

352-9184  
697-1428  
67846  
1961  
GL

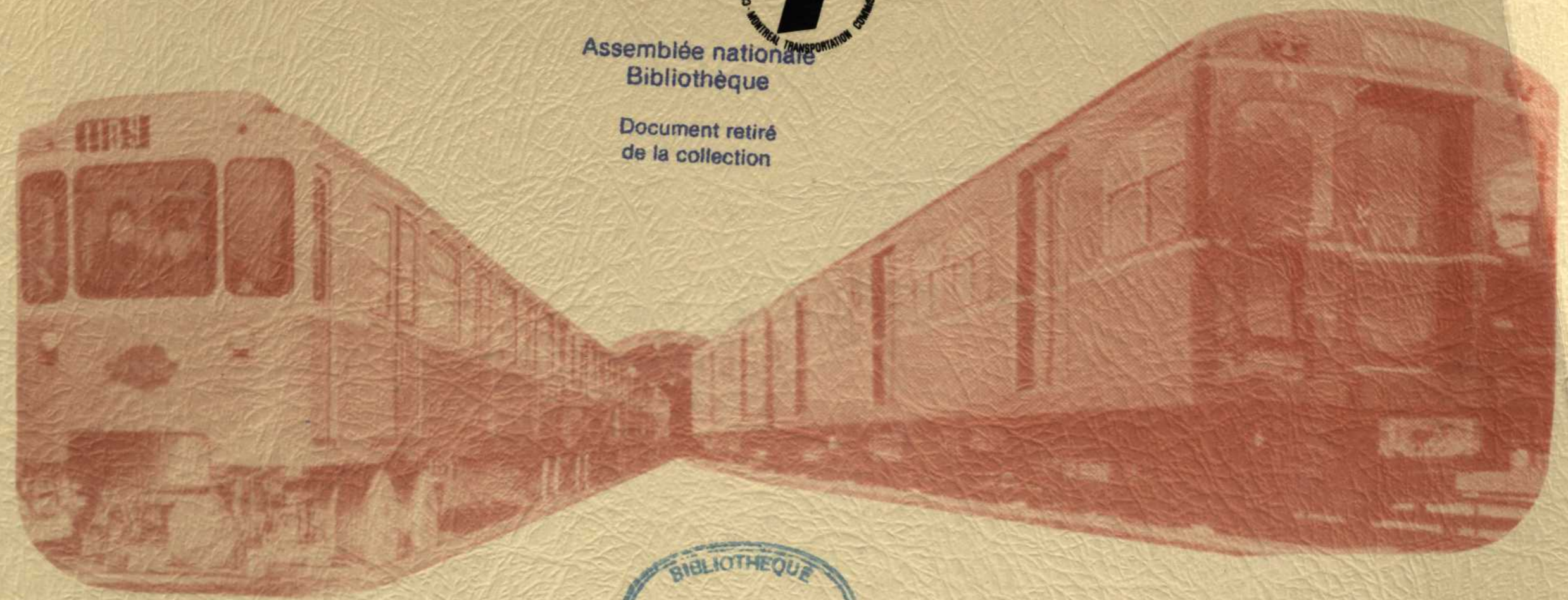
13

# ÉTUDE COMPARATIVE DE GABARIT POUR LE MÉTRO DE MONTRÉAL



Assemblée nationale  
Bibliothèque

Document retiré  
de la collection



SEPTEMBRE 1961

TABLE DES MATIÈRES

LA VILLE DE MONTRÉAL

COMITÉ D'ÉTUDES

ÉTUDE

DE GABARITS

ÉTUDE COMPARATIVE

DE GABARITS POUR LE

MÉTRO DE MONTRÉAL

Assemblée nationale  
Bibliothèque

Document retiré  
de la collection

# TABLE DES MATIÈRES

## A - LA VOITURE DE MÉTRO

	Page
<u>I — INTRODUCTION</u> .....	1
<u>II — LA CAISSE</u> .....	2
<u>A. — CARACTÉRISTIQUES</u> .....	2
1. — Dimensions	
2. — Le nombre et la disposition des sièges	
3. — Le nombre et l'emplacement des portes	
<u>B. — GRAND - MOYEN - PETIT GABARIT</u> .....	3
<u>III — LE BOGIE</u> .....	13
<u>A — MATÉRIEL ROULANT SUR ACIER</u> .....	13
<u>B. — MATÉRIEL ROULANT SUR PNEUMATIQUES</u> .....	13
<u>C. — COMPARAISONS</u> .....	14
1. — Vitesse commerciale	
2. — Démarrage	
3. — Freinage	
4. — Effet de la vitesse commerciale sur l'achat de matériel roulant	
<u>IV — CAPACITÉ DE TRANSPORT</u> .....	18
<u>V — COÛTS COMPARATIFS — EN GÉNÉRAL</u> .....	19
1. — Achat	
2. — Exploitation	
<u>VI — COÛTS COMPARATIFS — ALIGNEMENT</u>	
<u>EST - OUEST</u> .....	28

## TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

<b>B - <u>COÛTS DE CONSTRUCTION D'UN MÉTRO</u></b>	
<u>I — DIVERGENCES D'OPINIONS RELATIVEMENT À LA CONSTRUCTION</u>	
<u>D'UN MÉTRO</u> .....	35
<u>II — ANALYSE DES COÛTS DE CONSTRUCTION D'UN MÉTRO</u> .....	37
<u>III — MÉTHODES DE COMPARAISON ET APPLICATION DES MÉTHODES</u> ....	38
<u>IV — COMPARAISON DE COÛTS</u> .....	41
<u>V — MÉTHODES DE CONSTRUCTION EN TRANCHÉE</u> .....	42
<b><u>C — CONCLUSIONS</u></b>	
<u>A — POINT DE VUE TRANSPORT DES PASSAGERS</u> .....	53
<u>B — POINT DE VUE FINANCIER</u> .....	54

A — LA VOITURE DE MÉTRO

## I — INTRODUCTION

Un mode de transport avec capacité de déplacement de 45,000 passagers à l'heure, à grande vitesse, dans des conditions conformes à leur standard de vie, exige un véhicule conçu à cette fin.

Afin d'assurer un service efficace, ces voitures doivent posséder des caractéristiques capables de fournir un rendement maximum dans les trois éléments qui contribuent à une vitesse commerciale supérieure:

- a) démarrage
- b) freinage
- c) temps de stationnement.

Évidemment, le choix du matériel roulant doit être basé sur l'expérience des opérateurs de métro d'Amérique et d'Europe.

C'est précisément le but de cette étude de faire porter la comparaison sous cinq aspects différents:

- a) La CAISSE, qui fournit l'indication première du concept de transport adopté, tant par sa dimension que par le nombre et la disposition des sièges et par le nombre et l'emplacement des portes.
- b) Le BOGIE, dont dépendent les performances de démarrage et de freinage.
- c) La CAPACITÉ DE TRANSPORT qui détermine la vitesse commerciale requise, ainsi que la composition des rames, leur intervalle et le temps de stationnement dans les gares.
- d) Les COÛTS COMPARATIFS, qui peuvent servir de guide pour l'achat du matériel roulant.
- e) L'APPLICATION DE CES COÛTS COMPARATIFS, selon le matériel roulant, à un alignement et un service donnés.

## II — LA CAISSE

### A. — CARACTÉRISTIQUES

Pour bien montrer l'ampleur du problème, l'examen détaillé du diagramme des voitures de NEUF villes américaines et européennes est révélateur.

Notons surtout:

1. — Leurs dimensions.
2. — Le nombre et la disposition des sièges.
3. — Le nombre et l'emplacement des portes.

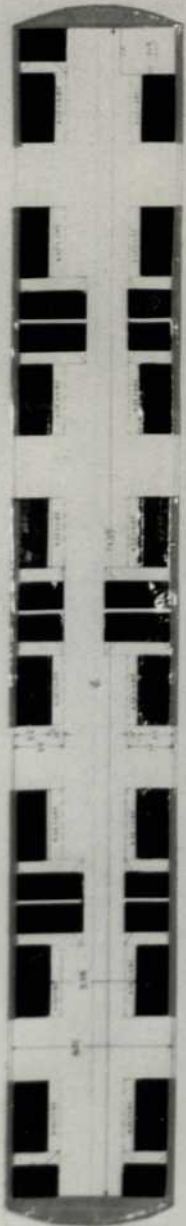
#### EXHIBIT: DIAGRAMME DES VOITURES

Les caisses d'un groupe de villes du monde qui possèdent des systèmes de métro ont été listées par ordre de longueur. Elles ont des largeurs différentes. Il est à noter que la disposition des sièges dans les véhicules varie d'une ville à l'autre. Certaines villes, comme New-York, emploient la formule de sièges longitudinaux exclusivement. D'autres, par contre, emploient la formule de Paris, des sièges en épis seulement, avec des espaces réservés aux gens debout. La formule de Toronto emploie des sièges en épis et des sièges longitudinaux, de façon à offrir une plus grande variété d'accommodations aux gens assis. Ce qu'il est important de noter dès le début, et nous y reviendrons à plusieurs reprises par la suite, c'est qu'il n'y a pas de formule magique. Selon les standards de confort qu'on veut offrir, la proportion de l'espace de plancher réservé aux gens assis et aux gens debout varie substantiellement de ville en ville, selon l'idéologie et le degré de confort accordés aux passagers. Il est à noter aussi que plusieurs de ces véhicules ont à peu près la même largeur, tels que ceux de Philadelphie, Milan et Stockholm, tandis que Paris a choisi un gabarit beaucoup plus étroit. A l'autre extrême se trouve Toronto avec un gabarit beaucoup plus large.

**Diagramme des Voitures**  
**Dimensions des Caisses**

**Toronto**

**74'-5"**



**10'-2"**

**New York**

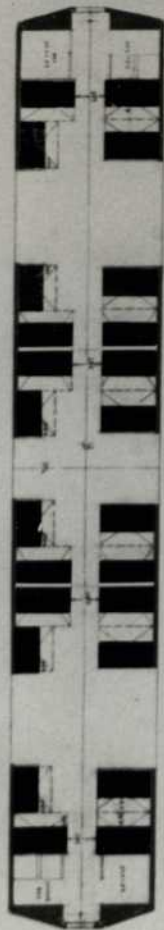
**60'-3"**



**9'-9"**

**Stockholm**

**55'-9"**



**8'-10"**

**Milan**

**55'-10"**



**9'-2"**

**Osaka**

**55'-9"**



**9'-2"**

**Philadelphia**

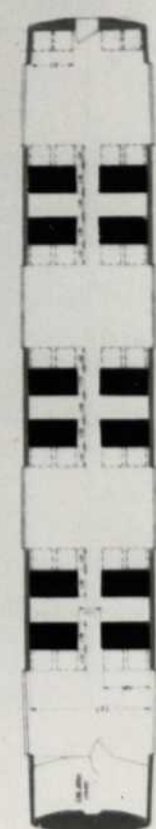
**55'-0"**



**9'-0"**

**Paris**

**49'-6"**



**7'-10"**

**Cleveland**

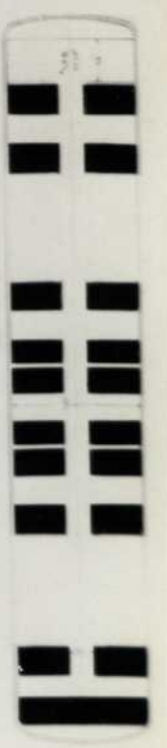
**48'-6"**



**10'-4"**

**Hamburg**

**43'-11"**



**8'-2"**

B. — GRAND — MOYEN — PETIT GABARIT

Afin de pousser plus loin l'étude de cet aspect et afin de clairement démontrer qu'une foule d'arrangements de sièges et/ou de portes peuvent être effectués, les voitures de trois villes ont été choisies:

PARIS pour illustrer le PETIT GABARIT

STOCKHOLM pour illustrer le MOYEN GABARIT

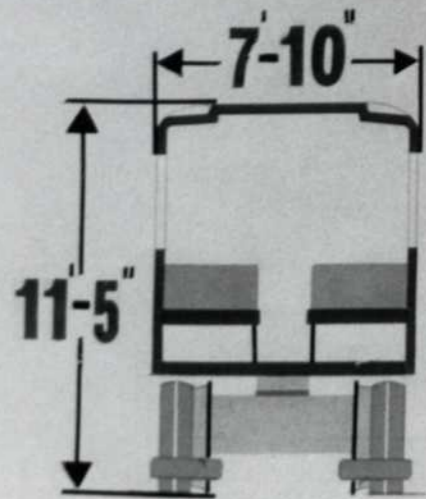
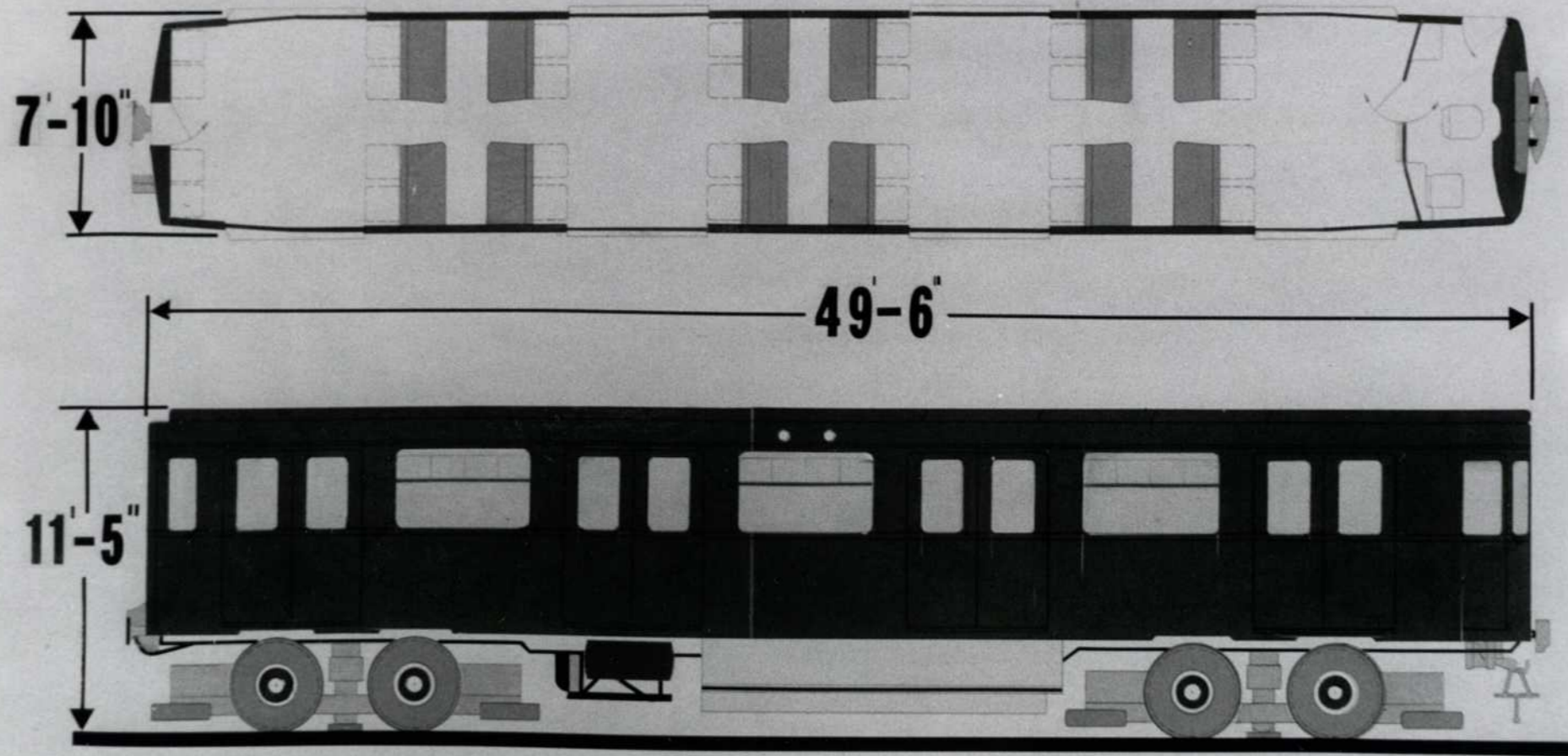
TORONTO pour illustrer le GRAND GABARIT

Nous aurions pu comparer tous les véhicules que vous avez vus sur le premier exhibit. Cela aurait été une tâche excessivement longue. Nous avons choisi trois véhicules pour bien démontrer les tendances. En comparant les deux extrêmes et en ayant un contrôle par le véhicule moyen, des comparaisons utiles ont été établies pour les fins de cette présentation.

EXHIBIT: BASE PETIT GABARIT: PARIS

Voici le véhicule de Paris petit gabarit avec dimensions de 49 pieds 6 pouces de longueur, 7 pieds 10 pouces de largeur, sa disposition de sièges en épis et une vue en longueur montrant une section. Le nombre de portes est de quatre. Quelle est la capacité du véhicule? 24 personnes assises et 141 debout, pour un total de 165. Il est à noter que pour les gens debout, l'espace alloué par personne est de 1 pied et 3/4 de surface du plancher. Cette allocation de surface de plancher par passager debout est théorique. Elle peut être employée pour fins de comparaison entre véhicules, mais en pratique, 2 pieds carrés par passager debout est un standard plus réel.

# Petit Gabarit : Paris



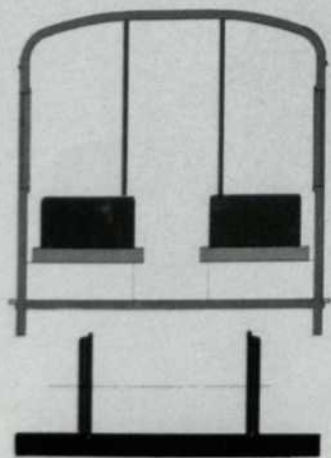
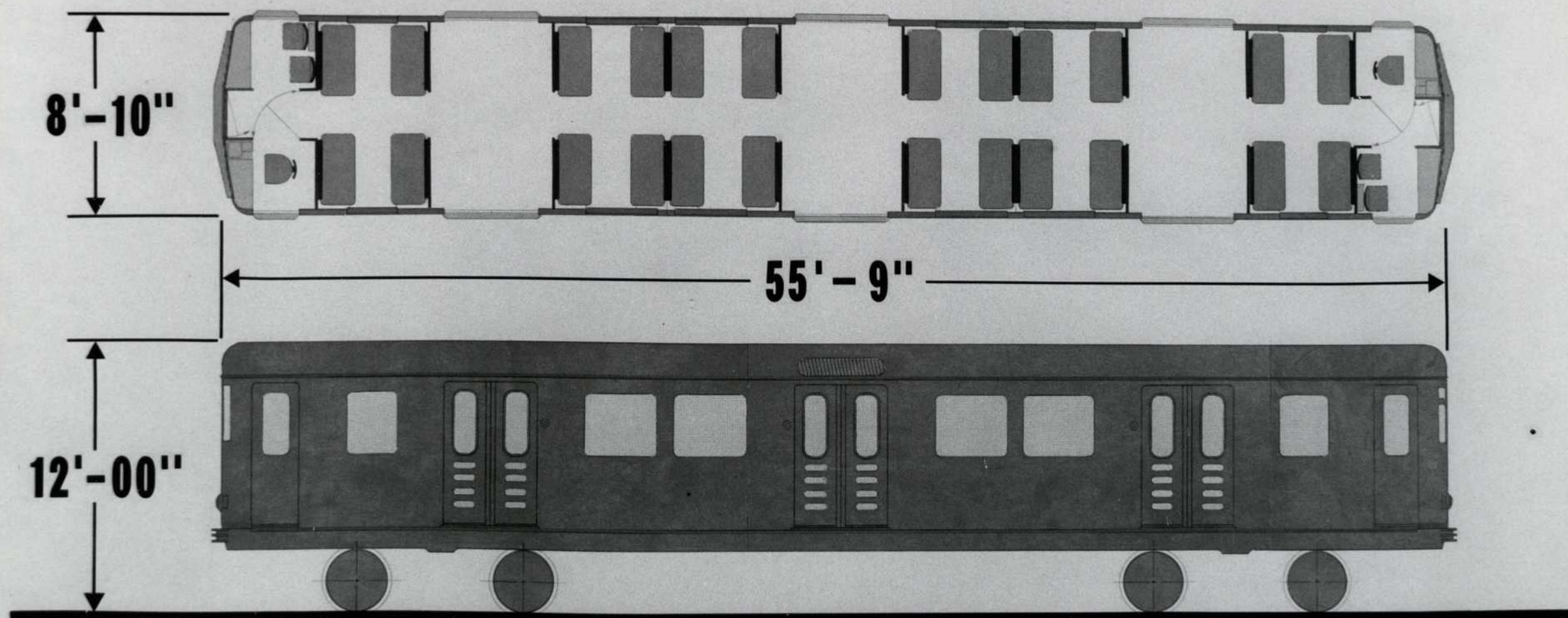
## Capacité

Assis	24
Debout	141
Total	165

EXHIBIT: BASE MOYEN GABARIT: STOCKHOLM

Le véhicule de Stockholm a une largeur de 8 pieds et 10 pouces, une longueur de 55 pieds et 9 pouces et une hauteur de 12 pieds. Les hauteurs ne sont pas très significatives. Nous avons cette fois-ci trois portes et tous les sièges sont en épis comme à Paris, mais la proportion des sièges est beaucoup plus forte que dans le véhicule à petit gabarit. Les passagers assis sont au nombre de 52 et ceux debout au nombre de 120, ce qui donne une capacité de 172.

# Moyen Gabarit : Stockholm



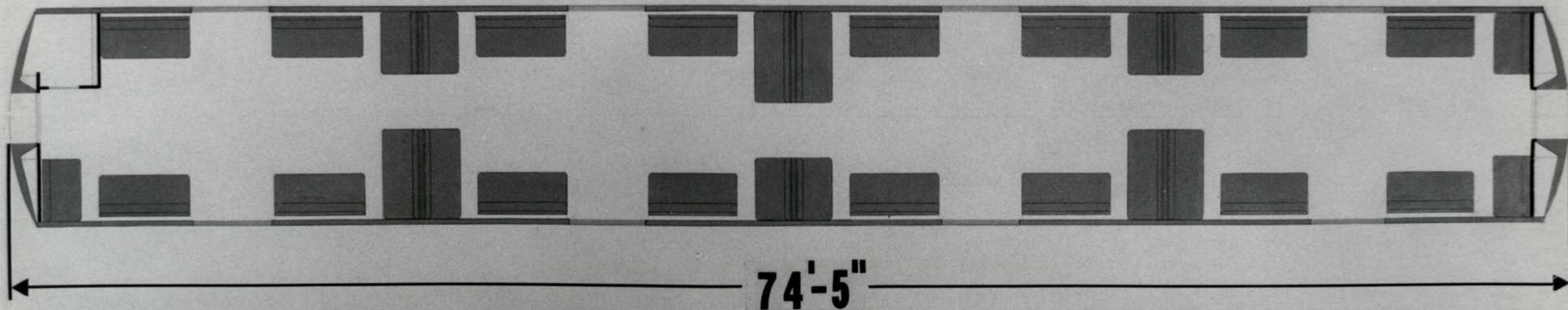
## Capacité

Assis	_____	52
Debout	_____	<u>120</u>
Total	_____	172

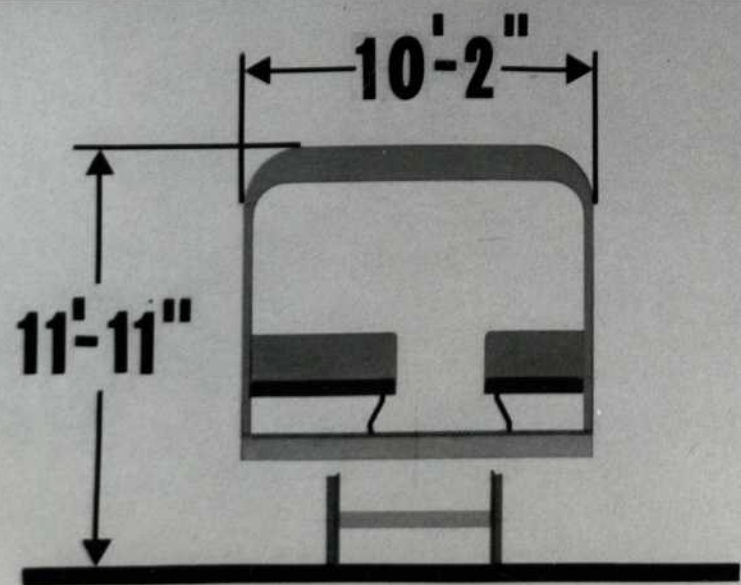
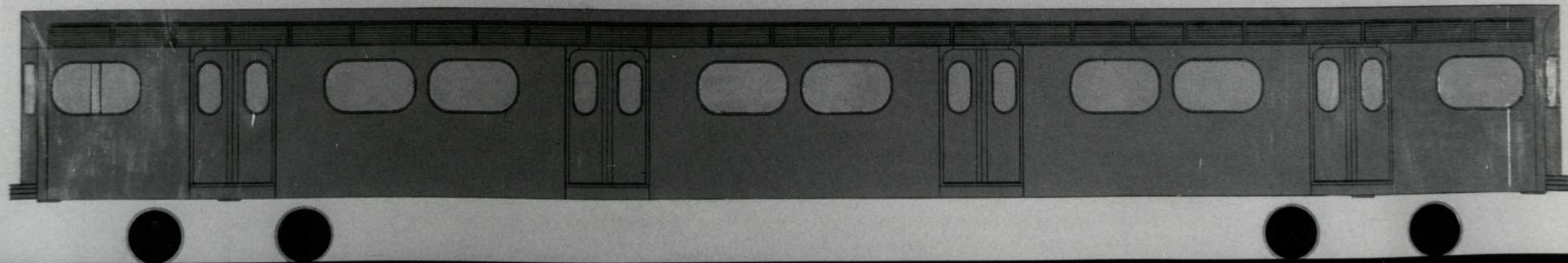
EXHIBIT: BASE GRAND GABARIT: TORONTO

Passons au troisième véhicule que nous allons comparer, le grand gabarit de Toronto où cette fois, nous avons des dimensions qui sont substantiellement plus élevées, soit 74 pieds et 5 pouces, de long et une largeur de 10 pieds et 2 pouces. A cause du grand nombre de sièges en épis et longitudinaux, vous obtenez 84 personnes assises et 173 debout, pour une capacité totale de 257. Soulignons ici un point très important. Dans le véhicule de Paris, il y a 24 sièges à l'heure de pointe. Il s'y trouve en plus 28 strapontins qui ne sont pas disponibles aux heures de pointe. Ces 24 sièges représentent 25.9% de la surface du plancher, tandis que dans le véhicule de Toronto, 55.6% de la superficie du plancher est réservé aux 84 personnes assises. Ainsi, au point de vue transport, les différences entre les deux concepts sont très marquées.

# Grand Gabarit : Toronto



74'-5"



## Capacité

Assis \_\_\_\_\_ 84

Debout \_\_\_\_\_ 173

Total \_\_\_\_\_ 257

EXHIBIT: ALLOCATION DE L'ESPACE  
POUR LES PASSAGERS

Il est inutile de comparer les capacités de transport (a) du véhicule de Toronto avec (b) celui de Paris, sans équilibrer les concepts au point de vue capacité de transport. La seule façon de comparer leur efficacité au point de vue de transport est d'appliquer le concept de Paris au véhicule de Toronto ou d'appliquer le concept de Toronto à celui de Paris. Par concept, nous entendons la répartition du même pourcentage de la surface de plancher dans les deux véhicules entre les gens assis et les gens debout. Autrement, il est impossible de comparer efficacement leur capacité de transport.

Nous n'avons pas fait ces répartitions de surface de plancher au hasard. Ce tableau qui donne toutes les statistiques et toutes les données des divers véhicules, permet, une fois que vous avez établi ces données, de traduire ces données en des concepts d'une ville ou d'une autre. Voyons donc le détail du véhicule de Paris. Le véhicule à petit gabarit a une superficie totale de plancher de 355 pieds carrés et une fraction. La cabine de l'opérateur occupe 24 pieds carrés. La superficie pour les passagers debout et assis est donc de 331 pieds carrés. La superficie des sièges représente 85.54 pieds carrés. La superficie pour les passagers debout est de 246.16 pieds carrés. La superficie du plancher occupée par les sièges est donc de 25.9%, ce qui se traduit par un nombre de 24 passagers assis. La superficie allouée aux passagers debout est de 74.1% et le nombre de passagers debout est de 141, à raison de 1 pied 3/4 carré par personne debout, donnant une capacité totale de 165.

Nous acceptons qu'une ligne de métro doit avoir une capacité de 45,000 passagers à l'heure. Pour qu'elle obtienne cette capacité, les rames doivent donc avoir une capacité de 1,500 passagers. Avec un espacement de deux minutes pour obtenir une capacité de ligne de 45,000 passagers par heure, il faut nécessairement avoir 9 voitures (petit gabarit) par rame avec 1,485 passagers par rame (9 x 165). Le 1,500 passagers par heure n'est pas atteint, mais comme il n'y a qu'une différence de 15 passagers, nous n'avons pas surchargé le concept de Paris d'un véhicule additionnel. Le tableau liste aussi la longueur de la rame pour ces neuf voitures, le poids par voiture motrice et le poids par passager. Nous ne voulons pas passer à travers tout ce tableau. Ce serait trop laborieux, mais nous voudrions simplement insister encore une fois, parce que c'est crucial, sur cette question des proportions d'espace de plancher qui ont été allouées aux divers véhicules dans l'étude comparative que nous avons faite des coûts d'entretien, des coûts d'exploitation et des coûts d'achat. Il fallait de toute nécessité adopter une base commune aux trois véhicules. Nous avons donc, simplement pour les fins de comparaisons, sans prétendre que nous acceptons ce concept pour Montréal, accepté cette superficie du plancher allouée aux passagers assis de 25.9%, qui est le concept de Paris. Nous l'avons appliqué aux trois véhicules comparés. Vous voyez toutefois que pour les autres véhicules que nous n'avons pas comparés, cette superficie de l'espace alloué aux passagers assis varie de 25.9% (qui est un minimum à Paris) à 38.6% à New York, 28.6% à Milan, 48.8% à Philadelphie, 51.6% à Cleveland, 39.6% à Osaka, et 51.3% à Hambourg. Il est assez intéressant de noter que les villes du continent nord-américain offrent un plus fort pourcentage de l'espace de plancher aux passagers assis qu'on ne le fait généralement en Europe.

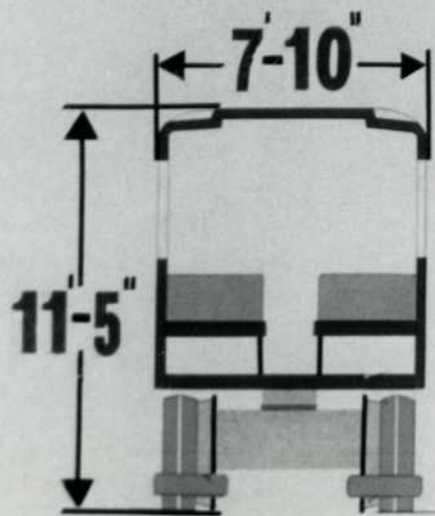
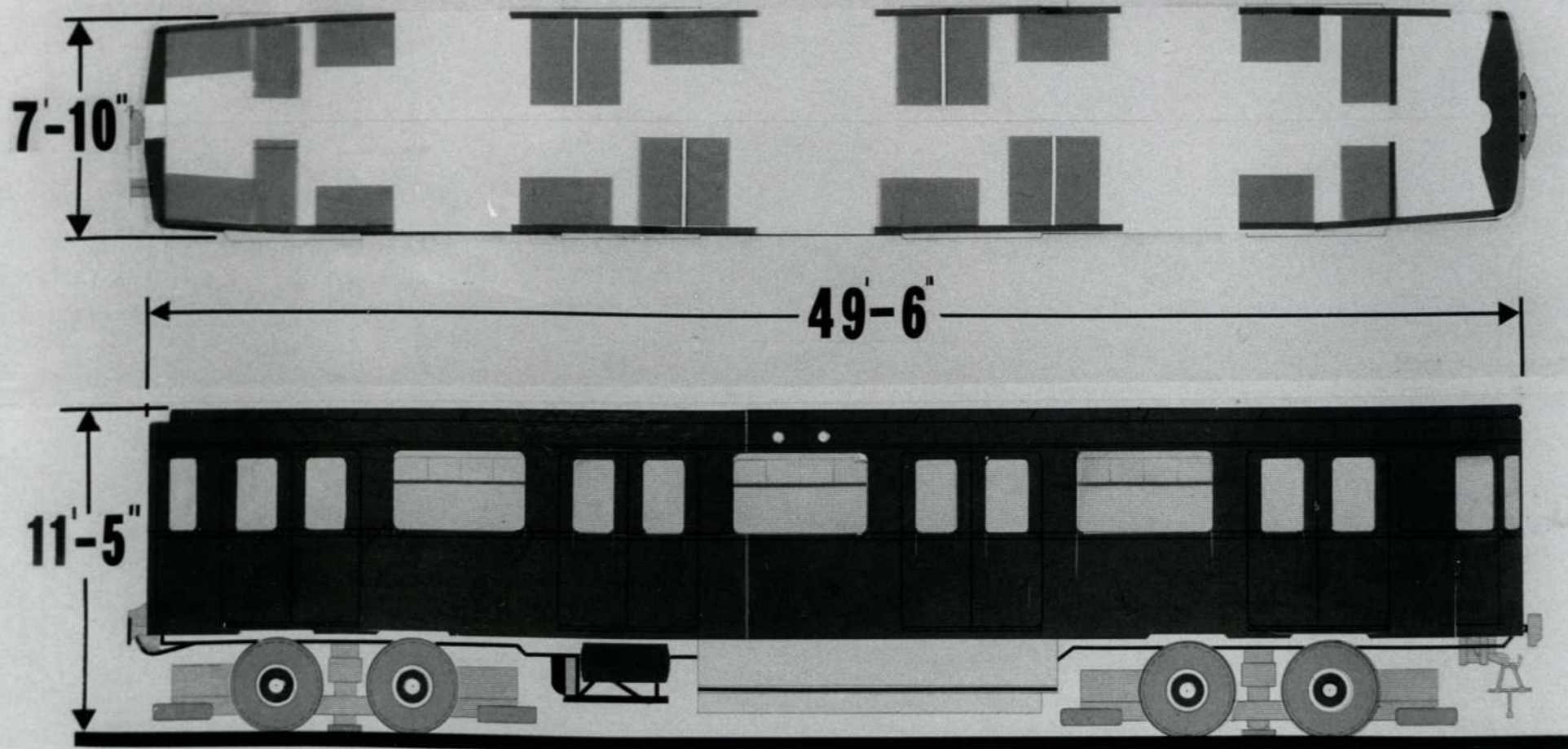
**VOITURES DE MÉTRO**  
ALLOCATION DE L'ESPACE POUR LES PASSAGERS

CITE	SUPERFICIE (PIEDS CARRÉS)	SUPERFICIE CABINE DE L'OPÉRATEUR	SUPERFICIE PASSAGERS	SUPERFICIE SIÈGES	SUPERFICIE PASSAGERS DEBOUT	% SUPERFICIE PASSAGERS ASSIS	NOMBRE DES PASSAGERS ASSIS	% SUPERFICIE PASSAGERS DEBOUT	NOMBRE DES PASSAGERS DEBOUT 1.75 ps <sup>2</sup>	TOTAL DES PASSAGERS PAR VOITURE	VOITURES REQUISES POUR 1500 PASSAGERS	LONGUEUR DE RAME (PIEDS)	TOTAL DES PASSAGERS PAR RAME	POIDS PAR VOITURE MOTRICE	POIDS PAR PASSAGER (EN LIVRES)
PARIS (PETIT GABARIT)	35540	23.70	331.70	85.54	246.16	25.9	24	74.1	141	165	9	443.25	1485	52,400	318
STOCKHOLM (MOYEN GABARIT)	441.18	22.84	418.34	108.3	310.04	25.9	30	74.1	179	209	8	453.33	1672	60,200	288
TORONTO (GRAND GABARIT)	691.84	9.62	682.22	176.7	505.52	25.9	46	74.1	291	337	5	370.00	1685	60,000	178
NEW YORK	518.47	22.50	495.97	191.59	304.38	38.6	50	61.4	174	224	7	421.47	1568	82,000	368
MILAN	467.76	30.00	437.76	124.98	312.80	28.6	34	71.4	178	212	7	387.38	1484	66,138	312
PHILADELPHIA	455.52	9.53	445.99	214.25	231.74	48.8	56	51.8	132	188	8	440.00	1504	58,000	309
CLEVELAND	443.50	10.90	432.60	222.95	209.66	51.6	54	48.4	120	174	9	436.50	1566	55,000	316
OSAKA	463.07	30.00	433.07	171.48	261.61	39.6	44	60.4	149	193	8	446.00	1544	72,000	373
HAMBURG	320.74	20.28	300.46	154.26	146.20	51.3	41	48.7	85	126	12	528.00	1512	55,000	437

EXHIBIT: PETIT GABARIT  
CONCEPT DE STOCKHOLM

Maintenant, passons à l'examen du concept d'une ville appliqué au véhicule d'une autre ville. Voici le concept de Stockholm appliqué au véhicule de Paris. C'est dire que si vous donnez, dans le véhicule de Paris, la même superficie de plancher allouée aux passagers assis que dans le véhicule de Stockholm, vous trouvez un nouvel arrangement de sièges et le nombre de portes est réduit à trois, parce que, pour obtenir l'espace consacré aux gens assis, vous devez modifier, non les dimensions de la caisse, mais l'agencement des sièges et la proportion de la surface réservée aux gens debout. Quand vous appliquez au véhicule de Paris ce concept de Stockholm, vous augmentez le nombre des sièges de 24 à 44. Vous diminuez évidemment l'espace réservé aux passagers debout qui passent de 141 à 100, et la capacité totale de la voiture tombe de 165 à 144.

# Petit Gabarit : Concept de Stockholm



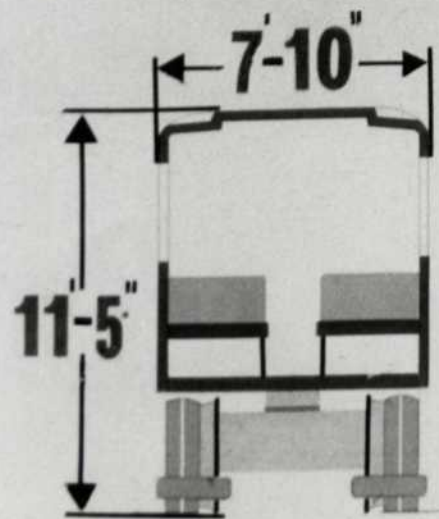
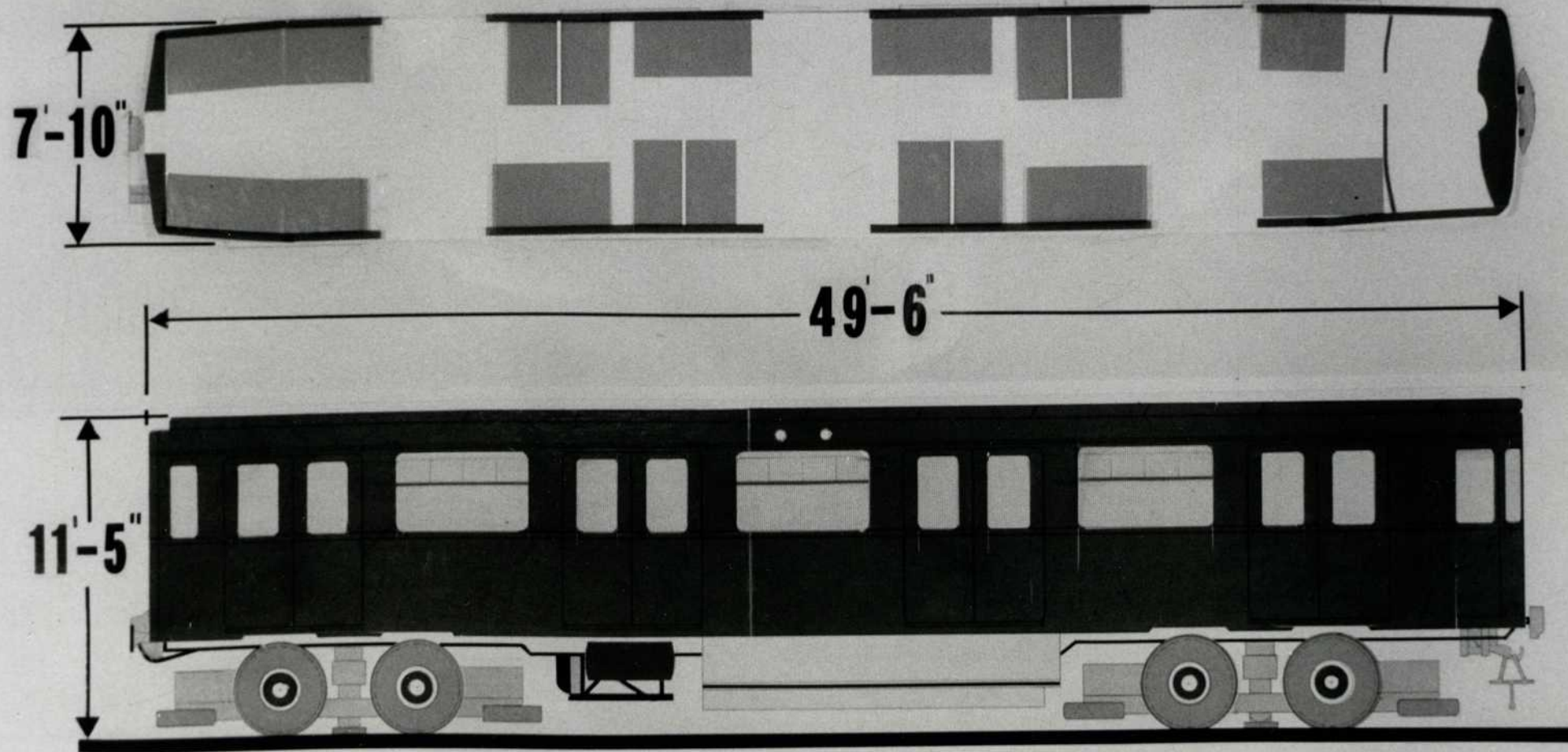
Capacité  
 Assis \_\_\_\_\_  
 Debout \_\_\_\_\_  
 Total \_\_\_\_\_

Stockholm  
 44  
100  
 144

EXHIBIT: PETIT GABARIT  
CONCEPT DE TORONTO

Maintenant de même façon, appliquons au véhicule de Paris le concept de Toronto. L'espace réservé aux passagers assis passe à 55.6% de 25.9%. Cette fois, nous sommes encore forcés de réduire le nombre de portes de 4 à 3, pour obtenir un agencement permettant d'utiliser 55.6% de l'espace du plancher pour les sièges. Le nombre des passagers assis passe de 24 à 43, et les passagers debout tombent de 141 à 87. Ce qui veut dire que la capacité totale est réduite de 165 à 130. En passant, soulignons que pour obtenir une capacité par rame de 1,500 voyageurs avec 165 par véhicule, neuf véhicules de Paris sont requis. Si la capacité est réduite à 130 seulement, en raison du plus grand nombre de gens assis, vous êtes nécessairement forcés, pour maintenir une capacité de 1,500, de passer à 12 véhicules par rame. Nous reviendrons sur tout cela quand nous discuterons des coûts.

