions de résistance des circuits.

Les trop grandes intensités relatives occasionneraient des pertes d'énergie par échauffement et par dérivation; elles détermineraient, surtout dans les lames positives, une détérioration rapide par oxydation du squelette.

Le jury n'a pas eu à examiner si les appareils, présentés au concours, se trouvaient dans les meilleures conditions eu égard au service qui leur était demandé; il s'est borné à constater des faits et des résultats. Il a reconnu que les jeux de batteries qui ont fonctionné depuis le 20 juin jusqu'au 2 novembre, soit pendant quatre mois et demi, n'ont nullement justifié les appréhensions que l'on a émises sur l'emploi des accumulateurs, sur leur fonctionnement et sur leur durée. Ces appareils, qui semblaient avoir été utilisés antérieurement à l'ouverture du concours, ne présentaient aucune altération lorsqu'ils ont été retirés du service. Le métal des lames-support était absolument sain et la matière active y était toujours adhérente; aucune plaque n'a manifesté de tendance au gondolement. Peut-être faut-il attribuer ce résultat à la composition spéciale du grillage-support employé par la Société « l'Électrique ». On peut conclure de ce qui précède à une durée de six mois au moins pour les lames positives, seules sujettes à détérioration. Aucune polarisation n'a été

constatée; ce fait s'explique, en partie, par l'agitation constante du liquide sous l'action des mouvements de la voiture, agitation qui facilite le dégagement des gaz lorsqu'il s'en produit en excès.

L'entretien des accumulateurs s'est borné au remplacement de l'eau acidulée perdue par évaporation et pendant les chargements; cette opération se faisait une fois par semaine.

**Installations fixes.** — La locomobile destinée à actionner la machine productrice d'électricité laissait fort à désirer (la société « l'Électrique » avait dû se la procurer au dernier moment), à ce point que, pour un même travail, la consommation de combustible variait du simple au double d'un jour à l'autre.

Le jury ayant reconnu, à différentes reprises, le peu de confiance qu'il fallait avoir en la locomobile, a été unanime à décider qu'à défaut de pouvoir constater rationnellement le combustible employé, il fallait rechercher la force en chevaux absorbée par la dynamo productrice d'électricité. Cette force étant connue, il devenait élémentaire de fixer la quantité de combustible qui eût été employée avec une machine fixe en bon état.

Il est à remarquer, du reste, que la machine à vapeur a été employée non seulement à charger les accumulateurs de la voiture électrique, mais encore à charger une batterie servant à l'éclairage des hangars et bureaux et à la propulsion d'un remorqueur électrique qui, bien que hors concours, a fait diverses sorties.

#### **Expériences et essais officiels; détermination de la consommation de combustible, etc.**

Afin de se rendre un compte exact des choses et d'être à même d'émettre un jugement entièrement motivé, le jury a consacré la période comprise entre le 20 septembre et le 13 octobre à des constatations officielles entourées d'une surveillance incessante et d'un contrôle minutieux.

A cet effet les mesures les plus rigoureuses furent prises pour empêcher toute fraude ou toute erreur.

M. CH. LAURENT, ingénieur honoraire des Mines et ingénieur-électricien de l'Institut électro-technique de Liège attaché spécialement au jury, fut chargé, en cas d'absence d'un des membres de celui-ci, de la surveillance continue et des constatations diverses.

Les accumulateurs soudés entr'eux furent, en outre, scellés dans les caisses qui les contenaient. De plus, à partir du 27 septembre, après chaque chargement d'un jeu de batteries, des scellés étaient apposés sur la courroie de la

machine à vapeur de manière à la mettre dans l'impossibilité de fonctionner sans les briser.

Nous pouvons donc affirmer que, pendant la durée des essais, aucune modification n'a été apportée aux macculateurs et que ceux-ci n'ont pas reçu des charges supérieures à celles qui ont été relevées.

Tous les instruments qui ont servi aux mesures — ampèremètre Ayrton et voltmètre Deprez — avaient été soigneusement étalonnés par la Commission internationale des essais électriques de l'Exposition universelle d'Anvers, sous la présidence de M. le professeur Rousseau.

Il s'agissait, tout d'abord, de mesurer la *quantité d'électricité réellement fournie aux accumulateurs* et d'en déduire l'*énergie emmagasinée*.

Dans ce but, pendant toute la durée de la charge, il était pris note, de quart-d'heure en quart-d'heure, de l'intensité du courant dans le circuit principal au moyen de l'ampèremètre, et de la force électro-motrice aux bornes des accumulateurs au moyen du voltmètre. L'énergie emmagasinée se déduisait naturellement des chiffres relevés.

Au tableau A (page 36) sont consignées, jour par jour, dans les colonnes (3) et (4) les intensités et les forces électromotrices minimum, maximum et moyennes; la colonne (5) donne le travail accumulé en kilogrammètres et en chevaux-vapeur. Le tableau A renseigne les résultats à partir de la journée du 27 septembre, date qui inaugure l'ensemble des mesures de prudence prises par le jury. Il n'a pas été tenu compte des résultats du 5 octobre, le bris d'une courroie ayant jeté une certaine perturbation dans les opérations de cette journée.

*Le travail mécanique absorbé par la dynamo productrice d'électricité* a été relevé sur l'arbre de la machine motrice à l'aide du frein de Prony; sa valeur moyenne est de 4.60 chevaux-vapeur.

Comme il était essentiel d'être exactement fixé sur cette valeur qui doit servir de base à l'évaluation de la consommation du combustible pour les raisons citées précédemment, le jury a voulu contrôler ces résultats.

A cet effet des expériences furent entreprises avec le concours de M. R. VINÇOTTE, ingénieur, directeur de l'Association pour la surveillance des chaudières à vapeur.

Un dynamomètre Siemens, emprunté à la Commission internationale des essais électriques, fut interposé entre la dynamo et l'arbre de commande de la machine motrice.

Le chargement d'un jeu de batterie commença vers 10 heures du matin. De quart-d'heure en quart-d'heure, M. Vinçotte relevait les efforts indiqués au

dynamomètre Siemens, tandis que les autres membres du jury tenaient attachement du nombre de tours par seconde, de l'intensité du courant de la machine dynamo-électrique et de la force électro-motrice prise aux bornes des accumulateurs. Les instruments de mesure des quantités électriques étaient les mêmes que ceux des expériences faites en service courant.

Jusques vers une heure de relevée, les opérations marchèrent régulièrement ; malheureusement, à partir de ce moment, il devint visible que la courroie de commande subissait un allongement progressif tel, qu'il fallut arrêter l'expérience vers quatre heures, avant que la charge des accumulateurs fût complète.

En conséquence le jury a été d'avis de ne pas faire état des constatations postérieures à midi et demi, entachées des irrégularités qu'amène nécessairement l'allongement d'une courroie.

Les neuf premières constatations (de 10 heures à 12<sup>h</sup>.30) ont donné des intensités variant de 21.94 à 25.87 ampères. En service journalier, ainsi que l'indique le tableau A, l'intensité, maintenue aussi constante que possible, variait généralement de 23.51 à 25.08 ampères pendant toute la durée de la charge.

En se basant sur les chiffres relevés pendant la période régulière de l'essai où l'on est resté sensiblement dans ces dernières limites, on trouve, comme travail moyen transmis par la courroie à la dynamo, 4.36 chevaux-vapeur, résultat qui diffère peu de celui des essais au frein de Prony.

Le jury a donc adopté le chiffre fourni par ces derniers, soit 4.60 chevaux-vapeur.

Si l'on compare ce travail mécanique de 4.60 chevaux (col. 6) au travail électrique moyen produit par la dynamo génératrice d'électricité, (2.81 chevaux (col. 5)), on constate que le *rendement moyen* de la machine électrique a été de 61.1 p. c. (col. 7) pendant la période du 27 septembre au 13 octobre.

Ce rendement est, dans le cas qui nous occupe, le rapport du travail emmagasiné dans les accumulateurs au travail mécanique absorbé par la dynamo. Ce n'est pas rigoureusement le véritable rendement de celle-ci, car le voltmètre étant placé aux bornes des accumulateurs, il n'est pas tenu compte du travail dépensé dans les conducteurs, d'ailleurs très courts, reliant la dynamo aux accumulateurs ; le rendement réel serait donc supérieur à celui indiqué.

Nous n'avons pas cherché à déterminer ce dernier coefficient parce que, nous le répétons, nous nous sommes surtout attachés à rester dans le domaine de la pratique en entrant le moins possible dans celui — plus intéressant peut-être — de la science pure.



TABLEAU A.