# Petit Gabarit : Concept de Toronto



**Capacité**

Assis \_\_\_\_\_

Debout \_\_\_\_\_

Total \_\_\_\_\_

**Toronto**

43

87

---

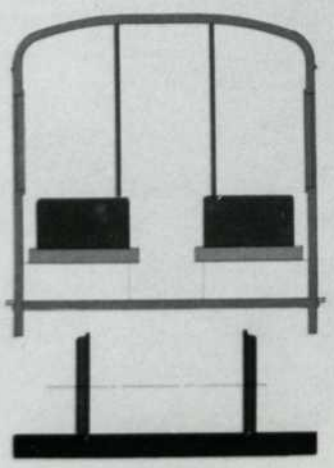
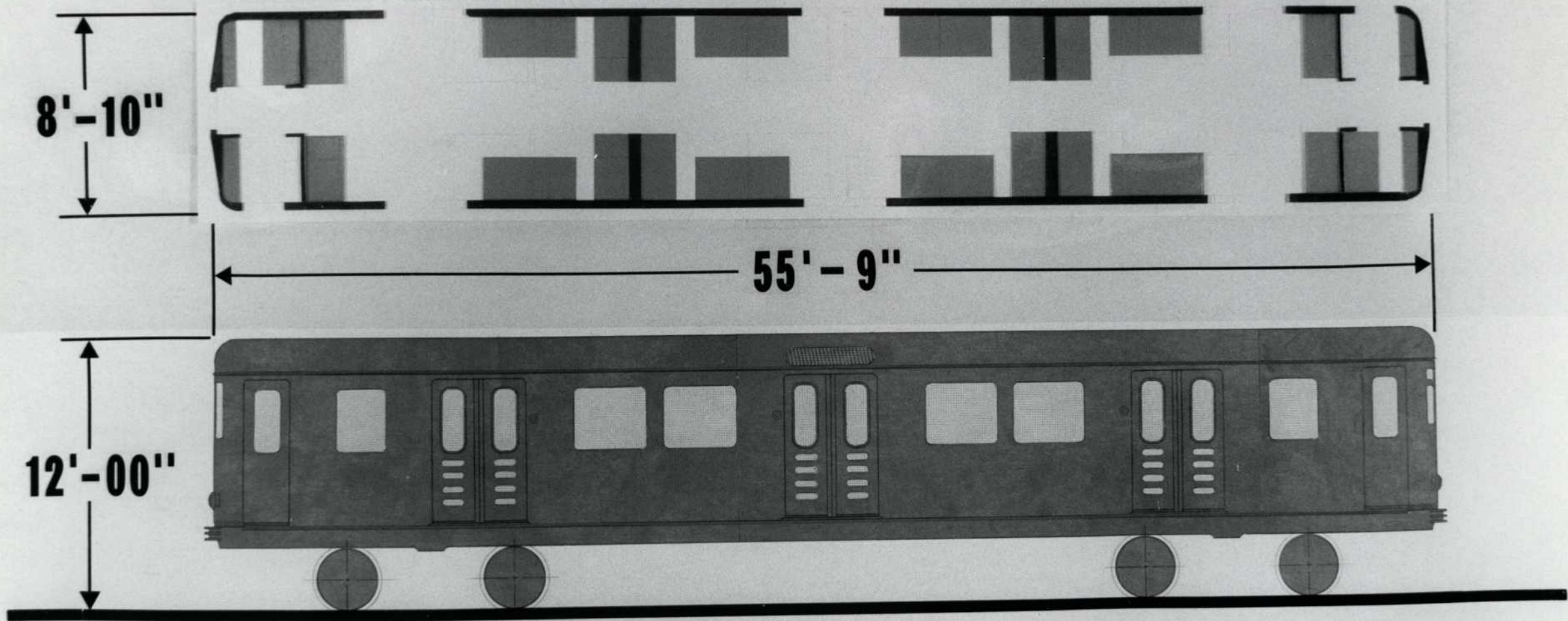
130

EXHIBIT: MOYEN GABARIT  
CONCEPT DE TORONTO

Maintenant de même façon, si dans le véhicule de Stockholm, nous appliquons le concept de Toronto, le nombre de portes est inchangé, l'agencement des sièges est quelque peu modifié et la capacité reste sensiblement la même. Pourquoi? C'est que Stockholm a choisi un standard de confort et une proportion de gens assis et debout qui se rapprochent de très près de ceux de Toronto. Alors, quand on effectue un léger ajustement dans la disposition des sièges pour se conformer au pourcentage des gens assis et aux gens debout de Toronto, on n'affecte pas beaucoup la capacité.

Nous désirons accentuer principalement les comparaisons entre Paris et Toronto, pas parce que nous négligeons Stockholm (c'est peut-être le meilleur véhicule), mais parce que dans la comparaison des concepts ou des idéologies au point de vue standard de confort et de proportion les gens assis ou debout, la comparaison entre les deux extrêmes est la plus révélatrice.

# Moyen Gabarit : Concept de Toronto

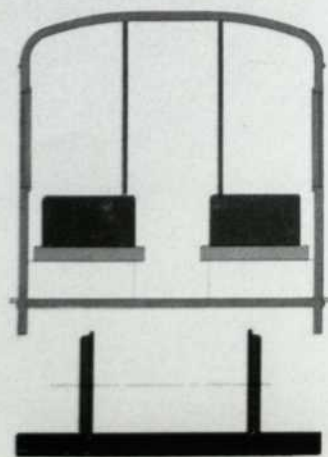
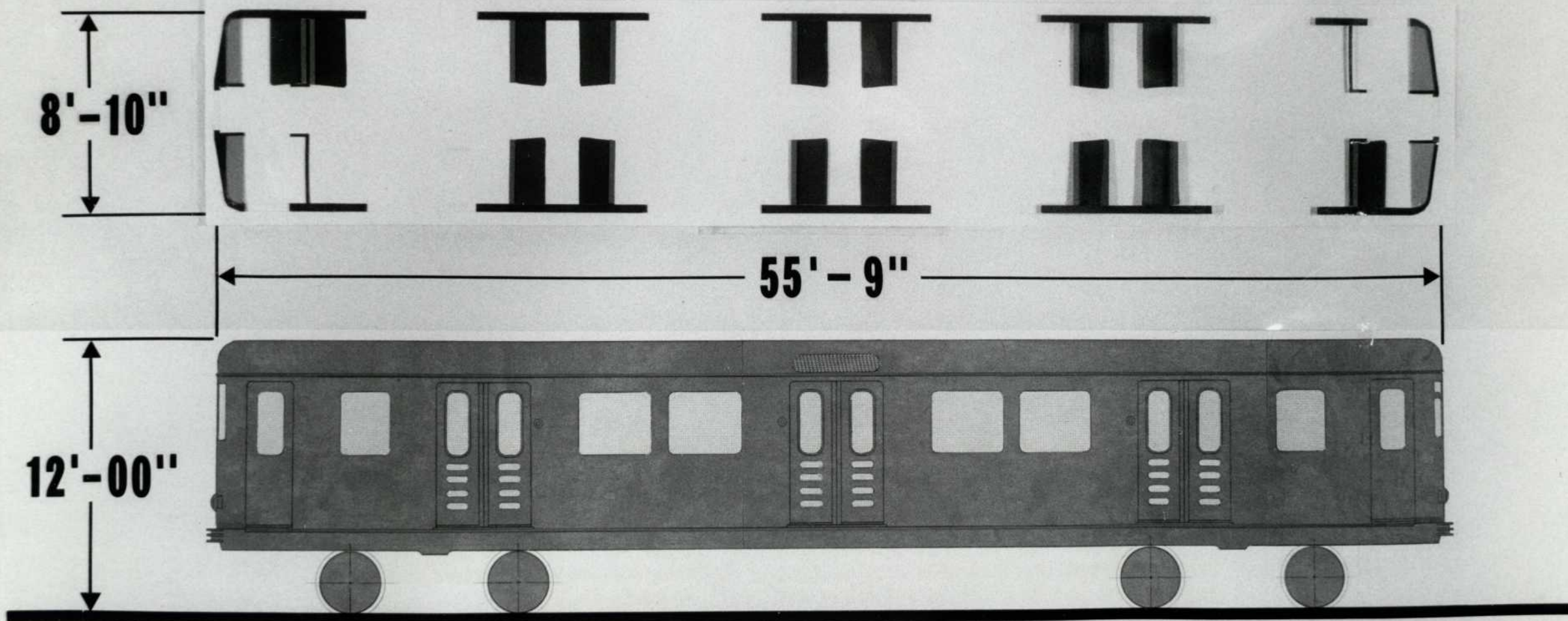


<u>Capacité</u>		<u>Toronto</u>
Assis	_____	52
Debout	_____	123
Total	_____	<u>175</u>

EXHIBIT: MOYEN GABARIT  
CONCEPT DE PARIS

Maintenant, passons au concept de Paris appliqué au véhicule de Stockholm. Cette fois, le nombre de portes passe de 3 à 4, parce que les sièges sont en épis et les gens assis sont séparés des gens debout. C'est un concept qui, au point de vue de l'utilisation de l'espace, (nous ne parlons pas du standard de confort), semble donner de hautes capacités. Les sièges sont réduits de 52 à 30 dans le véhicule de Stockholm avec le concept de Paris, mais les passagers debout augmentent de 120 à 179, ce qui donne une capacité totale de 209.

# Moyen Gabarit : Concept de Paris



**Capacité**  
**Assis** \_\_\_\_\_  
**Debout** \_\_\_\_\_  
**Total** \_\_\_\_\_

**Paris**  
**30**  
**179**  

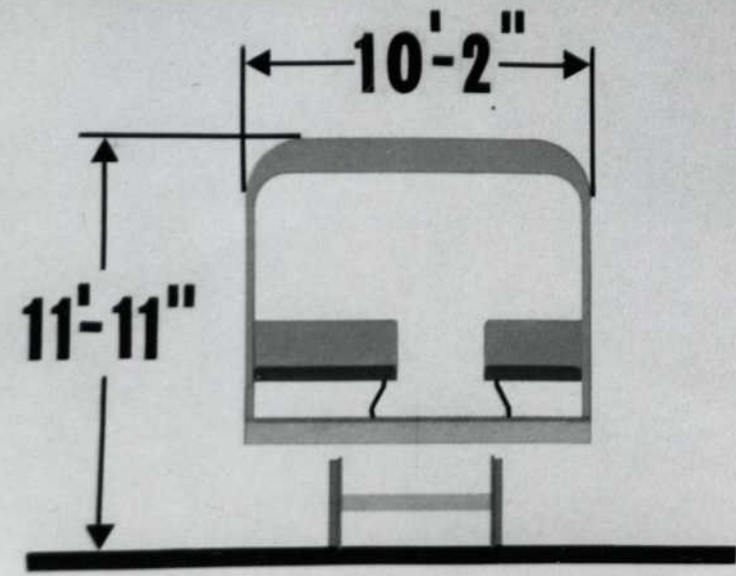
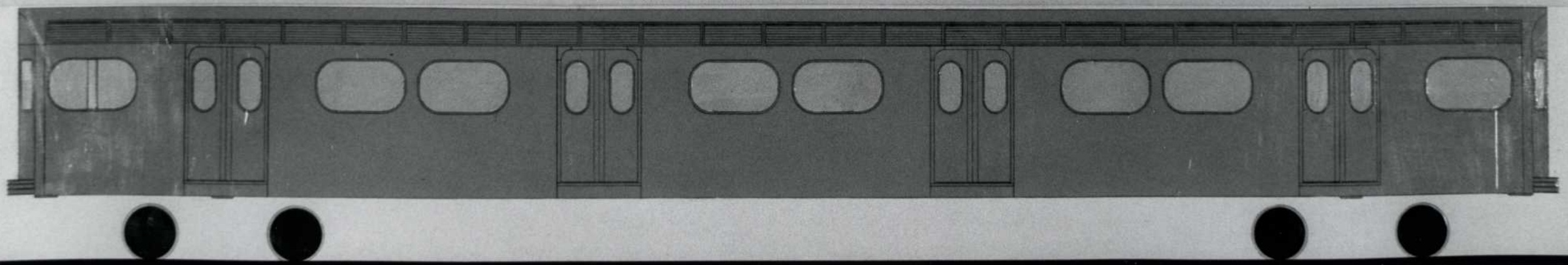
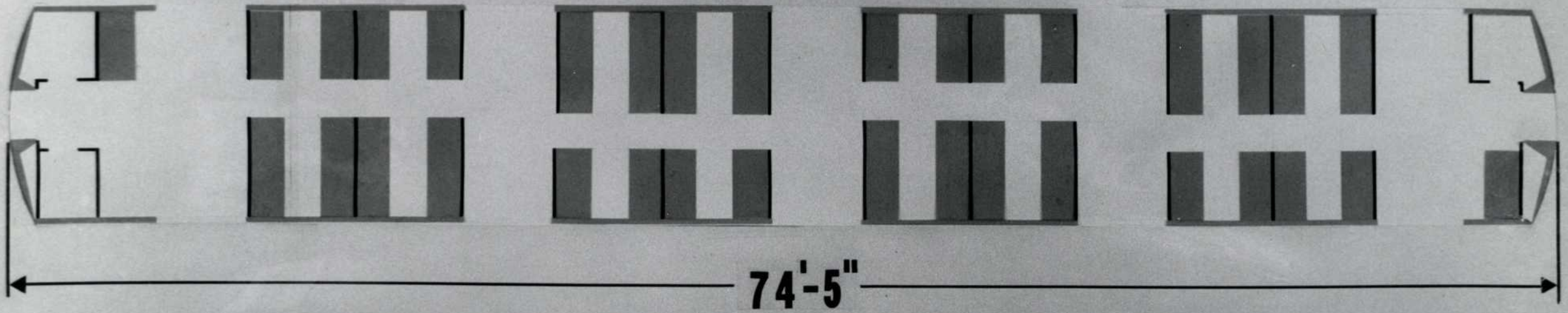

---

**209**

EXHIBIT: GRAND GABARIT  
CONCEPT DE STOCKHOLM

Maintenant, voici le véhicule de Toronto avec le concept de Stockholm. Les sièges longitudinaux ont été remplacés par des sièges en épis, mais le nombre de sièges demeure à 84. Pourquoi l'augmentation dans le nombre de passagers debout, alors que le nombre de sièges reste le même? C'est parce que la disposition des sièges a été changée, afin d'obtenir la même proportion d'espace réservée aux gens debout qu'à Stockholm. Lorsque les sièges sont en épis seulement, il n'y a pas d'espace perdu devant les gens qui sont assis. Donc, tout en gardant le même nombre de gens assis, mais en changeant la disposition, la capacité des gens debout passe de 173 à 209, ce qui résulte dans une augmentation de la capacité du véhicule de Toronto (avec concept de Stockholm) de 257 à 293.

# Grand Gabarit : Concept de Stockholm



<u>Capacité</u>	
Assis	_____
Debout	_____
Total	_____

<u>Stockholm</u>
84
<u>209</u>
293

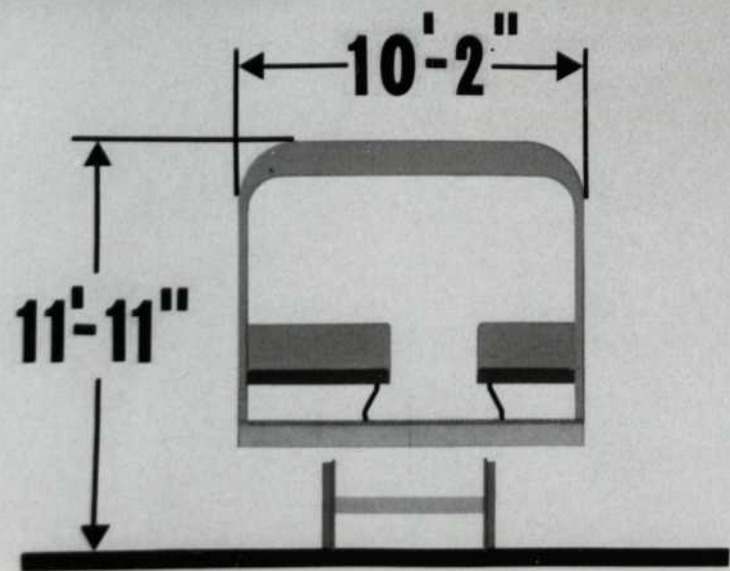
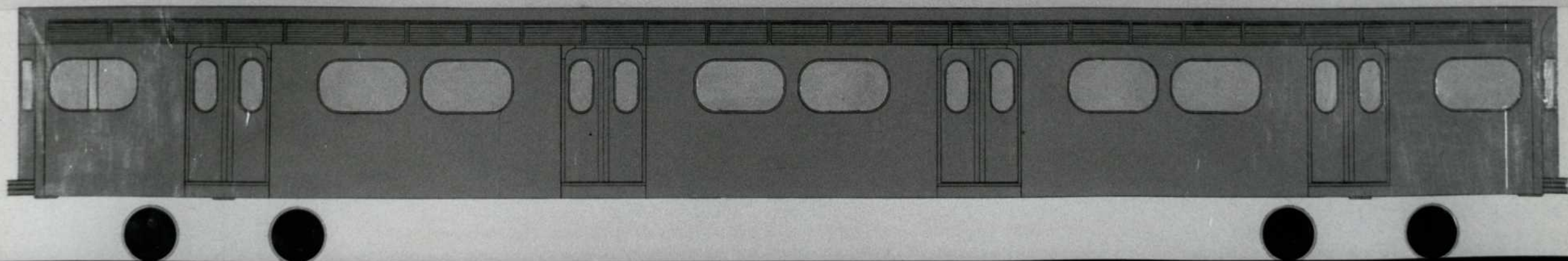
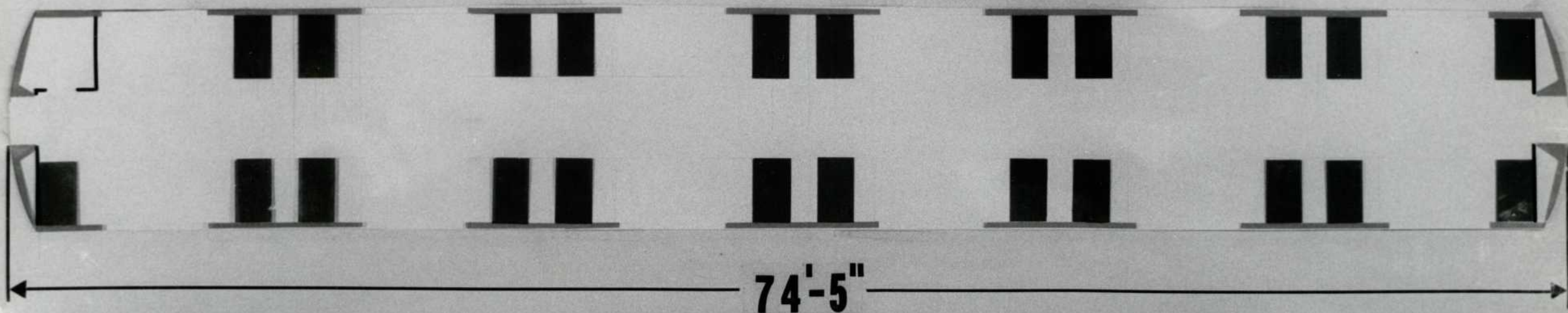
EXHIBIT: GRAND GABARIT  
CONCEPT DE PARIS

Le concept de Paris va encore plus loin que celui de Stockholm, parce qu'il réduit le nombre de passagers assis et accroît les espaces disponibles pour les gens debout. La capacité de 84 pour gens assis dans le véhicule de Toronto est réduite à 46. Evidemment, nous avons accru de façon presque extraordinaire, la capacité de transport pour les gens debout de 173 à 291. Soulignons de nouveau que cette augmentation a été obtenue en accordant 25.9% de l'espace du plancher réservé aux gens assis, alors que dans le véhicule de Toronto, 55.6% de la surface de plancher était réservé aux gens assis. Le véhicule de Paris réserve 74.1% de l'espace du plancher aux gens debout plutôt que 44.4%, ce qui résulte dans cette augmentation très substantielle de la capacité.

---

Nous avons exhibé les caisses, c'est-à-dire les dimensions des véhicules quant à l'espace du plancher réservé aux gens assis et aux gens debout. Nous avons fait des comparaisons entre les véhicules en appliquant le concept d'une ville au véhicule d'une autre ville afin de réduire à un commun dénominateur la comparaison des capacités de transport des divers véhicules étudiés selon leurs dimensions. Nous reviendrons sur tout ceci, quand nous établirons des comparaisons de rendement et de coût.

# Grand Gabarit : Concept de Paris



<u>Capacité</u>		<u>Paris</u>
Assis	_____	46
Debout	_____	291
Total	_____	<u>337</u>

### III — LE BOGIE

Avant de procéder aux comparaisons de performance, il est d'abord opportun de souligner que les grands fournisseurs de métro sont d'accord pour déclarer que la technologie moderne rend possible, des équipements capables de fournir des taux d'accélération et de décélération limités seulement par le confort des voyageurs.

Ce point est d'importance capitale et nous devons insister là-dessus. Que le véhicule soit sur roues d'acier ou qu'il soit sur roues avec pneumatiques, les puissances d'adhérence ou d'adhésion des roues sur rail ou sur le béton dans le cas du pneumatique, en théorie, peuvent être meilleures dans un cas comme dans l'autre. Cependant, ce qui limite les taux d'accélération et les taux de freinage dans les véhicules de métro dans le monde entier, n'est pas l'équipement, pas la technologie, pas les progrès de l'art, mais bien le confort et la tolérance des voyageurs. Un exemple concret: on ne peut dépasser, aujourd'hui, un taux d'accélération de 4 milles à l'heure par seconde et cette limite est acceptée par tous les opérateurs de métro. Vous allez dire qu'en 1910, le seul taux qui était acceptable était de 2, maintenant c'est 4. Peut-être que dans 50 ans, ce sera 5 ou 6. Ceci est possible, mais on ne peut construire aujourd'hui un métro qui va soumettre les voyageurs à des taux d'accélération qui dépassent 3.5. De fait, même celui de Paris qui jouit d'une puissance d'adhésion très forte à cause du pneumatique, ne peut pas mettre à profit cet avantage théorique. Il en est de même pour le freinage. Vous ne pouvez soumettre un groupe de voyageur et surtout les gens debout, qui souvent, n'ont pas d'appui, à des taux de freinage ou d'accélération qui dépassent leur tolérance.

---

Les voitures transportant les masses du métro sont portées par du :

- A. — MATÉRIEL ROULANT SUR ACIER, qui est conventionnel à tous les chemins de fer et que tous connaissent, et
- B. — MATÉRIEL ROULANT SUR PNEUMATIQUES, tel qu'adopté par la Régie Autonome des Transports Parisiens pour le métro de Paris.

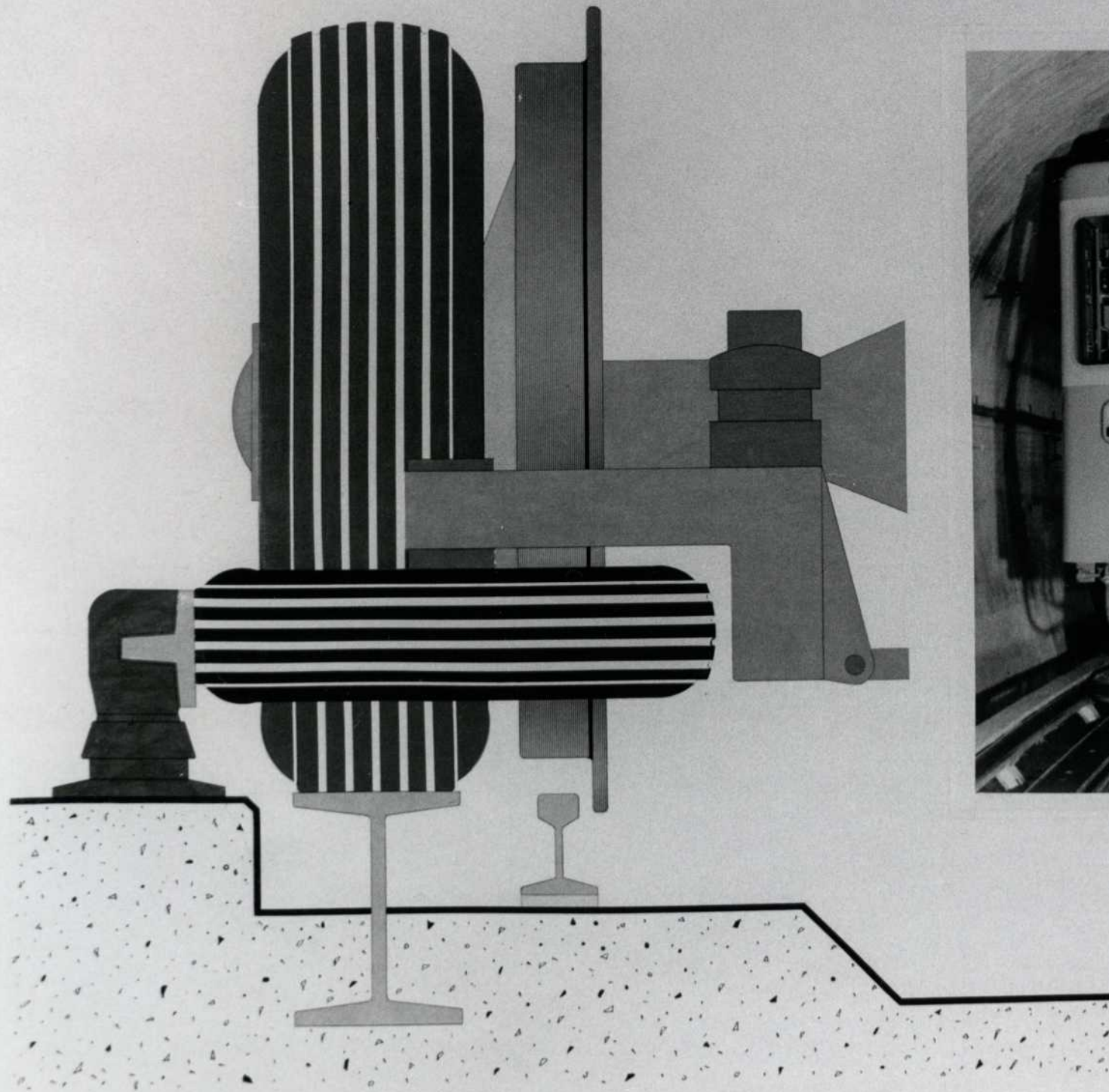
#### EXHIBIT: MATÉRIEL SUR PNEUMATIQUES

Nous avons ici une photographie d'un tunnel de la ligne no 11 à Paris où la rame est portée sur pneumatiques. La photographie donne une idée de la largeur du véhicule. Il est porté sur pneumatiques avec roues de guidage des deux côtés. A gauche, un schéma qui démontre les principaux éléments de ce système. Il y a la roue de caoutchouc elle-même, qui porte sur une poutre en I entre gares. Pour les périodes de démarrage et de freinage, la piste de roulement est en béton. Pour guider le véhicule, vu l'absence du rail conventionnel, les roues de guidage appuient sur des pistes latérales. Un rail en acier est cependant requis pour la roue d'acier qui doit guider le véhicule dans les aiguillages et qui sert aussi comme mesure sécuritaire, s'il y avait des crevaisons.

---

Nous passons maintenant au domaine des comparaisons entre véhicules et leurs caractéristiques de rendement affectées par le bogie. Avant de passer à ces comparaisons, nous avons cru qu'il serait bon de démontrer comment s'opère un métro typique entre gares. Ceci peut s'appliquer à tous les métros du monde.

# Matériel sur Pneumatiques



## C. — COMPARAISONS

### 1. — VITESSE COMMERCIALE

#### EXHIBIT: ÉLÉMENTS DE LA VITESSE COMMERCIALE D'UN MÉTRO

Vous avez sur l'ordonnée, les milles par heure et sur l'abscisse, les secondes. Cette courbe illustre bien les éléments qui contrôlent la vitesse commerciale d'un métro:

a) Une période de démarrage, contrôlée par le taux d'accélération, qui dure un certain nombre de secondes. Notons que la courbe part au début de façon très raide et s'aplatit, non pas parce que vous cessez de fournir l'énergie électrique, mais parce que les moteurs électriques de traction fournissent une torque maximum au départ, qui diminue à mesure que le moteur tourne plus vite. Une fois une certaine vitesse atteinte, toute augmentation dans la vitesse requiert des sommes d'énergie qui ne peuvent être justifiées au point de vue économique.

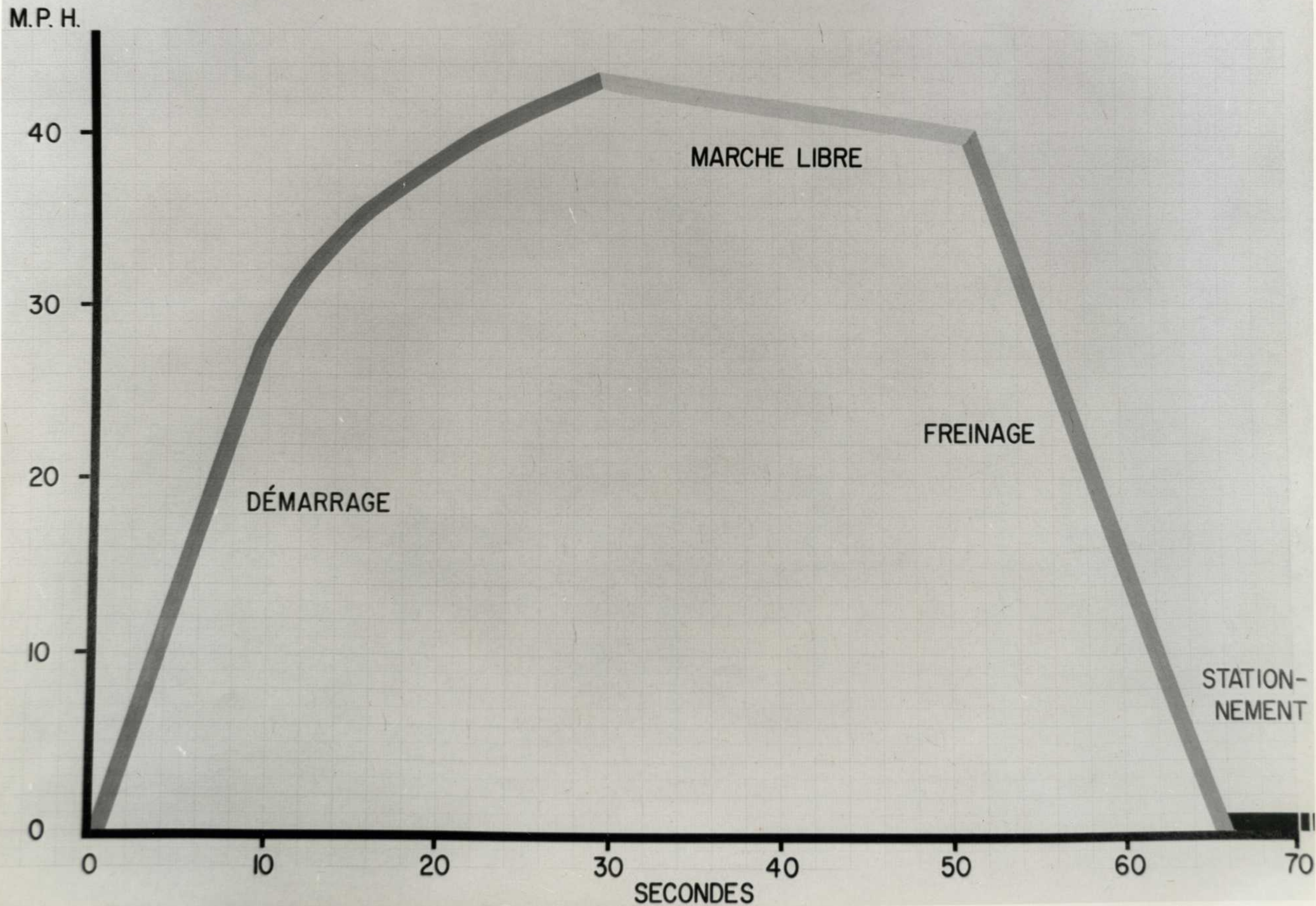
La plupart des métros se contentent donc d'atteindre un taux de vitesse maximum de l'ordre de 45 à 50 milles à l'heure. D'ailleurs, un autre élément exerce un contrôle sur ce facteur: les distances entre gares. Ce taux maximum d'accélération résulte d'un compromis entre la distance entre gares, entre la vitesse commerciale désirable et les coûts d'exploitation.

b) Une marche libre durant laquelle la rame roule sans aucune accélération et sans aucune consommation d'énergie électrique.

c) A l'approche de la gare, les freins doivent être appliqués durant un certain nombre de secondes. La plupart des métros modernes prennent avantage de la régénération de l'énergie électrique pour freiner. Certaines villes, comme Paris, se contentent d'employer la méthode traditionnelle des freins mécaniques.

d) La période de stationnement, dans la gare elle-même, est très importante, car elle vous permet de prendre vos voyageurs et de les laisser descendre. Ces quatre éléments de démarrage, marche libre, freinage et stationnement sont tous des éléments qui affectent la vitesse commerciale du métro et qui ont une conséquence très prononcée sur le coût d'exploitation et sur le coût de l'entretien de l'équipement. Nous y reviendrons quand nous irons dans le détail des comparaisons de coût.

# Éléments de la Vitesse Commerciale d'un Métro



## 2. — DÉMARRAGE

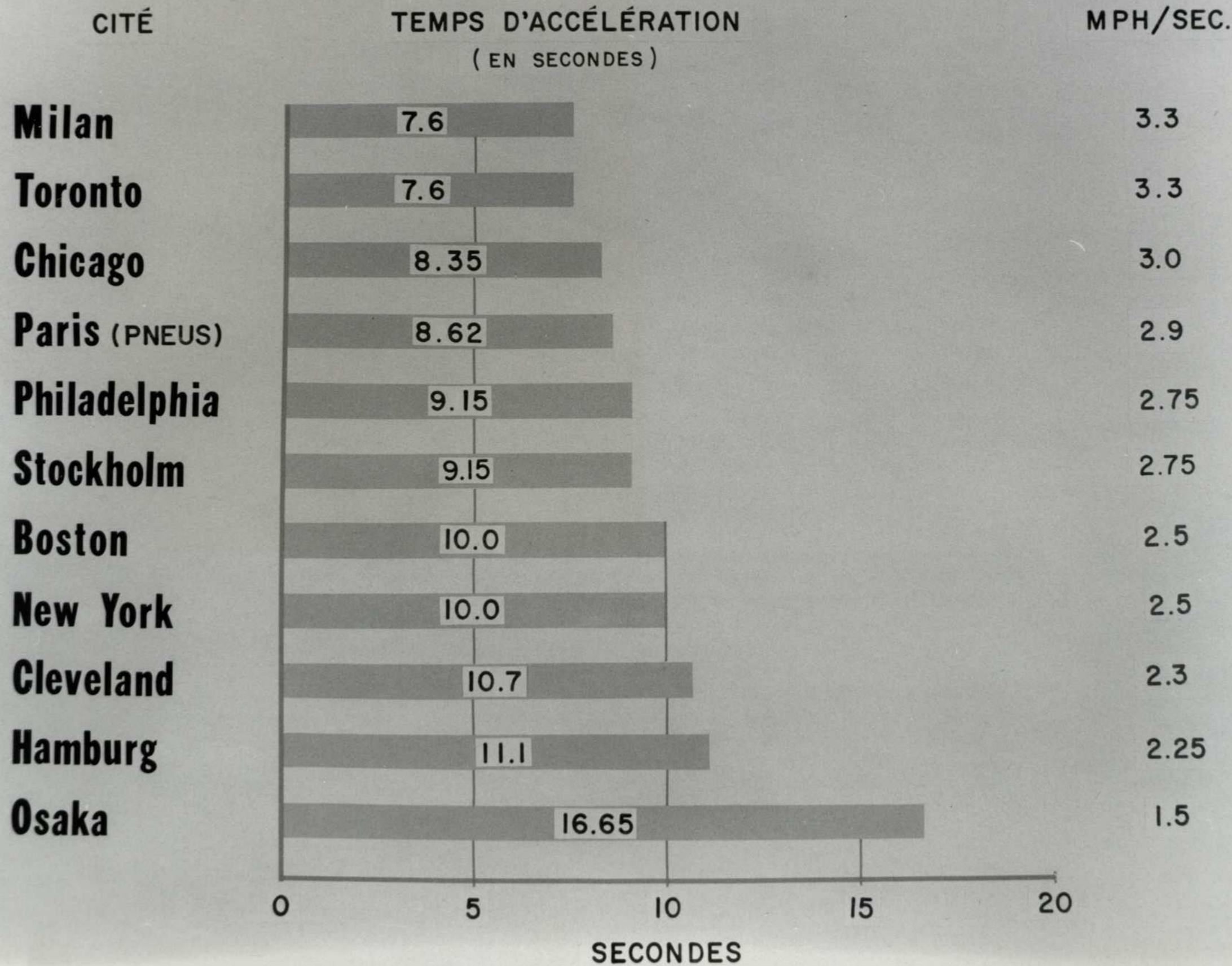
### EXHIBIT: TEMPS POUR ATTEINDRE UNE VITESSE DE 25 M.P.H.

Voici un exhibit qui démontre, pour les diverses villes dont nous avons décrit le système précédemment, un temps pour atteindre une vitesse de 25 milles par heure. On trouve sur l'abscisse, le temps d'accélération en seconde pour obtenir ce 25 milles à l'heure et le taux d'accélération correspondant en milles par heure par seconde. Notons ici, et c'est très intéressant, que Milan et Toronto, par exemple, ont des taux d'accélération de 3.3 qui sont les plus rapides et qui permettent d'atteindre une vitesse de 25 milles par heure en 7.6 secondes.

L'équipement sur pneumatiques a un temps d'accélération de 8.62 secondes, correspondant à un taux d'accélération de 2.9 milles à l'heure par seconde.

Le pneumatique pourrait, théoriquement, obtenir des taux d'accélération de 8, 9, 10, 12 milles par heure par seconde. Cependant, les deux facteurs suivants entrent en jeu: premièrement, de tels taux d'accélération seraient absolument intolérables pour les passagers, et, deuxièmement, les coûts de tels taux d'accélération au point de vue consommation d'énergie électrique, rendraient une telle opération inacceptable. L'avantage qu'on préconise pour le pneu, d'une plus grande puissance d'adhésion sur la piste, afin de donner de plus hauts taux d'accélération, ne peut pas être mis à profit par un véhicule de métro.

# Temps pour Atteindre une Vitesse de 25 mph



### 3. — FREINAGE

#### EXHIBIT: TEMPS D'ARRÊT D'UNE VITESSE DE 25 M.P.H.

Considérons maintenant l'exhibit de freinage. Nous n'avons pu aller sur place partout, pour contrôler nous-mêmes l'exactitude des données. Dans certains cas, nous avons obtenu les spécifications des véhicules fournis aux manufacturiers. Ceci ne veut pas dire que l'équipement ne peut pas dépasser ce taux-là.

Cet exhibit, évidemment, est l'inverse du précédent. Il indique le temps d'arrêt à partir d'une vitesse de 25 milles à l'heure.

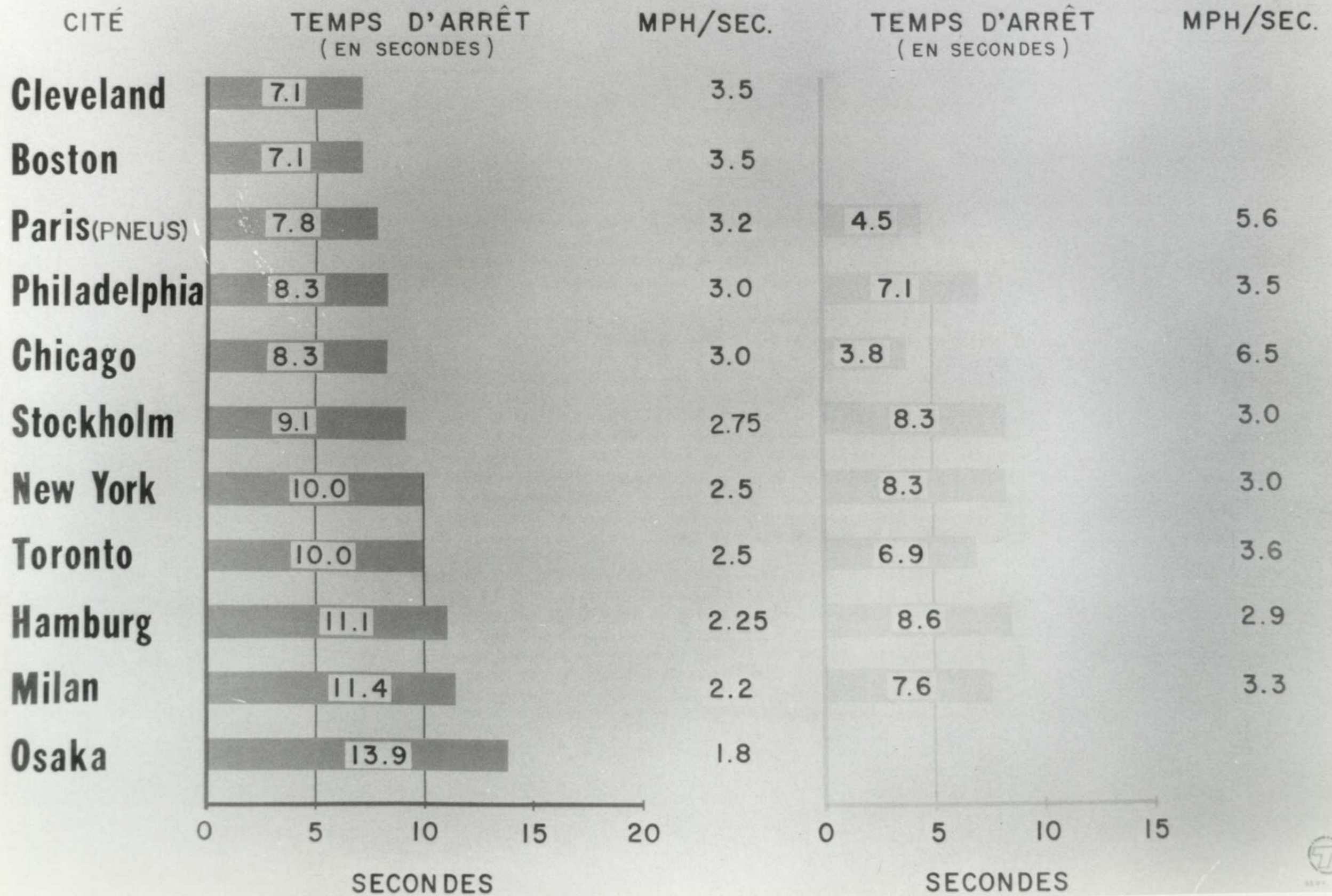
Nous avons encore là une liste des villes. Cette fois-ci l'exhibit doit être nécessairement divisé en deux, parce que le freinage peut servir à deux fonctions. Sa principale fonction et sa fonction normale, c'est d'arrêter le train à la gare selon l'horaire. Cette fonction est remplie par les freins de service. Nous avons aussi un capacité additionnelle, qui ne doit pas être utilisée dans le service, parce qu'elle dépasse la tolérance du passager, mais qui, lors d'une catastrophe imminente ou un danger d'accident, peut arrêter le véhicule très rapidement. Alors ici, les villes sont listées selon le taux de décélération des freins de service et le temps d'arrêt de 25 milles à l'heure à zéro.

Dans les freins d'urgence, Chicago peut atteindre, avec des roues d'acier sur rail d'acier, un taux de décélération permettant un arrêt en 3.8 secondes. Comment cela peut-il être possible alors que le pneu a une puissance d'adhérence plus grande que la roue d'acier sur rail? C'est parce qu'à Chicago, ils ont converti des "PCC cars" qui étaient des anciens tramways sur lesquels on trouve, et des freins dynamiques, qui contrôlent l'arrêt du véhicule, et des freins mécaniques mais, en plus, des "Track Brakes", c'est-à-dire des sabots longitudinaux qui peuvent s'écraser sur le rail et produire un arrêt très brusque.

# Temps d'Arrêt d'une Vitesse de 25 mph

## FREINS DE SERVICE

## FREINS D'URGENCE



4. — EFFET DE LA VITESSE COMMERCIALE SUR  
L'ACHAT DE MATÉRIEL ROULANT

EXHIBIT: RAMES REQUISES À DIVERSES  
VITESSES COMMERCIALES

Cet exhibit a été préparé pour un métro d'une distance de 7 milles aller-retour, capable de transporter un maximum à l'heure de pointe de 45,000 passagers par heure, à raison de 1,500 passagers par rame. Nous avons établi le coût d'une rame à \$700,000, quel que soit le système de métro, simplement pour fins de comparaison. A une vitesse commerciale, c'est-à-dire une vitesse moyenne de 30 m.p.h., 7 rames sont requises et leur coût d'achat est de \$4,900,000.

A mesure que la vitesse commerciale diminue, le coût, pour donner le même service et la même capacité de transport pour la ligne, augmente.

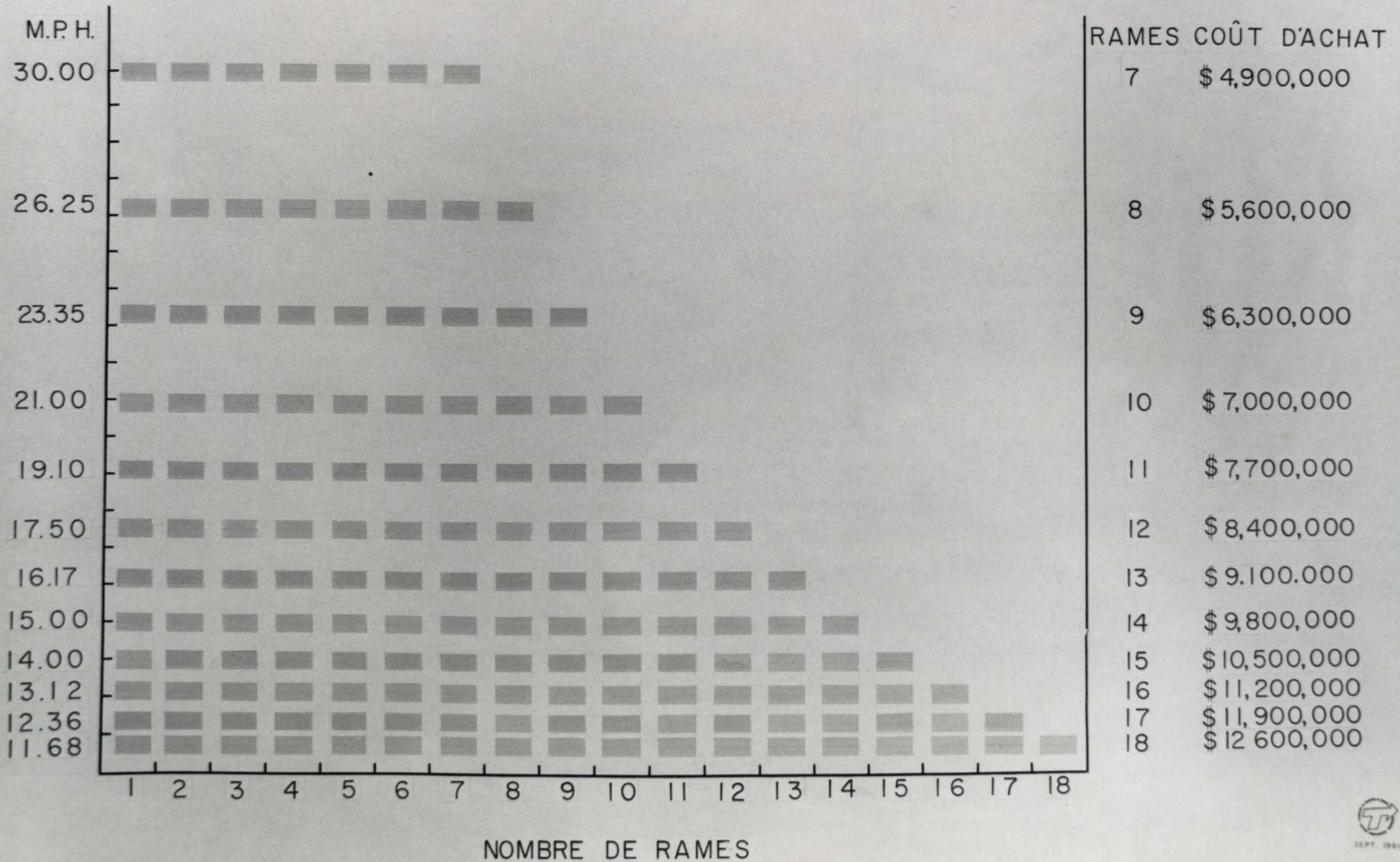
A une vitesse de 15 milles à l'heure, il faut 14 rames, ce qui augmente l'investissement initial pour les véhicules à \$9,800,000. On pourrait être tenté de dire qu'une très haute vitesse commerciale serait désirable. Oui, mais certains autres facteurs entrent en jeu: le taux d'accélération, non seulement au point de vue de la tolérance humaine, mais aussi du point de vue coût de l'énergie électrique, lequel devient prohibitif; le taux de freinage; l'espacement entre gares et les temps de stationnement en gare. De fait, dans les métros du monde entier, des vitesses commerciales supérieures à 25 milles à l'heure n'existent pas. Des vitesses commerciales supérieures seraient probablement réalisables sur des systèmes de nature suburbaine, là, où les grandes distances entre gares permettent un taux d'accélération soutenu sur de longues distances.

# Rames Requises à Diverses Vitesses Commerciales

PASSAGERS PAR HEURE: 45,000  
 PASSAGERS PAR RAME: 1,500

DISTANCE: 7 MILLES  
 INTERVALLES: 2 MINUTES

COÛT PAR RAME: \$700.000



#### IV — CAPACITÉ DE TRANSPORT

Pour comparer le petit et le grand gabarit du point de vue transport, il faut bien se garder de comparer directement et sans aucun ajustement le véhicule de métro d'une ville, à celui d'une autre, et cela à cause des grandes variations qui existent dans le degré de confort des divers types de véhicules. Un exemple extrême illustrera ce point: il serait inadmissible de comparer directement, du point de vue financier, deux véhicules de métro, même s'ils étaient de même gabarit, si dans l'un il n'y a aucun siège et que par conséquent tous les passagers sont debout, alors que dans l'autre tout l'espace est réservé aux sièges et tous les passagers sont assis.

Cet exemple est extrême, mais il sert néanmoins à démontrer que pour avoir une véritable comparaison de l'aspect économique du grand ou du petit gabarit, il faut d'abord poser des bases de comparaison qui placent l'un et l'autre véhicule au même niveau.

Nous avons donc pris le véhicule de Paris avec sa capacité telle qu'indiquée précédemment, soit 24 sièges ou 25.9% de la surface de plancher assignée aux passagers assis, et 141 passagers debout occupant 74.1% de la surface de plancher, donc une capacité totale de 165 passagers par véhicule. Pour obtenir une capacité de 1,500 passagers par rame et pour obtenir la capacité ultime de la ligne de 45,000 passagers par heure, 9 de ces véhicules sont requis. Dans le véhicule de Stockholm, en y appliquant toujours le concept de Paris, (calcul du 25.9% et du 74.1% uniforme pour tous les trois), nous avons cette fois-ci une capacité de 209 et pour transporter 1,500 passagers par rame, 8 véhicules sont requis. De fait, il en faudrait seulement 7 pour obtenir 1,463, mais huit véhicules sont nécessaires pour assurer que le minimum de 1,500 passagers soit atteint.

De même pour le véhicule de Toronto, pour obtenir la capacité de 1,500 passagers par rame, quand on applique les proportions d'utilisation d'espace de Paris, on obtient une capacité de 337. C'est donc dire encore une fois que pour obtenir la capacité minimum de 1,500 passagers par rame, on doit employer 5 de ces véhicules. Notons immédiatement qu'avec 5 de ces véhicules, nous obtenons dès lors, une capacité de 1,685 voyageurs par rame, et non de 1,500. Nous voulons indiquer immédiatement que toute la comparaison a été faite sur cette base de 1500. Elle aurait pu être faite sur la base inverse et ceci aurait donné des résultats encore plus surprenants. C'est-à-dire que si nous avions fait toutes nos comparaisons, non pas sur la répartition de l'espace employée à Paris et appliquée aux deux autres véhicules, mais sur la base du concept d'un plus grand confort là où la proportion de la surface de plancher est de 55.4% pour les gens assis, par rapport à 44.6% pour les gens debout, les capacités suivantes auraient résulté: 257 passagers pour le véhicule de Toronto. Pour obtenir une capacité de 1,500 passagers par rame, six véhicules à grand gabarit seraient requis. Mais, par contre, dans le véhicule à petit gabarit, la capacité serait réduite à 130 passagers. Afin d'obtenir 1,500 passagers par rame, douze véhicules seraient nécessaires pour maintenir la capacité de la ligne. Ce qui serait exactement le double du nombre de véhicules du type de Toronto. Pourquoi? C'est assez simple. Alors que les dimensions sont 7' 10" et 49' 6" pour le véhicule de Paris, elles sont de 10' 2" et de 74' 5" pour le véhicule de Toronto. C'est donc dire que la surface de plancher du véhicule à grand gabarit (692 pieds carrés) est presque exactement le double de la surface de plancher du véhicule à petit gabarit (355 pieds carrés).

Voitures de Métro — Tendances des Coûts  
1961 - 1961

V — COÛTS COMPARATIFS — EN GÉNÉRAL

L'examen de la série d'exhibits qui suit amène à conclure que "grosso

modo":

L'ÉCONOMIE DE FER ÉTABLISSEMENT ET D'ENTRETIEN SUBSÉ-  
QUENT EST CONSÉCUTIVE À LA DIFFÉRENCE DU NOMBRE DE VÉHICU-  
LES REQUIS POUR LE TRANSPORT DU MÊME NOMBRE DE PASSAGERS.

Faisons maintenant nos comparaisons entre coûts d'achat et coûts d'entretien et d'opération, entre le véhicule de Toronto et le véhicule de Paris avec celui de Stockholm comme contrôle. Basé sur le concept de Paris (229% de la capacité de 337 pour gens assis et 741% pour gens debout), le véhicule de Toronto a une capacité de 337 et celui de Paris de 102.

I — ACHAT

a) EXHIBIT: TENDANCE DES COÛTS D'ACHAT

Cet exhibit, qui n'a rien à voir directement avec la comparaison est tout de même intéressant. Il démontre les tendances des coûts d'achat de 1950 à 1961 pour les voitures de métro qui ont été achetées par divers systèmes. (Les données dans le tableau sont en dollars, l'abscisse indique les années d'achat). Les courbes démontrent que les prix d'achat de tous les véhicules qui ont été achetés soit à Chicago, à Boston ou Cleveland, ou même à Toronto et à New York sont à la hausse. Ce n'est pas un secret pour personne, les coûts de matériel et les coûts de main-d'œuvre sont à la hausse depuis la guerre et continuent à grimper. Cependant, et c'est là l'aspect intéressant, Toronto en donnant un coup de main en achetant un concept à succès d'un véhicule de métro à grande capacité relativement léger a réussi à tenir ses coûts d'achat par rapport aux autres véhicules de métro, une diminution dans les coûts d'achat par rapport aux autres.

CLEVELAND  
NEW YORK

BOSTON

CHICAGO

TORONTO

## V — COÛTS COMPARATIFS — EN GÉNÉRAL

L'examen de la série d'exhibits qui suit amène à conclure que "grosso modo":

L'ÉCONOMIE DE 1<sup>er</sup> ÉTABLISSEMENT ET D'ENTRETIEN SUBSÉ-  
QUENT EST CONSÉCUTIVE À LA DIFFÉRENCE DU NOMBRE DE VÉHICU-  
LES REQUIS POUR LE TRANSPORT DU MÊME NOMBRE DE PASSAGERS.

Faisons maintenant nos comparaisons entre coûts d'achat et coûts d'entretien et d'opération, entre le véhicule de Toronto et le véhicule de Paris avec celui de Stockholm comme contrôle. Basé sur le concept de Paris (25.9% de l'espace pour gens assis et 74.1% pour gens debout), le véhicule de Toronto a une capacité de 337 et celui de Paris de 165.

### 1. — ACHAT

#### a) EXHIBIT: TENDANCE DES COÛTS D'ACHAT

Cet exhibit, qui n'a rien à voir directement avec la comparaison, est tout de même intéressant. Il démontre les tendances des coûts d'achats de 1950 à 1961 pour les voitures de métro qui ont été achetées par divers systèmes. (L'ordonnée donne le coût par pied linéaire en dollars, l'abscisse indique les années d'achats). Les courbes démontrent que les prix d'achat de tous les véhicules qui ont été achetés, soit à Chicago, à Boston ou Cleveland, ou même à Toronto et à New York, sont à la hausse. Ce n'est pas un secret pour personne, les coûts de matériel et les coûts de main-d'oeuvre sont à la hausse depuis la guerre et continuent à grimper. Cependant, et c'est la raison d'être de l'exhibit, Toronto, en donnant un coup de barre et en adoptant un concept nouveau d'un véhicule de métro à grand gabarit relativement léger, a réussi à renverser la tendance et à obtenir pour leurs voitures de métro, une diminution dans les coûts d'achat par pied de longueur.

# Voitures de Métro — Tendances des Coûts 1950 - 1961

COÛT PAR PIÉD DE LONGUEUR

\$  
2500

2000

1500

1000

500

1950

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

1961

VOITURE LOURDE - 60'-3"

VOITURE LOURDE - 55'-8"

VOITURE MOYENNE - 48'-6"

VOITURE MOYENNE - 48'-6" & 55'-0"

VOITURE LÉGÈRE - 48'-0"

TORONTO

VOITURE

BOSTON

CHICAGO

LÉGÈRE - 74'-5"

CLEVELAND

NEW YORK

- b) EXHIBIT: VOITURE DE MÉTRO — PRIX  
COMPARATIFS
- c) EXHIBIT: PRIX COMPARATIFS DES RAMES  
DE MÉTRO

Pour les fins de comparaison, le prix payé à Paris ou à Stockholm, par exemple, fut ajusté en dollars canadiens, en y ajoutant les droits d'entrée, les droits de vente et les impôts usuels s'appliquant à du matériel importé.

# VOITURES DE MÉTRO

PRIX COMPARATIFS

CITÉ

**Paris**  
(PETIT GABARIT)

**Stockholm**  
(MOYEN GABARIT)

**Toronto**  
(GRAND GABARIT)

**New York**

**Philadelphia**

**Cleveland**

LONGUEUR	LARGEUR	POIDS (LIVRES)	PRIX PAYÉ ET ANNÉE D'ACHAT	COÛT À LA LIVRE (ACTUEL)
49'6"	7'10"	52,400 acier	\$ 73,863 (1961-62)	\$ 1.41
55'9"	8'10"	60,200 acier	120,697 (1958)	2.02
74'5"	10' 2"	60,000 aluminium	100,000 (1961)	1.66
60'3"	9' 9"	82,000 acier	158,000 (1959)	1.92
55'0"	9' 0"	58,000 inoxydable	131,900 (1960)	2.27
48'6"	10' 4"	55,000 acier	125,500 (1960)	2.28

NOTE : F.O.B. MONTRÉAL TOUTES TAXES INCLUSES



SEPT. 1961



# PRIX COMPARATIF DES RAMES DE MÉTRO

(1500 PASSAGERS PAR RAME)

CITÉ	DIMENSIONS D'UNE VOITURE		VOITURES PAR RAME	PASSAGERS PAR RAME	COÛT PAR RAME	COÛT D'UNE RAME PAR PASSAGER
	LONGUEUR	LARGEUR				
<b>Paris</b> (PETIT GABARIT)	49'6"	7'10"	9	1485	\$563,352	\$381
<b>Stockholm</b> (MOYEN GABARIT)	55'9"	8'10"	8	1672	\$965,576	\$577
<b>Toronto</b> (GRAND GABARIT)	74'5"	10'2"	5	1685	\$500,000	\$297

NOTE: F.O.B. MONTRÉAL TOUTES TAXES INCLUSES



SEPT. 1961

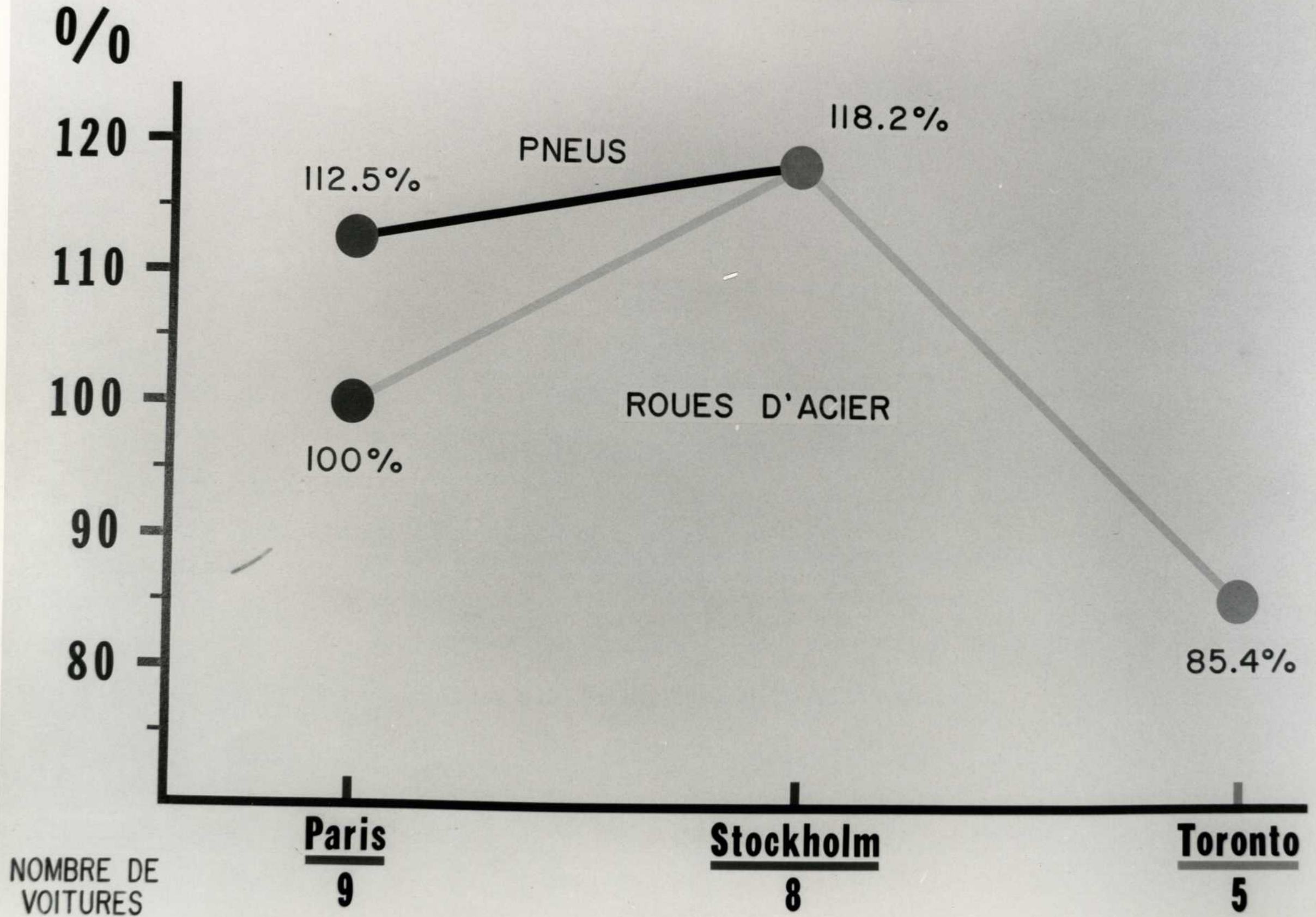
## 2. — EXPLOITATION

### a) EXHIBIT: CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Si nous assumons les mêmes capacités de transport et les mêmes taux d'accélération pour les rames des trois systèmes équipés avec voitures à petit, moyen et grand gabarit avec roues d'acier sur rails, la consommation d'énergie électrique est proportionnelle au poids des rames. Employant le barème de 100% pour la rame de Paris, le pourcentage de consommation d'énergie de la rame de Stockholm s'établit à 118.2% et celui de Toronto à 85.4%, toujours en fonction du poids.

Quant à l'augmentation de la consommation d'énergie pour le véhicule à petit gabarit sur pneumatiques, elle est causée par la plus forte friction du caoutchouc sur piste en béton ou en acier que de la roue d'acier sur rail d'acier.

# Consommation d'Énergie



b) EXHIBIT: COÛTS COMPARATIFS D'EXPLOITATION  
(Cents par voiture-mille)

---

Nous avons sérieusement tenté d'obtenir des coûts d'exploitation en cents par voiture-mille de New York, Chicago, Philadelphie, Cleveland et Toronto. Ce sont tous des transporteurs du continent nord-américain où nous avons cru que les coûts pouvaient avoir une certaine corrélation. Mais après avoir obtenu ces données et ces renseignements, nous avons conclu qu'une comparaison de coûts d'exploitation d'une ville contre une autre ne pouvait pas servir pour les fins de choix de véhicule pour Montréal. Les écarts sont trop considérables. Ces écarts s'expliquent, mais ne se réconcilient pas, ni au point de vue comptable, ni au point de vue génie. Nous voyons, par exemple, que pour les voies et aménagements, New York rapporte 13.53¢ par voiture-mille, alors que Cleveland donne 4.67¢ par voiture-mille. Si l'on se basait sur ces renseignements, Cleveland semblerait beaucoup plus efficace que New York et on devrait acheter un équipement comparable à celui de Cleveland. Mais New York possède de vieilles voitures et elles sont très lourdes; de plus, le voyageur est intense. Cleveland a du matériel neuf, très moderne datant de 4 ans seulement, alors qu'à New York le système opère depuis une cinquantaine d'années. Comparer les coûts d'une ville à l'autre dans ces conditions devient purement académique. Enfin, au point de vue comptable, les systèmes diffèrent dans leurs méthodes de computer les coûts et il devient pratiquement impossible d'établir une vraie comparaison de coûts d'un système à l'autre pour l'un ou l'autre poste de dépense. Évidemment si, dans cette liste, on incluait Paris où les standards de vie, surtout les gages, sont moins élevés, les comparaisons seraient encore plus boîteuses.

Nous avons donc décidé de mettre de côté cette méthode de comparaison des coûts réels d'exploitation d'une ville à l'autre.

# COÛTS COMPARATIFS D'EXPLOITATION

## CENTS PAR VOITURE - MILLE

<b>Classification</b>	<b>New York</b> Vieilles Voitures Lourdes	<b>Chicago</b> Voitures Type P.C.C.	<b>Philadelphia</b> Vieux Matériel	<b>Cleveland(1)</b> Matériel Neuf Voies de Surface (4 ans)	<b>Toronto (2)</b> Matériel Neuf Voitures Lourdes (4 Ans)
<b>Voies et Aménagements</b>	13.53	7.52	10.68	4.67	-
<b>Outillage</b>					
Amortissement Exclu	7.14	5.13	7.88	3.79	3.63 (74 Voiture)
Outillage Électrique					3.264 (57 Voiture)
Amortissement Exclu	2.28	0.352	0.301	0.628	-
<b>Énergie Motrice</b>	8.86	9.18	9.64	4.35	-
<b>Opérations De Transport</b>	29.90	30.10	33.4	24.1	4.582
<b>Préposés Aux Rames</b>	7.63	10.42	9.28	8.70	-
<b>Divers</b>	6.87	-	-	7.98	-
<b>Total</b>	69.70	-	-	54.218	-
<b>Kilowatt - Heures Annuelles</b>	5.43	4.62	6.45	-	-

Noté 1 - Cleveland - Entretien À La Charge De L'Usine D'Autobus  
Ne Peut En Être Isolé

Note 2 - Toronto - Travail Exécuté À L'Usine De Tramway Hillcrest  
Ne Peut En Être Isolé



SEPT. 1961

c) EXHIBIT: MILLAGE UNITAIRE

Cette base de comparaison est sur un millage unitaire par 1,000,000 de rames-milles prenant pour acquis que pour 1,000,000 de rames-milles vous devez transporter 1,500 passagers par rame. Les principaux éléments de coûts sont: nombre de motrice: 6 pour Paris, 8 pour Stockholm et 5 pour Toronto. Pour Paris vous avez 3 remorques que vous n'avez pas dans les deux autres cas. Donc un total de 9 voitures pour Paris, de 8 pour Stockholm et de 5 pour Toronto. Il faut toujours se rappeler, et ceci est très important, que cette comparaison est basée sur le concept de Paris appliqué à Stockholm et Toronto. Si nous avions adopté, pour les fins de comparaison, le concept de Toronto appliqué aux véhicules de Paris et de Stockholm, le nombre de voitures requises serait respectivement 12, 10 et 6. Maintenant, pour les unités par rame, 18 bogies pour Paris, 16 pour Stockholm et 10 pour Toronto; pour les essieux (4 par voiture) vous en avez 36, 32 et 20; pour les roues d'acier, vous avez un total de 72 roues pour Paris (8 roues par voiture), 64 pour Stockholm et 40 pour Toronto. Quand on passe, cependant, à la considération du pneumatique, pour comparer au point de vue du coût d'entretien des roues, en unités par rame, vous auriez 144 roues dans le petit gabarit de Paris (16 roues par véhicule). Les moteurs sont au nombre de 24, 32 et 20 (3 remorques sans moteur à Paris).

# MILLAGE UNITAIRE PAR 1,000,000 DE RAME - MILLES

( 1 500 PASSAGERS PAR RAME )




Rame	PARIS Petit Gabarit	STOCKHOLM Moyen Gabarit	TORONTO Grand Gabarit
Motrices	6	8	5
Remorques sans Moteur	3	-	-
Voitures - Totales	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>5</u>
<b>Unités Par Rame</b>			
Bogies	18	16	10
Essieus	36	32	20
Roues D'Acier	72	64	40
Pneus	144	-	-
Moteurs	24	32	20
<b>Base</b>			
Rame - Milles	1,000,000	1,000,000	1,000,000
<b>Millage Résultant</b>			
Voiture - Milles	9,000,000	8,000,000	5,000,000
Bogie - Milles	18,000,000	16,000,000	10,000,000
Essieu - Milles	36,000,000	32,000,000	20,000,000
Roue - Milles (Acier)	72,000,000	64,000,000	40,000,000
Roue - Milles (Pneu)	144,000,000	-	-
Moteur - Milles	24,000,000	32,000,000	20,000,000

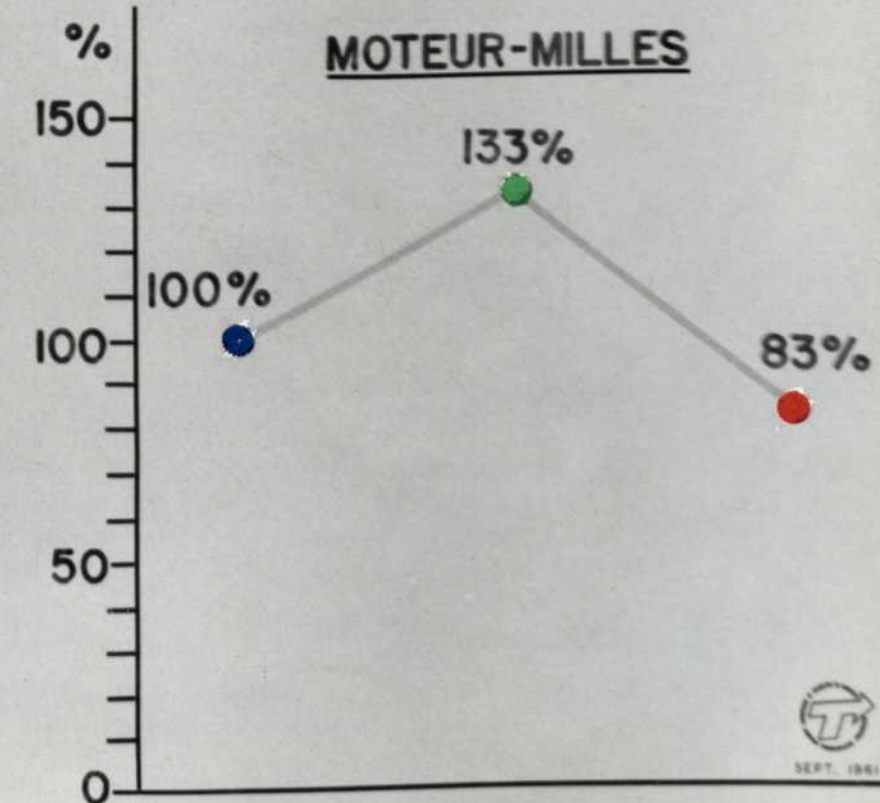
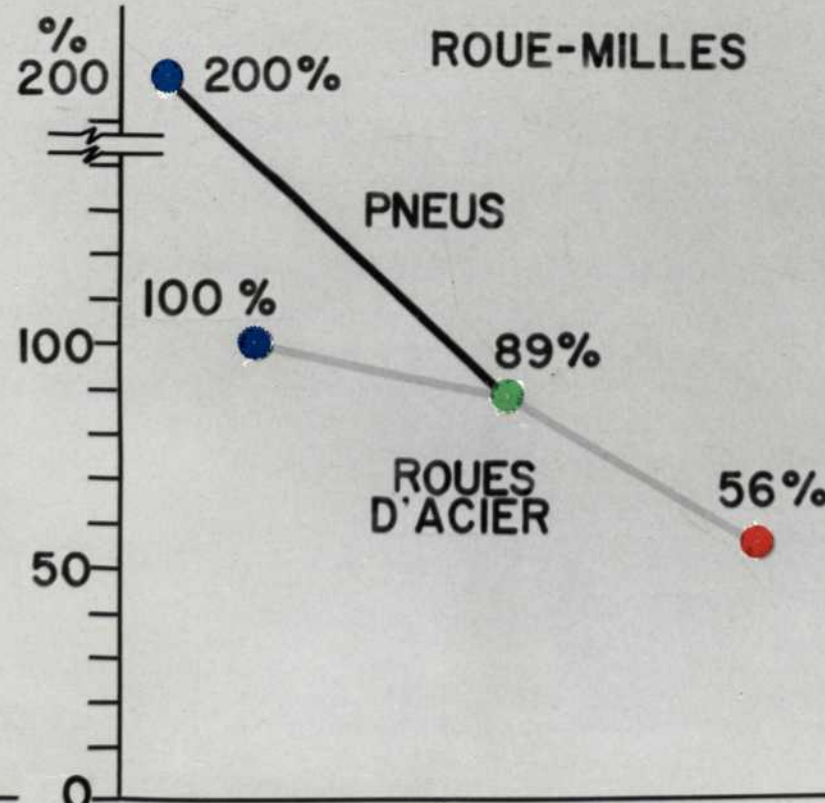
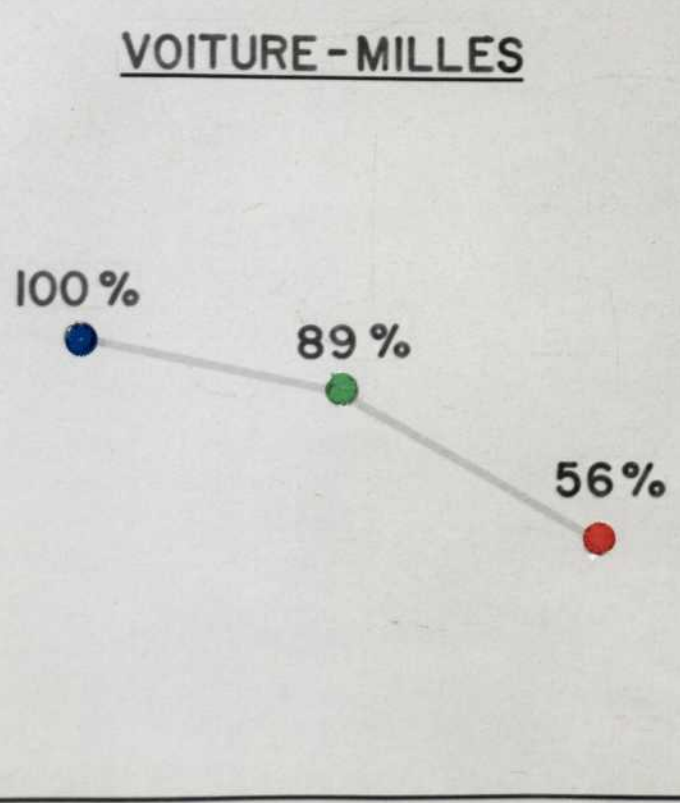
d) EXHIBIT: FACTEURS D'ENTRETIEN PAR RAME

Ce tableau démontre de façon graphique et visuelle les résultats expliqués à l'exhibit précédent. Pour transporter 1,500 passagers par rame avec le petit gabarit sur pneus, 6 motrices et 3 remorques, soit 9 véhicules d'une longueur hors tout de 476 pieds, sont requises avec leur complément de 144 pneus et 24 moteurs. Avec le moyen gabarit, vous avez 8 voitures avec totaux correspondants et pour le grand gabarit de Toronto, 5 véhicules sont requis avec 40 roues et 20 moteurs. Là encore, soulignons que si on avait adopté le concept de Toronto, il aurait fallu 12 voitures de petit gabarit représentant une longueur additionnelle de presque de 150 pieds, nécessitant des quais d'une longueur de 625 pieds. Avec le grand gabarit, il ne faudrait qu'ajouter un seul véhicule pour obtenir une capacité de 1,500 passagers par rame, et la longueur de la rame n'aurait été accrue que d'environ 75 pieds, ce qui résulterait dans des quais d'une longueur de 425 pieds seulement. Il faut noter qu'on aurait alors des capacités de réserve, au point de vue transport, qui seraient considérables avec le grand gabarit, par rapport au petit. Maintenant, quant aux voitures-milles, la section au bas de l'exhibit est une représentation graphique de ce que l'on a montré pour ce 5,000,000 voitures-milles par rapport au 9,000,000 voitures-milles. En fait, pour un service donné, 56% de voitures-milles pour la voiture de Toronto correspond à 100% pour le véhicule de Paris. De même façon, pour les roues d'acier sur rails dans les trois systèmes, ces proportions sont encore les mêmes de 56%, 89% et 100%, mais si vous roulez sur pneumatiques, les roues elles-mêmes devront parcourir 200% du millage qui serait parcouru au taux de 56% par les roues d'acier du véhicule à grand gabarit. Pour les moteurs-milles, les proportions ne sont pas les mêmes, parce que si on prend le barème de 100% pour Paris (avec six motrices et trois remorques), 8 motrices pour Stockholm et 5 motrices pour Toronto, alors les pourcentages sont de 100%, 133% et 83% respectivement.

# Facteurs d'Entretien par Rame

(MINIMUM : 1500 PASSAGERS PAR RAME)

	PAR RAME			
	ROUES D'ACIER	PNEUS	MOTEURS	VOITURES
<p>● PETIT GABARIT : 6 MOTRICES , 3 REMORQUES=(476'-2" "HORS TOUT") " POUR MONTRÉAL "</p> 	72	144	24	9
<p>● MOYEN GABARIT : 8 MOTRICES = (456'-8" "HORS TOUT")</p> 	64		32	8
<p>● GRAND GABARIT : 5 MOTRICES = (372'-10" "HORS TOUT")</p> 	40		20	5



e) EXHIBIT: COÛTS D'ENTRETIEN BASÉS  
SUR \$1,000,000 PAR AN

Nous avons démontré, dans les deux tableaux précédents, le millage requis sur une base de 1,000,000 de milles par les diverses parties composantes du véhicule, comme les bogies, les essieux, les moteurs, les pneus, les roues. Maintenant, quel serait le nombre de rames-milles qui résulterait dans un coût d'entretien de \$1,000,000, pour un système de métro équipé avec voitures à petit, moyen ou grand gabarit?

Afin d'établir ces comparaisons de rames-milles, il fallait trouver un coût unitaire en cents par voiture-mille, le modifier selon les différents gabarits et, enfin, le traduire en cents par rame-mille. Ce sont ces cents par rame-mille, divisés dans \$1,000,000 de coûts d'entretien, qui donnent le nombre de rames-milles parcourus par \$1,000,000 d'entretien.

Voyons donc comment nous avons procédé dans l'établissement de ces coûts unitaires d'entretien; nous avons vu précédemment qu'il était impossible d'utiliser les coûts réels d'entretien des véhicules de différentes villes. Nous avons donc décidé qu'il serait préférable d'adopter un coût d'entretien unitaire raisonnable pour chaque poste de dépense et de l'appliquer aux trois véhicules à l'étude en le modifiant selon les variations dans le gabarit, et selon les éléments de différence essentiels, tels que le nombre de portes et le type de roulement, roues d'acier sur rails ou pneumatiques sur pistes.

Mais quel coût d'entretien unitaire choisir? Nous avons choisi celui de Toronto de 3.264 cents par voiture-mille, parce que nous sommes en relation étroite et constante avec les ingénieurs de Toronto, parce que nous connaissons leur métro, parce qu'il s'agit d'un métro de construction récente moderne, et, enfin, d'une ville canadienne semblable à Montréal sous bien des aspects et où les prix du matériel et de la main-d'oeuvre sont comparables aux nôtres. Nous avons cru que c'était un bon endroit pour choisir un coût unitaire qui n'est pas nécessairement le coût d'ailleurs, mais qui est un coût d'exploitation raisonnable et pouvant servir comme base de comparaison.

Comment avons-nous réparti ce coût selon les divers postes de dépenses? Nous avons dû faire certaines hypothèses et vous les trouvez au début de l'exhibit. Nous ne prétendons pas que le coût unitaire d'entretien et sa répartition possèdent une précision se rapprochant du coût réel d'entretien à Paris et Stockholm. Nous maintenons cependant, qu'il s'agit d'un coût raisonnable pour Montréal et valide pour fins de comparaison, car toute erreur ou inexactitude inhérente est appliquée de façon uniforme aux trois véhicules étudiés.

# Coûts d'Entretien Basés sur \$1,000,000 par An

(COUTS EXPRIMÉS EN CENTS/VOITURE/MILLE — (C./V./M.)

TORONTO - 55' 8" Voiture Achete Côt. D'entretien - 3.264 Cents Par Voiture-Mille

STOCKHOLM - 55' 9" Taux De Toronto Assigné à la Voiture De Stockholm

HYPOTHEQUE - 3.264 Cents Reçues comme suit d'après l'expérience de la C.T.M.

Entretien Électrique - 1.498

Entretien de la Carrosserie - 0.934

Entretien des Pneus - 1.332

Dans l'application de ces coûts unitaires, nous avons tout de même fait certains ajustements, car il serait inéquitable d'attribuer le même taux pour l'entretien de la caisse par voiture-mille à une voiture qui a 74.2 pieds comme celle de Toronto et à une autre qui en a 52.5. L'entretien de la caisse est en fonction de sa longueur. C'est-à-dire que pour chaque mille qui est fait par une caisse de 74.2 pieds de long, le coût sera plus considérable que pour celle qui n'a qu'une longueur de 52.5. Alors cette répartition dans le cas de Paris est tout simplement de 0.87 cents par voiture-mille et de 1.250 pour celle de Toronto. Nous avons aussi à la suite de cette répartition de l'entretien des portes sur les framways, des coûts supplémentaires ajoutés aux coûts de la caisse. Quant à l'entretien effectué de la remorque, nous avons ajouté des coûts à des remorques, de points de vue élastiques 10% du coût de la caisse pour l'entretien.