1	2	3	4			5		6	7	8		9		10	11		12			
			FORCE électromotrice E du courant en volts aux bornes des accumulateurs.			TRAVAIL moyen électrique.				Travail mécanique absorbé par la charge, (chevaux- heures).		Nombre de voyages effectués.			PARCOURS effectués, (voitures- kilomètres.)			Travail mécanique absorbé par voiture- kilomètre.		
DATES.	NOMBRE d'heures de chargement. — Service	INTENSITÉ I du courant en ampères.			Minimum.	Maximum.	Moyenne.	EI 9,81 kilogram- mètres.	EI 736 chevaux	Travail mécanique moyen absorbé par heure.	Rendement.	à une voiture.	à deux voitures.	à une voiture.	à deux voitures.	à une voiture.	à deux voitures.			
		Minimum.	Maximum.	Moyenne.																
Septembre																				
27	—	15 <sup>h</sup> ,30'	21.94	26.65	23.64	83.90	93.27	213.93	2.85	ch. v. 4.60	0.62	—	71.30	—	13	4 584	—	119.184	—	0.598
28	12 <sup>h</sup> ,15'	—	20.37	25.08	23.62	80.83	93.27	207.47	2.76	»	0.60	56.35	—	14	—	»	64.176	—	0.878	
29	11 <sup>h</sup> ,55'	—	23.51	25.08	23.87	77.72	93.27	210.12	2.81	»	0.61	54.81	—	17	—	»	77.928	—	0.703	
30	12 <sup>h</sup> ,15'	—	23.51	25.08	24.56	80.83	93.27	212.67	2.83	»	0.62	56.35	—	17	—	»	77.928	—	0.723	
Octobre																				
3	15 <sup>h</sup> ,20'	—	21.94	25.08	24.43	82.38	91.70	216.45	2.89	»	0.63	70.52	—	20	—	»	91.680	—	0.769	
4	18 <sup>h</sup> ,15'	—	25.08	25.08	25.08	76.17	83.90	208.35	2.78	»	0.60	83.95	—	19	—	»	87.096	—	0.964	
6	16 <sup>h</sup>	—	23.51	25.08	24.98	77.72	91.70	216.53	2.89	»	0.63	73.60	—	18	—	»	82.512	—	0.892	
9	17 <sup>h</sup> ,15'	—	22.72	24.29	23.56	83.16	90.16	207.96	2.77	»	0.60	79.35	—	19	—	»	87 096	—	0.911	
10	18 <sup>h</sup> ,45'	—	21.94	25.08	24.62	76.17	90.16	208.03	2.77	»	0.60	86.25	—	21	—	»	96.264	—	0.896	
11	—	17 <sup>h</sup> ,15'	25.08	26.65	25.32	74.61	87.00	212.56	2.83	»	0.62	—	79.35	—	20	»	—	183,360	—	0.433
12	—	18 <sup>h</sup> ,55'	23.51	25.08	24.88	76.17	90.16	208.74	2.78	»	0.60	—	87.01	—	20	»	—	183,360	—	0.475
Totaux	180 <sup>h</sup>	51 <sup>h</sup> ,40'	—	—	—	—	—	2322.81	30.96	—	—	561.18	237.66	145	53	—	664.680	485.904	—	—
Moyennes	15 <sup>h</sup> ,15'	17 <sup>h</sup> ,13'	—	—	—	—	—	211.16	2.814	4.60	0.611	70.15	79.22	18.12	17.66	4.584	83 085	161,968	0.8448	0.489

La mission du jury était surtout d'asseoir son jugement sur des faits et non sur des théories.

Afin de déterminer la *consommation de combustible nécessaire à la traction électrique*, nous avons établi pour chaque jour dans le tableau A :

1° Le travail mécanique en chevaux-heures absorbé par le chargement (col. 8);

2° Le parcours, voitures-kilomètres (col. 11).

Le rapport du travail au parcours nous a donné le travail mécanique absorbé par voiture-kilomètre dans le cas du service à une voiture et dans celui de deux voitures, dont une remorquée (col. 12).

Le travail moyen par voiture-kilomètre résultant de la comparaison du travail total, effectué du 27 septembre au 12 octobre inclus, au parcours total correspondant est :

1° Pour le cas de la voiture électrique seule :

0.8443 cheval-vapeur ;

2° Pour le cas du service à deux voitures (voiture électrique remorquant une voiture ordinaire de tramways) :

0.489 cheval-vapeur.

Or, dans une installation de quelque importance, on peut admettre *avec une machine à vapeur ordinaire*, une consommation moyenne de *charbon menu ordinaire* de deux kilogrammes par cheval et par heure.

Dans ces conditions, la consommation moyenne de combustible par kilomètre parcouru sera :

1° Dans le cas de la voiture électrique seule :

$$0^{\text{ch. v.}}.8443 \times 2^{\text{k}} = 1^{\text{k.}}.6886;$$

2° Dans le cas du service à deux voitures :

$$0^{\text{ch. v.}}.489 \times 2^{\text{k}} \times 2 = 1^{\text{k.}}.956.$$

Ajoutons que nous n'avons pas eu égard, dans ce qui précède, à l'éclairage électrique du dépôt et de la voiture; ce dernier coûtait, dans la soirée, 0.13 ch. vap. par heure (deux lampes à 24 volts et deux ampères par heure). Ce travail a été mis au compte de la traction et devrait donc en être déduit.

Il n'est pas inutile de noter également que la voiture électrique a effectué, pendant le concours, cinquante-sept journées de service dont quarante-sept seule et dix en remorquant une deuxième voiture.

Le tableau A donne les constatations *officielles* pendant *onze journées* de service, dont *huit journées* où la voiture électrique a circulé seule et *trois journées* où elle a remorqué une voiture ordinaire.

Les moyennes résultent donc d'observations qui portent sur un cinquième des jours de service de la voiture électrique. Le nombre journalier de voyages indiqué à la colonne (9) du tableau A varie dans de certaines limites. En dehors des jours où la voiture électrique était en repos, cette variation provient de ce que l'affluence des voyageurs nécessitait des services extraordinaires et, en général, de ce que le nombre des voyages était réglé par les exigences du service et non par les concurrents.

#### **Remarques spéciales.**

*a)* Un point particulier qu'il convient de mentionner à propos de la voiture électrique, c'est que seule elle n'entraînait aucune consommation de combustible pendant les arrêts. Tous les autres concurrents, utilisant une chaudière destinée à l'alimentation ou au réchauffement, donnaient lieu à une dépense de coke pendant les stationnements.

*b)* Disons également un mot de l'élasticité propre à ce genre de voiture.

La quantité d'énergie emmagasinée peut être dépensée, suivant les besoins, dans des proportions très variables. Une batterie destinée à effectuer huit voyages, par exemple, pourra en fournir un plus grand nombre s'il est nécessaire — cela s'est vu dans le service courant — sans exiger de rentrée au dépôt. D'un autre côté, rien n'empêche d'utiliser le travail emmagasiné dans un moindre espace de temps et de faire faire à la voiture un service beaucoup plus dur, consistant à remorquer une seconde voiture ou à diminuer la durée d'un trajet. Au point de vue de l'exploitation proprement dite des tramways, nous croyons que cette élasticité constitue un avantage qui ne manque pas d'une certaine valeur pratique.

*c)* Comme on l'a vu plus haut, le rendement de la machine électrique employée à la charge des accumulateurs s'élève à 61.1 p. c. Ce chiffre paraît au-dessous de ce qu'on peut attendre d'une machine ordinaire dans le service courant.

### **3° DISCUSSION ET CLASSEMENT PAR ARTICLE DU PROGRAMME.**

Les descriptions précédentes, les considérations générales que nous avons émises et le groupement des éléments d'appréciation par lequel nous avons débuté, auront donné une impression d'ensemble de la valeur des divers moteurs. La discussion par article, qui doit nous permettre de formuler un jugement définitif, pourra donc être concise.

LES TROIS POINTS SPÉCIAUX dont le jury a dû tenir compte ont amené les constatations suivantes :

*a) Défauts ou inconvénients constatés en cours d'exploitation.*

Lenteur au démarrage et paresse de la voiture à air comprimé ;

Prises d'eau trop fréquentes de la locomotive Krauss.

*b) Nécessité de tourner un moteur ou une voiture automotrice au point terminus.*

La voiture à air comprimé et la voiture Rowan devaient être tournées.

*c) Nécessité de disposer de un ou de deux hommes pour la conduite des machines.*

A ce point de vue, comme au précédent, la voiture électrique jouit d'une supériorité absolue incontestable.

Pour tous les autres systèmes, en en exceptant peut-être la voiture à air comprimé qui cependant comporte l'emploi d'une petite chaudière avec foyer, la possibilité de conduite par un seul agent dépend de l'absence plus ou moins complète de soins à apporter au feu en cours de marche, de l'attention à donner à l'indicateur de niveau d'eau ainsi que de l'élimination des chances de distractions que peuvent donner les organes du mouvement et les commandes de manœuvre des divers appareils.

Les moteurs du premier groupe ont été conduits par un seul homme alors que des moteurs du deuxième groupe presque identiques, au tonnage près, étaient montés par deux agents : citons comme exemple les deux remorqueurs Krauss.

ENSEMBLE DES CONDITIONS REPRISES SOUS LE LITTEA A :

1. *Absence plus ou moins complète d'un panache de vapeur ;*
2.     "     *de fumée et d'escarbilles ;*
3.     "     *plus ou moins complète de bruit.*
4. *Élégance d'aspect.*
5. *Facilité avec laquelle on pourra séparer le moteur de la voiture proprement dite.*
9. *Disposition du frein permettant l'action sur le plus grand nombre possible de roues du train.*
12. *Enveloppe du moteur tel qu'il soit le plus possible caché au public, tout en étant visible et accessible au mécanicien dans toutes ses parties.*
18. *Facilité de communication entre le mécanicien et le conducteur du train.*

Le jury classe les concurrents comme suit :

1. Voiture électrique ;
2. Voiture Rowan ;

3. Voiture à air comprimé;
4. Locomotive Wilkinson;
5. Locomotive Krauss.

La voiture électrique prime de haut et d'une façon absolue les autres concurrents au point de vue de l'ensemble des conditions A.

La voiture à air comprimé l'emporte sur la voiture à vapeur Rowan sous le rapport des deux premières conditions, mais elle a été classée après celle-ci à cause de son infériorité au point de vue des autres.

CONDITIONS REPRISES SOUS LE LITTEA B :

Ces conditions donnent lieu aux classements suivants :

6. *Protection plus ou moins complète des organes du mouvement contre l'action de la poussière et de la boue.*

1. Voiture Rowan;
2. Voiture à air comprimé;
3. Locomotive Wilkinson;
4. Locomotive Krauss;
5. Voiture électrique.

L'influence de la poussière et de la boue peut être fort nuisible aux organes électriques de la voiture électrique qui n'étaient pas protégés du tout; cependant aucun inconvénient n'a été constaté à ce sujet pendant la durée du concours.