Nous croyons que cela est raisonnable, parce que même si il n'y a pas de moteur sur la remorque, il y a tout de même des lumières, des moteurs électriques pour actionner les portes, etc. Pour l'entretien des portes nous avons réglé, après une étude soignée, que le coût de 1.3 cents par voiture-mille pour Montréal, considérant les 10 portes par voiture, serait comparable à celui de 1.3 cents par mille avec "General Dynamics" qui pour un seul porte-moteur, un étage de porte par ville ont des coûts exacts à Paris par exemple, par voiture-mille, mais même si nous l'avons eu, nous n'aurions pas pu l'appliquer tel quel dans le régime pour lequel se trouvent les conditions locales.

Enfin, nous avons réglé, après une étude soignée, que le coût de 1.3 cents par voiture-mille pour Montréal, considérant les 10 portes par voiture, serait comparable à celui de 1.3 cents par mille avec "General Dynamics" qui pour un seul porte-moteur, un étage de porte par ville ont des coûts exacts à Paris par exemple, par voiture-mille, mais même si nous l'avons eu, nous n'aurions pas pu l'appliquer tel quel dans le régime pour lequel se trouvent les conditions locales.

Maintenant, regardons à l'exemple illustré des chiffres de la table ci-dessus, nous obtenons un total voiture-mille de 4.502 cents pour une voiture de Paris sur un kilomètre, de 3.264 cents pour une voiture de Stockholm et de 3.280 cents pour une voiture de Toronto, dans le régime. Pour le régime suivant, le total pour le véhicule de Stockholm est de 3.884 cents par mille et pour le régime que nous avons étudié, le total est de 3.264 cents par mille et pour le régime de Paris, de 2.55 cents par mille et de 1.900 cents par mille pour Toronto. Pour les véhicules à grand nombre de portes, il est évident que l'entretien est plus coûteux à Paris qu'à Stockholm et à Toronto, mais il est évident que pour les véhicules à petit nombre de portes, le régime de Stockholm est plus avantageux que celui de Paris et que le régime de Toronto est le plus avantageux.

Enfin, nous avons réglé, après une étude soignée, que le coût de 1.3 cents par voiture-mille pour Montréal, considérant les 10 portes par voiture, serait comparable à celui de 1.3 cents par mille avec "General Dynamics" qui pour un seul porte-moteur, un étage de porte par ville ont des coûts exacts à Paris par exemple, par voiture-mille, mais même si nous l'avons eu, nous n'aurions pas pu l'appliquer tel quel dans le régime pour lequel se trouvent les conditions locales.

Remarques

Électricité

Caisse

Logis

Pneus

TOTAL

Remarques

Électricité

Caisse

Logis

Pneus

TOTAL

TORONTO

STOCKHOLM

PARIS

TORONTO

STOCKHOLM

17.900

17.900

17.900

17.900

17.900

Dans l'application de ces coûts unitaires, nous avons tout de même fait certains ajustements, car il serait inéquitable d'attribuer le même taux pour l'entretien de la caisse par voiture-mille à une voiture qui a 74.5 pieds comme celle de Toronto, et à une autre qui en a 52.5. L'entretien de la caisse est en fonction de sa longueur. C'est-à-dire que pour chaque mille qui est fait par une caisse d'un véhicule qui a 74.5 pieds de long, le coût sera plus considérable que pour celle qui n'a qu'une longueur de 52.5. Alors cette répartition dans le cas de Paris est tout simplement de .087 cents par voiture-mille et de 1.250 pour celle de Toronto. Nous savons aussi à la lueur de notre expérience de l'entretien des portes sur les tramways, que chaque porte additionnelle ajoute environ 5% à l'entretien de la caisse. Quant à l'entretien électrique de la remorque, nous avons pris (parce que seul Paris a des remorques), au point de vue électricité 10% du coût de la motrice pour l'entretien. Nous croyons que cela est raisonnable, parce que même s'il n'y a pas de moteur sur la motrice, il y a tout de même des lumières, des moteurs électriques pour actionner les portes, etc. Pour l'entretien des pneus, nous avons établi, après une étude serrée, que le prix de 1.3 cents par voiture-mille pour Montréal, considérant les 16 pneus par voiture, serait conservateur. Ce taux a d'ailleurs été vérifié avec "General Dynamics" qui poursuivent une étude du problème pour une ville américaine. D'ailleurs, c'est un coût dérivé pour Montréal et non pour une ville européenne. Nous ne savons pas quel est le coût exact à Paris, par exemple, par voiture-mille, mais même si nous l'avions su, nous n'aurions pas pu l'employer ici, sans le modifier pour qu'il se conforme aux conditions locales.

Maintenant, passons à l'examen détaillé des chiffres que cette planche révèle. Nous obtenons un total voiture-milles de 4.507 cents pour une voiture de Paris sur pneumatiques, de 3.264 cents pour une voiture de Stockholm et de 3.580 cents pour une voiture de Toronto, pour la motrice. Pour la remorque seulement, le coût pour le véhicule de Paris est de 3.386 cents. Maintenant pour la rame, parce que cette fois-ci c'est non seulement le coût de la voiture, mais du nombre de voitures par rame, on obtient un coût total par rame sur pneumatiques de 37.2 cents par rame-mille et sur roues d'acier, à Paris, de 25.5 cents par rame-mille, de 26.11 cents pour Stockholm et de 17.90 cents par rame-mille pour Toronto. Pourquoi les véhicules à grand gabarit coûtent-ils moins cher en coûts d'entretien que ceux à petit gabarit? Pour deux raisons principales: la première, c'est le plus petit nombre d'unités pour une même capacité de transport, la seconde, c'est l'usure et l'entretien des pneus.

# Coûts d'Entretien Basés sur \$1,000,000 par An

(COÛTS EXPRIMÉS EN CENTS/VOITURE/MILLE — (C./V./M.)

TORONTO - 55' 8" Voiture Actuelle Côté D'Entretien - 3.264 Cents Par Voiture - Mille

STOCKHOLM - 55' 9" Taux De Toronto Assigné à la Voiture De Stockholm

HYPOTHÈSES: 1. - 3.264 Cents Réparties comme suit d'après l'expérience de la C.T.M.

- Entretien Électrique - 1.198
- Entretien de la Caisse - 0.934
- Entretien du Bogie - 1.132
- Entretien Total 3.264 Cents/Voiture/Mille

2. - Entretien de la Caisse est en fonction directe de sa longueur

3. - Chaque Porte additionnelle ajoute 5% à l'entretien de la caisse

4. - Entretien Électrique de la Remorque = 10% de la Motrice

5. - Entretien de Pneus par contrat à 1.3 cents voiture - mille

VOITURES				RAMES			
Motrices	PARIS	STOCKHOLM	TORONTO	Rames	PARIS	STOCKHOLM	TORONTO
	4 Portes 52'5" MOTRICE 50'5" REMORQUE	4 Portes 55'9" MOTRICE -	6 Portes 74'5" MOTRICE -		6 MOTRICES 3 REMORQUES	8 MOTRICES -	5 MOTRICES -
Electricité	1.198 <sub>cvm</sub>	1.198 <sub>cvm</sub>	1.198 <sub>cvm</sub>	Electricité	(6 x 1.198) (3 x 0.119) 7.545 <sub>crm</sub>	(8 x 1.198) 9.584 <sub>crm</sub>	(5 x 1.198) 5.990 <sub>crm</sub>
Caisse	0.877	0.934	1.250	Caisse	(6 x 0.877) (3 x 0.835) 7.767	(8 x 0.934) 7.472	(5 x 1.250) 6.250
Bogie	1.132	1.132	1.132	Bogie	(9 x 1.132) 10.188	(8 x 1.132) 9.056	(5 x 1.132) 5.660
Pneus	1.300	-	-	Pneus	(9 x 1.300) 11.700	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>4.507</b>	<b>3.264</b>	<b>3.580</b>	<b>TOTAL PAR RAME - PNEUS</b>	<b>37.200</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<u>Remorques</u>				<b>ROUES D'ACIER</b>	<b>25.500</b>	<b>26.112</b>	<b>17.900</b>
Electricité	0.119 <sub>cvm</sub>	-	-	<u>Rame - Milles Parcourus Par \$1,000,000 D'Entretien</u>			
Caisse	0.835	-	-		PARIS	STOCKHOLM	TORONTO
Bogie	1.132	-	-	Pneus	2,688,000	-	-
Pneus	1.300	-	-	Acier	3,922,000	3,830,000	5,587,000
<b>TOTAL</b>	<b>3.386</b>	<b>-</b>	<b>-</b>				

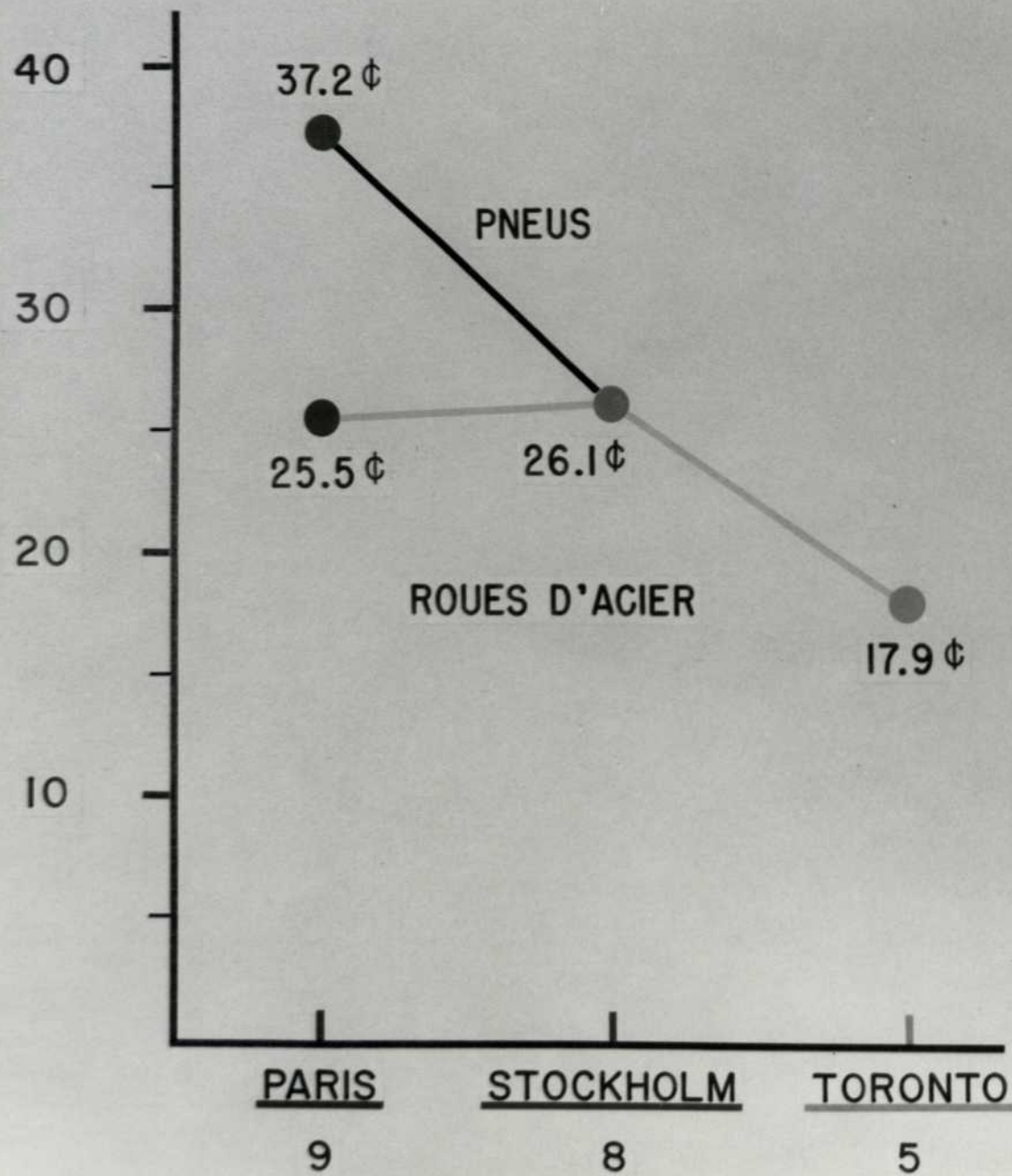
f) EXHIBIT: COÛTS D'ENTRETIEN COMPARATIFS —  
RAMES-MILLES PAR \$1,000,000

Ce tableau est la représentation graphique de l'exhibit précédent. Pour un million de dollars d'entretien, le nombre de rames-milles qui seraient parcourus par un système de roues d'acier serait de 3,922,000 dans le cas de Paris, 3,830,000 dans le cas de Stockholm et dans le cas du véhicule de Toronto de 5,587,000. Sur pneumatiques avec le petit gabarit, on n'obtient que 2,688,000 milles pour une dépense d'un million d'entretien.

# Coûts d'Entretien Comparatifs

(1,500 PASSAGERS PAR RAME)

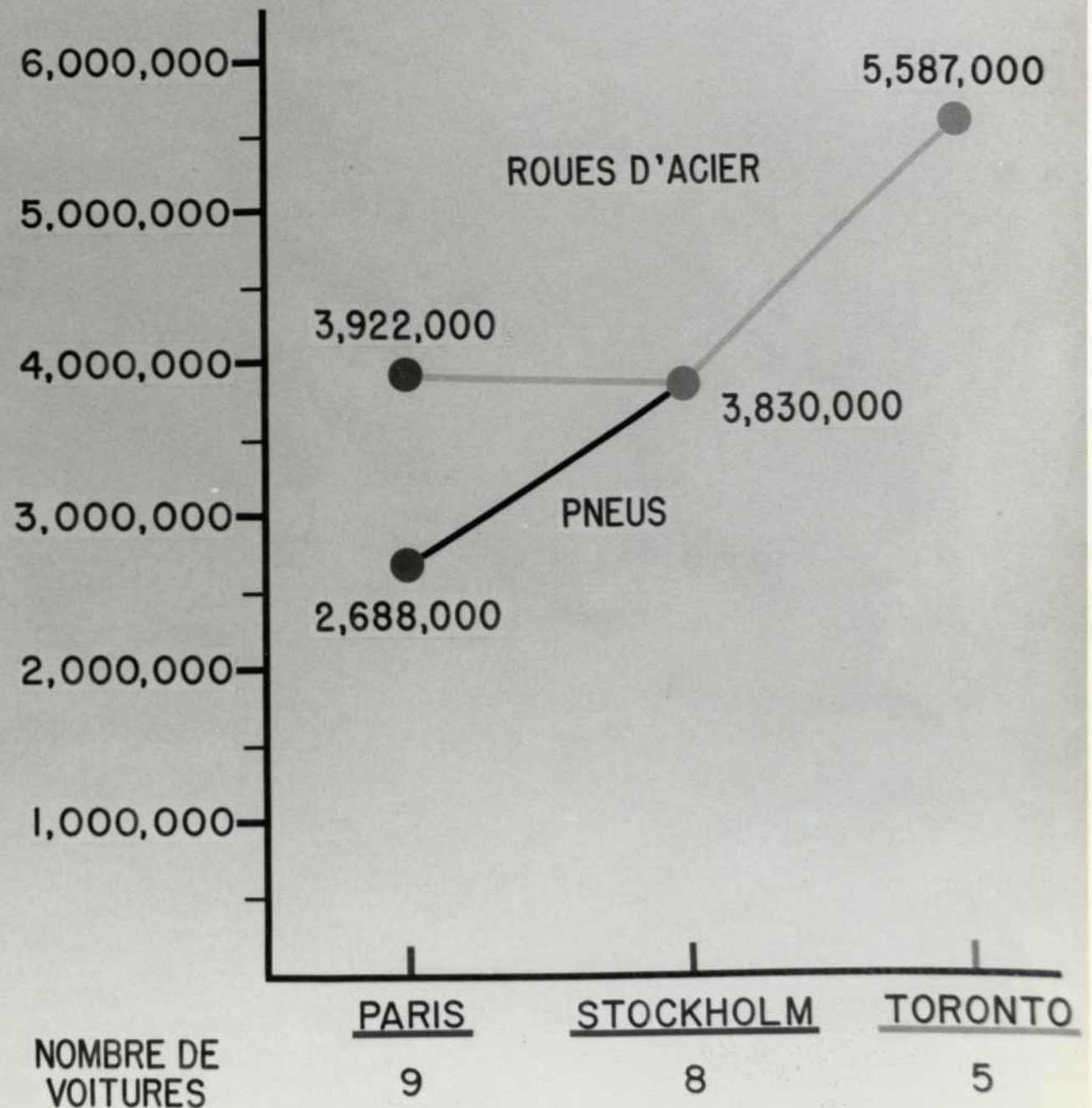
CENTS PAR  
RAME-MILLE



# Rame - Milles Parcours par \$ 1,000,000 d'Entretien

(1,500 PASSAGERS PAR RAME)

MILLES



## VI — COÛTS COMPARATIFS — ALIGNEMENT EST - OUEST

---

Nous avons maintenant terminé l'examen de l'étude des coûts de comparaison entre un véhicule d'un certain type et un véhicule d'un autre type, basé simplement sur des millages unitaires et des conditions d'opération uniformes. Nous avons tenté de pousser plus loin notre étude et notre comparaison, afin de l'appliquer pour Montréal à un alignement spécifique.

### a) EXHIBIT: TRACÉ CHOISI POUR ÉTABLIR LES COMPARAISONS DE VÉHICULES

---

Ce tracé a été employé simplement pour fins de COMPARAISONS, parce que dans l'étude des coûts de construction du tunnel, un examen détaillé des sections et des profils de ce tracé avait été préparé. Comme nous avons comparé les véhicules à petit et grand gabarit sur un même tracé, cet alignement est valide pour fins de comparaisons.

Les gares sont indiquées par des rectangles sur le tracé.

# TRACÉ

CHOISI POUR ÉTABLIR LES COMPARAISONS DES VÉHICULES



b) EXHIBIT: DIAGRAMME DE MARCHE  
VERS L'OUEST

c) EXHIBIT: DIAGRAMME DE MARCHE  
VERS L'EST

Rappelons que la vitesse commerciale, comprend une période de démarrage, de marche libre, de freinage, et de stationnement dans la gare. La période de démarrage est contrôlée par l'accélération limitée par la tolérance des voyageurs et aussi par les considérations d'ordre économique quant à l'énergie électrique consommée; la marche libre est principalement contrôlée par la distance entre gares, la période de freinage contrôlé encore une fois par la tolérance des voyageurs et par l'efficacité du système de freinage, et finalement, le temps de stationnement en gare est contrôlé par l'achalandage aux diverses heures de la journée des voyageurs dans la gare.

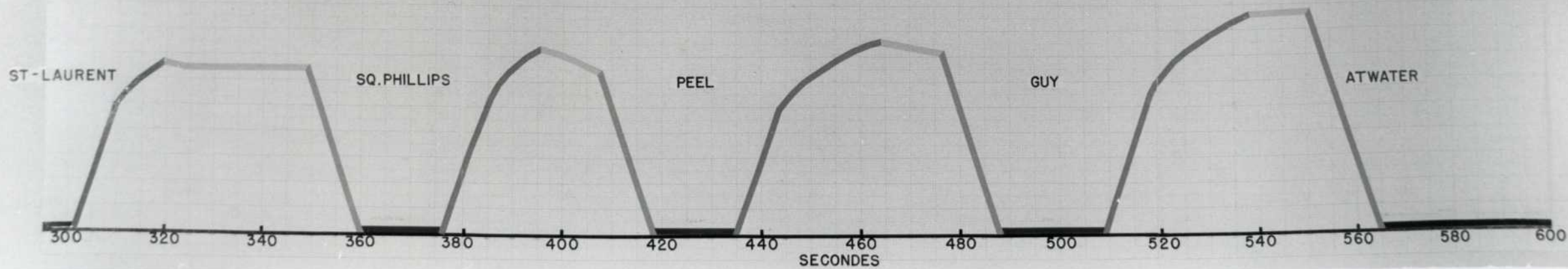
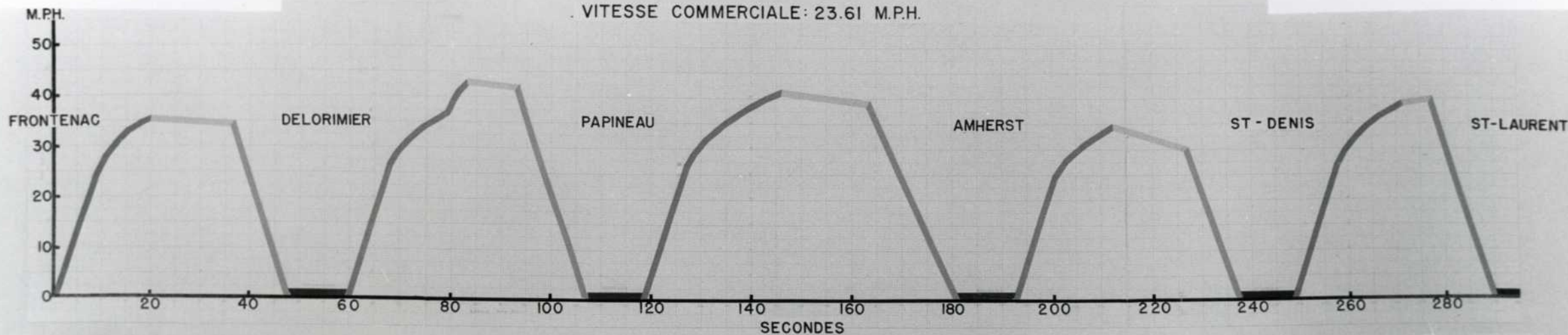
Pour établir un diagramme de marche, pour savoir quelle sera la vitesse commerciale de ce premier tronçon de métro, il fallait de toute nécessité, et dans le détail, étudier quel serait le rendement des véhicules d'une gare à l'autre. Nous avons adopté un taux de démarrage de 3 milles par heure par seconde, et un taux de freinage de 3 milles par heure par seconde. Les deux véhicules à petit et grand gabarit, de fait, n'ont pas des taux d'accélération et de freinage exactement pareils, mais ils pourraient les avoir. Il est facile, au point de vue technique, de concevoir que les deux véhicules pourraient posséder les mêmes caractéristiques de freinage et de démarrage. De façon à faire une meilleure comparaison, il faut rendre autant de facteurs communs que possible. Les courbes vitesse-temps entre chaque paire de gares sont différentes, en raison des variations dans les distances entre les gares, des courbes et du profil du métro.

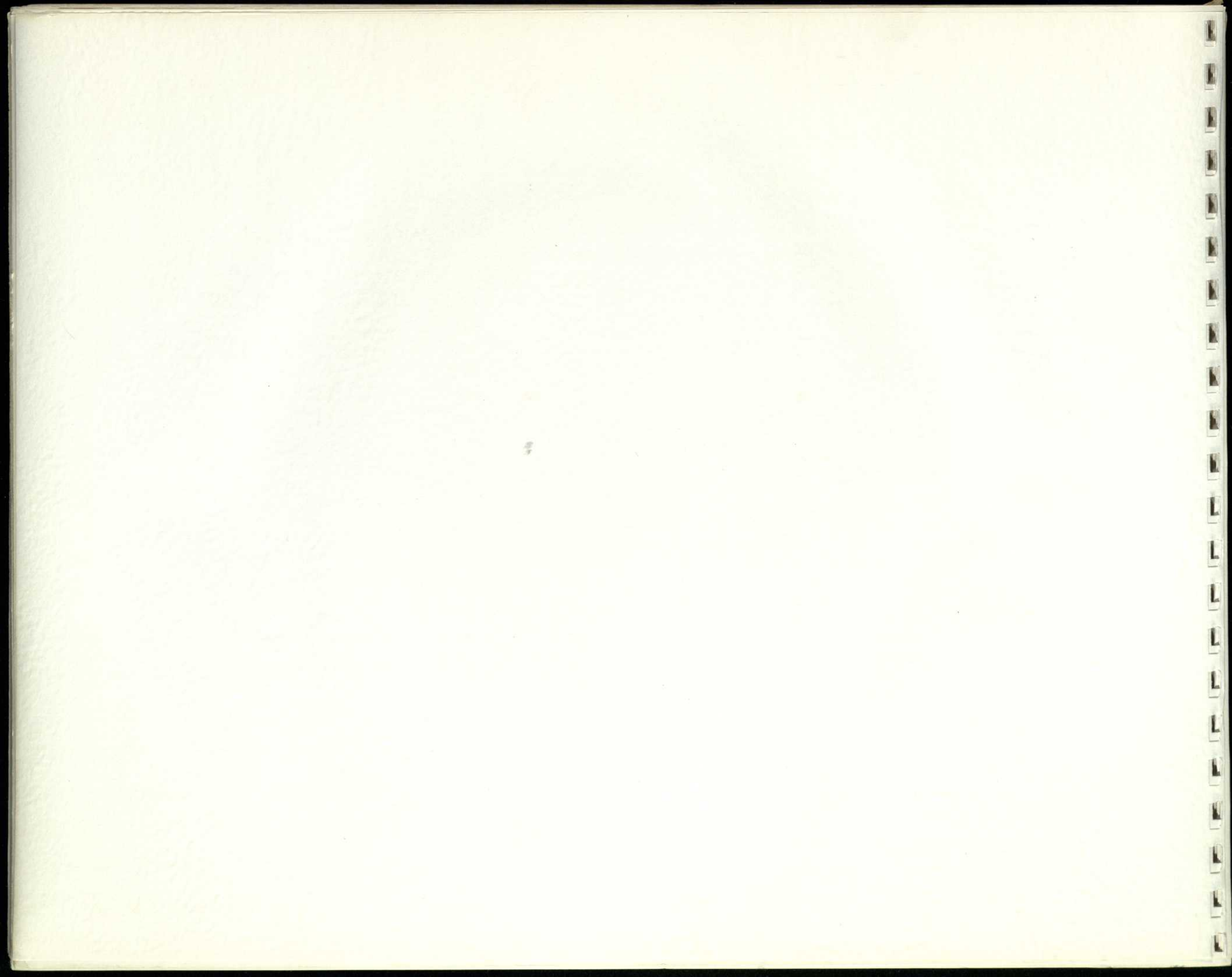
Il est intéressant ici de noter que pour certaines courbes vitesse-temps, la période d'accélération permet d'atteindre une vitesse d'environ 45 milles à l'heure. Si on rencontre une courbe dans le tracé, comme entre Square Phillips et la gare de la rue St-Laurent en direction est, l'accélération ne peut pas être maintenue. Une fois la courbe négociée, le taux d'accélération peut être de nouveau appliqué pour finalement obtenir un maximum de tout près de 48 milles ou 50 milles à l'heure. Une période de marche libre s'ensuit et l'application des freins précède l'entrée en gare.

La période de marche libre est nécessaire pour les fins économiques ci-dessus mentionnées et un coussin est requis entre la période d'accélération et la période de freinage. Si on passait directement d'un taux d'accélération à un taux de freinage, la réaction serait beaucoup trop brusque pour les passagers. Les périodes de stationnement en gare sont proportionnées au va et vient, (aux heures de pointe), c'est-à-dire à l'achalandage des voyageurs dans la gare. Ceci est un point crucial. La période de stationnement en gare s'établit environ à 30% du temps total de voyageant du circuit aller et retour.

**Diagramme de Marche — Courbe Vitesse-Temps**  
**DÉMARRAGE 3 M.P.H./SEC. Vers l'Ouest FREINAGE 3 M.P.H./SEC.**

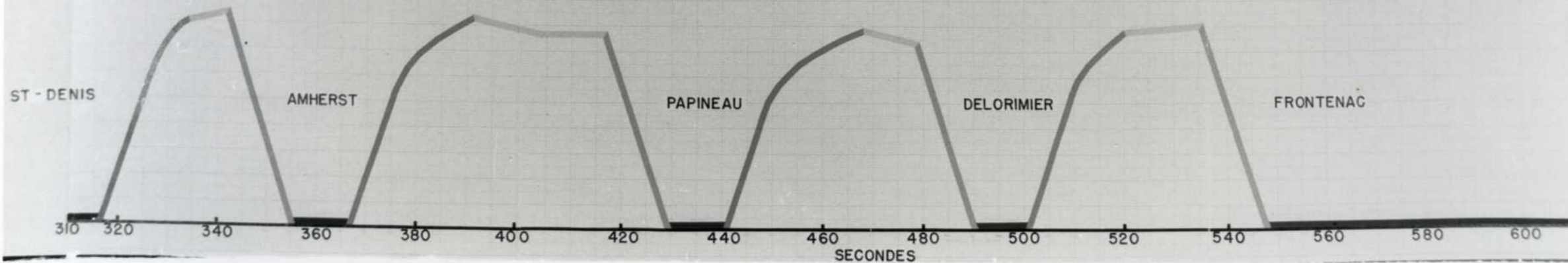
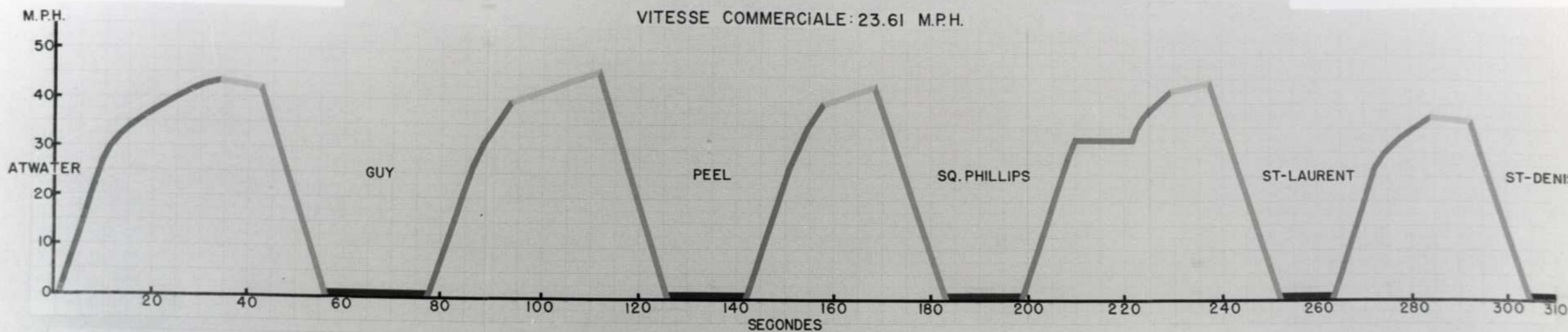
. VITESSE COMMERCIALE: 23.61 M.P.H.





**Diagramme de Marche—Courbe Vitesse - Temps**  
**DÉMARRAGE 3 M.P.H./SEC. ' Vers l'Est FREINAGE 3 M.P.H./SEC. '**

VITESSE COMMERCIALE: 23.61 M.P.H.



d) EXHIBIT: PASSAGERS MONTANT ET DESCENDANT  
PAR CHACUNE DES PORTES

Un rapport soumis récemment par les ingénieurs de la Régie Autonome des Transports Parisiens insistait sur l'importance du stationnement dans les gares et l'influence du nombre de portes sur la montée et la descente des passagers à la gare. Un véhicule dont le nombre de passagers par porte serait inférieur, permettrait, selon ce rapport, une économie pouvant aller jusqu'à 25 à 30% du temps de stationnement en gare. Nous avons donc étudié cet aspect du problème avec soin quant à Montréal, et les résultats de nos études ne confirment pas dans la pratique les pourcentages déduits de la théorie.

Toujours en adoptant le concept de Paris pour la voiture de Toronto devant transporter 1,500 voyageurs par rame, au moyen de 5 voitures avec 6 portes, donc 30 portes par rame et 50 passagers par porte. De même, pour la voiture de Paris, avec 9 voitures par rame, à 4 portes par voiture, on obtient un total de 36 portes par rame et de 42 passagers par porte. Ces 42 et 50 passagers par porte sont obtenus simplement en divisant le nombre de passagers par le nombre de portes. Si on avait seulement une seule gare de métro et si les 1,500 voyageurs transportés devaient utiliser à la fois dans cette seule gare toutes les portes de la rame, ce facteur deviendrait d'une importance capitale.

Cependant, lorsqu'on examine la distribution des passagers qui montent ou descendent aux heures de pointe a.m., ou aux heures de pointe p.m., soit vers l'est ou soit vers l'ouest, dans le cas des deux véhicules, de fait, on n'atteint jamais, ni même de près ou de loin, ce maximum de 42 passagers par porte dans le cas de la voiture de Paris, et de 50 passagers par porte de la voiture de Toronto. A la gare Atwater, par exemple, durant les heures de pointe le matin, il y a un total de 31 passagers par porte, qui se dirigent vers l'est, dans le cas de la voiture de Toronto, et de 26 passagers par porte dans celui de Paris. Comment avons-nous obtenu ce total? Nous n'avons pas simplement réparti ces totaux de passagers par porte aux diverses gares d'une façon arbitraire. Nous avons obtenu le nombre exact des gens qui voyagent dans les véhicules nord-sud de la Commission de transport de Montréal et qui utiliseraient les diverses gares. Selon leur répartition aux heures de pointe et aux heures du jour et de la nuit, nous sommes arrivés à des nombres déterminés de passagers par heure de pointe, qui devraient être accommodés par un nombre donné de rames, ayant un nombre donné de portes.

En allant vers l'est comme vers l'ouest, à chaque gare un nombre de passagers par porte est assigné. Par exemple, à Frontenac, en direction ouest, durant l'heure de pointe le matin, avec un total de 30 portes par rame, on y trouve 13.5 passagers par porte, ce qui veut dire que vous auriez environ 400 passagers sur la plate-forme lorsqu'une rame d'une capacité de 1,500 passagers se présentera. Or, ces 400 vont se répartir, non pas de façon parfaitement uniforme, mais de façon à emprunter les diverses portes de la rame, ce qui donnera un total de 13.5 passagers par porte.

# PASSAGERS MONTANT OU DESCENDANT PAR CHACUNE DES PORTES

1500 PASSAGERS PAR RAME

GARE	VOITURE DE TORONTO				VOITURE DE PARIS			
	30 PORTES PAR RAME - 50 PASSAGERS PAR PORTE				36 PORTES PAR RAME - 42 PASSAGERS PAR PORTE			
	HEURE DE POINTE A.M.		HEURE DE POINTE P.M.		HEURE DE POINTE A.M.		HEURE DE POINTE P.M.	
	PASSAGERS VERS L' OUEST		PASSAGERS VERS L' OUEST		PASSAGERS VERS L' OUEST		PASSAGERS VERS L' OUEST	
	MONTANT	DESCENDANT	MONTANT	DESCENDANT	MONTANT	DESCENDANT	MONTANT	DESCENDANT
Fronténac	13.5	-	4.9	-	11.3	-	4.1	-
Delorimier	2.5	-	0.9	-	2.1	-	0.7	-
Papineau	3.5	-	1.3	-	2.9	-	1.1	-
Amherst	2.5	-	0.9	-	2.1	-	0.8	-
St. Denis	12.0	1.7	4.0	0.2	10.1	1.4	3.4	0.1
St. Laurent	6.5	3.0	4.1	0.2	5.5	2.5	3.5	0.2
Square Phillips	9.5	15.5	17.3	0.8	8.0	13.0	14.5	0.7
Peel	-	22.0	16.0	0.8	-	18.5	13.4	0.7
Guy	2.5	5.2	2.6	19.0	2.1	4.4	2.2	16.0
Atwater	-	5.1	-	31.0	-	4.3	-	26.0
<b>TOTAL</b>	<b>52.5</b>	<b>52.5</b>	<b>52.0</b>	<b>52.0</b>	<b>44.1</b>	<b>44.1</b>	<b>43.7</b>	<b>43.7</b>
	PASSAGERS VERS L' EST		PASSAGERS VERS L' EST		PASSAGERS VERS L' EST		PASSAGERS VERS L' EST	
Atwater	31.0	-	5.1	-	26.0	-	4.3	-
Guy	19.0	2.6	5.2	2.5	16.0	2.2	4.4	2.1
Peel	0.8	16.0	22.0	-	0.7	13.4	18.5	-
Square Phillips	0.8	17.3	15.5	9.5	0.7	14.5	13.0	8.0
St. Laurent	0.2	4.1	3.0	6.5	0.2	3.5	2.5	5.5
St. Denis	0.2	4.0	1.7	12.0	0.1	3.4	1.4	10.1
Amherst	-	0.9	-	2.5	-	0.8	-	2.1
Papineau	-	1.3	-	3.5	-	1.1	-	2.9
Delorimier	-	0.9	-	2.5	-	0.7	-	2.1
Fronténac	-	4.9	-	13.5	-	4.1	-	11.3
<b>TOTAL</b>	<b>52.0</b>	<b>52.0</b>	<b>52.5</b>	<b>52.5</b>	<b>43.7</b>	<b>43.7</b>	<b>44.1</b>	<b>44.1</b>

e) EXHIBIT: TEMPS DE STATIONNEMENT  
DANS LES GARES

Lorsque nous avons déterminé le nombre de passagers à chaque gare qui vont emprunter le nombre de portes disponibles par rame, selon que la voiture de Paris ou la voiture de Toronto est utilisée, il est important de déterminer le temps de stationnement requis dans les gares pour laisser monter ou descendre le nombre de passagers à être accommodés. Quelle a été la base des calculs? Nous avons simplement fait des tests et des essais sur nos prototypes. Nous avons, de plus, contrôlé ces temps de stationnement en gare dans plusieurs villes comme New York, Chicago, Philadelphie et Toronto que nous avons visitées récemment. Nous avons alloué 5 secondes pour l'ouverture et la fermeture des portes, ce qui est vraiment généreux. Le tableau compare la voiture à grand gabarit de Toronto et celle à petit gabarit de Paris, l'heure de pointe a.m., et p.m., dans les deux cas, le temps requis pour laisser monter et descendre un nombre déterminé de passagers. Nous avons effectué ce même calcul pour chaque gare, et comme il ne serait pas souhaitable dans la préparation des horaires de rames de métro d'assigner un temps de stationnement de 7.7 secondes à une gare et de 6.4 à l'autre, et de 15.3 à l'autre, selon le temps approximatif pour accommoder le volume moyen du jour de semaine à l'heure de pointe, il faut nécessairement couper les sommets et assigner un temps de stationnement réaliste qui permet une marge de sécurité entre les variations inévitables des volumes de passagers.

C'est ce que nous avons fait. A tout temps de stationnement qui était moindre que 10 secondes, nous avons assigné un temps de stationnement de 10 secondes. Entre 10 et 15 secondes, nous sommes allés à 15. Entre 15 et 20 secondes, nous sommes allés à 20. Entre 20 et 25 secondes, nous sommes allés à 25. C'est pourquoi par exemple, le matin, avec le véhicule de Paris, à Atwater en direction est, le plus long temps de stationnement prendrait 18.5 secondes et nous avons de fait, assigné 20 secondes. De même, pour 19.3, nous avons assigné 20. D'un autre côté pour 15.1, nous avons assigné 20. Cela vous donne un certain coussin. Ces coussins dans les horaires permettent d'accommoder les retards sur les circuits de surface, lesquels délais peuvent causer des variations prononcées dans le nombre de passagers.

Durant les heures de pointe du matin, on note une différence de quinze (15) secondes en faveur du petit gabarit, pour l'ensemble du parcours aller et retour; durant les heures de pointe du p.m., une différence de dix (10) secondes en faveur du petit gabarit, ce qui représente dans le cas du p.m., environ 4%, et dans le cas du a.m., à peu près 7% du temps de stationnement dans les gares.

Alors, pour l'affluence des passagers telle qu'étudiée pour Montréal et la répartition de ces mêmes passagers dans les rames, ces temps de stationnement ne sont pas affectés sensiblement, que l'on choisisse un type de véhicule ou l'autre.