7. *Régularité et tranquillité de marche.*

1. Voiture Rowan et voiture électrique;
2. Locomotive Krauss;
3. Voiture à air comprimé;
4. Locomotive Wilkinson.

8. *Dispositions permettant le passage dans les courbes de petit rayon.*

1. Voiture électrique;
2. Voiture à air comprimé;
3. Voiture Rowan;
4. Locomotive Krauss;
5. Locomotive Wilkinson.

13. *Construction la plus simple et la plus rationnelle.*

1. Voiture électrique;
2. Voiture Rowan;
3. Locomotive Krauss;

4. Locomotive Wilkinson;
5. Voiture à air comprimé.

La voiture automotrice marchant indifféremment dans les deux sens, est sans contredit *la plus rationnelle*, mais la voiture automotrice marchant dans un seul sens a encore été jugée supérieure aux remorqueurs.

En fait *de simplicité* de construction, le premier rang appartient également à la voiture électrique.

14. *Facilité de visite et de nettoyage de l'intérieur des chaudières.*

Les voitures sans chaudière l'emportent évidemment et l'on est amené au classement suivant :

1. Voiture électrique;
2. Voiture à air comprimé.

Puis viennent avec des facilités de visite diverses :

3. Voiture Rowan;
4. Locomotive Krauss;
5. Locomotive Wilkinson.

15. *Poids mort du train par rapport au nombre de places*

Soit  $p$  le poids de la voiture en ordre de marche, sans voyageurs;

$\pi$  le poids des voyageurs compté à 70 kilogrammes par place.

On trouve :

$$\begin{aligned}
 1^{\circ} \text{ Pour la voiture électrique } & \dots \quad \frac{p}{\pi} = \frac{4250}{70 \times 34} = 1.78 \\
 2^{\circ} \text{ » } & \text{ » } \text{ Rowan } \dots \quad \frac{p}{\pi} = \frac{7250}{70 \times 50} = 2.07 \\
 3^{\circ} \text{ » } & \text{ » } \text{ à air comprimé } \left\{ \begin{array}{l} \frac{p}{\pi} = \frac{10000}{70 \times 56} = 2.55 \text{ en comptant les places d'impériale.} \\ \frac{p}{\pi} = \frac{10000}{70 \times 18} = 8.00 \text{ en décomptant les places d'impériale.} \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Classement :

1. Voiture électrique;
2. Voiture Rowan;
3. Voiture à air comprimé;
4. Locomotive Wilkinson;
5. Locomotive Krauss.

17. *Rapidité avec laquelle le moteur peut être mis en ordre de marche.*

La mise en place des accumulateurs de la voiture électrique se fait avec plus de rapidité que la mise en état de la chaudière réchauffeuse de la voiture à air comprimé et, à ce titre, le premier rang lui appartient.

Les essais de mise en pression rapide des voitures et moteurs à vapeur ont donné les résultats suivants :

Voiture ROWAN	{	en 34' — 3 <sup>atm.</sup>
		" 36' — 4 "
		" 40' — 8 "
Locomotive WILKINSON	{	en 35' — 2 <sup>atm.</sup>
		" 40' — 4 "
		" 44' — 6 "
		" 47' — 8 "

Il a fallu deux heures pour que la chaudière de la locomotive Krauss atteignît 8 atmosphères de pression.

La rapidité de mise en ordre de marche est une qualité essentielle en cas d'urgence : en service normal elle perd de son importance.

Classement :

1. Voiture électrique ;
2. Voiture à air comprimé ;
3. Voiture Rowan ;
4. Locomotive Wilkinson ;
5. Locomotive Krauss.

19. *Service journalier le plus continu possible sans arrêts autres que ceux compatibles avec les exigences du service.*

1. Voiture Rowan ;
2. Locomotive Wilkinson ;
3. Voiture électrique ;
4. Locomotive Krauss ;
5. Voiture à air comprimé.

Le mécanicien de la voiture Rowan pouvait embarquer toute sa charge de coke et ne prendre de l'eau qu'une seule fois en cours de service. La locomotive Wilkinson nécessitait de plus fréquents approvisionnements, mais sans que jamais, même en service forcé, ils aient donné lieu à des retards dans les départs. Il n'en était pas de même de la locomotive Krauss, astreinte à des approvisionnements plus fréquents encore ; c'est pourquoi elle a été classée après l'électrique. En service simple, celle-ci ne perdait son rang de départ, à l'heure du chargement des batteries d'accumulateurs, que lorsque des voitures de la société des Tramways anversois stationnaient sur le tronçon d'entrée aux remises ; c'était là une cause fortuite indépendante du système, mais en service forcé, elle perdait son rang de départ une fois par jour. La voiture à

air comprimé, avec la manœuvre des triangles, le dégagement d'un seul côté pour les voyageurs et la prise d'air, nécessaire après chaque voyage, donnait lieu, en service forcé, à d'assez fréquents retards.

20. *Frais d'entretien par voiture et par kilomètre.*

(On a supposé que le moteur ou la voiture automotrice donnant les meilleurs résultats en ce qui concerne les articles 6, 7, 13, 14 et 15, était le moins coûteux en réparations.)

La comparaison des résultats relevés ci-dessus donne, en faisant état de leur importance relative, le classement suivant :

1. Voiture électrique ;
2. Voiture Rowan ;
3. Voiture à air comprimé ;
4. Locomotive Krauss ;
5. Locomotive Wilkinson.

16. *Effort de traction effectif, les voitures étant complètement chargées.*

Cet élément d'appréciation a été réservé, attendu qu'il demande quelques développements. Il est toujours possible d'établir un moteur capable de produire l'effort nécessaire pour transporter un nombre de voyageurs connu à une distance donnée sur une rampe déterminée; la supériorité d'une disposition sur une autre, consiste à obtenir ce résultat dans les conditions les plus économiques possible.

Parmi ces conditions, il faut ranger en première ligne le rapport entre le poids mort du train et celui des voyageurs, question examinée sous le n° 15. Il y a ensuite à tenir compte, pour les remorqueurs à vapeur, de ce que l'on pourrait appeler l'*haleine* du moteur, c'est-à-dire le rapport entre la dépense de vapeur nécessaire par seconde et la rapidité avec laquelle cette dépense est récupérée; pour les autres moteurs, du nombre de voyages emmagasiné sous forme d'énergie dans leurs réservoirs de force. A ce point de vue les moteurs sans vapeur l'emportent sur les moteurs à vapeur et la voiture électrique sur la voiture à air comprimé. Les moteurs sans vapeur ont, en effet, une grande élasticité de puissance.

L'effort de traction des moteurs à vapeur calculé par la formule

$$E = 0.5 \frac{t d^2 l}{D}$$

est :

pour la locomotive Wilkinson . . . . .	686 <sup>k</sup>
» la locomotive Krauss . . . . .	550 <sup>k</sup>
» la voiture Rowan . . . . .	366 <sup>k</sup>



Le programme impose 1,750 kilogrammes comme pression maximum d'une roue sur les rails. Cette condition fixe la limite du poids des moteurs à :  $4 \times 1.75^t = 7^t$  et l'effort de traction calculé sur 1/10 d'adhérence à  $E = 700^k$ .

Cet effort correspondrait, pour la locomotive Krauss, à un coefficient d'effet utile de 63.6 p. c. (au lieu de 50 p. c.) qui, appliqué à la voiture Rowan, donnerait un effort de 465 kilogrammes.

Le classement, en ce qui concerne le n° 16, est le suivant :

1. Voiture électrique;
2. Voiture à air comprimé;
3. Locomotive Wilkinson;
4. Locomotive Krauss;
5. Voiture Rowan.

L'ensemble de ce qui précède amène le classement suivant des moteurs concurrents, au point de vue des considérations groupées dans le littera B.

1. Voiture électrique;
2. Voiture Rowan;
3. Voiture à air comprimé;
4. Locomotive Wilkinson;
5. Locomotive Krauss.

CONDITIONS REPRISES SOUS LE LITTERA C.

10. *Consommation minimum de combustible;*

11. *Consommation minimum d'huile de graissage.*

Les résultats des annotations sont groupés dans les tableaux suivants :

a) **Tableau indiquant la consommation de combustible et d'huile de graissage par train-kilomètre utile.**

DÉSIGNATION des CONCURRENTS.	Nombre de voyages (aller et retour).	Longueur kilométrique utile par voyage (aller et retour).	Parcours en trains-kilomètres.	Nature du combustible consommé.	Quantité totale de combustible consommé.	Consommation par train-kilomètre.	Quantité totale d'huile de graissage consommée.	Consommation par train-kilomètre.	OBSERVATIONS.
		kilom.			kilog.	kilog.	kilog.	gr.	
Voiture Rowan . . .	829	4.584	3800.136	Coke	6,590	1.734	47.5	12.4	Afin de pouvoir établir une comparaison entre les locomotives et les voitures automotrices au point de vue de la consommation d'huile de graissage, il a été attribué aux premières, outre leur propre consommation, celle d'une voiture remorquée.
Voiture électrique . .	830	»	3804.720	Charbon	6,602	1.735	45.	11.8	
Locomotive Wilkinson.	781	»	3580.104	Coke	10,000	2.793	116.19	32.4	
Locomotive Krauss . .	779	»	3570.936	»	10,300	2.884	85.69	23.9	
Voiture Beaumont . .	716	»	3282.144	Charbon	41,100	12.522	288.5	87.	

b) Tableau indiquant la consommation de combustible et d'huile de graissage par train-kilomètre, y compris les parcours en manœuvres aux têtes de ligne.

DÉSIGNATION des CONCURRENTS.	Nombre de voyages (aller et retour).	Longueur kilométrique utile par voyage (aller et retour).	Parcours en trains-kilomètres.	Nature de combustible consommé.	Quantité totale de combustible consommé.	Consommation par train-kilomètre.	Quantité totale d'huile de graissage consommée.	Consommation par train-kilomètre.	OBSERVATIONS.
		kilom.	kilom.		kilog.	kilog.	kilog.	gr.	
Voiture Rowan . . .	829	5.089	4218.781	Coke	6,590	1.562	47.5	11.2	Afin de pouvoir établir une comparaison entre les locomotives et les voitures automotrices au point de vue de la consommation d'huile de graissage, il a été attribué aux premières, outre leur propre consommation, celle d'une voiture remorquée.
Voiture électrique . .	830	4.584	3804.720	Charbon	6,602	1.735	45.	11.8	
Locomotive Wilkinson.	781	5.089	3974.509	Coke	10,000	2.510	116.19	29.2	
Locomotive Krauss . .	779	5.089	3964.331	»	10,300	2.590	85.69	21.6	
Voiture Beaumont . .	716	5.089	3643.724	Charbon	41,100	11.270	288.50	79.»	

c) Tableau indiquant la consommation de combustible par place offerte kilomètre (parcours utile).

DÉSIGNATION des CONCURRENTS.	Nombre de voyages (aller et retour).	Nombre de voyages. Service.		Longueur kilométr. utile pour un voyage (aller et retour).	Longueur kilométr. totale parcourue par les voitures.	Nombre de places offertes.	Places offertes kilomètres	Nature du combus- tible consommé	Combustible consommé.	Consommation par place indiquée kilomètre.	Observations.
		A une voiture.	A deux voitures.	kilom.	kilom.				kilog.	kilog.	
Voiture Rowan. .	829	691	138	4.584	4432.728	50	221636.400	Coke	6,590	0.029	
Voiture Électrique	830	682	148	»	4483.152	34	152427.168	Charbon	6,602	0.043	
Voiture Beaumont	716	623	93	»	3708.456	56	207673.536	»	41,100	0.197	

d) Tableau indiquant la consommation de combustible par place assise kilomètre (parcours utile).

DÉSIGNATION des CONCURRENTS.	Nombre de voyages (aller et retour).	Nombre de voyages. Service.		Longueur kilométr. utile pour un voyage (aller et retour).	Longueur kilométr. totale parcourue par les voitures.	Nombre de places assises.	Places assises kilomètres.	Nature du combus- tible consommé	Combustible consommé.	Consommation par place assise kilomètre.	Observations.
		A une voiture.	A deux voitures.	kilom.	kilom.				kilog.	kilog.	
Voiture Rowan . .	829	691	138	4.584	4432.728	45	199472.760	Coke.	6,590	0.033	
Voiture Beaumont	716	623	93	»	3708.456	52	192839.212	Charbon.	41,100	0.213	

Les tableaux qui précèdent demandent quelques explications. Le premier (tableau *a*) donne la consommation de combustible et d'huile de graissage par *train-kilomètre utile*, c'est-à-dire non compris les parcours en manœuvres aux têtes de ligne. On a vu effectivement (page 4) que les voitures Rowan et Beaumont, ainsi que les locomotives Wilkinson et Krauss empruntaient les triangles à chaque voyage, les premières par nécessité, les secondes pour éviter une manœuvre par excentrique avec accrochage et décrochage. La voiture électrique seule ne faisait que des parcours *utiles* et ne consommait rien pendant les stationnements. Il a donc paru équitable de comparer d'abord les consommations en prenant pour base l'effet utile produit.

Le tableau *b* a été dressé sans tenir compte des considérations qui précèdent : il donne les consommations par *train-kilomètre*, y compris les parcours en manœuvres. La voiture électrique y figure naturellement avec la même consommation que dans le tableau *a* puisqu'elle ne faisait que des parcours utiles. Si, comme ses concurrents, elle avait à chaque voyage parcouru les triangles, sa consommation moyenne par train-kilomètre aurait sensiblement diminué. Elle aurait, en effet, effectué ces manœuvres assez longues (505 mètres) en dépensant relativement moins que toute autre, parce que : 1° le parcours se faisait à vide ; 2° elle présente le moindre poids à vide et le moindre rapport du poids mort au poids utile ; 3° elle ne dépense que l'énergie nécessaire au travail à produire.

Le tableau *c* renseigne la consommation de combustible par *place offerte-kilomètre* ; il ne pouvait être question ici de comparer aux voitures automotrices, les locomotives de MM. Black, Hawthorn et C<sup>ie</sup> et de MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, ces constructeurs n'ayant pas envoyé de voitures spéciales.

La même observation s'applique au tableau *d* qui indique la consommation de combustible par *place assise kilomètre*. La voiture électrique échappe également à une comparaison de l'espèce. Elle n'est en effet qu'une voiture ordinaire de tramway de ville, rendue automotrice par l'application d'un moteur électrique. Or, dans ces véhicules, on ne s'est pas attaché à multiplier le nombre de places assises qui y sont généralement moins nombreuses que les places de plateformes. *Au point de vue de la dépense de combustible*, il serait au moins illogique de négliger ces dernières.

Le tableau *d* n'a donc été dressé que par respect pour le programme du concours qui, rédigé avant l'inscription des concurrents, fait mention des places assises.

Les voitures Rowan et Beaumont se prêtent plus ou moins à une comparai-

son sous ce rapport, parce qu'elles ont été construites dans le but d'offrir le plus grand nombre possible de places assises.

Celles-ci sont au nombre de 45 sur 50 dans la voiture Rowan et de 52 sur 56 dans la voiture Beaumont.

Les quatre tableaux précédents renseignent la nature du combustible employé : c'est un élément important et le jury a cru devoir en tenir compte.

En effet, les charbons pour chaudières, demi-gras, *devant pouvoir vaporiser 7.7 litres d'eau*, coûtaient à l'administration des chemins de fer de l'État en 1885 de fr. 5.03 à fr. 5.33 la tonne, tandis que le coke industriel, sec et exempt de menus fragments ayant moins de 0<sup>m</sup>,04 de côté, lui revenait à fr. 12.50 la tonne. (Ces prix s'entendent à Charleroi). Le coke destiné aux moteurs et aux voitures automotrices doit être lavé et cette opération majore le prix d'environ fr. 1.50 la tonne, ce qui porte à 14 francs la tonne de coke lavé.

Le rapport entre les prix des deux combustibles varie évidemment avec la distance du lieu de production au lieu de consommation.

A Anvers, ces prix deviennent, en ajoutant le coût du transport *par chemin de fer* de Charleroi à Anvers, soit fr. 4.62 par tonne :

Charbon demi-gras de fr. 9.65 à fr. 9.95 la tonne ;

Coke lavé, fr. 18.62 la tonne.

Le jury, se basant sur ces considérations, classe comme suit les concurrents, sous le rapport des conditions groupées sous le *littera C*.

1. Voiture électrique ;
2. Voiture Rowan ;
3. Locomotive Wilkinson ;
4. Locomotive Krauss ;
5. Voiture à air comprimé.

#### 4<sup>o</sup> CONCLUSION.

Le jury, s'appuyant sur les considérations qui précèdent et sur les résultats obtenus, classe les concurrents comme suit :

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. La Société « l'Électrique », à Bruxelles . . . .   | à l'unanimité des voix. |
| 2. M. W. R. Rowan, à Berlin . . . . .   | idem.                   |
| 3. MM. Black, Hawthorn et C <sup>ie</sup> (système Wilkinson),<br>à Gateshead-on-Tyne (Newcastle) . . . . . | idem.                   |

4. MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, à Munich . . . . . à l'unanimité des voix.
5. La « Beaumont compressed air Locomotive Company », à Londres . . . . . idem.

En ce qui concerne les récompenses :

La Société « l'Électrique » réunit l'unanimité des voix pour le diplôme d'honneur ;

M. W. R. Rowan obtient une voix pour le diplôme d'honneur et sept voix pour le diplôme de médaille d'or ;

MM. Black, Hawthorn et C<sup>ie</sup> et

MM. Krauss et C<sup>ie</sup> réunissent l'unanimité des voix pour le diplôme de médaille d'argent ;

La « Beaumont compressed air Locomotive Company » réunit l'unanimité des voix pour le diplôme de médaille de bronze.

En conséquence, le jury décerne :

A la Société « l'Électrique », à Bruxelles, le diplôme d'honneur ;

A M. W. R. Rowan, à Berlin, le diplôme de médaille d'or ;

A MM. Black, Hawthorn et C<sup>ie</sup>,  
A MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, à Munich, } le diplôme de médaille d'argent ;

A la « Beaumont compressed air Locomotive Company », à Londres, le diplôme de médaille de bronze.

## GROUPE II. — TRACTION MÉCANIQUE SUR LES TRAMWAYS VICINAUX.

Les concurrents admis dans ce groupe étaient :

La Société « La Métallurgique »	{	avec une locomotive du type employé sur le tramway d'Ixelles ;
		avec une locomotive du type employé sur le tramway de Liège-Seraing ;

MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, avec une locomotive système Krauss ;

MM. Henschell et fils, avec une locomotive ;

La Maschinenfabrik d'Esslingen, avec une locomotive.