## TEMPS DE STATIONNEMENT DANS LES GARES

(5 SECONDES POUR LES PORTES Y COMPRIS)

DIRECTION GARE

### Ouest

Fronténac  
Delorimier  
Papineau  
Amherst  
St. Denis  
St. Laurent  
Square Phillips  
Peel  
Guy

### Est

Atwater  
Guy  
Peel  
Square Phillips  
St. Laurent  
St. Denis  
Amherst  
Papineau  
Delorimier

**TOTAL**  
Temps Moyen

VOITURE DE TORONTO				VOITURE DE PARIS			
HEURE DE POINTE A.M.		HEURE DE POINTE P.M.		HEURE DE POINTE A.M.		HEURE DE POINTE P.M.	
TEMPS ESTIMATIF (SECONDES)	TEMPS ASSIGNÉ (SECONDES)	TEMPS ESTIMATIF (SECONDES)	TEMPS ASSIGNÉ (SECONDES)	TEMPS ESTIMATIF (SECONDES)	TEMPS ASSIGNÉ (SECONDES)	TEMPS ESTIMATIF (SECONDES)	TEMPS ASSIGNÉ (SECONDES)
14.0	15	13.7	15	12.3	15	12.8	15
6.1	10	5.4	10	5.8	10	5.3	10
6.6	10	5.6	10	6.1	10	5.4	10
6.1	10	5.4	10	5.8	10	5.3	10
11.4	15	6.9	10	9.9	10	6.4	10
9.4	10	7.0	10	8.8	10	6.5	10
17.7	20	13.2	15	15.5	20	11.2	15
14.0	15	12.7	15	13.0	15	10.7	15
8.8	10	14.4	15	8.3	10	13.3	15
21.8	25	20.8	25	18.5	20	19.3	20
15.1	20	8.6	10	12.8	15	8.1	10
12.1	15	14.9	15	11.2	15	12.2	15
12.6	15	16.5	20	11.7	15	14.9	15
6.8	10	9.8	10	6.6	10	9.0	10
6.8	10	11.0	15	6.5	10	10.3	15
5.4	10	6.0	10	5.3	10	5.9	10
5.5	10	6.4	10	5.5	10	6.3	10
5.4	10	6.0	10	5.3	10	5.9	10
<b>185.6</b>	<b>240</b>	<b>184.3</b>	<b>235</b>	<b>168.9</b>	<b>225</b>	<b>168.8</b>	<b>225</b>
<b>10.3</b>	<b>13.3</b>	<b>10.2</b>	<b>13.1</b>	<b>9.4</b>	<b>12.5</b>	<b>9.4</b>	<b>12.5</b>

## BASE DES CALCULS

TEMPS EN MOYENNE PAR PORTE PAR PASSAGER  
(CONCEPT DE PARIS)

MOUVEMENT DES PASSAGERS		VOITURE DE TORONTO	VOITURE DE PARIS
MONTANT	DESCENDANT	SECONDES	SECONDES
1	—	0.450	0.390
—	1	0.410	0.430
1	1	0.525	0.545
1	2	0.507	0.507
2	1	0.463	0.477

EXHIBIT: COMPARAISON DE DONNÉES D'EXPLOITATION  
CONCEPT DE PARIS

---

EXHIBIT: ASPECT FINANCIER DU MÉTRO

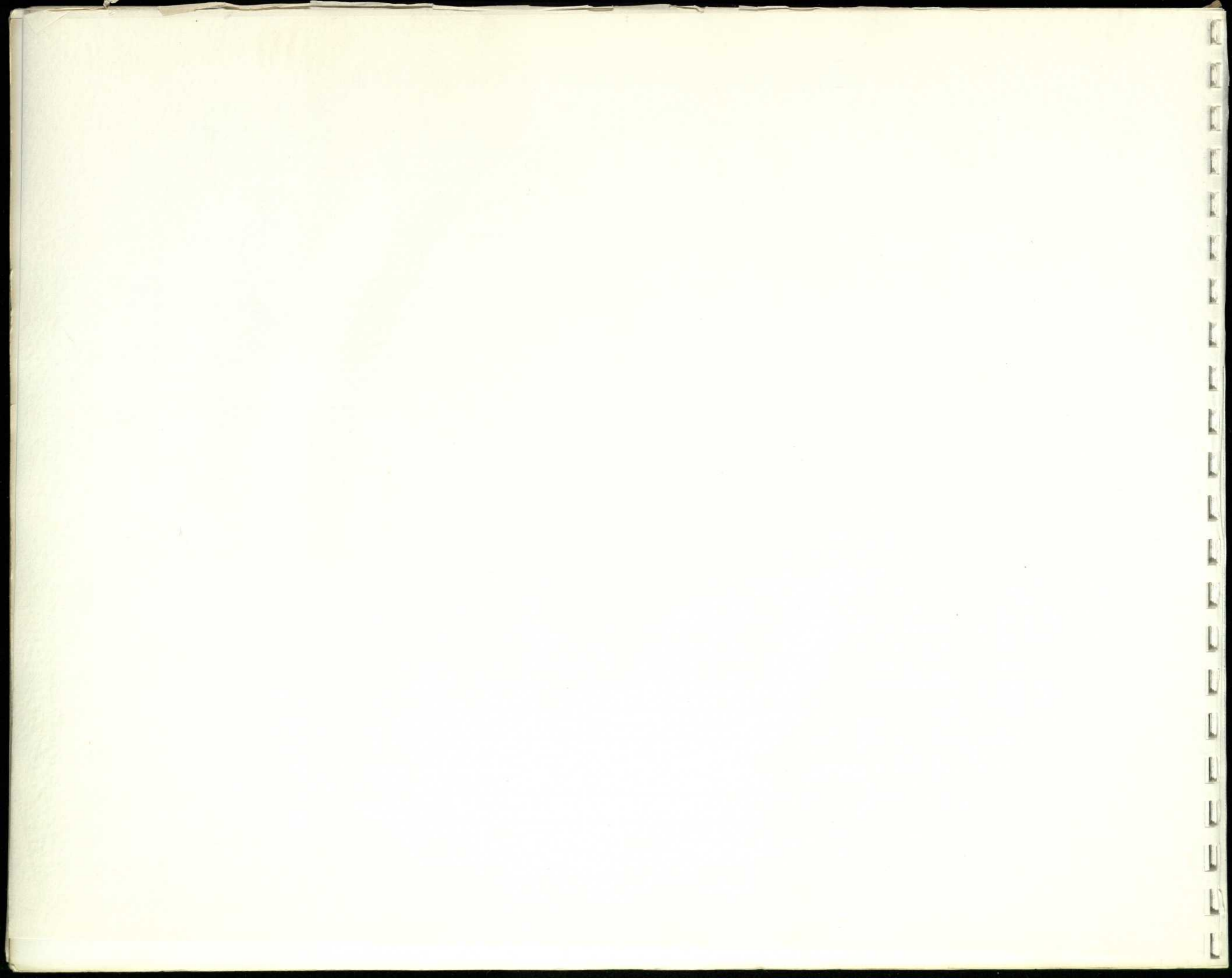
Suivant le concept de Paris mais capacité de transport de 1503 passagers par rame avec 9 voitures type de Paris à petit gabarit et de 1685 passagers par rame avec 5 voitures type de Toronto à grand gabarit.

# Comparaison de Données d'Exploitation

	<u>TOTAL DES PASSAGERS</u>	CONCEPT DE PARIS	<u>% DU TOTAL DE 24 HEURES</u>
HEURE DE POINTE — (SENS UNIQUE) ———	45,000		11.5%
JOUR —————	11,348		2.9%
SOIR —————	5,870		1.5%
TOTAL POUR 24 HEURES (DEUX SENS) ———	391,304		100.0%

	HEURE DE POINTE		JOUR		SOIR	
	PARIS	TORONTO	PARIS	TORONTO	PARIS	TORONTO
	<u>CAPACITÉ PAR RAME</u> 1503	1685				
PASSAGERS PAR HEURE	45,000	45,000	11,348	11,348	5,870	5,870
RAMES PAR HEURE	30	30	24	24	20	20
SIÈGES PAR HEURE	6,480	6,900	11,520	10,320	5,360	5,160
PASSAGERS PAR RAME	1,500	1,500	473	473	294	294
VOITURES PAR RAME	9	5	9	5	5	3
SIÈGES PAR RAME	216	230	480	430	268	258
INTERVALLE (MINUTES)	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0
TEMPS DE VOYAGEMENT — ROULEMENT	18.2	18.4	17.8	17.9	17.7	17.7
TEMPS D'ATTENTE AU TERMINUS	1.8	1.6	2.2	2.1	3.3	3.3
TOTAL (MINUTES)	20.0	20.0	20.0	20.0	21.0	21.0
VITESSE COMMERCIALE (M.P.H.) POUR 7.24 MILLES DE ROUTE	23.87	23.61	24.40	24.27	24.54	24.54
RAMES REQUISES POUR LE SERVICE	10	10	8	8	7	7
VOITURES REQUISES POUR LE SERVICE	90	50	72	40	35	21
VOITURES DE RÉSERVE (10%)	9	5				
TOTAL DE VOITURES REQUISES	<b>99</b>	<b>55</b>				

VOITURE— MILLES—JOUR NORMAL DE SEMAINE	PARIS <b>27,360</b>	TORONTO <b>15,390</b>
--	------------------------	--------------------------



# ASPECT FINANCIER DU MÉTRO

SUIVANT LE CONCEPT DE PARIS

	PETIT GABARIT	GRAND GABARIT	DIFFÉRENCE
Voitures par Rame	9	5	- 4
Rames Requises pour le Service	10	10	0
Voitures Requises pour le Service et pour la Réserve	99	55	- 44
Intervalle (minutés)	2	2	0
Longueur de Rame (hors Tout)	476'	372'	-104'
Longueur de Quai	500'	500'	0'
Passagers par Voiture	167	337	+170
Passagers par Rame	1503	1685	+182
<b>Dépenses Capitales</b>	<b>\$ 69,035,846</b>	<b>\$ 72,805,000</b>	<b>\$ 3,769,154</b>
COUT ANNUEL DES DEPENSES PRINCIPALES AFFECTÉES PAR LE GABARIT			
Intérêts et Amortissement de la Dette	\$ 4,426,200	\$ 4,660,700	\$ + 234,500
Frais D'Opération (Énergie Électrique)	500,972	385,000	- 115,972
Frais D'Entretien (Voitures)	353,934	172,500	- 181,434
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5,281,106</b>	<b>\$ 5,218,200</b>	<b>\$ - 62,906</b>

DIFFÉRENCE EN FAVEUR DU GRAND GABARIT  
PAR ANNÉE

**\$ 62,906**



SEPT. 1961

EXHIBIT: ASPECT FINANCIER DU MÉTRO

Suivant le concept de Paris, mais capacité de transport de 1670 passagers par rame avec 10 voitures type de Paris à petit gabarit et de 1685 passagers par rame avec 5 voitures type de Toronto à grand gabarit.

# ASPECT FINANCIER DU MÉTRO

SUIVANT LE CONCEPT DE PARIS

	PETIT GABARIT	GRAND GABARIT	DIFFÉRENCE
Voitures par Rame	10	5	- 5
Rames Requises pour le Service	10	10	0
Voitures Requises pour le Service et pour la Réserve	110	55	- 55
Intervalle (minutes)	2	2	0
Longueur de Rame (Hors Tout)	517'	372'	- 145'
Longueur de Quai	541'	500'	- 41'
Passagers par Voiture	167	337	+ 170
Passagers par Rame	1670	1685	+ 15
<b>Dépenses Capitales</b>	<b>\$ 70,386,100</b>	<b>\$ 72,805,000</b>	<b>\$ + 2,418,900</b>
<b>COÛT ANNUEL DES DÉPENSES PRINCIPALES AFFECTÉES PAR LE GABARIT</b>			
<b>Intérêts et Amortissement de la Dette</b>	<b>\$ 4,514,100</b>	<b>\$ 4,660,700</b>	<b>\$ + 146,600</b>
<b>Frais D'Opération (Énergie Électrique)</b>	<b>565,000</b>	<b>385,000</b>	<b>- 180,000</b>
<b>Frais D'Entretien (Voitures)</b>	<b>391,000</b>	<b>172,500</b>	<b>- 218,500</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5,470,100</b>	<b>\$ 5,218,200</b>	<b>\$ - 251,900</b>

DIFFÉRENCE EN FAVEUR DU GRAND GABARIT  
PAR ANNÉE

**\$ 251,900**



SEPT. 1961

EXHIBIT: COMPARAISON DE DONNÉES D'EXPLOITATION  
CONCEPT DE TORONTO

---

EXHIBIT: ASPECT FINANCIER DU MÉTRO

Suivant le concept de Toronto, mais capacité de transport de 1584 passagers par rame avec 12 voitures type de Paris à petit gabarit et de 1542 passagers par rame avec 6 voitures type de Toronto à grand gabarit.

# Comparaison de Données d'Exploitation

	<u>TOTAL DES PASSAGERS</u>	<b>CONCEPT DE TORONTO</b>	<u>% DU TOTAL DE 24 HEURES</u>
HEURE DE POINTE — (SENS UNIQUE) ———	45,000		11.5%
JOUR _____	11,348		2.9%
SOIR _____	5,870		1.5%
<b>TOTAL POUR 24 HEURES (DEUX SENS) ———</b>	<b>391,304</b>		<b>100.0%</b>

	HEURE DE POINTE		JOUR		SOIR	
	PARIS	TORONTO	PARIS	TORONTO	PARIS	TORONTO
	CAPACITÉ PAR RAME 1584	1542				
PASSAGERS PAR HEURE	45,000	45,000	11,348	11,348	5,870	5,870
RAMES PAR HEURE	30	30	24	24	20	20
SIÈGES PAR HEURE	15,480	15,120	12,384	12,096	5,160	5,040
PASSAGERS PAR RAME	1,500	1,500	473	473	294	294
VOITURES PAR RAME	12	6	12	6	6	3
SIÈGES PAR RAME	516	504	516	504	258	252
INTERVALLE (MINUTES)	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0
TEMPS DE VOYAGEMENT — ROULEMENT	18.2	18.7	17.8	18.1	17.7	17.8
TEMPS D'ATTENTE AU TERMINUS	1.8	1.3	2.2	1.9	3.3	3.2
TOTAL (MINUTES)	20.0	20.0	20.0	20.0	21.0	21.0
VITESSE COMMERCIALE (M.P.H.) POUR 7.24 MILLES DE ROUTE	23.87	23.24	24.40	24.00	24.54	24.40
RAMES REQUISES POUR LE SERVICE	10	10	8	8	7	7
VOITURES REQUISES POUR LE SERVICE	120	60	96	48	42	21
VOITURES DE RÉSERVE (10%)	12	6				
<b>TOTAL DE VOITURES REQUISES</b>	<b>132</b>	<b>66</b>				

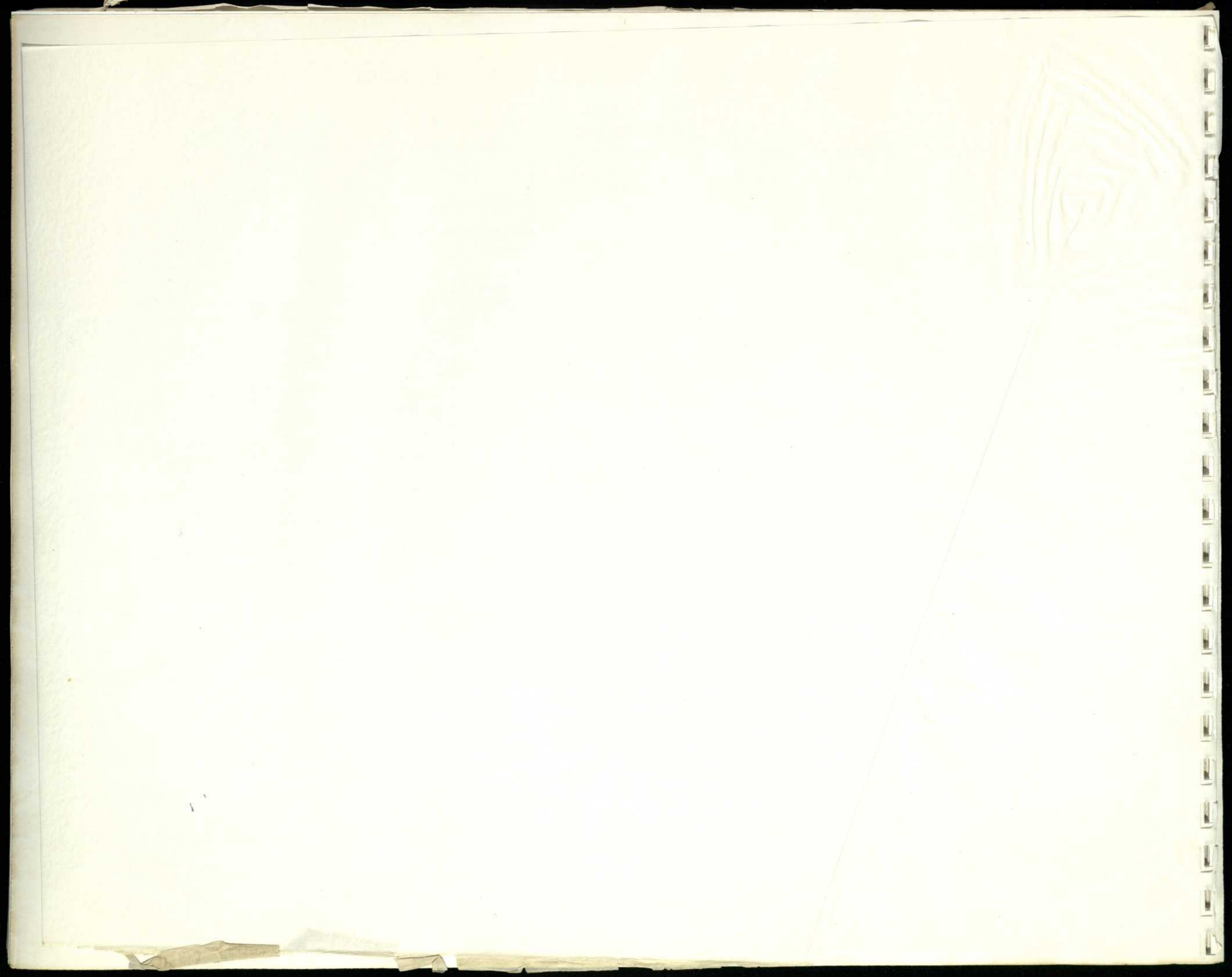
VOITURE- MILLES - JOUR NORMAL DE SEMAINE

PARIS  
**35,910**

TORONTO  
**17,955**



SEPT. 1961



# ASPECT FINANCIER DU MÉTRO

SUIVANT LE CONCEPT DE TORONTO

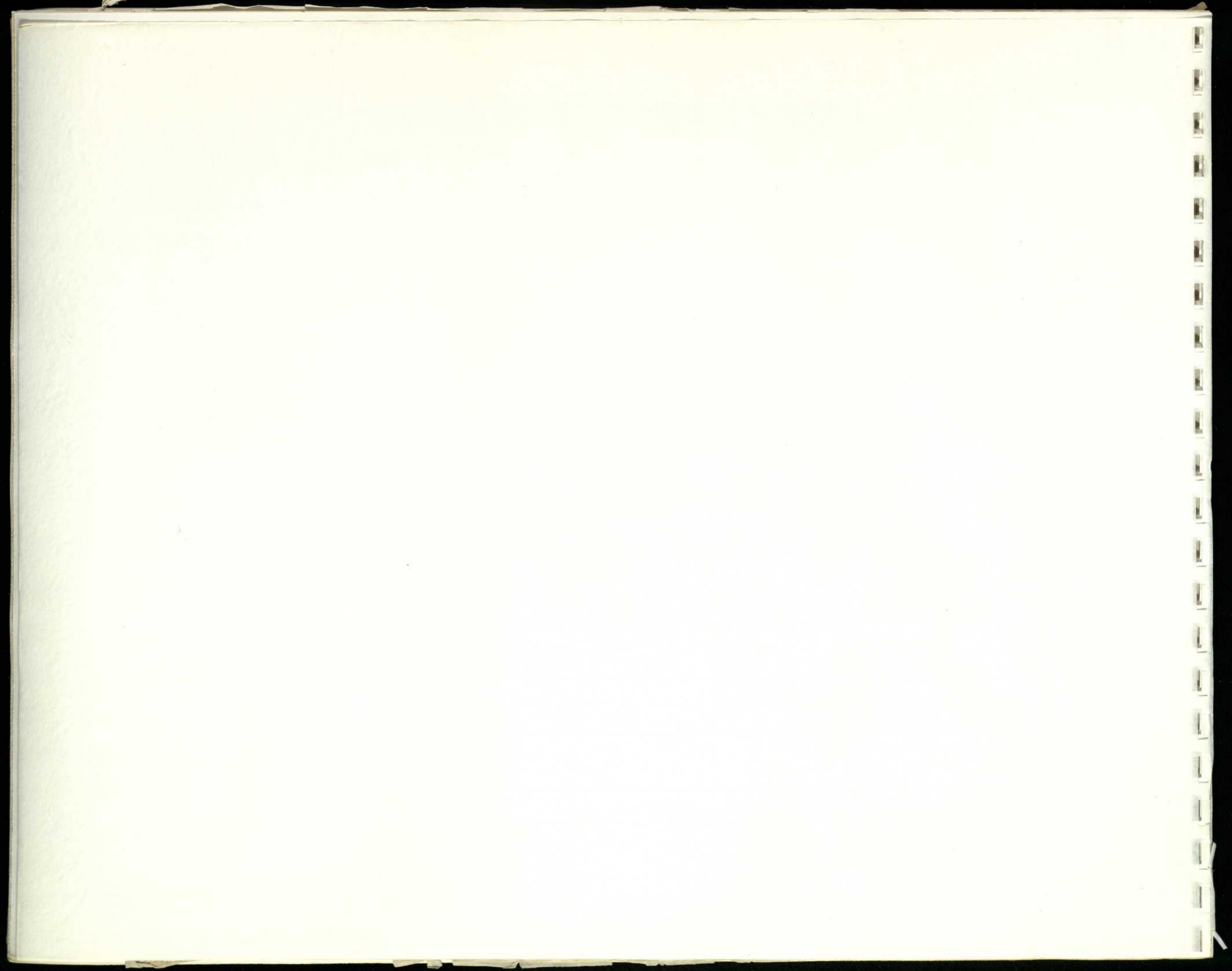
	PETIT GABARIT	GRAND GABARIT	DIFFÉRENCE
Voitures par Rame	12	6	- 6
Rames Requises pour le Service	10	10	0
Voitures Requises pour le Service et pour la Réserve	132	66	- 66
Intervalle (minutes)	2	2	0
Longueur de Rame (Hors Tout)	620'	447'	- 173'
Longueur de Quai	644'	500'	- 144'
Passagers par Voiture	132	257	+ 125
Passagers par Rame	1584	1542	- 42
<b>Dépenses Capitales</b>	<b>\$ 73,361,100</b>	<b>\$ 73,955,000</b>	<b>\$ 593,900</b>
COÛT ANNUEL DES DÉPENSES PRINCIPALES AFFECTÉES PAR LE GABARIT			
Intérêts et Amortissement de la Dette	\$ 4,707,200	\$ 4,737,100	\$ + 29,900
Frais D'Opération (Énergie Électrique)	668,000	401,000	- 267,000
Frais D'Entretien (Voitures)	464,500	203,000	- 261,500
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5,839,700</b>	<b>\$ 5,341,100</b>	<b>\$ -498,600</b>

DIFFÉRENCE EN FAVEUR DU GRAND GABARIT  
PAR ANNÉE

**\$ 498,600**



SEPT. 1961

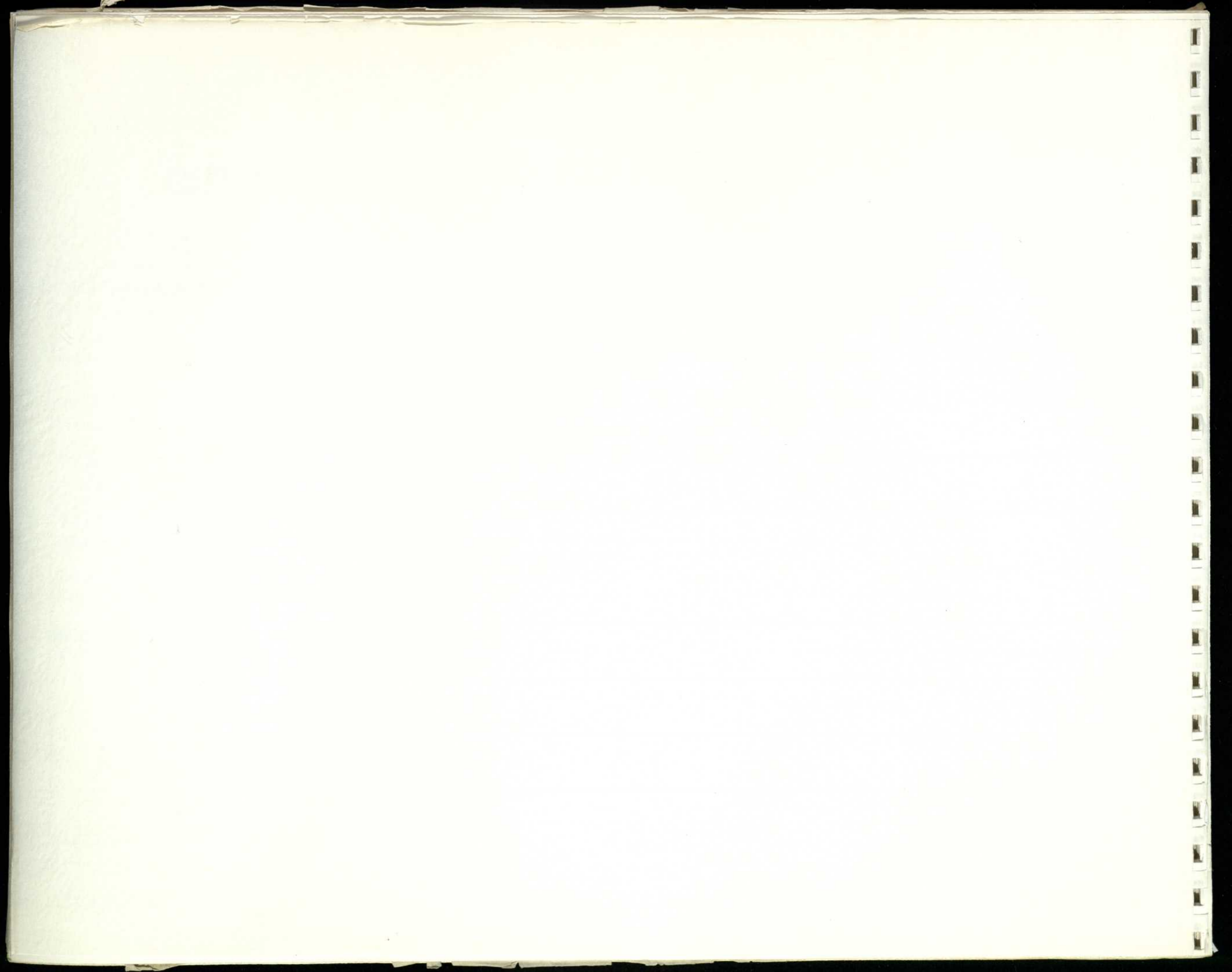


# OBSERVATIONS SUR L'OPÉRATION DU MÉTRO DE NEW-YORK

PÉRIODE	GARE	STATIONNEMENT				INTERVALLES			NO. DE RAMES PAR MIN/HEURE	
		MOYEN EXPRESS	MOYEN LOCAL	MINIMUM	MAXIMUM	MOYEN EXPRESS	MOYEN LOCAL	MINIMUM	EXPRESS	LOCAL
		SECONDES	SECONDES	SECONDES	SECONDES	SECONDES	SECONDES	SECONDES		
7.20 - 7.45 am	Queen's Plaza	21.33	37.76	18	43				7 par 15 mins = 28 par heure	5 par 15 mins. = 20 par heure
8.00 - 8.17 am	Queensborough Plaza	27.22	45.25	16	65				9 par 15 mins = 36 par heure	4 par 15 mins = 16 par heure
8.28 - 8.43 pm	59 <sup>th</sup> & Lexington	-	33.89	25	40					9 par 15 mins = 36 par heure
4.07 - 4.39 pm	Times Square & Broadway	68.00*	81.10*	21	170	70.10	53.83	23	13 par 30 mins = 26 par heure	11 par 30 mins = 22 par heure
4.54 - 5.39 pm	Grand Central & Lexington	45.11	34.76	15	109	49.35	40.38	26	18 par 45 mins = 24 par heure	25 par 45 mins = 33 par heure
4.58 - 5.22 pm	53 <sup>rd</sup> & 7 <sup>th</sup> vers l'ouest	17.77		9	40	56.31		27	12 par 20 mins = 36 par heure	
	vers l'est	15.00		8	21				6 par 20 mins = 18 par heure	
5.24 - 5.45 pm	53 <sup>rd</sup> & 5 <sup>th</sup>	14.75		11	21	59.73		26	11 par 20 mins = 33 par heure	

\*Quai D'Échange





N. Y. C. T. A.

LIGNES **E & F**

**23<sup>RD</sup> & ELY**

**8-9<sup>A.M.</sup>**

31 RAMES  
310 VOITURES

58,890  
PASSAGERS

MOYENNE PAR VOITURE 190

% CAPACITÉ

**86 %**

**LEXINGTON & 53<sup>RD</sup>**

**5-6<sup>P.M.</sup>**

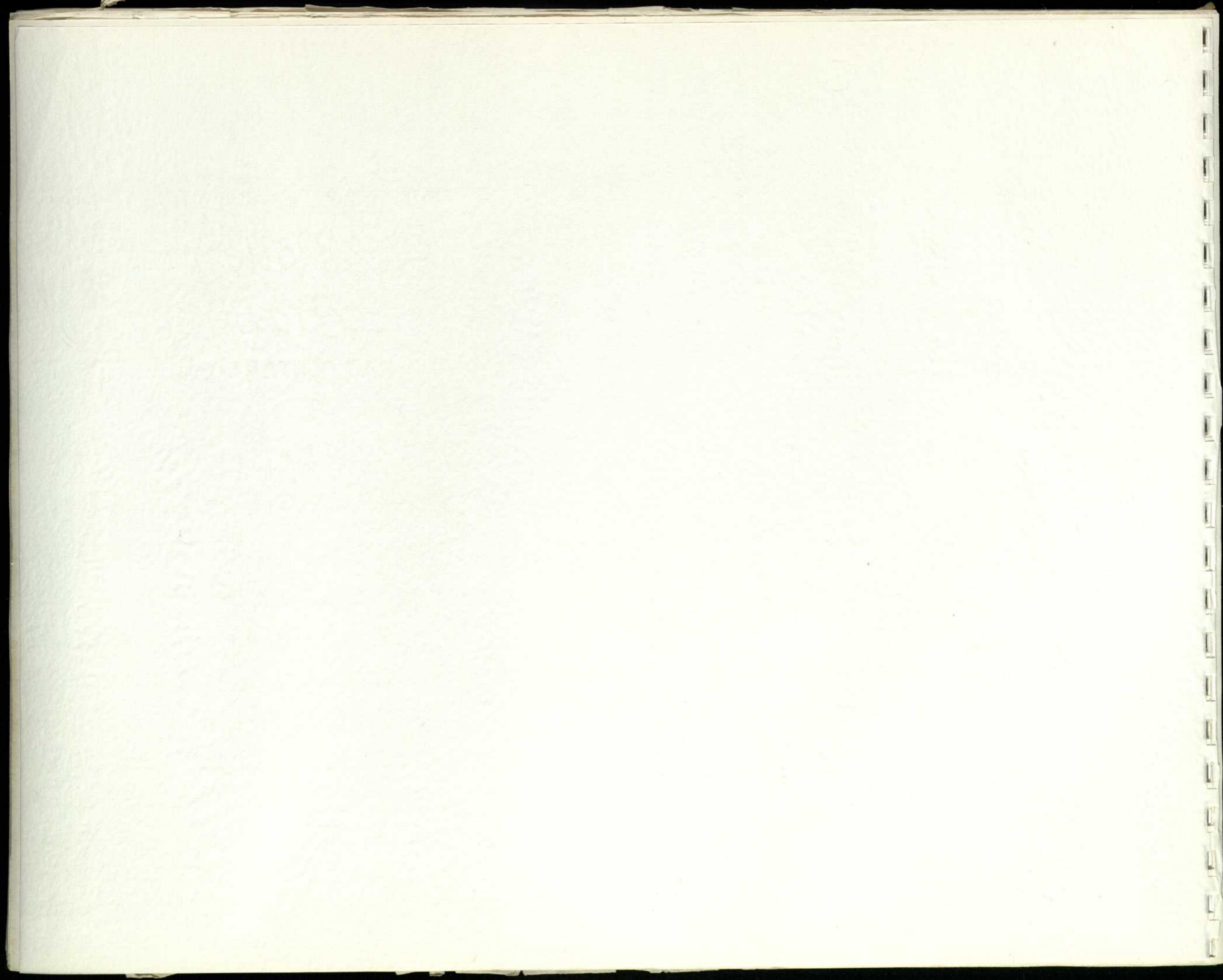
31 RAMES  
308 VOITURES

60,030  
PASSAGERS

MOYENNE PAR VOITURE 195

% CAPACITÉ

**89 %**



## Ont Participé à l'Étude Comparative des Véhicules

### **Commission de Transport de Montréal**

**Jean H. Richer, B.A., Ing.P.**

**Directeur - Service du Transport**

**David J. Munro, Ing.P.**

**Directeur - Service de l'Entretien des Véhicules**

**William R. Simmons, Ing.P.**

**Directeur - Service du Génie et de l'Entretien des Propriétés**

**Richard M. Binns,**

**Directeur - Service des Études du Trafic et du Service**

**Arthur T. Latter, B. Sc.**

**Directeur Adjoint - Service du Transport**

**Jean-M. Tremblay, B. Comm.**

**Adjoint à l'Exécutif**

**Howard M. Baker, B. Comm.**

**Directeur de la Prévention des Accidents**

**Paul E. Coffey,**

**Adjoint Principal Service des Études du Trafic et du Service**

**Basil N. Gedye, B.A.**

**Analyste - Statisticien Service des Études du Trafic et du Service**

### **Ingénieur Conseil**

**David Gaul**

**Institute of Rapid Transit - Chicago**



THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

LABORATORY

RESEARCH REPORT

NO. 1

1950

BY

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

B — COÛTS DE CONSTRUCTION D'UN MÉTRO

## CHAPITRE I

### DIVERGENCES D'OPINIONS RELATIVEMENT À LA CONSTRUCTION D'UN MÉTRO

Dans le rapport intitulé "Conseils en vue de la construction d'un chemin de fer métropolitain" que les ingénieurs MM. Gaston et Derou ont présenté au comité du métro en date du 7 août 1961, certaines opinions ont été énoncées concernant certains aspects de la construction du métro. Bien que nous acceptions quelques-uns de ces points de vue il y en a d'autres que nous ne partageons pas, entre autres:

#### 1 — PENTES

On a affirmé que la voiture sur pneumatiques permet le franchissement des pentes de 8% à 10% tandis que le matériel sur fer les limite à 4%.

Pour ce qui a trait au roulement sur rail, nous savons, et ceci a été confirmé, qu'il existe des métros utilisant des pentes bien supérieures à 4%; mais il faut admettre que c'est aux dépens de l'usure du rail et de la roue.

Si nous examinons le profil en long de la ligne est-ouest via Cathcart, nous nous rendons compte que nous n'avons pas utilisé de rampes de plus de 3% à cause des raisons suivantes:

- a) Le profil plutôt plat du terrain naturel;
- b) La présence de service d'utilités publiques (voir Section Type de la rue Ste-Catherine) et d'édifices en-dessous desquels la structure passe;
- c) L'implantation de stations très rapprochées les unes des autres;
- d) La nécessité d'avoir des stations comportant des mezzanines au-dessus de la structure.

Si nous examinons l'alignement nord-sud du projet 1953, les pentes permises par le pneumatique permettraient pour une longueur d'environ 1200 pi. lin. de travailler en tranchée couverte plutôt qu'en tunnel sous la terre.

# TRAVAUX PUBLICS SOUS RUE STE-CATHERINE

## 2 - COURBES HORIZONTALES A LA RUE

La voiture à petit gabarit présente certains avantages en courbes horizontales en permettant des courbes plus accentuées. Les économies sur le coût des excavations et des travaux de soutènement pourraient en résulter.

Il faut noter cependant, que les courbes sont choisies en fonction de l'alignement et principalement en fonction de la vitesse commerciale du tracé et du confort des voyageurs.

## 3 - PROFIL EN CUVETTE

Il est évident que le profil en cuvette entre gares arrange les dénivelés. Ces de dénivelés et de drainage. Cependant, après examen des plans et profils de tous les projets étudiés à date, il nous semble que seul l'alignement nord-sud entre la rue Roy et le boulevard Métropolitain puisse profiter de ce principe sans en augmenter le coût parce qu'en fait dans le cas

## 4 - ENLÈVEMENT DE LA COLONNE CENTRALE

Pour avoir obtenu, et nos calculs ont été vérifiés par des ingénieurs, certains travaux la possibilité d'enlever la colonne centrale dans la section de profil à grand gabarit et à petit gabarit. Dans chacun des cas, il est possible d'avoir d'économie possible. (Voir section types de l'ouvrage en franchise avec et sans colonne centrale).

## 5 - DRAINAGE

La suggestion d'augmenter le diamètre du drain de 8" est acceptée. Ceci un point mineur qui sera évidemment considéré lors de la préparation des plans de détail.

## 6 - GARE A QUAI CENTRAL VERSUS GARE A QUAI LATÉRAL

En franchise le tracé à petit gabarit est plus cher que le tracé à grand gabarit. Cependant, si l'on considère les études faites à l'échelle des plans et des profils, on voit qu'il est possible d'avoir d'économie à cause du drainage des tranchées.

Ce qui précède est un résumé de l'étude faite à l'effet de nous faire connaître au moins en partie les possibilités de travail de l'équipe de la rue Ste-Catherine et de l'alignement de la rue Roy.

## 2 — COURBES HORIZONTALES

La voiture à petit gabarit présente certains avantages en courbes horizontales en permettant des courbes plus accentuées. Des économies sur le coût des expropriations et des reprises en sous-oeuvre pourraient en résulter.

Il faut noter cependant, que les courbures sont choisies en fonction de l'opération et principalement en fonction de la vitesse commerciale du tracé et du confort des voyageurs.

## 3 — PROFIL EN CUVETTE

Il est évident que le profil en cuvette entre gares avantage les performances de démarrage et de freinage. Cependant, après examen des plans et profils de tous les projets étudiés à date, il nous semble que seul l'alignement nord-sud entre la rue Roy et le boulevard Métropolitain puisse profiter de ce principe sans en augmenter le coût parce qu'en tunnel dans le roc.

## 4 — ENLÈVEMENT DE LA COLONNE CENTRALE

Nous avons calculé, et nos calculs ont été vérifiés par des ingénieurs-conseils locaux, la possibilité d'enlever la colonne centrale dans la section du projet à grand gabarit et à petit gabarit. Dans chacun des cas, il ne semble pas y avoir d'économie possible. (Voir Section types de l'ouvrage en tranchée avec et sans colonne centrale).

## 5 — DRAINAGE

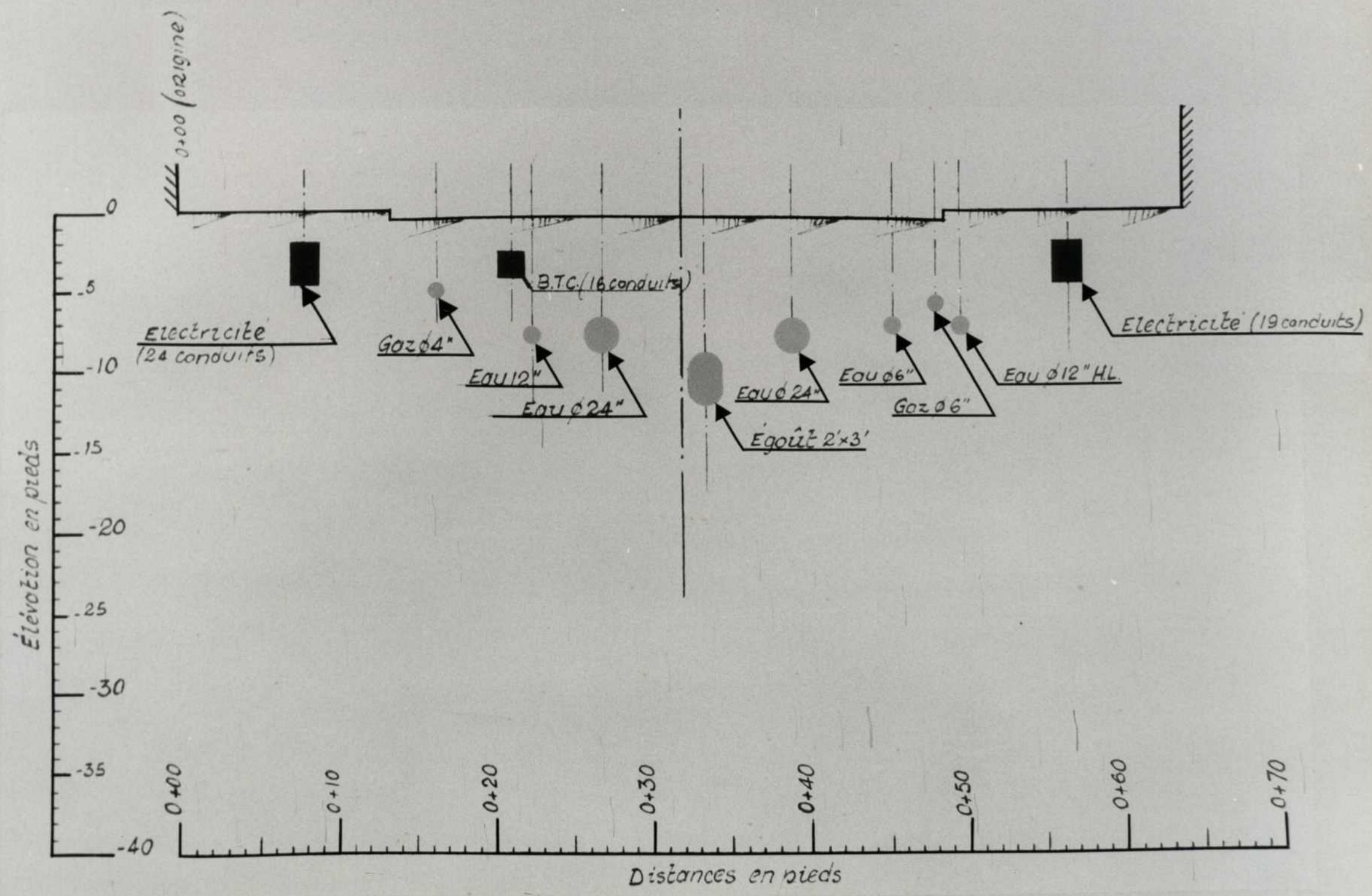
La suggestion d'augmenter le diamètre du drain de 8" est acceptée. C'est un point mineur qui sera évidemment reconsidéré lors de la préparation des plans de détail.

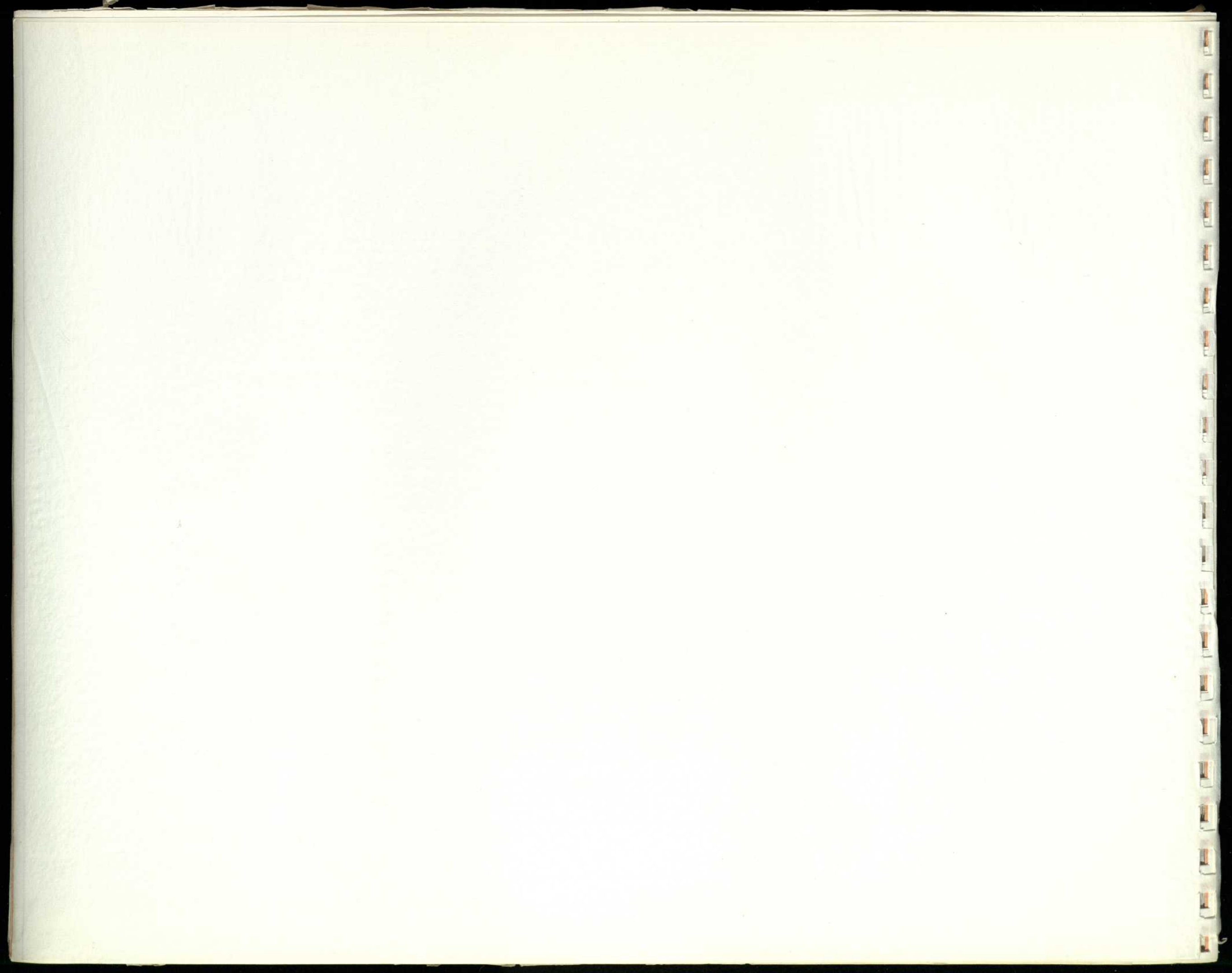
## 6 — GARE À QUAI CENTRAL VERSUS GARE À QUAIS LATÉRAUX

En tranchée, la gare à quai central coûte plus cher que la gare à quais latéraux. Cependant, en tunnel nous avons fait des études assez poussées et nous avons conclu que la gare à quai central était plus économique à cause du jumelage des tubes.