Ces différents moteurs étaient de force inégale : leur travail a consisté à remorquer des trains de quatre voitures à voyageurs, sur une ligne en palier (hormis une rampe de quatre millimètres par mètre et de 45 mètres de développement). Il est évident que chacun d'eux avait été construit pour des conditions d'exploitation différentes. Au point de vue absolu, ils se prêtent donc moins bien à la comparaison que les moteurs du premier groupe.

Les machines de la Société Métallurgique ont trois essieux accouplés de 1<sup>m</sup>.800 d'empattement, celles de la Maschinenfabrik d'Esslingen, de M. Krauss et de M. Henschell n'en ont que deux : leur empattement respectif est de : 1<sup>m</sup>.40, 1<sup>m</sup>.50 et 1<sup>m</sup>.60. La Métallurgique justifie l'emploi de trois essieux accouplés par des considérations relatives à la voie qui, moins fatiguée, demanderait moins d'entretien et pourrait donc être établie dans des conditions d'économie proportionnelles.

Nous réunissons dans le tableau suivant les dimensions et les chiffres intéressants qui concernent ces locomotives.

LOCOMOTIVES.	POIDS		SURFACE de chauffe.		Surface de grille.	Pression en atmosphères.	Cylindres.		Diamètre des roues.	Effort de traction calculé au moyen de la formule : $E = 0,50 \frac{t d^2 l}{D}$ .	Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus des rails.	Soutes		Observations.
	à vide.	en ordre de marche.	Directe.	Totale.			Course des pistons	Diamètre des cylindres.				à eau.	à coke.	
Métallurgique	Henschell . .	Kilog. 11200 Kilog. 14700	m <sup>2</sup> 3.25 m <sup>2</sup> 26.35	m <sup>2</sup> 0.640	14	m/m 350 m/m 260	800	2070	1.69	2300 (1)	500			
	Liège-Seraing	11300 15200	3.04 18.60	id.	12	330 230	800	1428	1.24	930	740			
	Ixelles . . . .	12000 14600	3.04 18.60	id.	12	360 260	832	1755	1.24	1400	600			
	Krauss . . . .	8600 10700	1.89 20.71	0.34	15	300 210	750	1323	1.43	1010	460			
	Esslingen . .	10300 12650	3.20 26.30	0.67	14	300 245	800	1589	1.73	1200	250			

Les relations suivantes, qu'il nous a paru intéressant de déterminer, ont été établies au moyen des dimensions reprises au tableau ci-dessus et fournies par les concurrents :

LOCOMOTIVES.		$\frac{d^2 l}{S}$	$\frac{d^2 l}{s}$	$\frac{P}{P_1}$	$\frac{P_1}{S}$	$\frac{P_1}{s}$	$\frac{P_1}{G}$	$\frac{S}{G}$	$\frac{P}{E}$	OBSERVATIONS.
Métal- lurgique	Henschell . .	0.0008979	0.00728	0.7619	557.875	4523.077	22968.750	41.1718	5.411	P Poids à vide. P <sub>1</sub> " en ordre de marche. d Diamètre des cy- lindres. l Course des pistons D Diamètre des roues. E Effort de traction. S Surface de chauffe totale. s Surface de chauffe directe. G Surface de la grill t Timbre de la chau- dière.
	Liège-Seraing	0.0009385	0.006264	0.7434	817.204	5000.000	23750.000	29.0625	7.913	
	Ixelles . . . .	0.0013083	0.008005	0.8219	695.238	4802.632	22812.500	29.0625	6.838	
	Krauss . . . .	0.000638	0.007000	0.8037	516.658	5661.376	31470.588	60.9117	6.500	
	Esslingen. . .	0.0006846	0.005627	0.8142	480.988	3953.125	18880.597	39.2537	6.482	

Comme pour les moteurs du premier groupe, les conditions du programme ont été réunies sous les lettres A, B, C : nous les reproduisons ci-dessous.

#### A. — CONSIDÉRATIONS DE SÉCURITÉ, DE POLICE ET ACCESSOIRES.

1<sup>o</sup> Absence plus ou moins complète de panache de vapeur ;

- 2° Absence plus ou moins complète de bruit ;
- 3° Absence de fumée ;
- 4° Éléance d'aspect ;
- 9° Frein permettant l'arrêt sur la plus petite longueur possible ;
- 10° Enveloppe du moteur telle que celui-ci soit le plus possible caché au public, tout en étant visible et accessible au mécanicien dans toutes ses parties.

B. — CONSIDÉRATIONS D'ENTRETIEN ET DE CONSTRUCTION.

- 5° Protection plus ou moins complète des organes du mouvement contre l'action de la poussière et de la boue ;
- 6° Régularité et tranquillité de marche ;
- 11° Construction la plus simple et la plus rationnelle ;
- 12° Facilité de visite et de nettoyage de l'intérieur des chaudières ;
- 13° Service journalier le plus continu possible sans arrêts autres que ceux compatibles avec les exigences du service ;
- 14° Frais d'entretien par train-kilomètre. *(On supposera que le moteur ou la voiture automotrice qui donnera les meilleurs résultats sous le rapport des circonstances relatives aux paragraphes 5, 6, 11 et 12, sera le moins coûteux en réparations.)*

C. — CONSIDÉRATIONS D'ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE ET DE GRAISSAGE.

- 7° Consommation minimum de combustible (coke) ;  
Le train-kilomètre sera pris pour base de cette consommation.
- 8° Consommation minimum d'huile, suif, etc.

1° DISCUSSION ET CLASSEMENT.

AU POINT DE VUE DES CONDITIONS REPRISES AU LITTEA A, on satisfait suffisamment aux exigences de la circulation sur les tramways vicinaux :

- 1. En employant du coke au lieu de houille crue ;
- 2. En employant un cendrier sous la grille ;
- 3. En plaçant un pare-étincelles dans la cheminée ;
- 4. En masquant plus ou moins les diverses échappées de vapeur, telles que celles des purgeurs, par exemple ;
- 5. En munissant les machines d'un étouffoir qui diminue le bruit de l'échappement ;
- 6. Moyennant une condensation sommaire dans la traversée des agglomérations.



Les locomotives de MM. Henschell et de la Société Métallurgique satisfont à toutes ces conditions. Les locomotives de la Maschinenfabrik d'Esslingen et de MM. Krauss et C<sup>ie</sup> n'ont ni condensation ni étouffoir.

Sous le rapport des moyens d'arrêt, la locomotive Krauss doit être classée en toute première ligne avec son frein à levier d'une très grande puissance; viennent ensuite les locomotives de Henschell et d'Esslingen munies d'un frein à vis et à pédale; les machines de la Métallurgique n'ont que le frein à vis.

La surveillance des organes du mouvement pendant la marche qui, sur les grands chemins de fer, n'a qu'une très faible importance, en a moins encore sur les tramways, et les facilités relatives de graissage *en cours de route* n'ont guère donné que des résultats négatifs quant à la consommation d'huile. Pour toutes les locomotives, le graissage des bielles d'accouplement ne pouvait se faire que durant les arrêts.

Les moteurs concurrents ont été classés dans l'ordre suivant, au point de vue de l'ensemble des conditions A :

1. Krauss ;
2. Métallurgique (Ixelles et Liège-Seraing) ;
3. Henschell ;
4. Esslingen.

LES DIVERSES CONDITIONS REPRISES AU LITTEA B, en dehors des questions relatives au choix des matériaux, aux dimensions des pièces frottantes et aux dispositions de détail, se résument, en dernière analyse, dans l'emploi de cylindres intérieurs ou extérieurs.

Les moteurs de Henschell et d'Esslingen seuls, ont des cylindres intérieurs. Le châssis du premier est composé de longerons doubles, intérieurs aux roues.

Les longerons sont extérieurs dans les locomotives de la Métallurgique. Dans la machine Krauss ils sont intérieurs et servent de parois longitudinales aux soutes à eau qui forment bâti.

La protection des organes du mouvement contre l'action de la poussière et de la boue semble devoir être plus efficace dans les machines à cylindres intérieurs et il devrait en résulter une certaine économie dans la consommation des matières de graissage et dans l'entretien. Il est à remarquer cependant que ce sont ces machines qui ont consommé le plus d'huile. Cette particularité s'explique : car dans les machines de tramways, l'espace disponible est toujours très restreint et si, d'une part, les cylindres intérieurs permettent de mieux garantir les organes du mouvement, d'autre part, le peu de liberté laissée aux mouvements des mécaniciens entrave l'opération même du graissage.

A cause de la position des roues en dehors du bâti, la locomotive Krauss

est inférieure aux autres sous le rapport de la protection des organes du mouvement.

Quant à l'influence de la position extérieure ou intérieure des cylindres sur l'entretien, nous n'en dirons rien. Chacun des systèmes a ses partisans et la question a été trop discutée déjà pour que des éléments de controverse trouvent leur place ici. Nous nous bornerons à noter que sur deux cas d'usures constatées, l'un (machine à cylindres intérieurs) a été attribué à la surface de portée insuffisante d'un essieu coudé; l'autre (machine à cylindres extérieurs) à une cause fortuite indépendante du système.

La locomotive Krauss, avec sa suspension par trois points et la position abaissée de sa bêche à eau, les locomotives de la Métallurgique, avec la hauteur réduite de l'axe de leur chaudière au-dessus des rails et leur large base de suspension, se trouvent dans les meilleures conditions en ce qui concerne la douceur et la tranquillité de la marche.

Le jury, après un examen comparé des machines, en tenant compte des divers articles repris au littera B, classe les concurrents comme suit :

1. Henschell;
2. Métallurgique (Liège-Seraing et Ixelles);
3. Krauss;
4. Esslingen.

Passons maintenant à la comparaison des moteurs au point de vue des articles REPRIS AU LITTERA C.