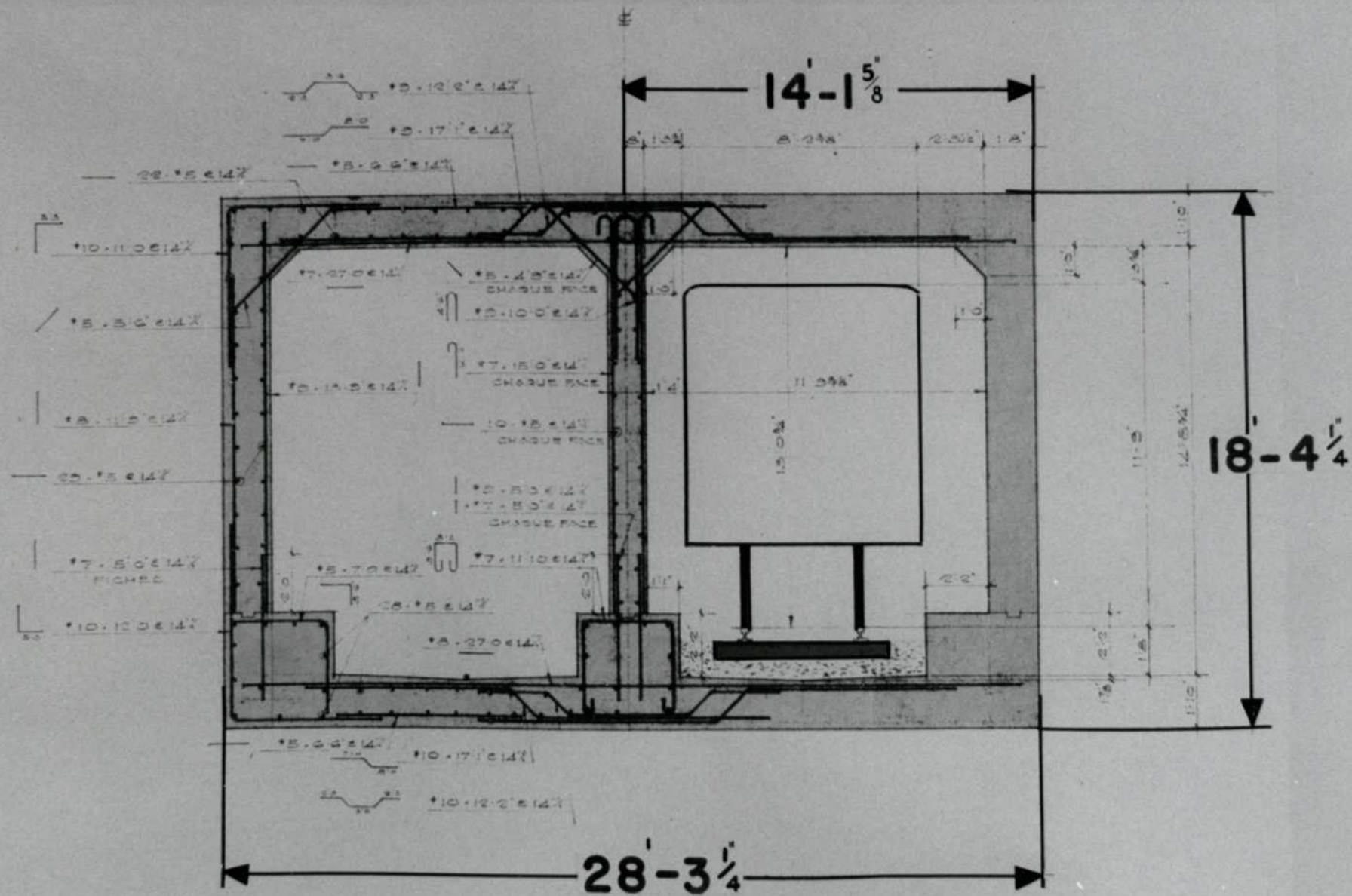
Ce qui précède est vrai en principe mais chaque gare doit faire l'objet d'une étude spéciale en tenant compte de la topographie du terrain, de l'espace disponible, de la nature du sol et de l'affluence des voyageurs.

# SERVICES PUBLICS SOUS RUE STE-CATHERINE À LA RUE PEEL





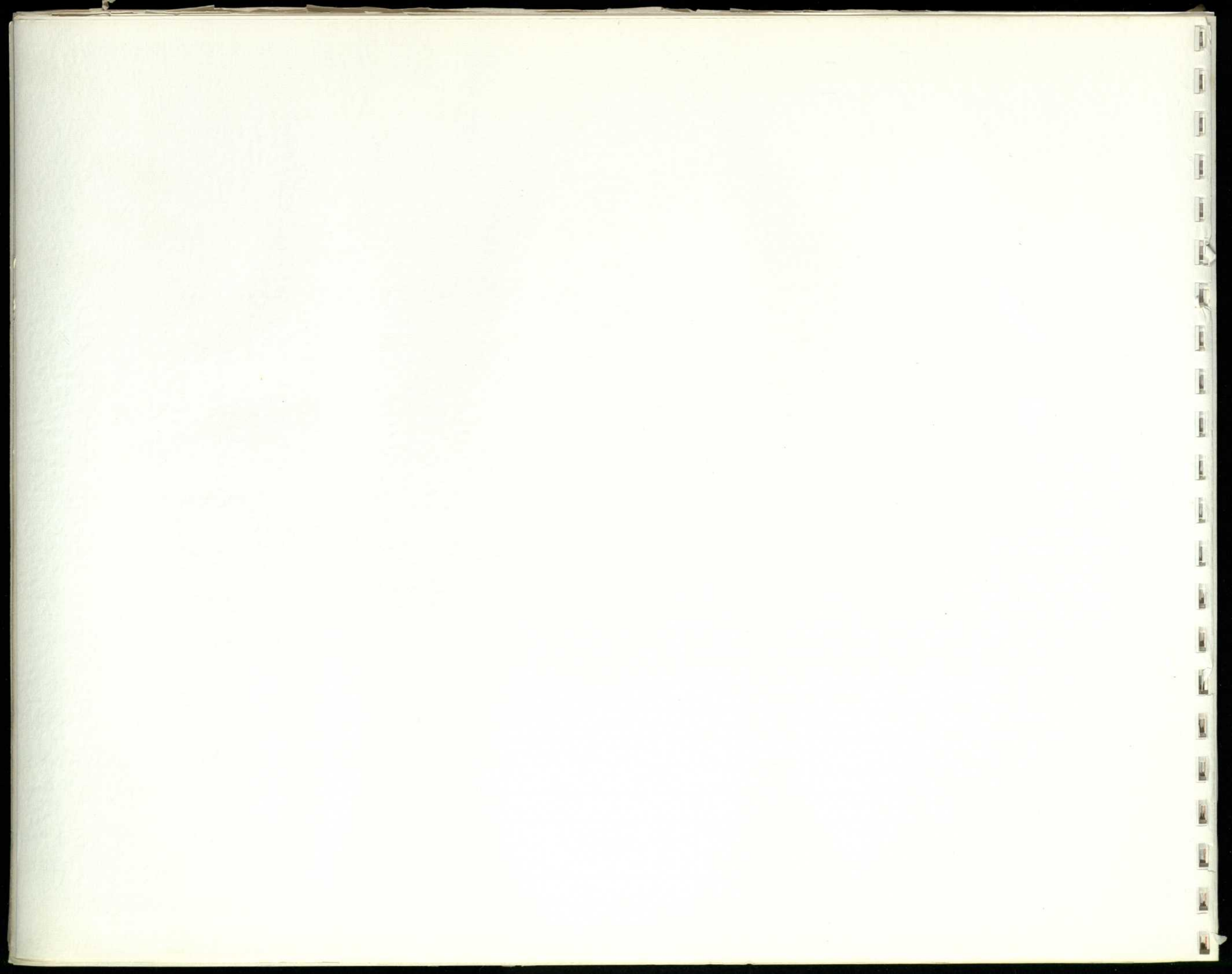
# PETIT GABARIT SUR BALLAST TRANCHÉE COUVERTE



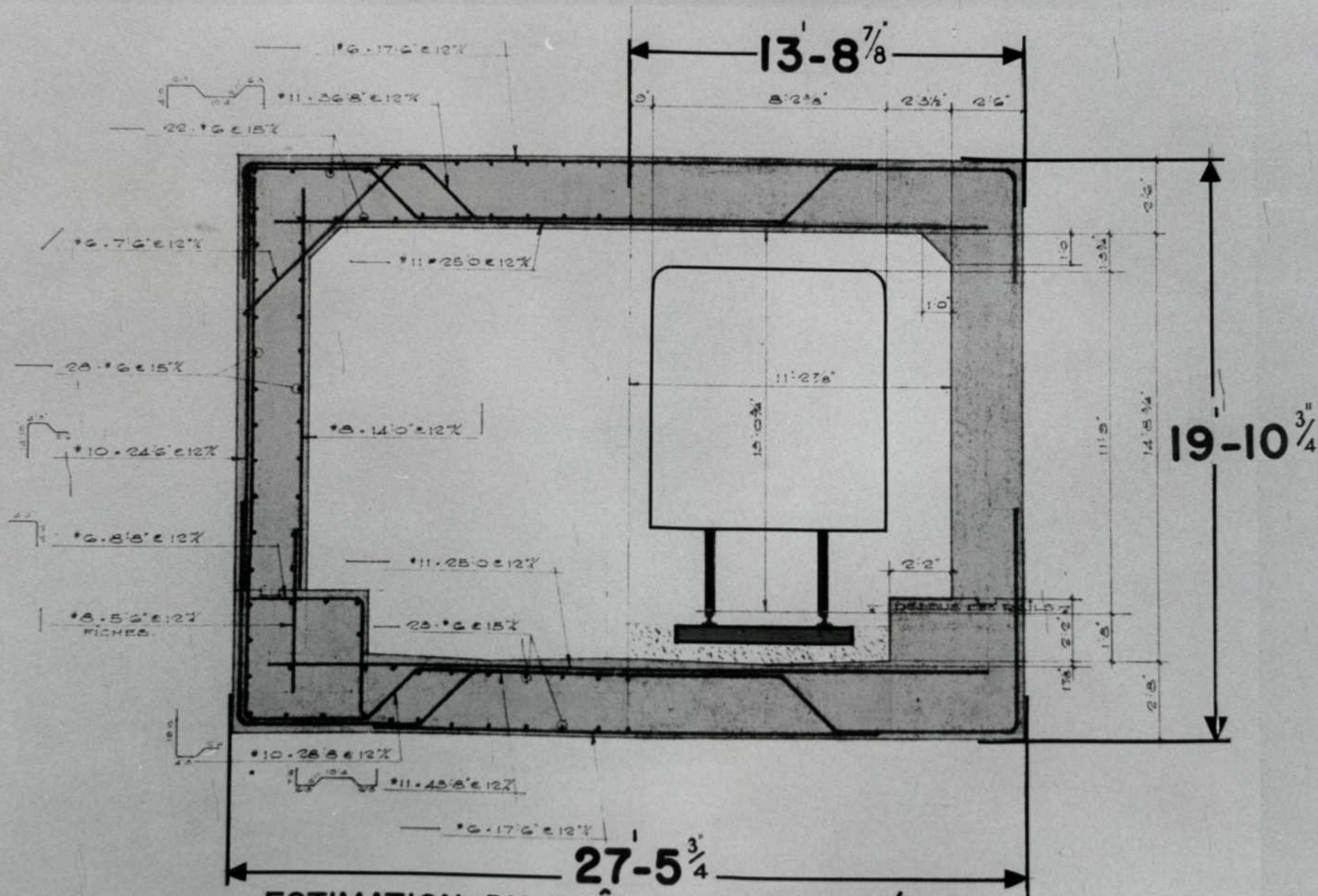
## ESTIMATION DU COÛT PAR PIED LINÉAIRE

- ARMATURE — 1126 lbs @ \$0.09 = \$ 101.34
- BETON — 188.40 pi. cu. @ \$0.555 = \$ 104.56
- COFFRAGE — 119.30 pl. car. @ \$0.60 = \$ 71.58

**TOTAL: \$ 277.48** AU PIED LINÉAIRE



# PETIT GABARIT SUR BALLAST TRANCHÉE COUVERTE sans mur intérieur



## ESTIMATION DU COÛT PAR PIED LINÉAIRE

ARMATURE: — 1.571.0 lbs @ \$ 0.09 = \$ 141.59  
 BETON — 224.0 pi.cue @ \$ 0.555 = \$ 124.32  
 COFFRAGE — 91.75 pi.care @ \$ 0.60 = \$ 55.05

**TOTAL: \$ 320.76 AU PIED LINÉAIRE**

## CHAPITRE II

### ANALYSE DES COÛTS DE CONSTRUCTION D'UN MÉTRO

Pour établir des proportions entre les coûts de construction pour un métro équipé de véhicules à grand gabarit et pour un métro équipé de véhicules à petit gabarit, il fallait d'abord procéder à une analyse détaillée des divers éléments de la construction d'un métro, afin de nous rendre compte de l'importance relative de chacun de ces éléments par rapport au tout.

Pour faire cette analyse, il nous fallait un exemple concret et nous avons utilisé à cette fin le projet complet de la Commission de Transport de Montréal qui a fait l'objet de commentaires des ingénieurs de la Régie autonome des transports parisiens, et qui est formé des trois lignes suivantes:

- a) Alignement nord-sud via St-Denis, du boulevard Crémazie à la rue Ste-Catherine;
- b) Boucle du bas de la Ville via St-Denis, St-Jacques et Peel, de Ste-Catherine à Sherbrooke
- c) Alignement est-ouest via Ontario, Ste-Catherine et Sherbrooke, de Viau à Girouard.

La longueur totale est de 14.7 milles.

La voiture considérée est à grand gabarit, matériel sur fer.

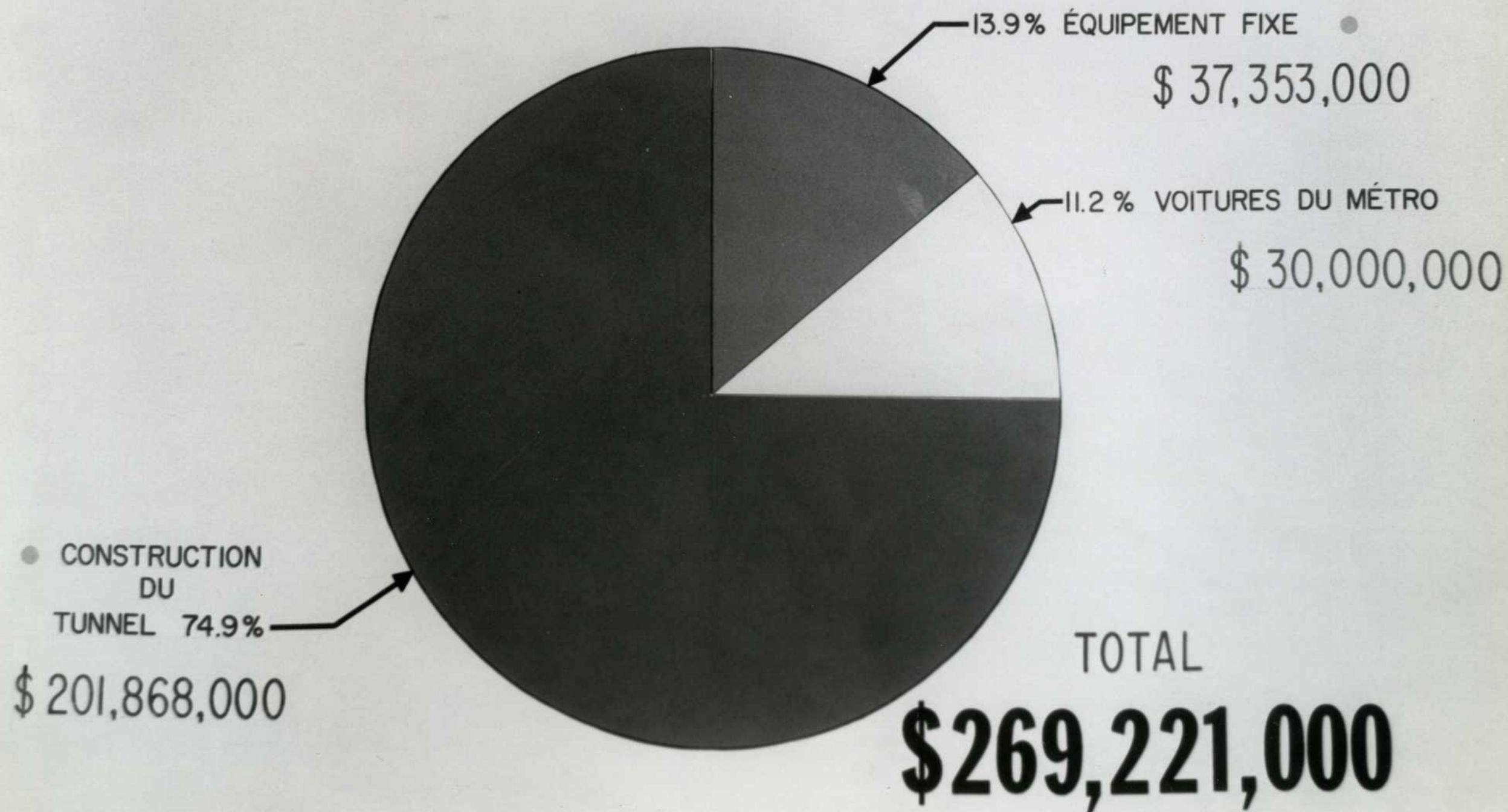
Le coût des trois lignes a été évalué à \$269,221,000.

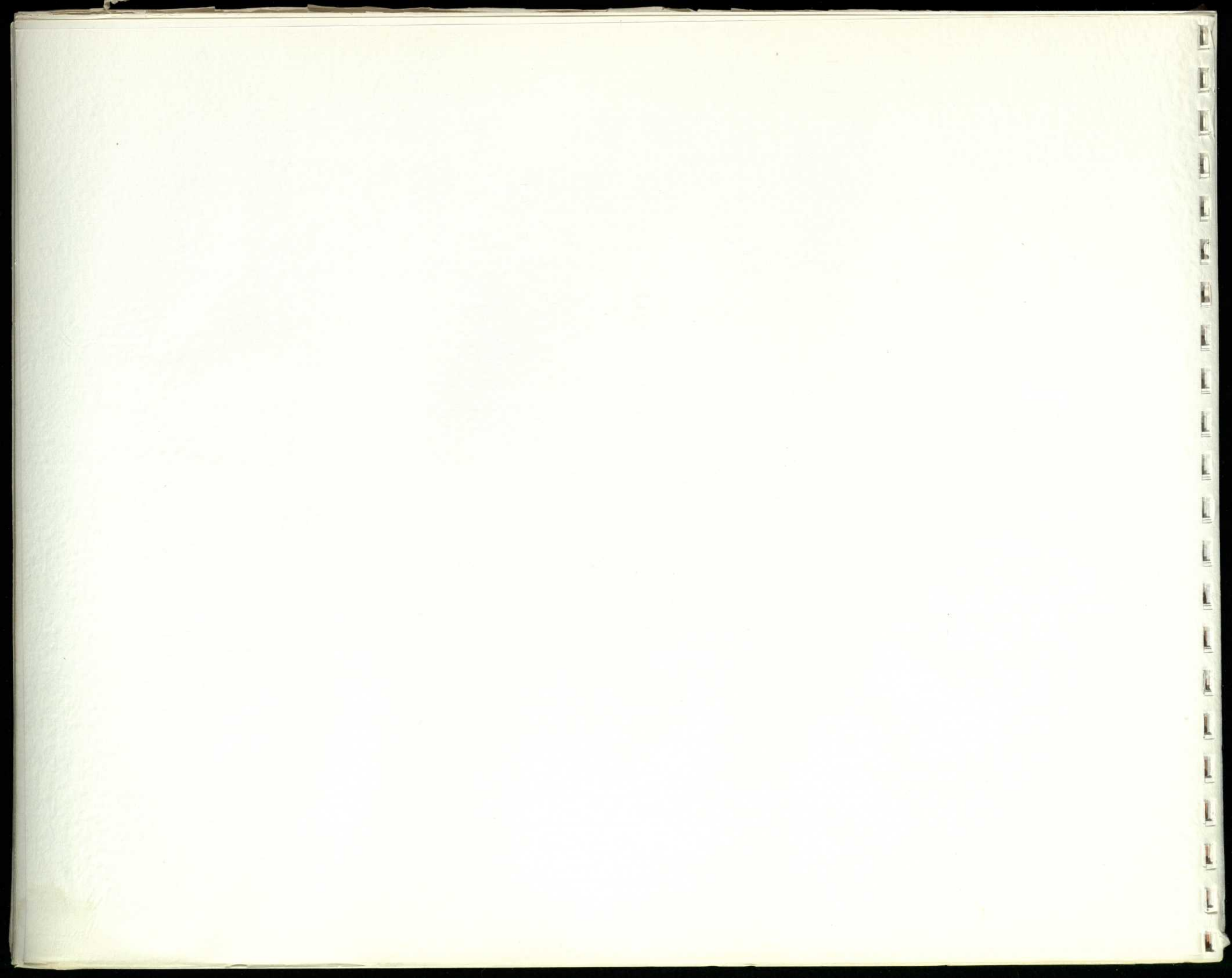
Références: Voir les tableaux suivants:

- a) Les trois éléments principaux du coût du projet;
- b) La construction du tunnel;
- c) L'équipement fixe;
- d) La tranchée couverte.

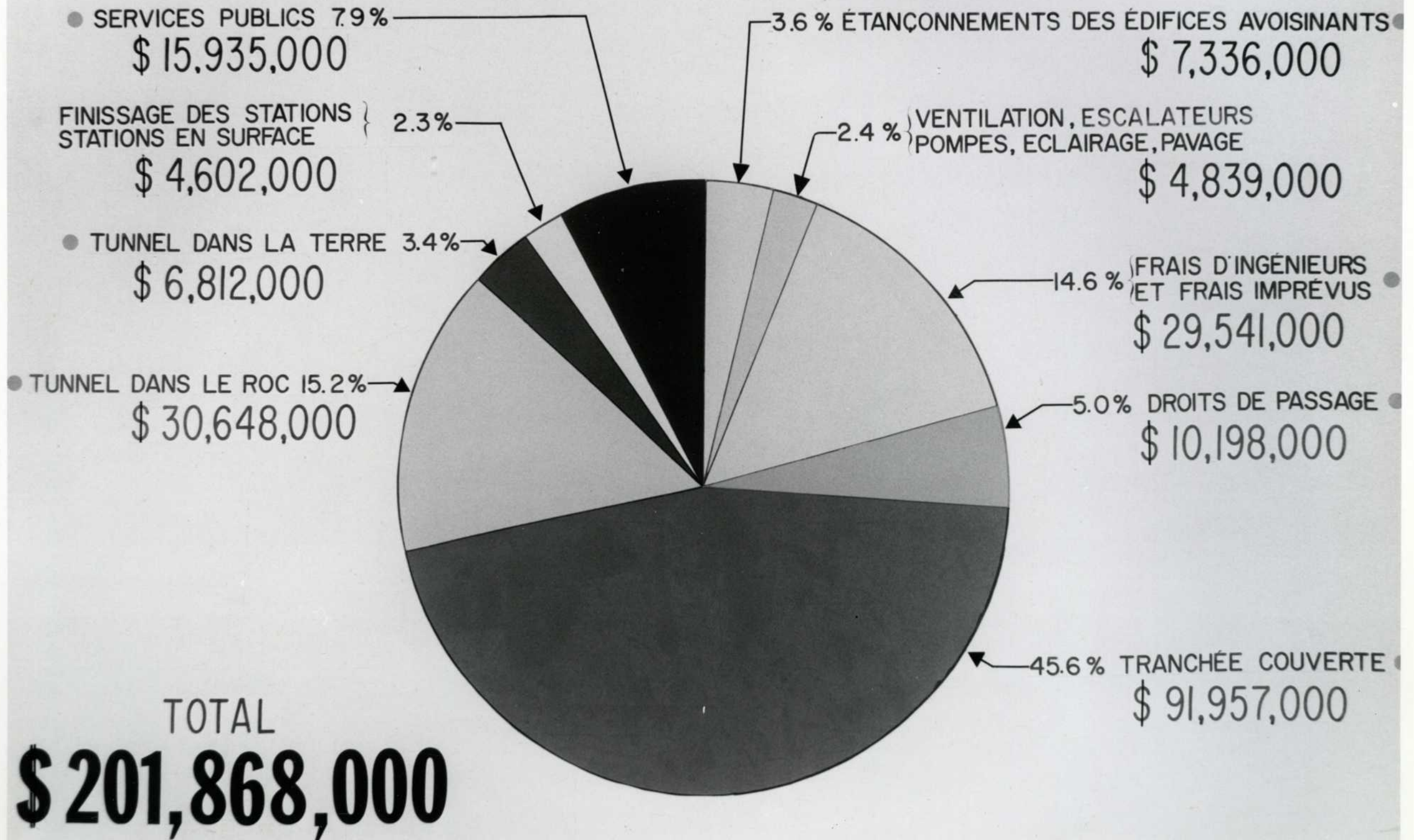
Les éléments pointés sont ceux dont le coût est influencé par les dimensions de la voiture.

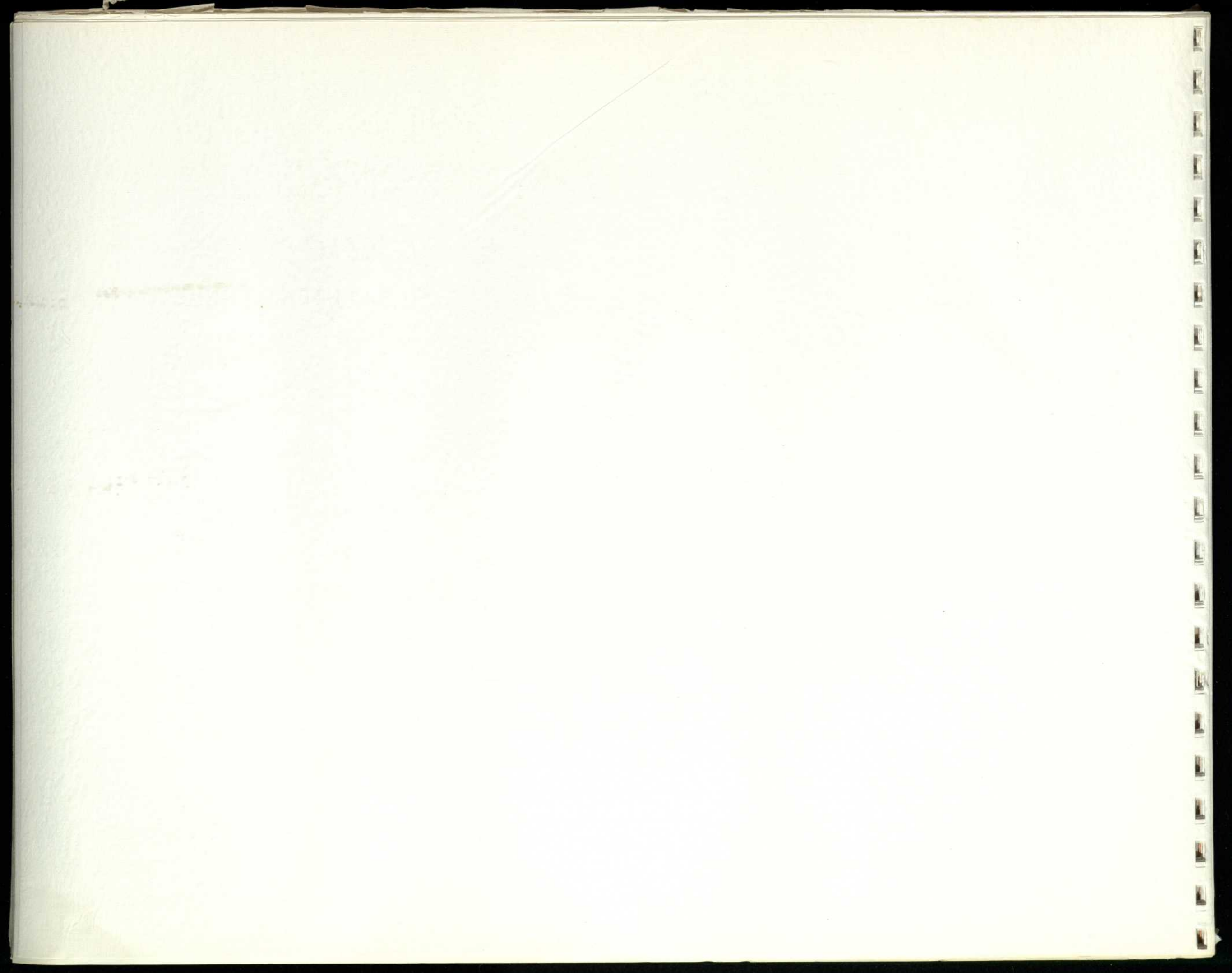
# LES 3 ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DE LA CONSTRUCTION D'UN MÉTRO



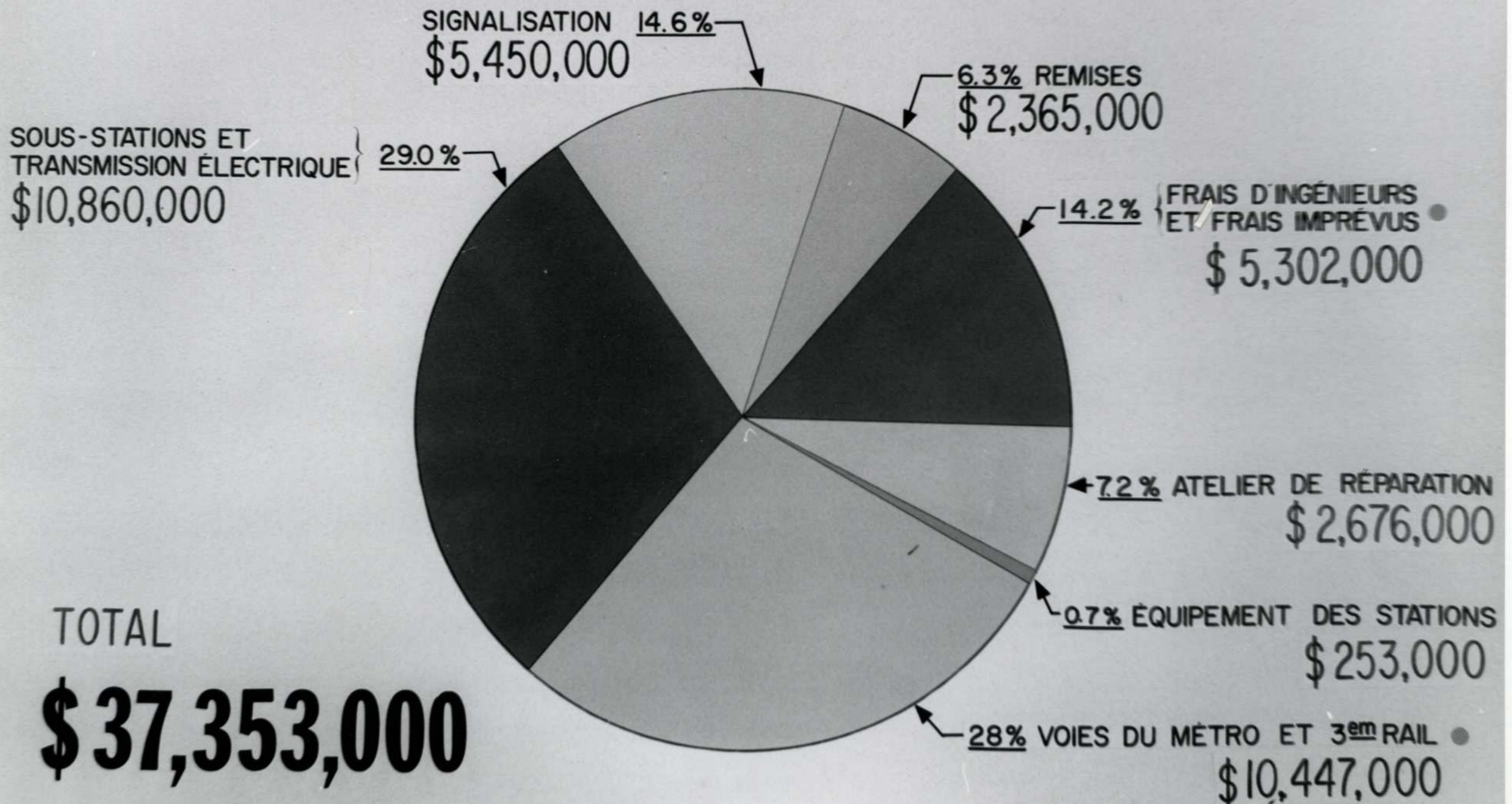


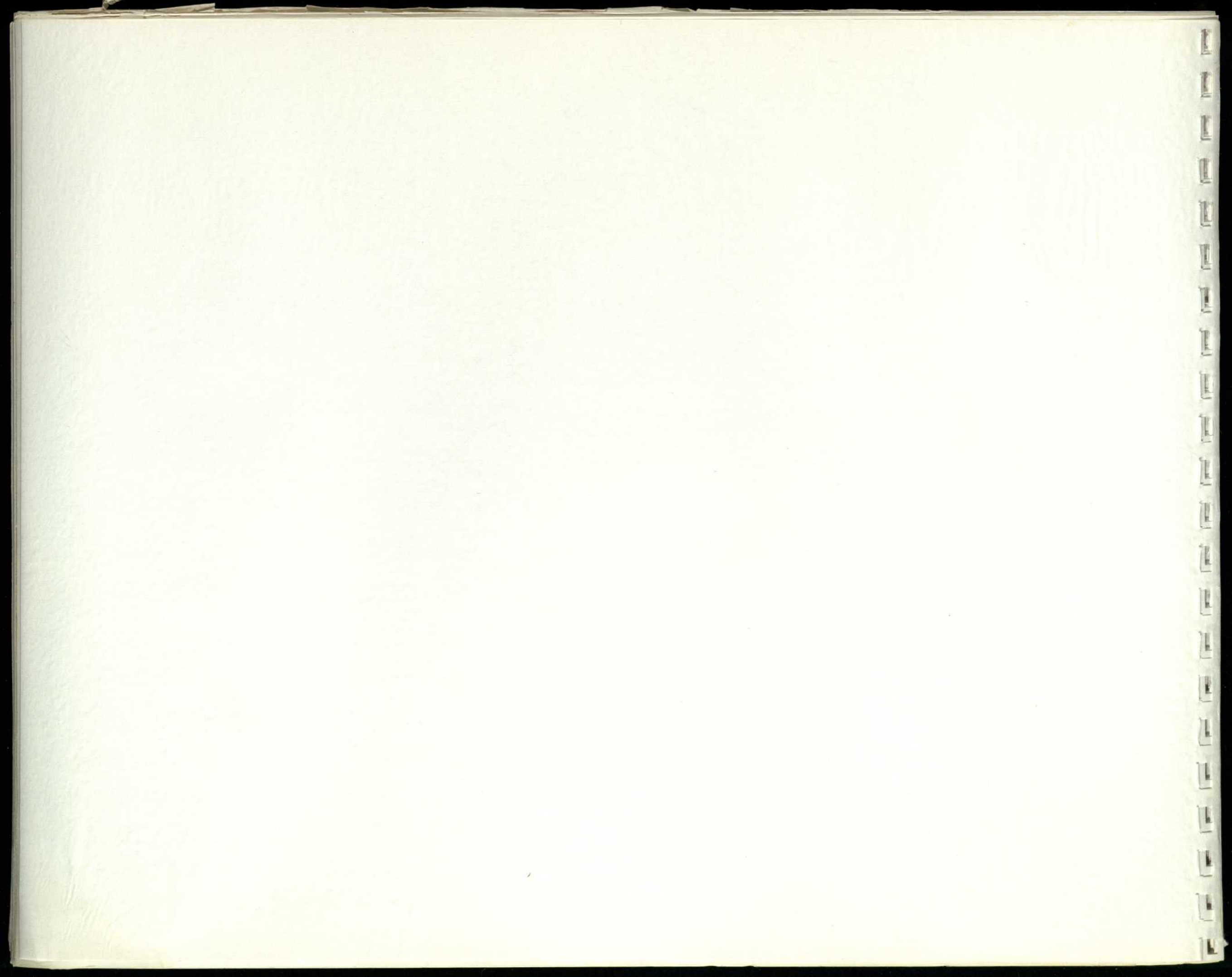
# LA CONSTRUCTION DU TUNNEL



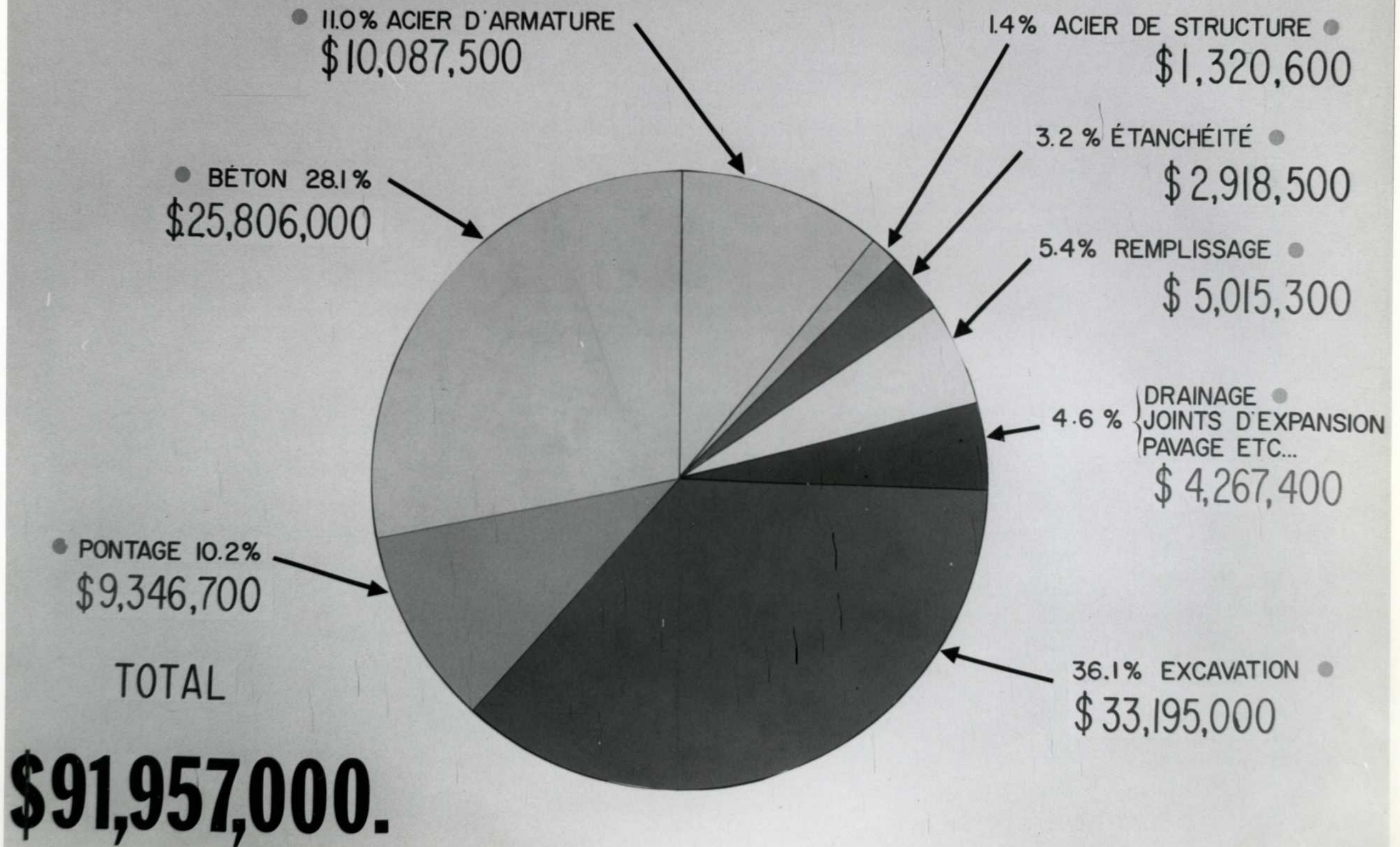


# L'ÉQUIPEMENT FIXE





# LA CONSTRUCTION DE LA TRANCHÉE



### CHAPITRE III

#### MÉTHODES DE COMPARAISON APPLICATION DES MÉTHODES

Maintenant que nous avons ces données quant à l'importance relative de chacun des éléments qui entrent dans la construction du projet de métro commenté, nous sommes en mesure de présenter une comparaison directe entre les coûts de construction du métro à grand gabarit et ceux du métro à petit gabarit, et d'établir les différences entre le coût des deux.

Voici une description de la façon dont nous avons établi ces différences:

#### A — SECTION EN TRANCHÉE COUVERTE

Le calcul du coût de cet élément pour le projet à petit gabarit donne comme résultat 90.2% du coût de l'ouvrage à grand gabarit. Cet élément comprend les ouvrages suivants:

##### 1 — Excavation

Les quantités d'excavation à débiter au petit et au grand gabarits sont fonction de la largeur des tunnels étant donné que la profondeur est sensiblement la même dans les deux cas. Le rapport est de 28.25/32.5, soit 87%.

45% du coût des excavations doit être attribué à l'enfoncement des pieux et au lambrissage entre pieux qui sont sensiblement les mêmes dans les deux cas. Donc 55% du coût de l'ouvrage varie en fonction du gabarit. Alors le 13% d'économie devient donc  $(100-87) \times 55\%$  soit: 7%, et le coût de petit gabarit devient 93% du grand gabarit.

##### 2 — Pontage Temporaire

Cet ouvrage est proportionnel à la largeur des excavations et le rapport du petit au grand gabarit devient 87%.

##### 3 — Béton

Le volume du béton a été calculé pour chacun des deux cas et le résultat indique que le volume du petit gabarit est 90% du grand gabarit.

##### 4 — Acier d'armature

Les calculs indiquent que la quantité d'acier d'armature requis par le petit gabarit est 85% de celle du grand gabarit.

##### 5 — Acier de Charpente

Le petit gabarit requiert 90% par rapport au grand gabarit.

##### 6 — Membrane Imperméable

Cet élément devient pour le petit gabarit 92% du grand gabarit.

7 — Rempissage

Cet élément est directement proportionnel aux largeurs d'excavation et devient pour le petit gabarit 87% de celui du grand gabarit.

8 — Joints de dilatation

Cet élément est proportionnel au périmètre des ouvrages et devient 22% tel que pour la membrane imperméable.

9 — Pavage

Cet élément est directement proportionnel à la largeur de l'excavation soit: 87%.

10 — Les autres travaux tels que drainage sous la structure, insonorisation, acier divers, frottoirs, bordures, nivellement, goémonnement et garde-fous, sont les mêmes dans un cas comme dans l'autre.

B — SECTION EN TUNNEL DANS LE ROC

La proportion entre les sections de projet à grand gabarit et de projet à petit gabarit est de 87%. Cependant, comme il y a certains éléments qui restent invariables dans les deux cas tel que les drains et les aciers divers, la proportion a été calculée à 89,8%.

C — SECTION EN TUNNEL DANS LA TERRE

La proportion entre les deux ouvrages en cause est proportionnelle aux sections et a été calculée à 86,2%.

D — SERVICES PUBLICS

La différence entre les deux projets en ce qui regarde l'entretien et la remise en bon état des services publics est nulle excepté dans le cas des services localisés dans les traversées. La proportion de 22% que nous appliquons en faveur du petit gabarit est générale.

E — ÉTANCHÉMENT DÉFINITIF

Le coût de cet ouvrage est proportionnel à la largeur des structures. Donc le cas du petit gabarit, la proportion devient 91,5% de celui du grand gabarit.

F — ESCALIERS

Le coût est proportionnel à la hauteur et devient 99% de celui du grand gabarit.

G — VOIE DE MÉTRO

Le coût de la voie du métropolitain a été évalué à 120,02% du coût de la voie du matériel en fer.

### 7 — Remplissage

Cet élément est directement proportionnel aux largeurs d'excavation et devient pour le petit gabarit 87% de celui du grand gabarit.

### 8 — Joint de dilatation

Cet élément est proportionnel au périmètre des ouvrages et devient 92% tel que pour la membrane imperméable.

### 9 — Pavage

Cet élément est directement proportionnel à la largeur de l'excavation soit: 87%.

10 — Les autres travaux tels que drainage sous la structure, insonorisation, acier divers, trottoirs, bordures, nivellement, gazonnement et garde-fous, sont les mêmes dans un cas comme dans l'autre.

## B — SECTION EN TUNNEL DANS LE ROC

La proportion entre les sections du projet à grand gabarit et du projet à petit gabarit est de 87%. Cependant, comme il y a certains éléments qui restent invariables dans les deux cas tel que les drains et les aciers divers, la proportion a été calculée à 89.8%.

## C — SECTION EN TUNNEL DANS LA TERRE

La proportion entre les deux ouvrages en cause est proportionnelle aux sections et a été calculée à 86.2%.

## D — SERVICES PUBLICS

La différence entre les deux projets en ce qui regarde l'entretien et la remise en bon état des services publics est nulle excepté dans le cas des services localisés dans les rues transversales. Le pourcentage de 95% que nous appliquons en faveur du petit gabarit est généreux.

## E — ÉTANCHEMENT D'ÉDIFICES

Le coût de cet ouvrage est proportionnel à la largeur des structures. Dans le cas du petit gabarit, la proportion devient 91.5% de celui du grand gabarit.

## F — ESCALATORS

Le coût est proportionnel à la hauteur et devient 98% du coût du grand gabarit.

## G — VOIE DE MÉTRO

Le coût de la piste du pneumatique a été évalué à 125.02% du coût de la piste du matériel en fer.

# ELEMENTS DU COÛT D'UN METRO

## Construction du Métro

	GRAND TIRAGE	PETIT TIRAGE	POURCENTAGE
	— H — Les éléments qui restent inchangés dans les cas comme dans l'autre sont indiqués par un trait d'union		P. G. P. G.
Sections par tranchée couverte	1000	82,995,000	90.2%
Section en tunnel dans le rocher	1000	27,353,000	89.8
Section en tunnel dans la terre	1000	5,372,000	86.2
Finissage des stations souterraines	1000	3,473,000	100
Stations à ciel ouvert	1000	1,172,000	100
Services Publics - Entretien et réparation	1000	15,150,000	95
Équipement des bâtiments adjacents	1000	6,701,000	91.5
Pavage	1000	510,000	100
Ventilation	1000	595,000	100
Escaliers	1000	1,798,000	98
Pompes	1000	1,798,000	100
Éclairage du Métro	1000	1,798,000	100
Total		100,000,000	91.1
Frais d'ingénieurs et frais imprévus		2,583,000	91.1
Droits de passage		9,175,000	90.0
<b>Total</b>		<b>\$ 111,758,000</b>	<b>90.8%</b>

**T — Remplissage**

Cet élément est directement proportionnel aux larges gabarits à deux voies et devrait pour le petit gabarit 57% de celui du grand gabarit

**G — Accès de dilatacion**

Cet élément est proportionnel au diamètre des ouvrages et devrait être de 100% pour les ouvrages de diamètre supérieur à 1000 mm et de 50% pour les ouvrages de diamètre inférieur à 1000 mm.

**H — Les éléments qui restent inchangés dans un cas comme dans l'autre sont les suivants:**

Finissage des stations souterraines (mêmes dimensions et dispositions)	100%
Stations à ciel ouvert (non changées par la grandeur des gabarits)	100%
Pavage aux stations	100%
Ventilation (même disposition)	100%
Pompes (même disposition)	100%
Atelier d'Youville	100%
Accessoires d'ateliers	100%
Equipement pour les stations	100%
Sous-stations, transmission électrique	100%
Signalisation	100%
Remises	100%

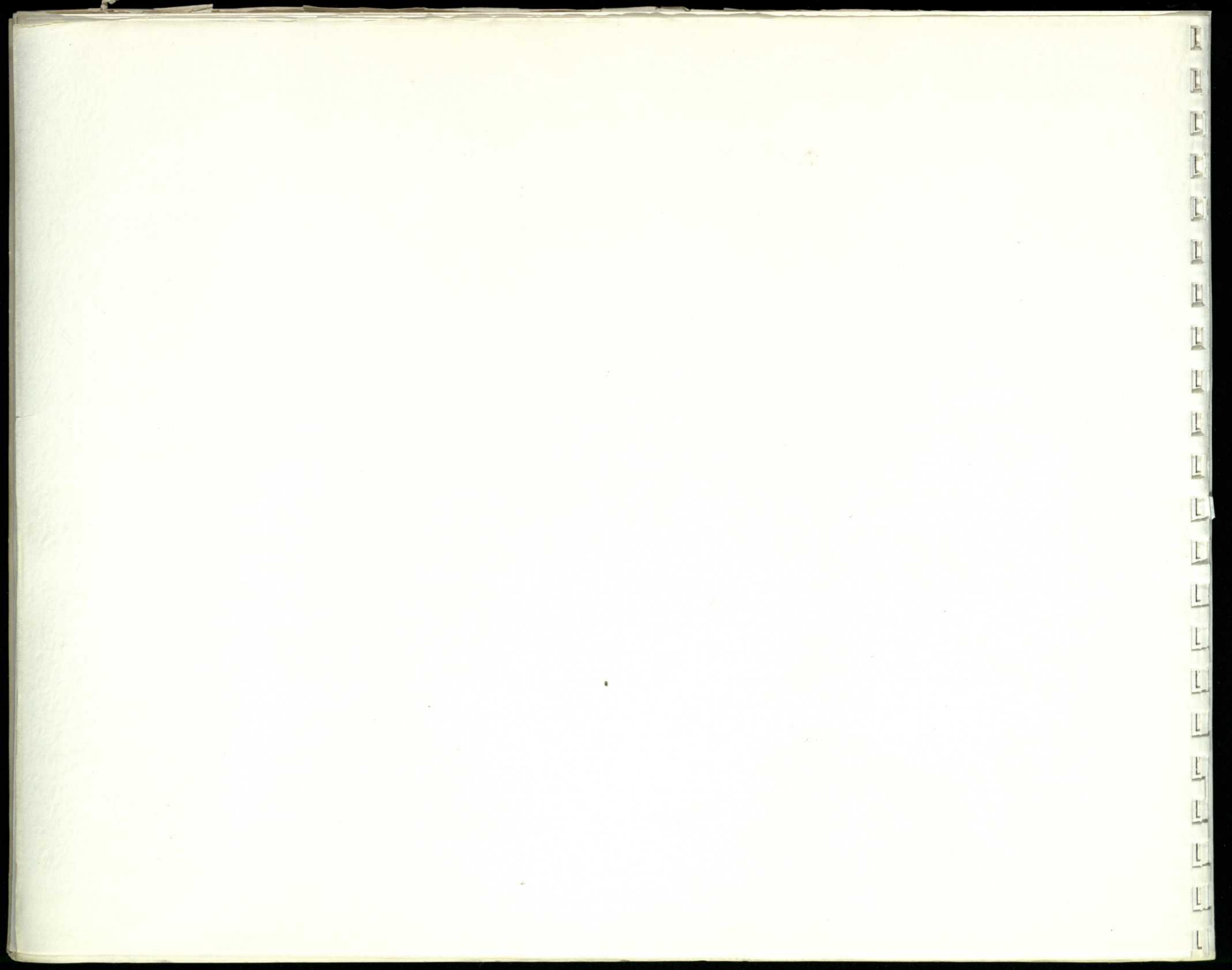
Voir Tableaux et les Sections-types suivantes:

- a) Grand gabarit sur roues d'acier.
- b) Petit gabarit sur pneumatique.
- c) Piste de roulement de la voiture sur pneus.

## ÉLÉMENTS DU COÛT D'UN MÉTRO

### A. Construction du Métro

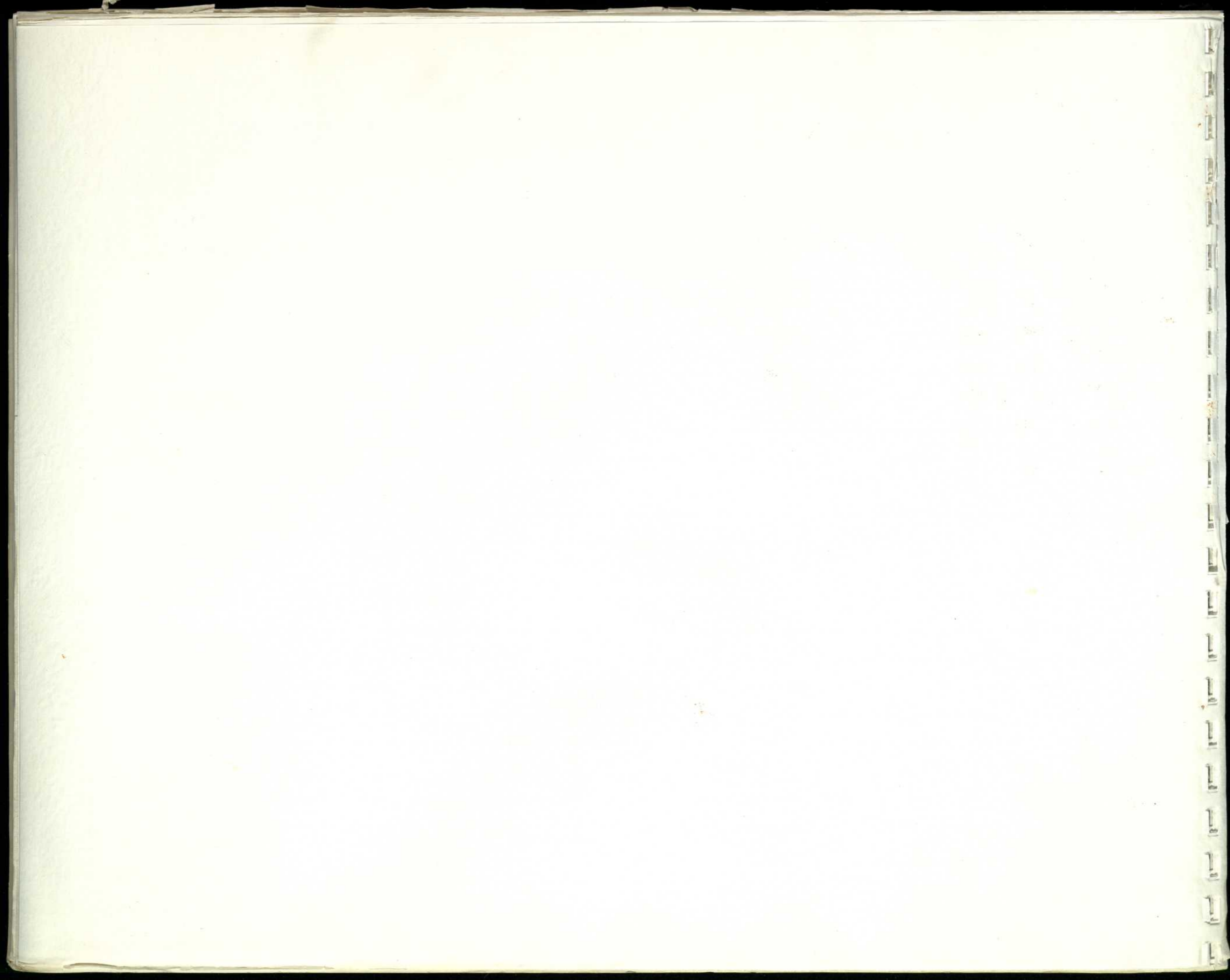
	GRAND GABARIT SUR BÉTON	PETIT GABARIT SUR PNEU.	POURCENTAGE P. G. P./G. G.
Sections par tranchée couverte	91,957,000	82,989,000	90.2 %
Section en tunnel dans le roc	30,648,000	27,583,000	89.8
Section en tunnel dans la terre	6,812,000	5,872,000	86.2
Finissage des stations souterraines	3,423,000	3,423,000	100
Stations à ciel ouvert	1,179,000	1,179,000	100
Services Publics - Entretien et remise en bon état	15,935,000	15,150,000	95
Étanchéement des édifices avoisinants	7,336,000	6,701,000	91.5
Pavage	510,000	510,000	100
Ventilation	595,000	595,000	100
Escaliers	1,798,000	1,762,000	98
Pompes	177,000	177,000	100
Éclairage du Métro	1,759,000	1,759,000	100
Total	162,129,000	147,700,000	91.1
Frais d'ingénieurs et frais imprévus	29,541,000	26,586,000	91.1
Droits de passage	10,198,000	9,178,000	90.0
<b>Total</b>	<b>\$ 201,868,000</b>	<b>\$ 183,464,000</b>	<b>90.8 %</b>



# ÉLÉMENTS DU COÛT DE LA TRANCHÉE COUVERTE

	GRAND GABARIT SUR BÉTON	PETIT GABARIT SUR PNEU.	POURCENTAGE P.G.P./G.G.
Excavation	\$ 33,195,000	\$ 30,871,200	93 %
Pontage	9,346,700	8,131,600	87
Béton	25,806,000	23,225,400	90
Acier d'armature	10,087,500	8,574,400	85
Acier de structure	1,320,600	1,188,500	90
Étanchéité	2,918,500	2,685,000	92
Remplissage	5,015,300	4,363,300	87
Drainage	515,300	515,300	100
Jointés d'expansion	237,600	218,600	92
Insonorisation	449,600	449,600	100
Aciers divers	242,400	242,400	100
Pavage	2,298,500	1,999,700	87
Trottoirs	194,700	194,700	100
Bordures	93,700	93,700	100
Nivellement & Gazonnage	229,300	229,300	100
Garde-fou	6,300	6,300	100
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 91,957,000</b>	<b>\$ 82,989,000</b>	<b>90.25 %</b>

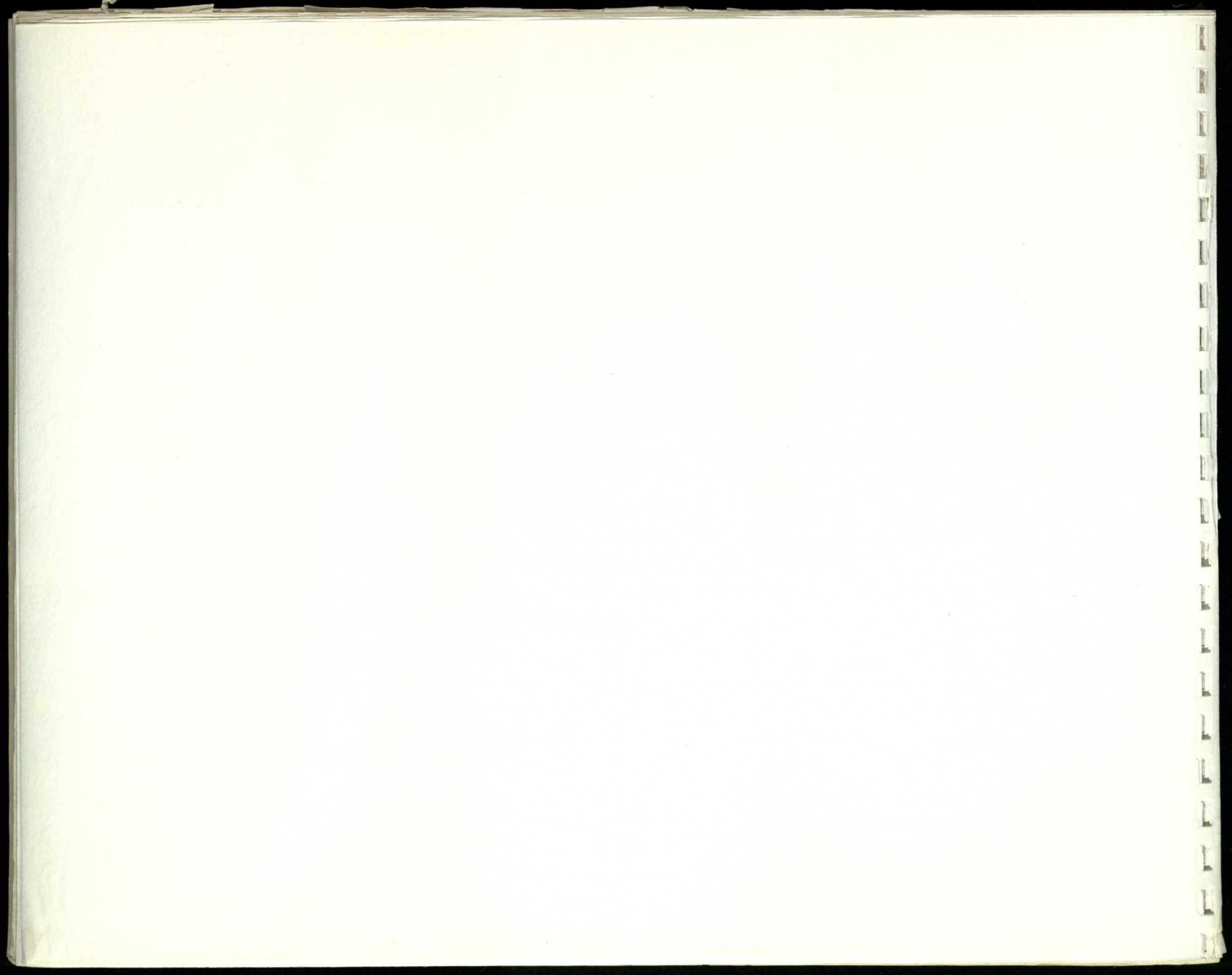




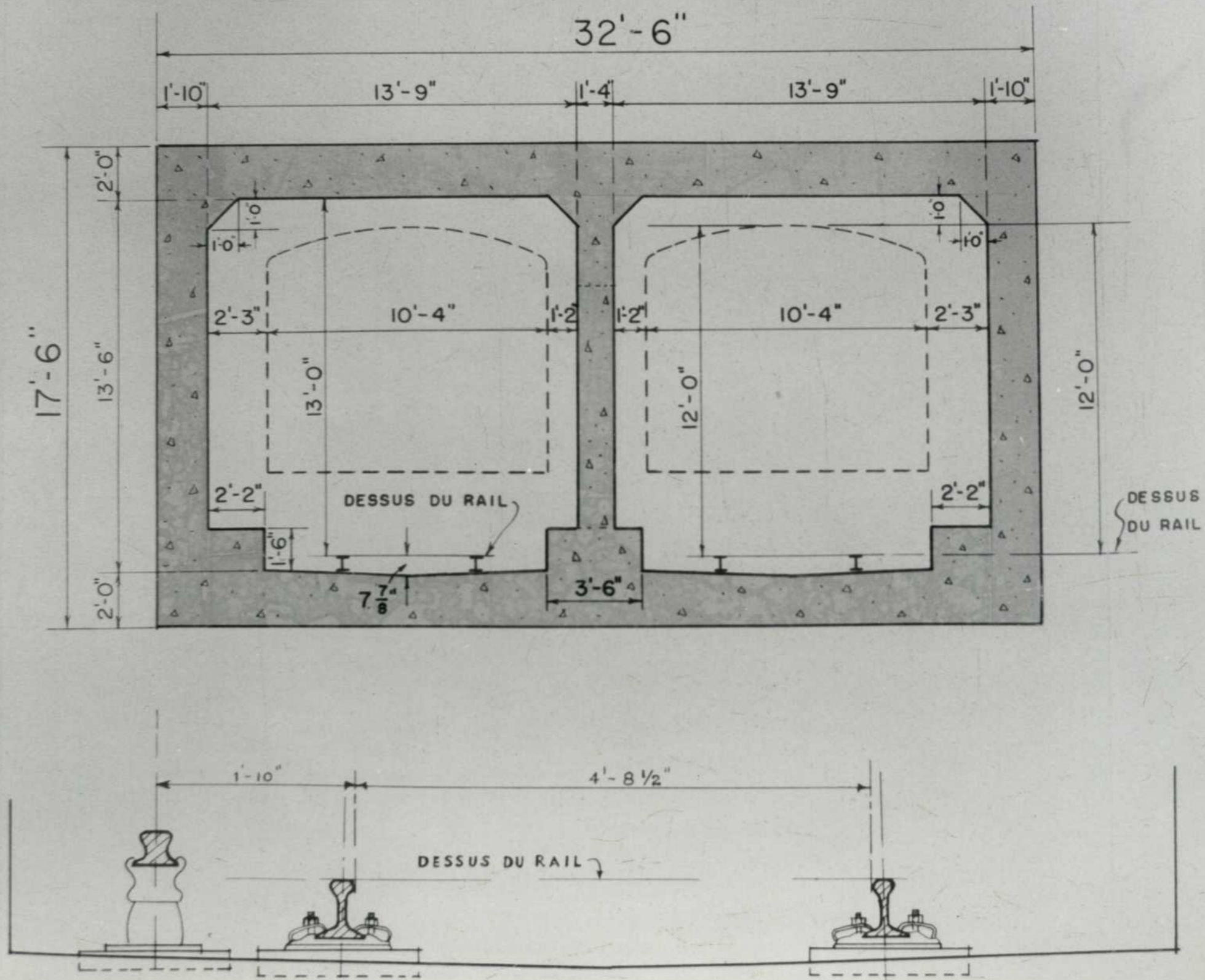
## ÉLÉMENTS DU COÛT D'UN MÉTRO

### B. Équipement Fixe

	GRAND GABARIT SUR BÉTON	PETIT GABARIT SUR PNEU.	POURCENTAGE P. G. P./G. G.
Ateliers d'entretien et de réparations d'Youville -	2,572,000	2,572,000	100
Accessoires d'ateliers	104,000	104,000	100
Équipement pour les stations de métro	253,000	253,000	100
Voies du Métro	10,447,000	13,059,000	125.02
Sous-stations, transmissions électriques & équipement	10,860,000	10,860,000	100
Signalisation et enclenchement	5,450,000	5,450,000	100
Remises	2,365,000	2,365,000	100
Total	32,051,000	34,663,000	108.1
Frais d'ingénieurs et frais imprévus	5,302,000	5,719,000	107.8
<b>Total —</b>	<b>\$ 37,353,000</b>	<b>\$ 40,382,000</b>	<b>108.1%</b>
<b>Grand Total —</b>	<b>\$ 239,221,000</b>	<b>\$ 223,846,000</b>	<b>93.6%</b>

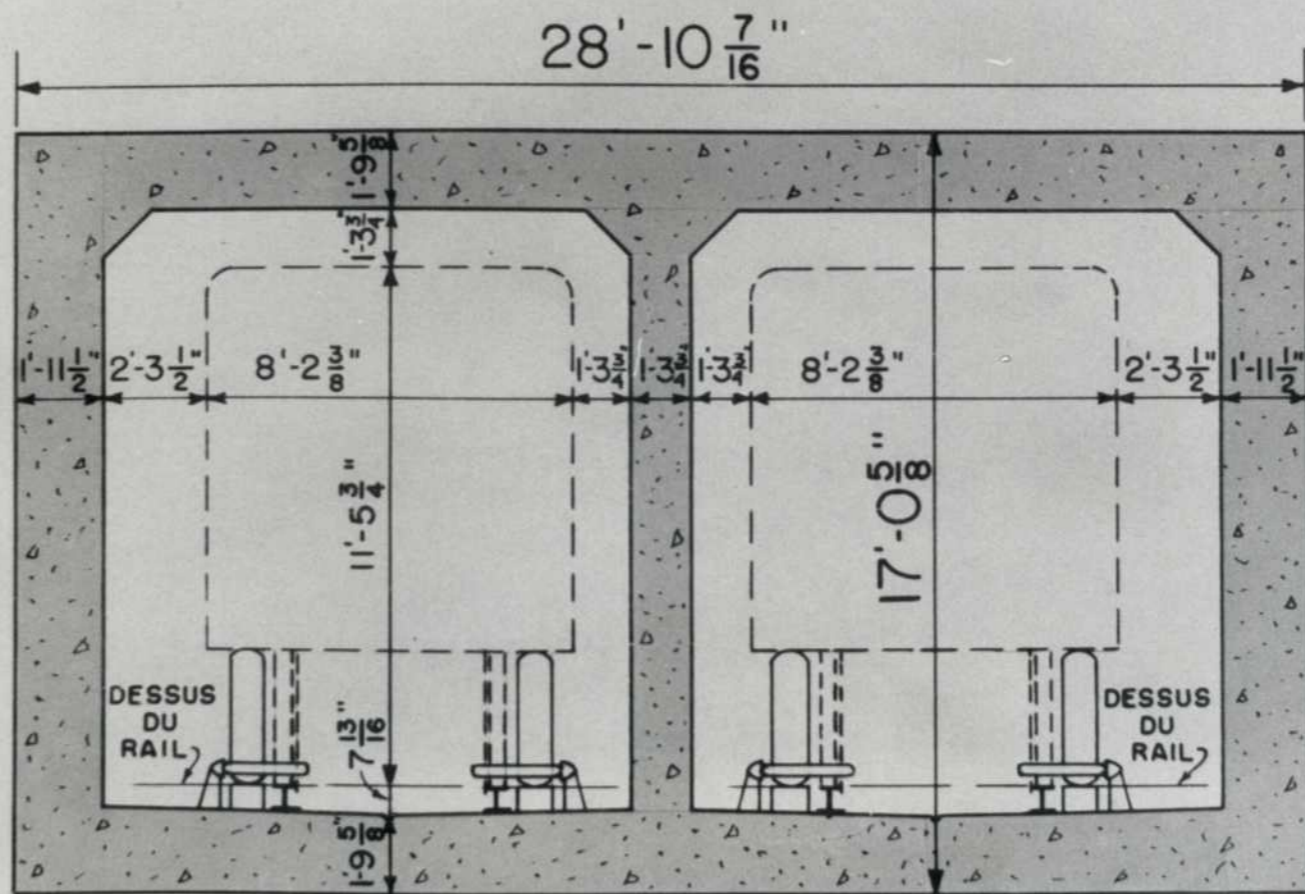


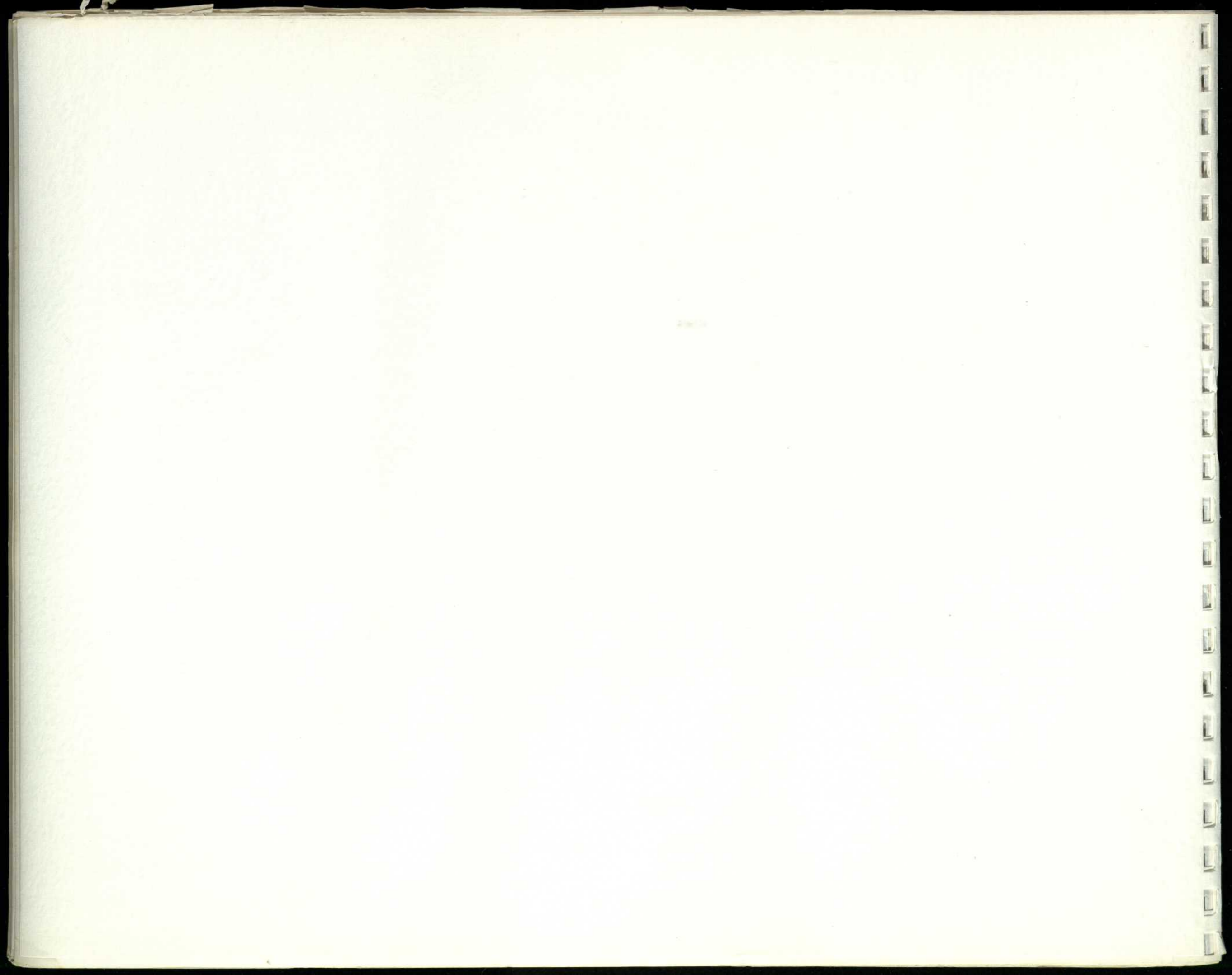
# Grand Gabarit sur Béton – Tranchée Couverte



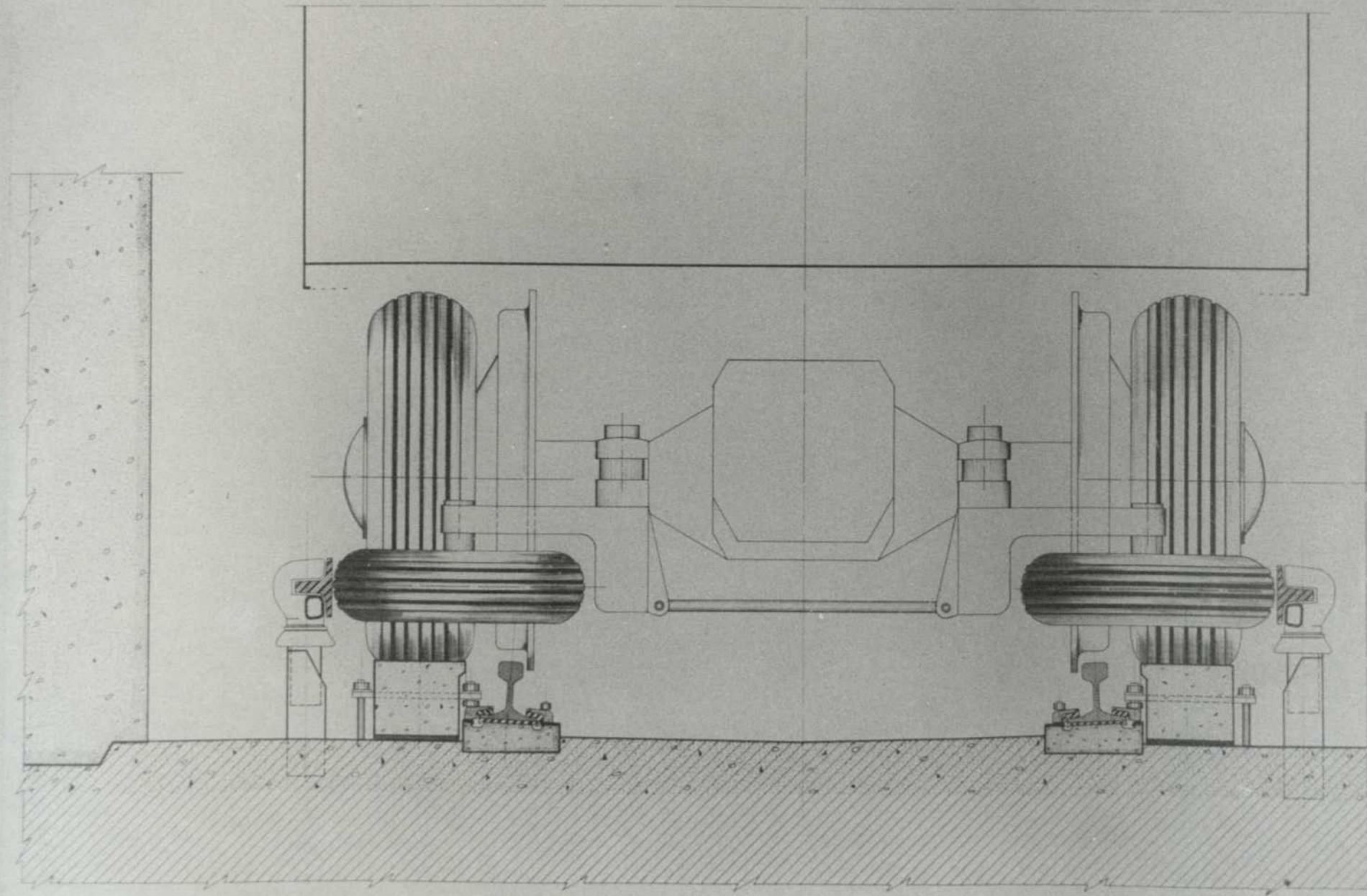


# Petit Gabarit sur Pneus – Tranchée Couverte





# Pneumatique – Piste de Roulement de la Voiture sur Pneus



## CHAPITRE IV

### COMPARAISON DE COÛTS

Voyons donc ce que signifient ces différences pour l'alignement est-ouest du réseau complet dont la réalisation a été discutée à maintes reprises au Comité du Métro.

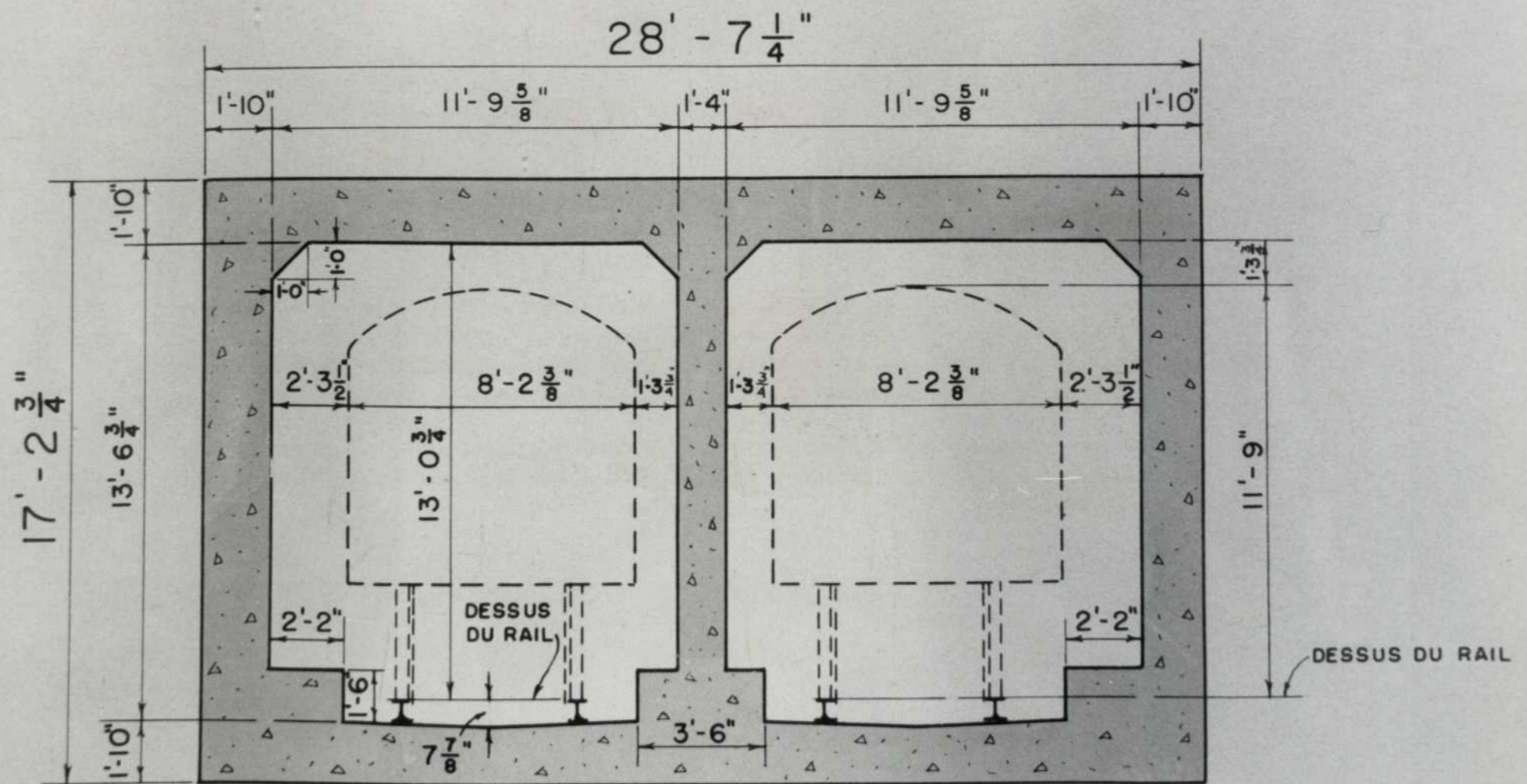
Cet alignement a une longueur de 3.9 milles et s'étend de la rue Atwater à la rue Frontenac via Cathcart; le prolongement de Cathcart à l'est de l'avenue Union jusqu'à Papineau; en diagonale à Papineau pour rejoindre la rue Ontario au niveau de la rue Delorimier; et sur Ontario de Delorimier à Frontenac.