### Consommations.

Les annotations tenues comme nous l'avons indiqué (pages 6 et 7) ont donné les résultats suivants :

DÉSIGNATION DES LOCOMOTIVES.	PARCOURS kilométrique effectué.	CONSOMMATION PAR TRAIN KILOMÈTRE.		
		Coke.	Huile.	Suif.
Esslingen . . . . .	5511 kilom.	3k.542	20 grammes	6 grammes
Liège-Seraing (Métallurgique) . .	5774 »	3k.666	20 »	6 »
Krauss. . . . .	5549 »	3k.765	14 »	6 »
Henschell. . . . .	5474 »	3k.785	26 »	5 »
Ixelles (Métallurgique) . . . . .	5557 »	3k.973	20 »	7 »

La comparaison basée sur la simple donnée kilométrique doit, à circonstances égales, donner l'avantage à la machine la plus légère du moment où elle possède l'adhérence suffisante.

Le classement rationnel doit tenir compte de la charge remorquée, machine comprise. Le tableau suivant, dressé dans ces conditions, donne la consommation par tonne-kilomètre :

DÉSIGNATION DES LOCOMOTIVES.	KILOMÈTRES parcourus.	Poids remorqué machine comprise.	Consommation par tonne-kilomètre	OBSERVATIONS.
Esslingen . . . . .	5511 kilom.	31 <sup>t</sup> .125	ok.1137	La consommation moyenne des deux moteurs de la Métallurgique est de 0,1169 par tonne-kilomètre.
Henschell . . . . .	5474 »	32 <sup>t</sup> .500	ok.1164	
Métallurgique {	Liège-Seraing . . . . .	32 <sup>t</sup> .472	ok.1128	
	Ixelles . . . . .	32 <sup>t</sup> .800	ok.1211	
Krauss . . . . .	5549 »	29 <sup>t</sup> .165	ok.129	

Au point de vue de la consommation d'eau les locomotives se classent comme suit :

DÉSIGNATION DES LOCOMOTIVES.	CONSOMMATION D'EAU		
	par jour.	par voyage (aller et retour).	par kilomètre.
Ixelles (Métallurgique) . . . . .	1561 litres.	111.50 litres.	2.06 litres.
Henschell . . . . .	1728 »	123.00 »	23.70 »
Liège à Seraing (Métallurgique). . . . .	1900 »	135.50 »	26. » »
Esslingen . . . . .	1900 »	135.50 »	26. » »
Krauss . . . . .	2758 »	197.00 »	37.50 »

En conséquence, le jury classe les concurrents comme suit sous le rapport des consommations :

1. Esslingen;
2. Henschell;
3. Métallurgique { Liège-Seraing;  
Ixelles;
4. Krauss.

En établissant le tonnage des trains, on a compté, pour les locomotives, la moyenne de leur poids à vide y compris l'eau de la chaudière et de leur poids en ordre de marche.

La tare des trains (voitures) pour voie normale était de 12,800 kilogrammes avec une charge voyageurs de 6,400 kilogrammes (chiffres relevés). Il est à remarquer qu'un train sur quatre n'était composé que de trois voitures.

La tare des trains pour voie de 1 mètre était de 12,400 kilogrammes avec une charge voyageurs de 6,800 kilogrammes (chiffres relevés).

Ces chiffres montrent que l'élément *Matériel de transport* intervient assez accessoirement dans le choix de l'écartement de la voie.

Comme pour le premier groupe, le jury a dû tenir compte :

- 1° Des défauts ou inconvénients constatés en cours d'exploitation ;
- 2° De la nécessité de tourner un moteur aux points terminus ;
- 3° De cette circonstance, qu'un ou deux hommes sont nécessaires pour la conduite des machines.

1° *Des défauts ou inconvénients constatés.* — Aucun défaut ou inconvénient de nature à être signalé n'a été constaté pendant la durée du concours.

2° *De la nécessité de tourner un moteur aux points terminus.* — Aucun des moteurs ne devait être tourné aux points terminus. Toutefois, les locomotives Henschell, Esslingen et Krauss devaient l'être si les règlements de police prescrivaient une position déterminée du machiniste par rapport au sens de la marche ; les moteurs de la Métallurgique échapperaient seuls, dans ce cas, à la sujétion du virage.

3° *De cette circonstance, qu'un ou deux hommes sont nécessaires pour la conduite des machines.* — Dans les moteurs de la Métallurgique, le passage de la plateforme d'avant à celle d'arrière est, sinon impossible, du moins très incommode ; on a évidemment compté ne devoir user de cette communication qu'en cas d'absolue nécessité. Les appareils de commande du modérateur, du levier de changement de marche, du frein et de la sirène sont à la main du machiniste et susceptibles d'être manœuvrés de chaque plateforme. Ces machines exigent donc absolument deux hommes, mais la position du mécanicien, invariablement à l'avant, lui permet de voir la voie de la façon la plus complète. Le passage de droite à gauche, à l'avant de la machine Krauss, est empêché par la boîte à fumée.

La circulation est entièrement libre autour de la chaudière des locomotives d'Esslingen et de Henschell. Pour ces machines, comme pour celle de Krauss, les appareils de commande sont groupés vers le centre et sous la main du machiniste.

Si le mécanicien ne doit pas charger et entretenir le foyer en cours de route, les moteurs de Krauss, d'Esslingen, voire même celui de Henschell, peuvent être conduits par un seul agent. Toutefois, cela ne serait admissible que sur une ligne clôturée et non pour une ligne établie sur route. A Anvers, chacune des machines du deuxième groupe était conduite par deux hommes.

## 2° CONCLUSION.

Le jury, s'appuyant sur les considérations et les classements partiels qui précèdent, range les concurrents dans l'ordre suivant :

1. 

}	MM. Henschel et fils, à Cassel . . . . .	à l'unanimité des voix.
{	La Société « la Métallurgique », à Bruxelles . . . . .	à parité de voix, celle du président étant prépondérante.
2. MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, à Munich . . . . . à la majorité de six voix contre deux données à cette firme pour le premier rang.
3. La Maschinenfabrik d'Esslingen . . . . . à l'unanimité des voix.

### *En ce qui concerne les récompenses :*

MM. Henschel et fils et la Société « la Métallurgique » réunissent l'unanimité des suffrages pour le diplôme d'honneur;

MM. Krauss et C<sup>ie</sup> obtiennent trois voix pour le diplôme d'honneur et cinq voix pour le diplôme de médaille d'or;

La Maschinenfabrik d'Esslingen obtient six voix pour le diplôme de médaille d'or et deux voix pour le diplôme de médaille d'argent.

En conséquence, le jury décerne :

A MM. Henschell et fils, à Cassel, le diplôme d'honneur;

A la Société « la Métallurgique », à Bruxelles, le diplôme d'honneur;

A MM. Krauss et C<sup>ie</sup>, à Munich, le diplôme de médaille d'or;

A la Maschinenfabrik d'Esslingen, idem idem.

## B. — Voitures à voyageurs.

Les soins apportés dans la construction et l'étude des détails ont pesé d'un grand poids dans les décisions du jury. Celui-ci s'est efforcé, en outre, en rendant son jugement, de concilier les intérêts opposés du public et des exploitants en tenant un compte égal du confort et de la bonne utilisation.

Les dimensions principales des voitures, les renseignements intéressants qui les concernent, sont mis en parallèle dans le tableau annexé au présent rapport.

Le jury classe les concurrents comme suit :

### GROUPE I. — VOITURES POUR TRAMWAYS VICINAUX.

- |  |   |
|--|---|
| 1. La Société « La Métallurgique », à Bruxelles . . .  | à l'unanimité des voix.                                     |
| 2. La Société internationale de construction et d'entreprise de travaux publics, à Braine-le-Comte . . . | à la majorité de six voix contre deux pour le premier rang. |
| 3. La Société anonyme des ateliers de construction de Malines . . . . .                                  | à l'unanimité des voix.                                     |
| 4. M <sup>me</sup> A. Verhaghen (Établissement Raghen), à Malines. . . . .                               | Idem.   |
| 5. MM. Nicaise et Delcuve, à La Louvière, et A. et V. Halot, à Louvain . . . . .                         | Idem.   |

En ce qui concerne les récompenses :

- |  |   |
|--|---|
| La Société « La Métallurgique », à Bruxelles, et la Société internationale de construction et d'entreprises de travaux publics, à Braine-le-Comte, | } réunissent l'unanimité des suffrages pour le diplôme de médaille d'or.      |
| La Société anonyme des ateliers de construction de Malines et M <sup>me</sup> A. Verhaghen (Établissement Raghen), à Malines,                      |   |
| MM. Nicaise et Delcuve, à La Louvière, et MM. A. et V. Halot, à Louvain,   | } réunissent l'unanimité des suffrages pour le diplôme de médaille de bronze. |
|  |   |

## GROUPE II. — VOITURES POUR TRAMWAYS DE VILLE.

1. La Société anonyme Franco-Belge de construction de matériels, à Raismes (France) et à La Croyère (Belgique) . . . . . à l'unanimité des voix.
2. M. W.-R. Rowan, à Berlin (voiture construite dans les ateliers de MM. Herbrand et Cie, à Ehrenfeld, près de Cologne . . . . . Idem.
3. La Société Les Tramways Bruxellois . . . . . à la majorité de six voix contre deux pour le deuxième rang.

En ce qui concerne les récompenses :

- |   |  |
|---|--|
| La Société anonyme Franco-Belge de construction de matériels. | } réunit l'unanimité des suffrages pour le diplôme de médaille d'or. |
| M. W.-R. Rowan, à Berlin.                                     |  |

Arrêté à Bruxelles, le 21 décembre 1885.

*Le Secrétaire,*

CH. DUPUICH.

*Le Président,*

EUG. HUBERT.

*Les Membres,*

H. BÉLIARD;  
EUG. BELLEROCHÉ;  
JULES DERY;  
DOUGLAS-GALTON;  
MAX GÜNTHER;  
A. HUBERTI.

## VOITURES A VOYAGEURS.

FIRMES ayant participé au concours.	GROUPE.	DESIGNATION des catégories de voitures.	NOMBRE.	DIMENSIONS EXTERIEURES.						DIMENSIONS INTERIEURES.						HAUTEUR au-dessus des rails de la première marche. de la deuxième marche.	NOMBRE de places offertes.			Poids à vide.	MATÉRIAUX employés dans la construction.			SYSTEME de direction.	TYPE de l'attelage.	TYPE des centres de roues.	TYPE des boîtes à huile.	Hauteur des buttoirs.	Consommation moyenne d'huile de graissage par kilomètre.						
				Longueur			Largeur			Taille des roues au roulement.	Banquettes.			Largeur interieure des caisses.	du plancher.		de la première marche.	de la deuxième marche.	Assises.		Debout.	Total.	Châssis.							Revetement intérieur.	Revetement extérieur.	Applicatifs sur les parois.	Butoir central et tendeur sous le butoir.	Moyens en fer forgés avec les rayons.	
				d'axe en axe des essieux.	à l'extérieur des traverses de tête.	à l'extrémité des tampons.	des caisses.	à la ceinture.	à la partie la plus saillante.		Longueur moyenne placées transversalement à une à deux places.	placées longitudinalement.	Largeur.																						Intervalle entre les banquettes.
Société internationale de construction et d'entreprises de travaux publics, à Braine-le-Comte.	I	Voiture ouverte.	3	1 <sup>m</sup> .75	0 <sup>m</sup> .35	7 <sup>m</sup> .01	4 <sup>m</sup> .45	2 <sup>m</sup> .12	2 <sup>m</sup> .15	2 <sup>m</sup> .25	0 <sup>m</sup> .680	0 <sup>m</sup> .20	0 <sup>m</sup> .800	—	0 <sup>m</sup> .300	0 <sup>m</sup> .360	0 <sup>m</sup> .400	0 <sup>m</sup> .712	0 <sup>m</sup> .382	—	24	20	44	3300	Idem.	Frêne . . . . .	Pitch-pitch.	Tôle de fer.	Fer.	Reversibles.	Butoir central sous le butoir.	Moyens en fer forgés avec les rayons.	En fer, de deux pièces.	0 <sup>m</sup> .700	22.1
Société « La Mécanique »	I	Voiture fermée de 2 d.	3	1 <sup>m</sup> .80	0 <sup>m</sup> .00	6 <sup>m</sup> .80	3 <sup>m</sup> .00	2 <sup>m</sup> .10	2 <sup>m</sup> .15	0 <sup>m</sup> .845	1 <sup>m</sup> .001	0 <sup>m</sup> .508	0 <sup>m</sup> .943	—	0 <sup>m</sup> .400	0 <sup>m</sup> .430	0 <sup>m</sup> .450	0 <sup>m</sup> .690	0 <sup>m</sup> .400	—	12	30	42	3360	Idem.	Trak et chêne . .	Idem.	Idem.	Idem.	Adoués.	Idem.	En fer, d'une pièce.	0 <sup>m</sup> .700	24.8	
Société anonyme des métiers de construction de machines	I	Voitures mixtes de 2 d. (1)	3	1 <sup>m</sup> .70	0 <sup>m</sup> .140	6 <sup>m</sup> .730	4 <sup>m</sup> .20	2 <sup>m</sup> .13	2 <sup>m</sup> .18	0 <sup>m</sup> .933	0 <sup>m</sup> .725	0 <sup>m</sup> .598	—	0 <sup>m</sup> .400	0 <sup>m</sup> .430	0 <sup>m</sup> .460	0 <sup>m</sup> .715	0 <sup>m</sup> .370	—	—	24	12	36	3500	Idem.	Frêne . . . . .	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	En fonte, de deux pièces	0 <sup>m</sup> .520	33.6	
M <sup>me</sup> A. Verhaeghen, Malines	I	Voiture fermée (c).	1	0 <sup>m</sup> .89	9 <sup>m</sup> .500	10 <sup>m</sup> .100	2 <sup>m</sup> .50	2 <sup>m</sup> .35	2 <sup>m</sup> .40	3 <sup>m</sup> .100	0 <sup>m</sup> .600	0 <sup>m</sup> .10	—	2 <sup>m</sup> .40 1 <sup>m</sup> d. 4 <sup>m</sup> .86 2 <sup>m</sup> 2 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup> .45	—	0 <sup>m</sup> .94	0 <sup>m</sup> .708	0 <sup>m</sup> .380	—	10	20	24	4750	Idem.	Trak . . . . .	Trak.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	
Nicolas et Delcure, à La Louvière.	I	Voiture ouverte	1	1 <sup>m</sup> .800	0 <sup>m</sup> .20	6 <sup>m</sup> .990	4 <sup>m</sup> .35	2 <sup>m</sup> .15	2 <sup>m</sup> .23	0 <sup>m</sup> .975	0 <sup>m</sup> .720	0 <sup>m</sup> .300	0 <sup>m</sup> .810	—	0 <sup>m</sup> .300	0 <sup>m</sup> .384	0 <sup>m</sup> .32	0 <sup>m</sup> .845	0 <sup>m</sup> .295	0 <sup>m</sup> .5515	—	24	16	40	3210	Idem.	Chêne et frêne . .	Pitch-pitch.	Caïron.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.
A. et V. Hailo, à Louvain.	I	Voiture ouverte	1	1 <sup>m</sup> .75	3 <sup>m</sup> .660	6 <sup>m</sup> .260	4 <sup>m</sup> .00	—	2 <sup>m</sup> .340	0 <sup>m</sup> .930	0 <sup>m</sup> .600	0 <sup>m</sup> .140	0 <sup>m</sup> .400	—	0 <sup>m</sup> .400	0 <sup>m</sup> .420	0 <sup>m</sup> .430	0 <sup>m</sup> .720	0 <sup>m</sup> .433	—	22	10	32	2500	Idem.	Saïon rouge et noyer.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	
Société Franco-Belge de construction de matériel.	II	Voiture fermée de 2 d.	1	1 <sup>m</sup> .650	2 <sup>m</sup> .200	—	3 <sup>m</sup> .00	2 <sup>m</sup> .04	2 <sup>m</sup> .15	2 <sup>m</sup> .895	0 <sup>m</sup> .800	0 <sup>m</sup> .78	—	4 <sup>m</sup> .84	0 <sup>m</sup> .520	—	0 <sup>m</sup> .740	0 <sup>m</sup> .460	0 <sup>m</sup> .240	—	20	18	38	2200	Idem.	Chêne et frêne . .	Aspou et teak.	Tôle de fer.	Fer.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	
Société « Les Tramways Brevelon ».	II	Voiture fermée.	1	1 <sup>m</sup> .60	0 <sup>m</sup> .20	—	4 <sup>m</sup> .00	2 <sup>m</sup> .10	2 <sup>m</sup> .10	2 <sup>m</sup> .96	0 <sup>m</sup> .75	0 <sup>m</sup> .85	—	3 <sup>m</sup> .60	0 <sup>m</sup> .45	—	0 <sup>m</sup> .90	0 <sup>m</sup> .55	0 <sup>m</sup> .28	—	8	18	34	1920	Idem.	Chêne . . . . .	Frêne et pitch-pitch.	Caïron.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	
W. R. Rowan (Rehman et Lloyd).	II	Voiture ouverte (4).	1	4 <sup>m</sup> .00	8 <sup>m</sup> .00	—	7 <sup>m</sup> .10	2 <sup>m</sup> .14	2 <sup>m</sup> .18	3 <sup>m</sup> .10	0 <sup>m</sup> .750	0 <sup>m</sup> .18	—	0 <sup>m</sup> .30	0 <sup>m</sup> .32	0 <sup>m</sup> .33	0 <sup>m</sup> .74	0 <sup>m</sup> .28	0 <sup>m</sup> .32	—	40	10	50	4200	Idem.	Idem.	Tôle de fer.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.	



(ANNEXE).

## EXPOSITION UNIVERSELLE D'ANVERS 1885.

**Programme du Concours international de Traction mécanique.**

Un concours international de traction mécanique pour l'exploitation de tramways urbains et suburbains sera ouvert à Anvers le 3 mai 1885, à l'occasion de l'Exposition universelle. Ce concours prendra fin le jour de la fermeture officielle de l'Exposition.

A cet effet, en suite d'un accord intervenu avec la société anonyme des Tramways Anversois (société exploitante) il sera établi entre la gare de l'Est et les jardins de l'Exposition (3 kilom.) deux voies aux écartements de un mètre et de un mètre quatre cent trente-cinq millimètres entre les faces internes des bourrelets des rails.

Ces voies, toutes en palier, présenteront des courbes de 35 mètres de rayon. Sur ces voies circuleront, en service régulier, pendant toute la durée de l'Exposition, les moteurs, voitures automotrices et voitures à voyageurs soumis au concours.

Les demandes de participation au concours devront parvenir avant le quinze mars 1885, à Monsieur le Commissaire général du Gouvernement auprès de l'Exposition d'Anvers, rue de la Loi, 10A, à Bruxelles,

Le matériel destiné au concours devra être rendu à Anvers, franco sur rails de la société anonyme des Tramways Anversois, le premier mai 1885, au plus tard.

Le matériel admis au concours comprendra :

- 1° Des moteurs ou voitures automotrices (vapeur, eau surchauffée, électricité, air comprimé, etc.);
- 2° Des voitures à voyageurs pour tramways de ville ou pour tramways vicinaux.

**A. — Moteurs ou voitures automotrices.**

Les moteurs ou voitures automotrices seront divisés en deux groupes :

1<sup>er</sup> GROUPE. — Seront compris dans le 1<sup>er</sup> groupe les moteurs ou voitures automotrices spécialement construits en vue de la traction dans les villes, c'est-à-dire à même de remplacer un ou deux chevaux.

Comme conditions d'admission il sera exigé :

- 1° Absence de vapeur visible, de fumée et de bruit ;
- 2° Que la pression d'une roue sur les rails n'excède pas 1,750 kilogrammes ;
- 3° Que la longueur du train (soit une voiture automotrice seule, soit une locomotive et une voiture) ne dépasse pas celle d'une voiture ordinaire de tramway avec son attelage (10<sup>m</sup>.00) ;
- 4° Que la largeur maxima ne dépasse pas (2<sup>m</sup>.20) deux mètres vingt centimètres ;
- 5° Que toutes les parties en mouvement, hormis les roues, soient cachées à la vue ;
- 6° Que le feu (s'il s'agit de moteurs ou de voitures à vapeur) ne soit pas visible ;
- 7° Que la position des mécaniciens, ayant sous la main des appareils de commande de marche, soit telle qu'ils puissent voir le rail à 1<sup>m</sup>.50 de l'avant de leur machine ;
- 8° Le passage dans les courbes de 35 mètres de rayon.

L'attention du jury des récompenses sera appelée sur les points suivants :

- 1° Absence plus ou moins complète d'un panache de vapeur ;
- 2° Absence de fumée.
- 3° Absence plus ou moins complète de bruit ;
- 4° Élégance d'aspect ;
- 5° S'il s'agit de voitures automotrices, facilité avec laquelle on pourra séparer le moteur de la voiture proprement dite ;
- 6° Protection plus ou moins complète des organes du mouvement contre l'action de la poussière et de la boue.
- 7° Régularité et tranquillité de marche.
- 8° Disposition permettant le passage dans des courbes de petits rayons ;
- 9° Disposition du frein au point de vue de la rapidité et de l'énergie de son action. (Les freins actionnés

par le conducteur du train, en suite d'un signal du machiniste, n'entreront en ligne de compte que si cet agent est seul sur le moteur. — Les freins actionnés directement par le machiniste auront toutefois la préférence.)

10° Consommation minima de combustible (coke).

L'on prendra pour base la voiture-kilomètre en supposant les places de 400 millimètres de largeur occupées par des voyageurs de 70 kilogrammes.

11° Consommation minima d'huile de graissage, suif, etc., (même condition);

12° Enveloppe du moteur telle qu'il soit le plus possible caché au public tout en étant visible et accessible au mécanicien dans toutes ses parties.

13° Construction la plus simple et la plus rationnelle.

14° Facilité de visite et de nettoyage de l'intérieur des chaudières;

15° Poids mort du train par rapport au nombre de places.

16° Effort de traction effectif, les voitures étant complètement chargées.

Si l'effort de traction dépasse l'adhérence (en calculant 1/10 pour cette dernière) il ne sera pas tenu compte de l'excédent :

17° Rapidité avec laquelle le moteur peut être mis en ordre de marche.

18° Facilité de communication entre le mécanicien et le conducteur du train;

19° Service journalier le plus continu possible sans arrêts autres que ceux compatibles avec les exigences du service;

20° Frais d'entretien par voiture et par kilomètre (on supposera que le moteur ou la voiture automotrice qui donnera les meilleurs résultats sous le rapport des circonstances relatées aux paragraphes 6, 7, 13, 14 et 15 sera le moins coûteux en réparations).

Il sera également tenu compte :

1° Des défauts ou inconvénients constatés en cours d'exploitation;

2° De la nécessité de tourner un moteur ou une voiture automotrice aux points terminus;

3° De cette circonstance qu'un ou deux hommes seront nécessaires pour la conduite des moteurs.

Pendant la semaine une seule voiture sera attelée aux moteurs du 1<sup>er</sup> Groupe et les voitures automotrices circuleront seules. Les Dimanches et jours fériés une voiture supplémentaire sera ajoutée aux uns et aux autres.

2<sup>d</sup> GROUPE. — Sont compris dans le second groupe les moteurs ou voitures automotrices construits en vue de l'exploitation des tramways à vapeur ou des chemins de fer vicinaux.

Comme conditions d'admission, il sera exigé :

1° Absence de fumée;

2° Autant que possible, absence de bruit;

3° Que la largeur maxima ne dépasse pas 2<sup>m</sup>.75;

4° Que la pression d'une roue sur les rails n'excède pas 4,000 kilogrammes;

5° Que toutes les parties en mouvement hormis les roues, soient cachées à la vue;

6° Que le feu ne soit pas visible;

7° Que la position des mécaniciens, ayant sous la main les appareils de commande de la marche, soit telle qu'ils puissent voir les rails à 2 mètres de l'avant de la machine;

8° Passage dans des courbes de 35 mètres de rayon.

L'attention du jury sera appelée sur les points suivants :

1° Absence plus ou moins complète de panache de vapeur;

2° Absence plus ou moins complète de bruit;

3° Absence de fumée;

4° Élégance d'aspect;

5° Protection plus ou moins complète des organes du mouvement contre l'action de la poussière et de la boue;

6° Régularité et tranquillité de marche;

7° Consommation minima de combustible (coke);

(Le train-kilomètre sera pris pour base de cette consommation).

8° Consommation minima d'huile, suif, etc.;

9° Frein permettant l'arrêt sur la plus petite longueur possible;

10° Enveloppe du moteur telle qu'il soit le plus possible caché au public tout en étant visible et accessible au mécanicien dans toutes ses parties;

11° Construction la plus simple et la plus rationnelle;

12° Facilité de visite et de nettoyage de l'intérieur des chaudières;

13° Service journalier le plus continu possible sans arrêts autres que ceux compatibles avec les exigences du service ;

14° Frais d'entretien par train-kilomètre (on supposera que le moteur ou la voiture automotrice qui donnera les meilleurs résultats sous le rapport des circonstances relatives aux paragraphes 5, 6, 11 et 12, sera le moins coûteux en réparations.

Il sera également tenu compte :

- 1° Des défauts ou inconvénients constatés en cours d'exploitation ;
  - 2° De la nécessité de tourner un moteur ou une voiture automotrice aux points terminus ;
  - 3° De cette circonstance, qu'un ou deux hommes seront nécessaires pour la conduite des machines.
- Aux moteurs du second groupe seront attelées journellement quatre voitures.

### **B. — Voitures.**

Comme conditions d'admission il sera exigé :

- 1° Que la largeur maxima n'excède pas 2<sup>m</sup>.25 ;
- 2° Que l'attelage soit de l'un des deux types qui seront imposés ;
- 3° Le passage dans des courbes de 35 mètres de rayon.

L'attention du jury sera appelée sur les points suivants :

- 1° Construction la plus rationnelle ;
- 2° Disposition des bancs la plus commode pour les voyageurs ;
- 3° Maximum de places assises par unité de longueur (il ne sera pas tenu compte dans le dénombrement, des places d'impériale) ;
- 4° Choix du frein employé ;
- 5° Consommation minima d'huile de graissage (par voiture-kilomètre) ;
- 6° Soins apportés dans la construction ;
- 7° Peinture et élégance d'aspect ;
- 8° Poids mort par voyageur.



# TABLE DES MATIÈRES.

## I. — INTRODUCTION.

### ORGANISATION DU CONCOURS.

	PAGES.
1° Considérations préliminaires . . . . .	1
2° Dispositions réglementaires . . . . .	2
3° Inscriptions au concours . . . . .	2
4° Voie réservée au concours . . . . .	4
5° Organisation du service . . . . .	5
6° Organisation et nature du contrôle . . . . .	6
7° Observation générale . . . . .	8

## II. — RAPPORT.

### A. Moteurs et voitures automotrices.

#### GROUPE I. — TRAMWAYS DE VILLE.

1° CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE . . . . .	9
a) Règlements de police . . . . .	11
b) Emploi de remorqueurs et de voitures automotrices . . . . .	12
c) Traction à vapeur sous forme indirecte par l'action d'une force emmagasinée . . . . .	17
2° DESCRIPTION DES MOTEURS ET DES VOITURES AUTOMOTRICES ADMIS DANS LE PREMIER GROUPE.	
a) Remorqueur Krauss . . . . .	18
b) Remorqueur de MM. Black et Hawthorn, système Wilkinson . . . . .	19
c) Voiture à vapeur, système Rowan . . . . .	21
d) Voiture automotrice à air comprimé, système Beaumont . . . . .	24
e) Voiture automotrice électrique de la Société « l'Électrique » . . . . .	29
3° DISCUSSION ET CLASSEMENT PAR ARTICLE DU PROGRAMME . . . . .	38
4° CONCLUSION . . . . .	47

#### GROUPE II. — TRACTION MÉCANIQUE SUR LES TRAMWAYS VICINAUX. 49

1° DISCUSSION ET CLASSEMENT . . . . .	51
2° CONCLUSION . . . . .	56

### B. Voitures à voyageurs.

1 <sup>er</sup> GROUPE. — VOITURES POUR TRAMWAYS VICINAUX . . . . .	57
2 <sup>e</sup> GROUPE. — VOITURES POUR TRAMWAYS DE VILLE . . . . .	58
(ANNEXE) Programme du concours . . . . .	59