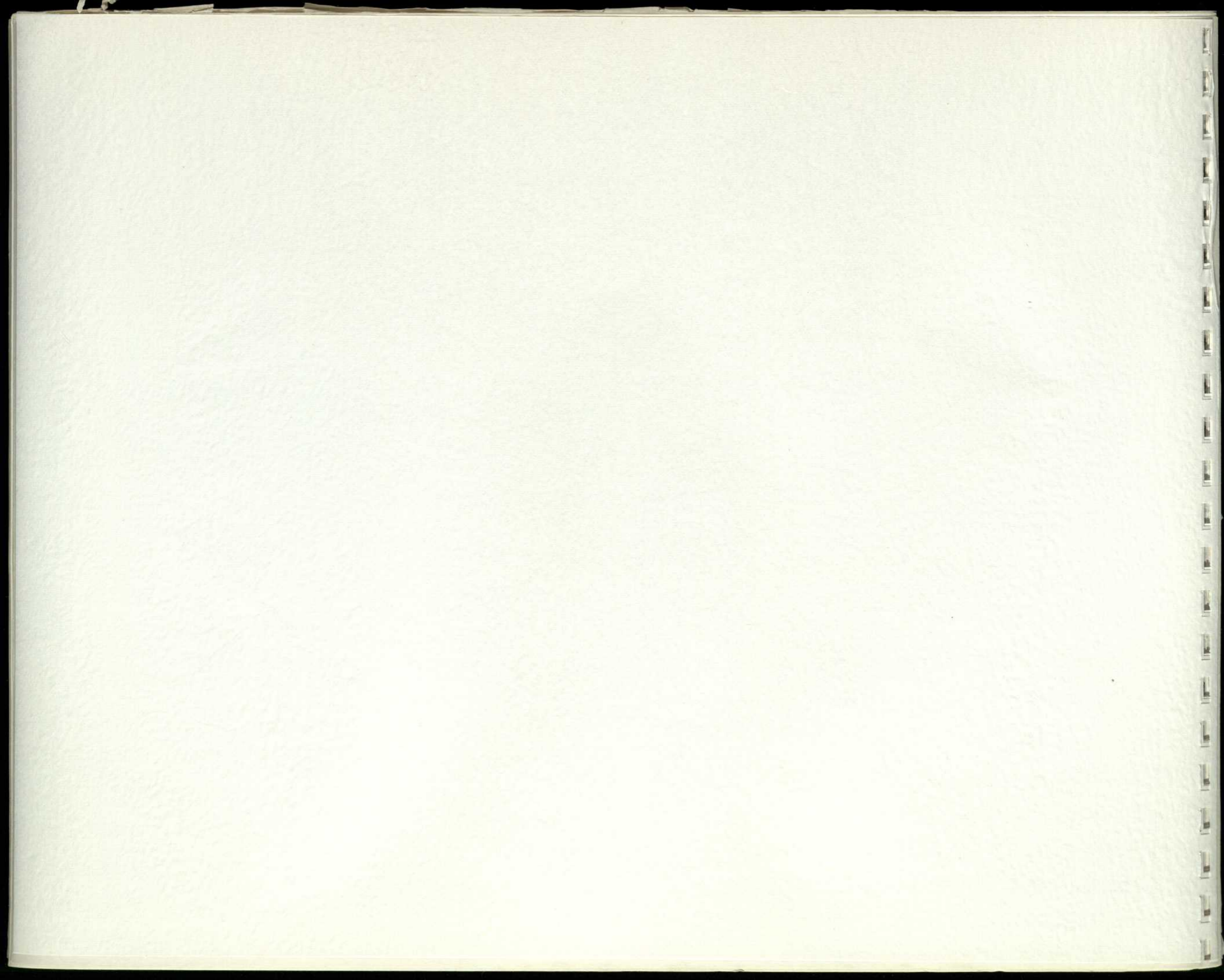
Le projet a été conçu avec une voiture à grand gabarit avec rail sur béton et le coût a été évalué à \$67,000,000. à l'exception des voitures et des expropriations.

Voir Sections —

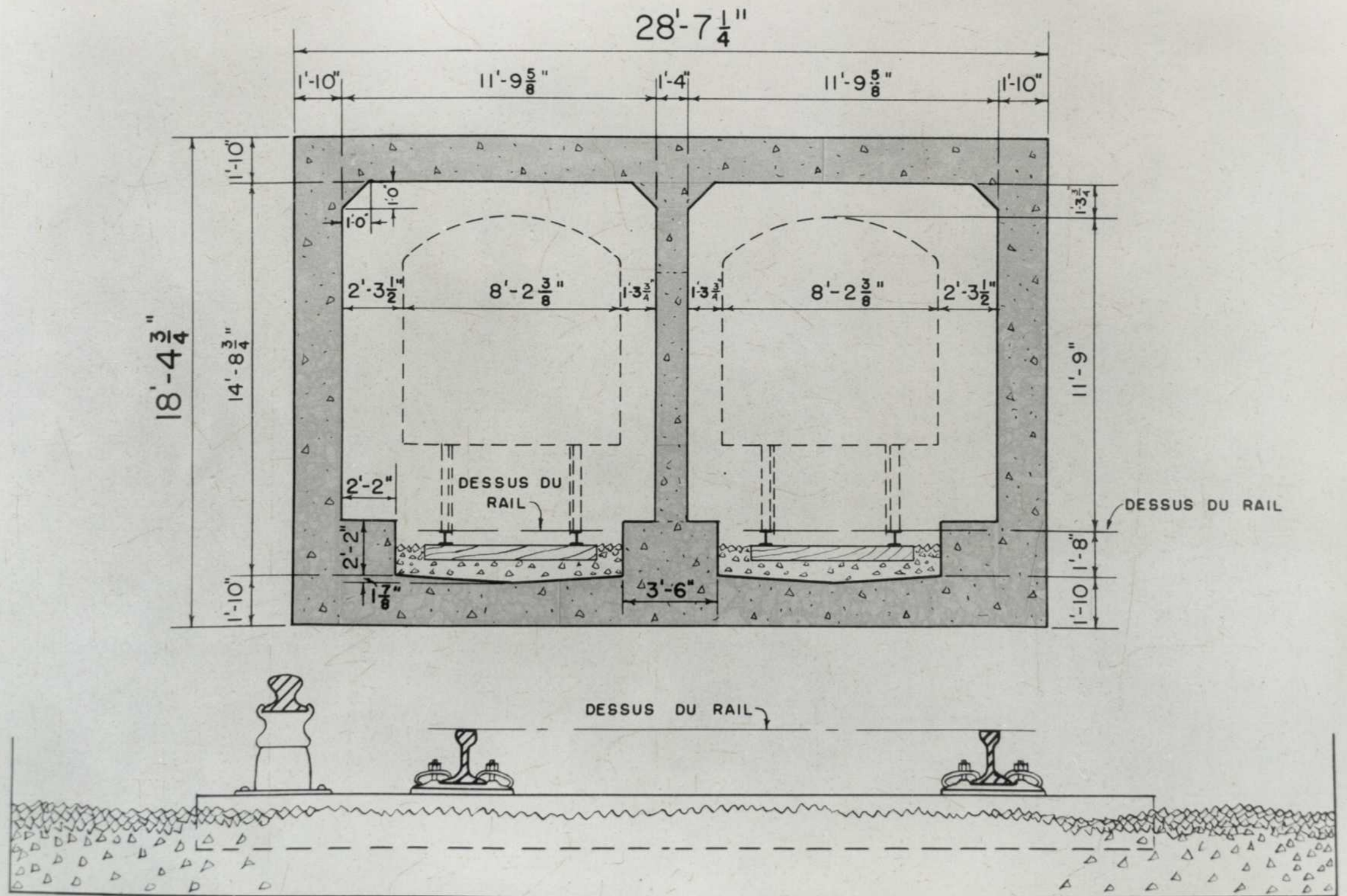
Voir Tableau —

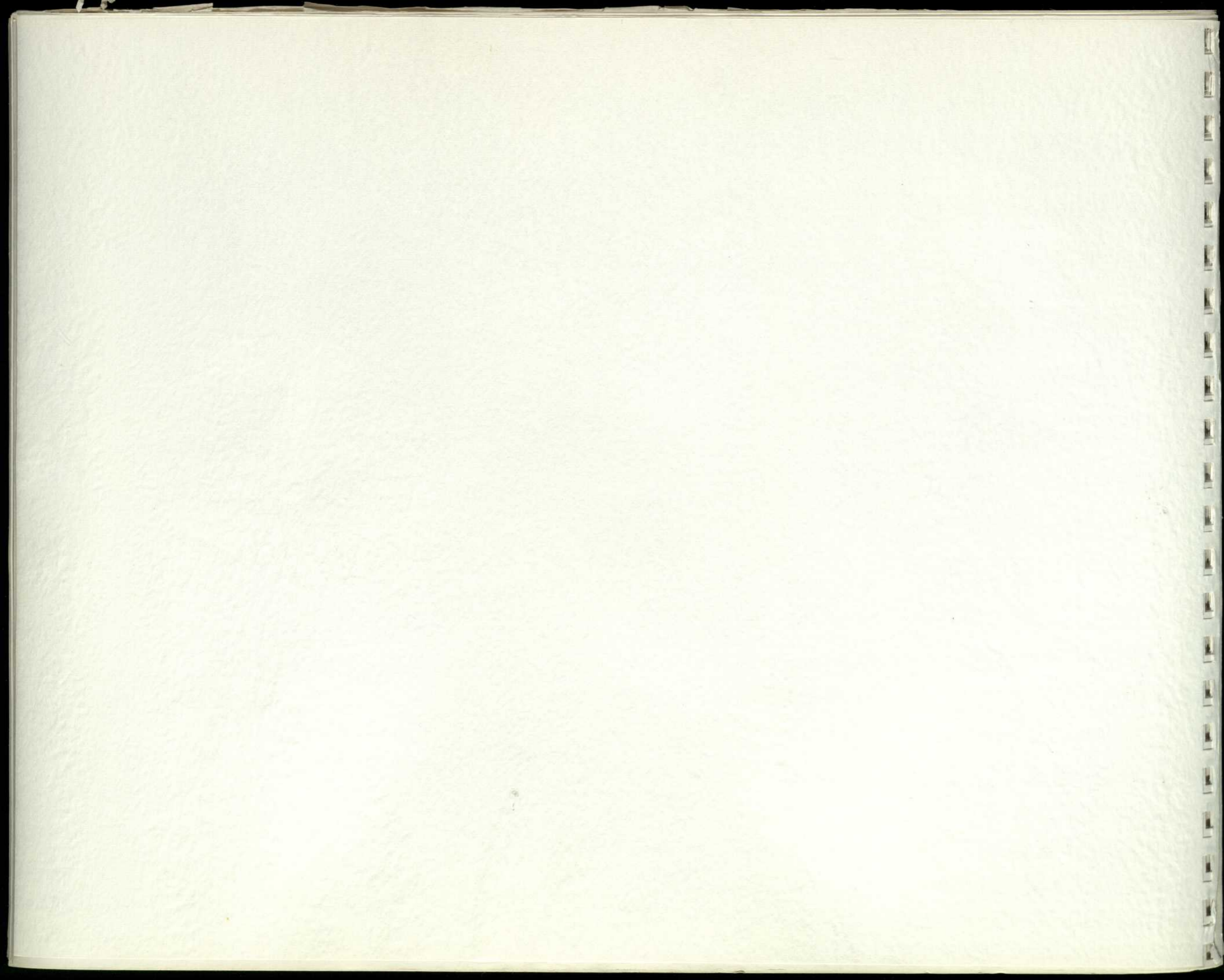
# Petit Gabarit sur Béton – Tranchée Couverte





# Petit Gabarit sur Ballast - Tranchée Couverte





## COMPARAISON DE COÛTS

### PROJET À GRAND GABARIT ET PROJETS À PETIT GABARIT

#### Infrastructure

	GRAND GABARIT SUR BÉTON	PETIT GABARIT SUR BÉTON	DIFFÉRENCE	P.G./BALLAST	DIFFÉRENCE	P.G./PNEU.	DIFFÉRENCE
Sections en tranchée	\$ 42,600,000	\$ 38,446,000	\$- 4,154,000	\$39,110,000	\$- 3,490,000	\$38,446,000	\$- 4,154,000
Finissage des stations souterraines	1,125,000	1,125,000	0	1,125,000	0	1,125,000	0
Services publics - entretien et remise en bon état	2,500,000	2,375,000	- 125,000	2,375,000	- 125,000	2,375,000	- 125,000
Étanchéement d'édifices	2,450,000	2,242,000	- 208,000	2,364,000	86,000	2,242,000	208,000
Ventilation	160,000	160,000	0	160,000	0	160,000	0
Escaliers	560,000	548,800	- 11,200	548,800	11,200	548,800	11,200
Pompes	55,000	55,000	0	55,000	0	55,000	0
Éclairage du métro	550,000	550,000	0	550,000	0	550,000	0
<b>TOTAL</b>	<b>50,000,000</b>	<b>45,501,800</b>	<b>- 4,498,200</b>	<b>46,287,800</b>	<b>- 3,712,200</b>	<b>45,501,800</b>	<b>- 4,498,200</b>
Frais d'ingénieurs et frais imprévus	9,000,000	8,190,300	- 809,700	8,331,800	- 668,200	8,190,300	- 809,700
<b>TOTAL</b>	<b>\$59,000,000</b>	<b>\$53,692,100</b>	<b>\$- 5,307,900</b>	<b>\$54,619,600</b>	<b>\$- 4,380,400</b>	<b>\$53,692,100</b>	<b>\$- 5,307,900</b>
<b>Équipement fixe</b>							
Équipement pour les stations de métro	80,000	80,000	0	80,000	0	80,000	0
Voies de Métro et troisième rail	2,750,000	2,750,000	0	2,553,000	- 197,000	3,437,000	+ 687,000
Sous-stations transmission électrique et équipement	2,800,000	2,800,000	0	2,800,000	0	2,800,000	0
Signalisation et enclenchement	1,455,000	1,455,000	0	1,455,000	0	1,455,000	0
Frais d'ingénieurs et Frais imprévus	1,000,000	1,000,000	0	964,300	- 35,700	1,127,000	+ 127,000
<b>TOTAL</b>	<b>8,085,000</b>	<b>8,085,000</b>	<b>0</b>	<b>\$ 7,852,300</b>	<b>\$ 232,700</b>	<b>\$ 8,899,000</b>	<b>\$ 814,000</b>
<b>GRAND TOTAL</b>	<b>\$67,085,000</b>	<b>\$61,777,100</b>	<b>\$- 5,307,900</b>	<b>\$62,471,900</b>	<b>\$- 4,613,100</b>	<b>\$62,591,100</b>	<b>\$- 4,493,900</b>
			<b>7.9 %</b>		<b>6.9%</b>		<b>6.7%</b>

CHAPITRE V

MÉTHODES DE CONSTRUCTION EN TRANCHÉE

# Méthode de Milan - Stade I

## DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE MILAN

### Stade I

1 - Une séance d'entretien F de 50 minutes et de 2 à 3 fois par semaine pendant les premières semaines de l'entraînement. Les séances sont structurées avec un début, un milieu et une fin.

2 - Les séances de 20 à 30 minutes au cours de l'entraînement sont effectuées en parallèle avec les séances de 50 minutes. Elles sont effectuées en fonction des besoins de l'athlète.

Milan

1971

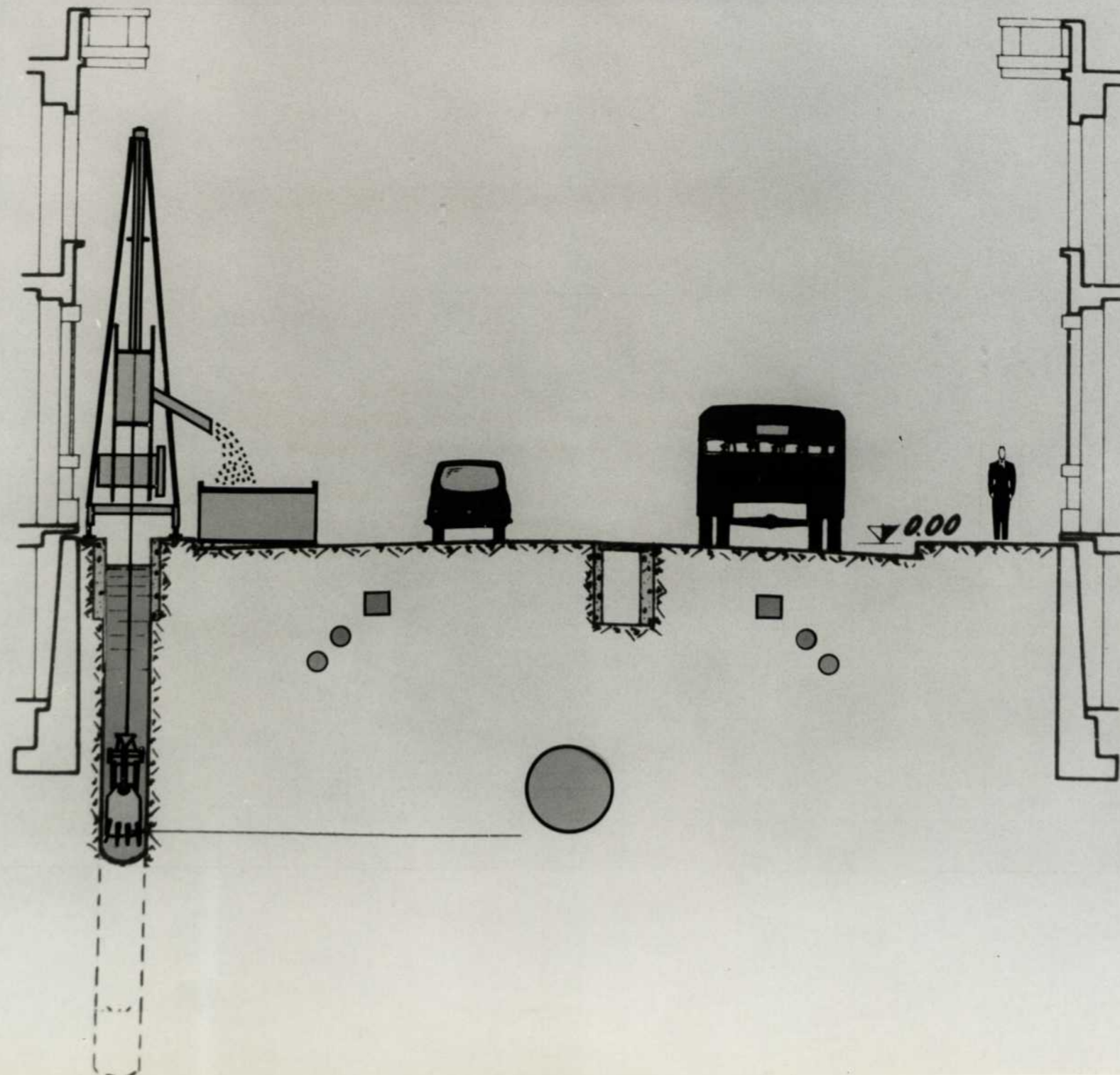
1971

### DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE MILAN

#### Stade No. 1

- 1 — Une tranchée d'environ 3' de largeur et de 5' de profondeur est creusée dans l'alignement du mur du métro. Les côtés de ces tranchées sont ensuite bétonnés.
- 2 — Cette tranchée d'attaque est remplie de bétonite et on procède ensuite aux excavations jusqu'à la profondeur voulue en ayant soin d'ajouter du bétonite pour tenir la tranchée pleine.

# Méthode de Milan – Stade I

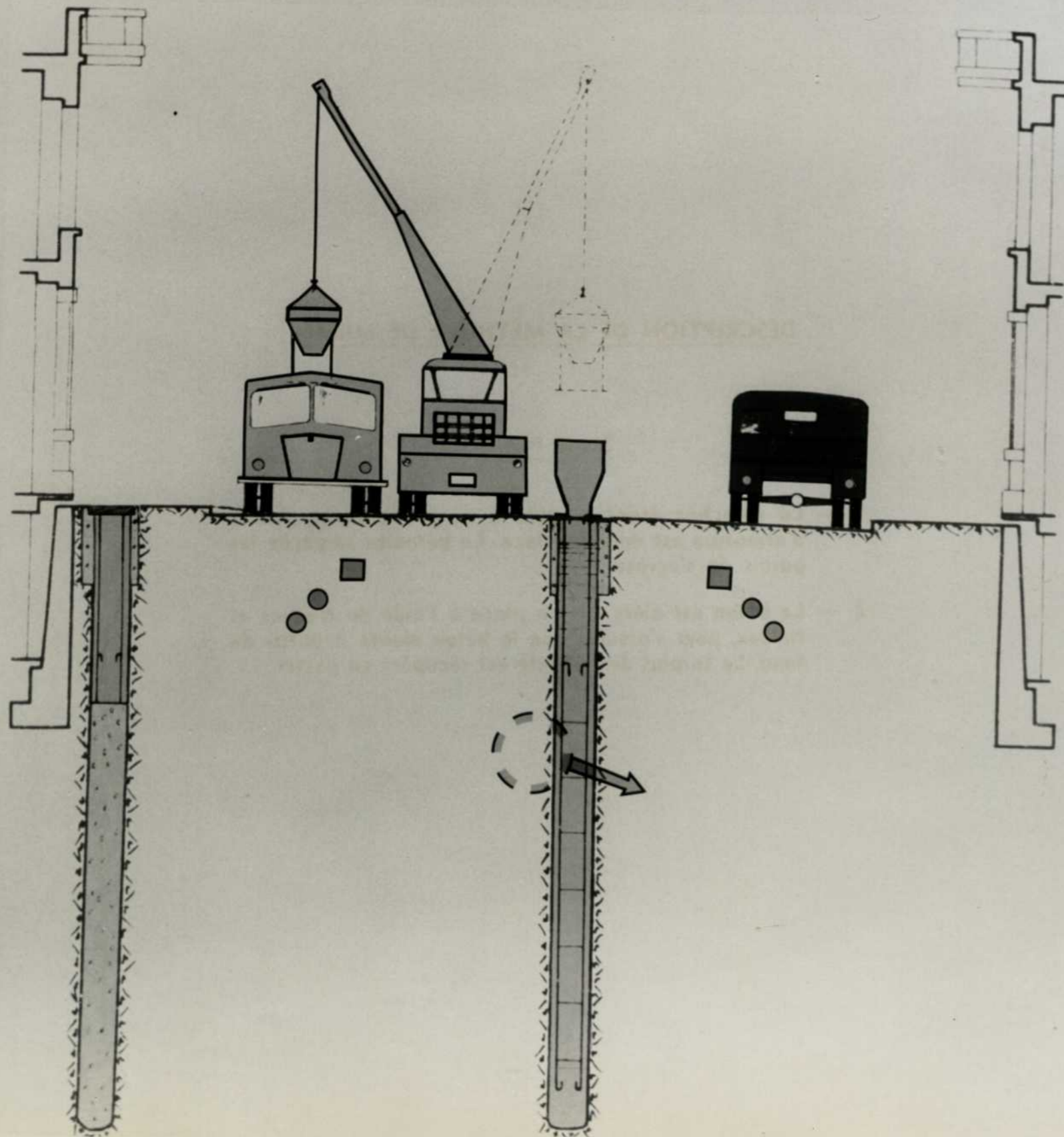


## DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE MILAN

### Stade No. 2

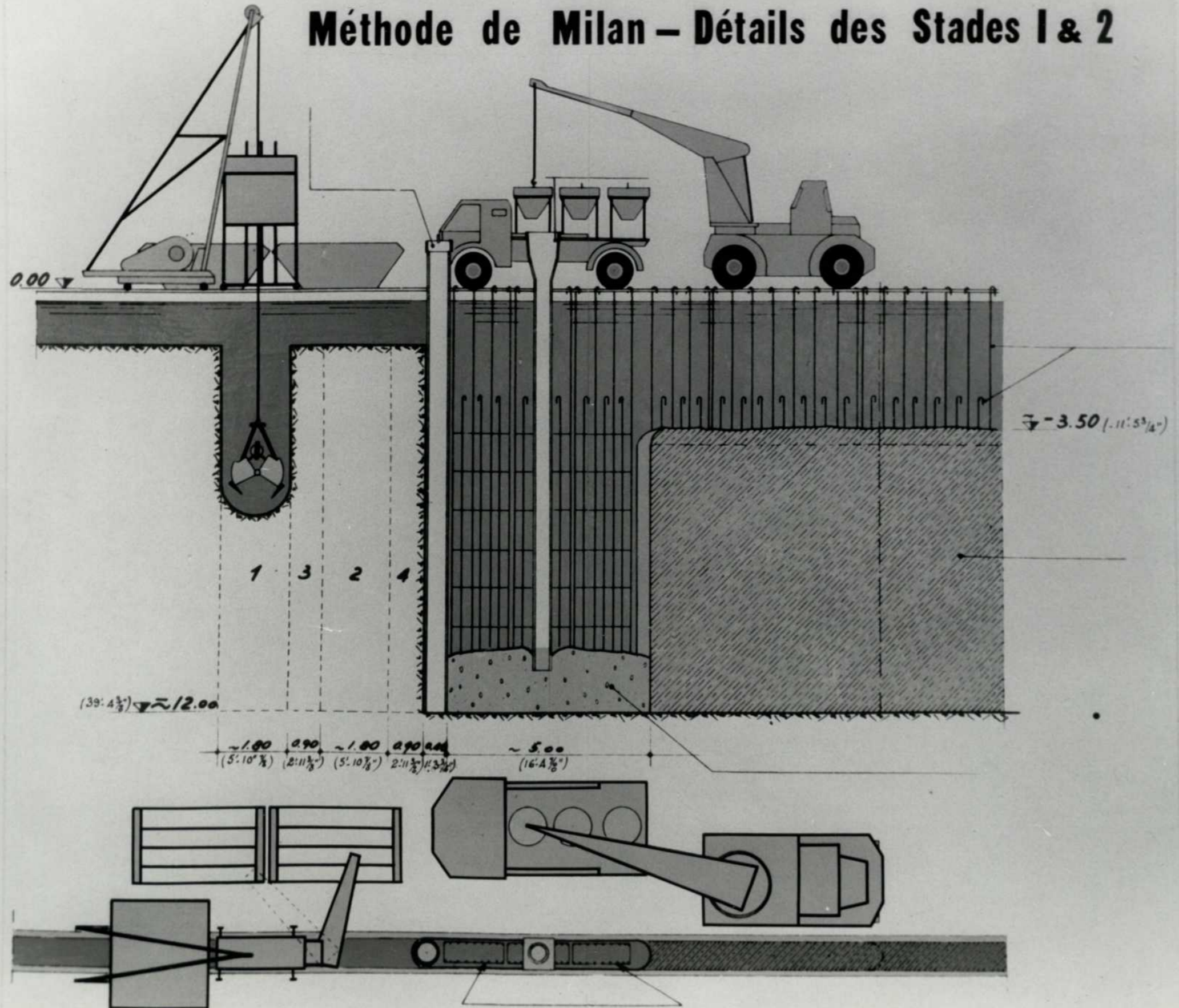
- 1 — La tranchée étant creusée à sa profondeur, l'acier d'armature est mise en place. Le bétonite empêche les parois de s'écraser.
- 2 — Le béton est alors mis en place à l'aide de trémies et tuyaux, pour s'assurer que le béton monte à partir du fond. Le surplus de bétonite est récupéré en partie.

# Méthode de Milan - Stade 2





# Méthode de Milan – Détails des Stades I & 2

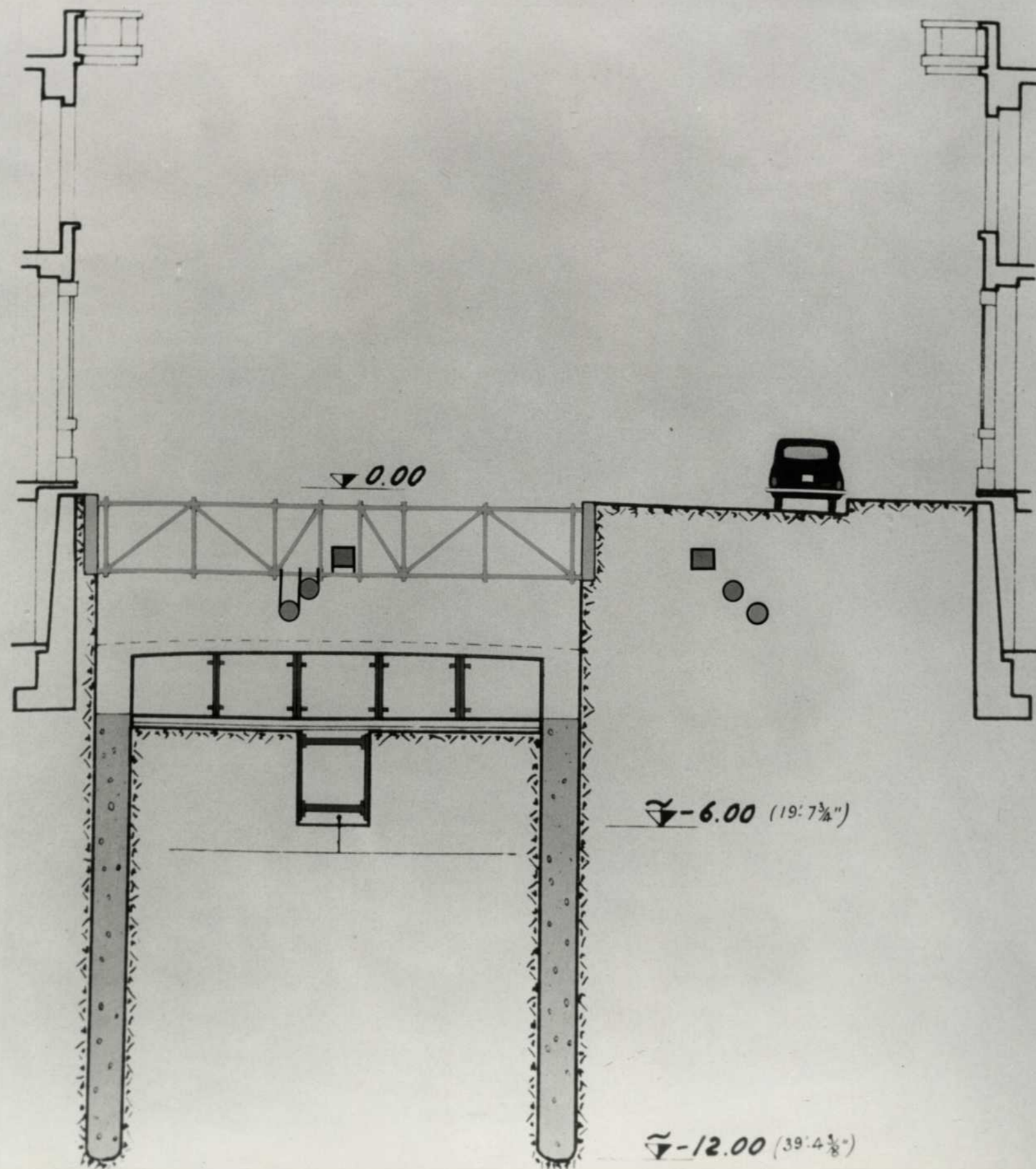


### DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE MILAN

#### Stade No. 3

- 1 — Lorsque les deux murs ont été coulés, la rue est fermée à la circulation et creusée jusqu'en dessous du plafond projeté.
- 2 — On procède alors à la pose d'entretoises temporaires s'il y a lieu.
- 3 — On coule le plafond du métro.

# Méthode de Milan – Stade 3

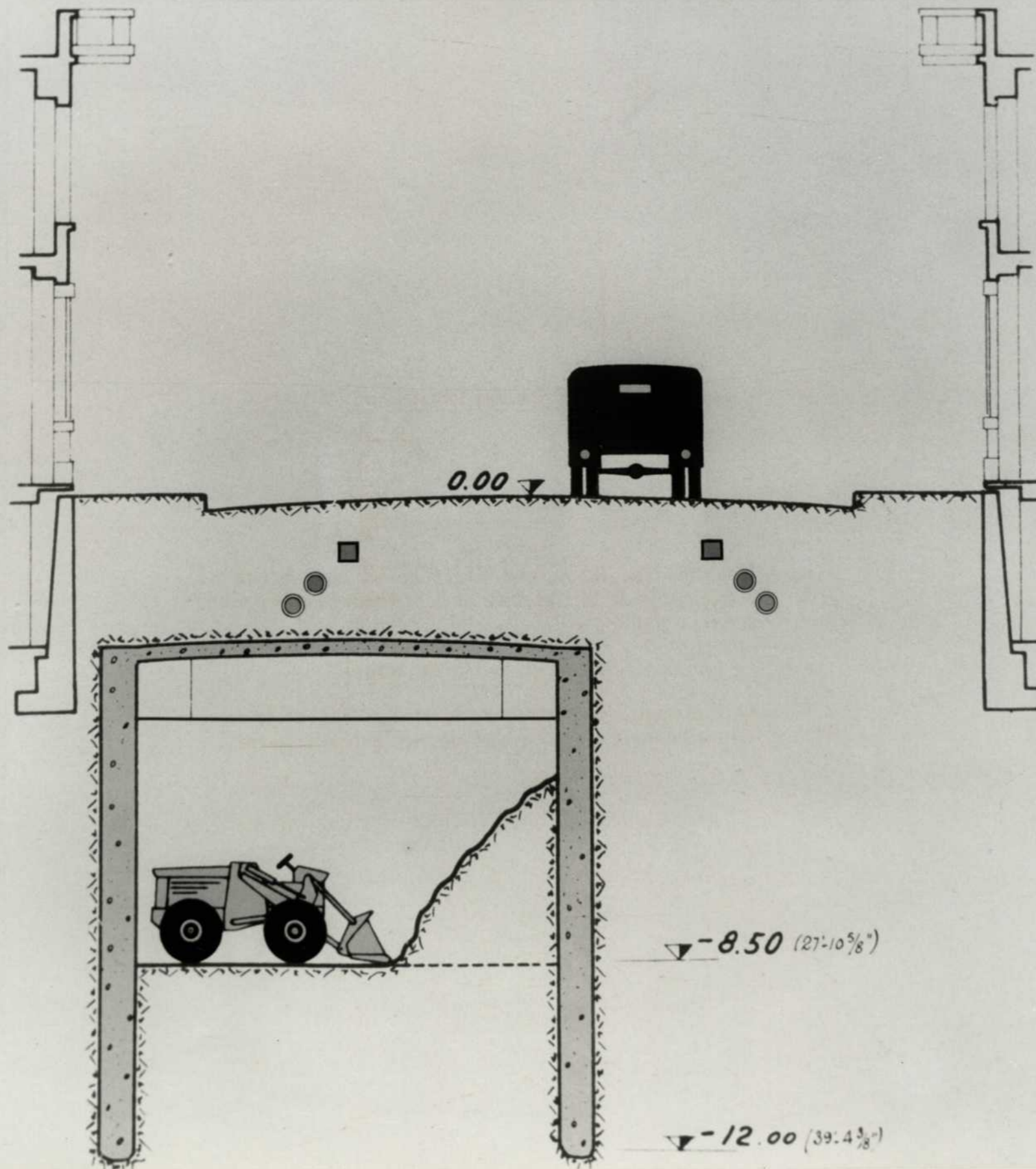


### DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE MILAN

#### Stade No. 4

- 1 — Une fois que le plafond a été coulé, on procède au remplissage de la tranchée et à la remise en place des services publics.
- 2 — La rue est repavée et le trafic rétabli.
- 3 — Le creusage à l'intérieur de la structure peut se faire simultanément aux travaux décrits précédemment.

# Méthode de Milan – Stade 4

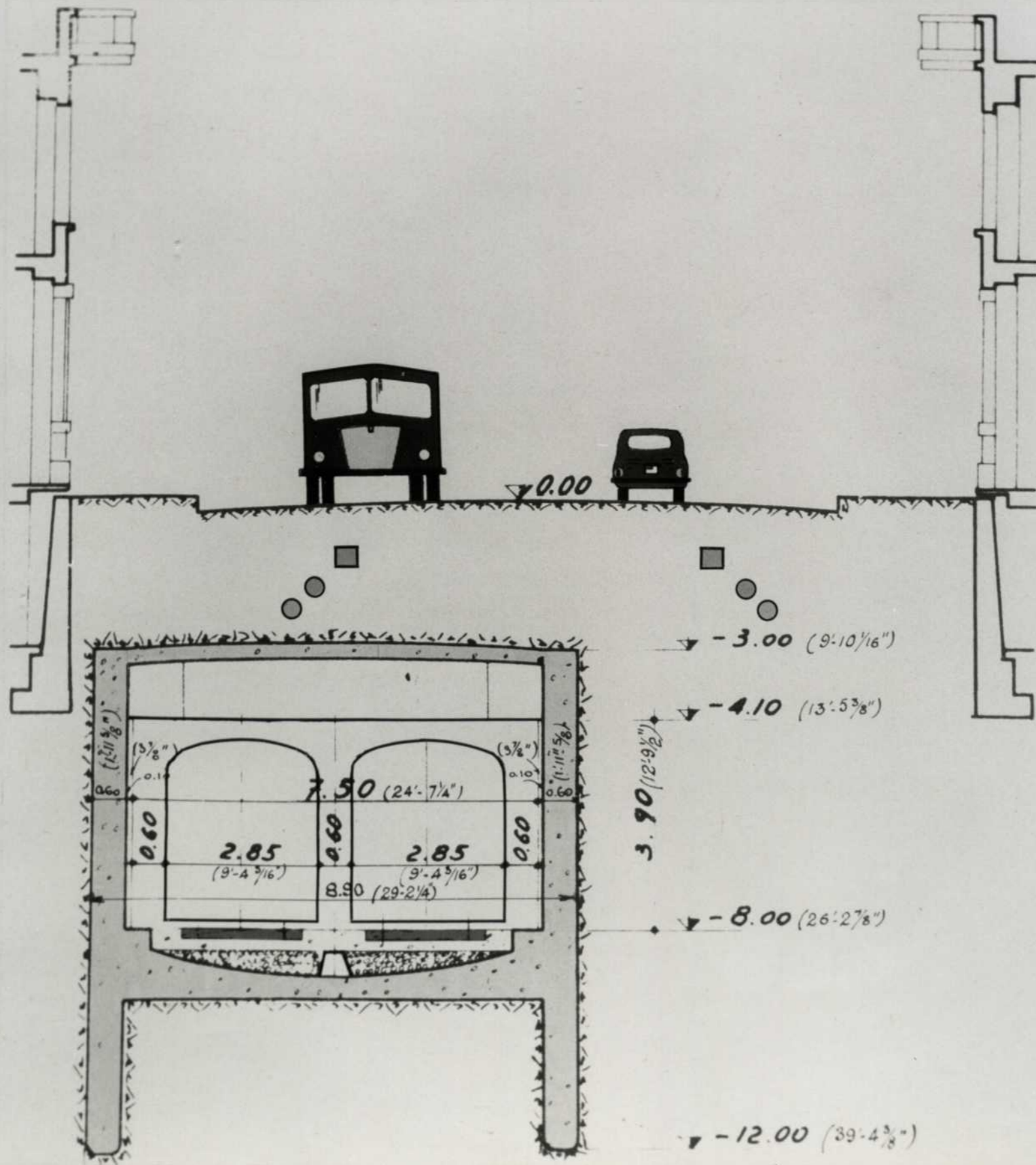


DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE MILAN

Stade No. 5

- 1 — Les travaux accessoires à l'intérieur de la structure sont complétés.

# Méthode de Milan - Stade 5

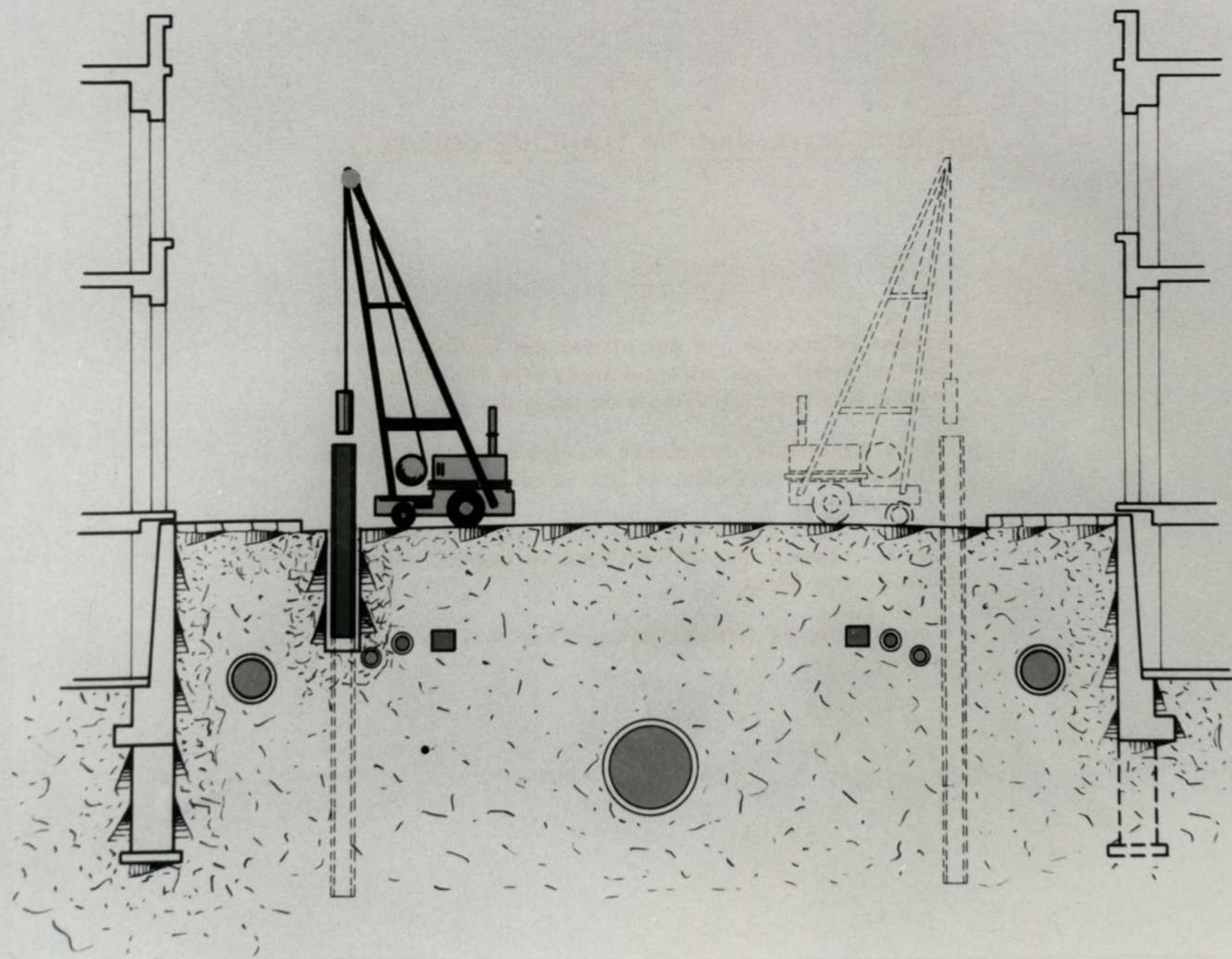


## MÉTHODE DE TRAVAIL EN TRANCHÉE COUVERTE

### Stade No. 1

- 1 — Reprise en sous-oeuvre des assises des édifices en bordure du métro. Ces assises doivent être abaissées à un niveau déterminé par l'angle de repos des sols.
- 2 — Là où nécessaire, remplacer ou déplacer les services d'utilités publiques affectés par la construction.
- 3 — Les tranchées d'attaque sont creusées pour mettre à jour les branchements des services publics avant le battage des pieux.
- 4 — L'on procède au battage des pieux à tous les 6 pieds environ.

# Méthode de la Tranchée Couverte Stade I

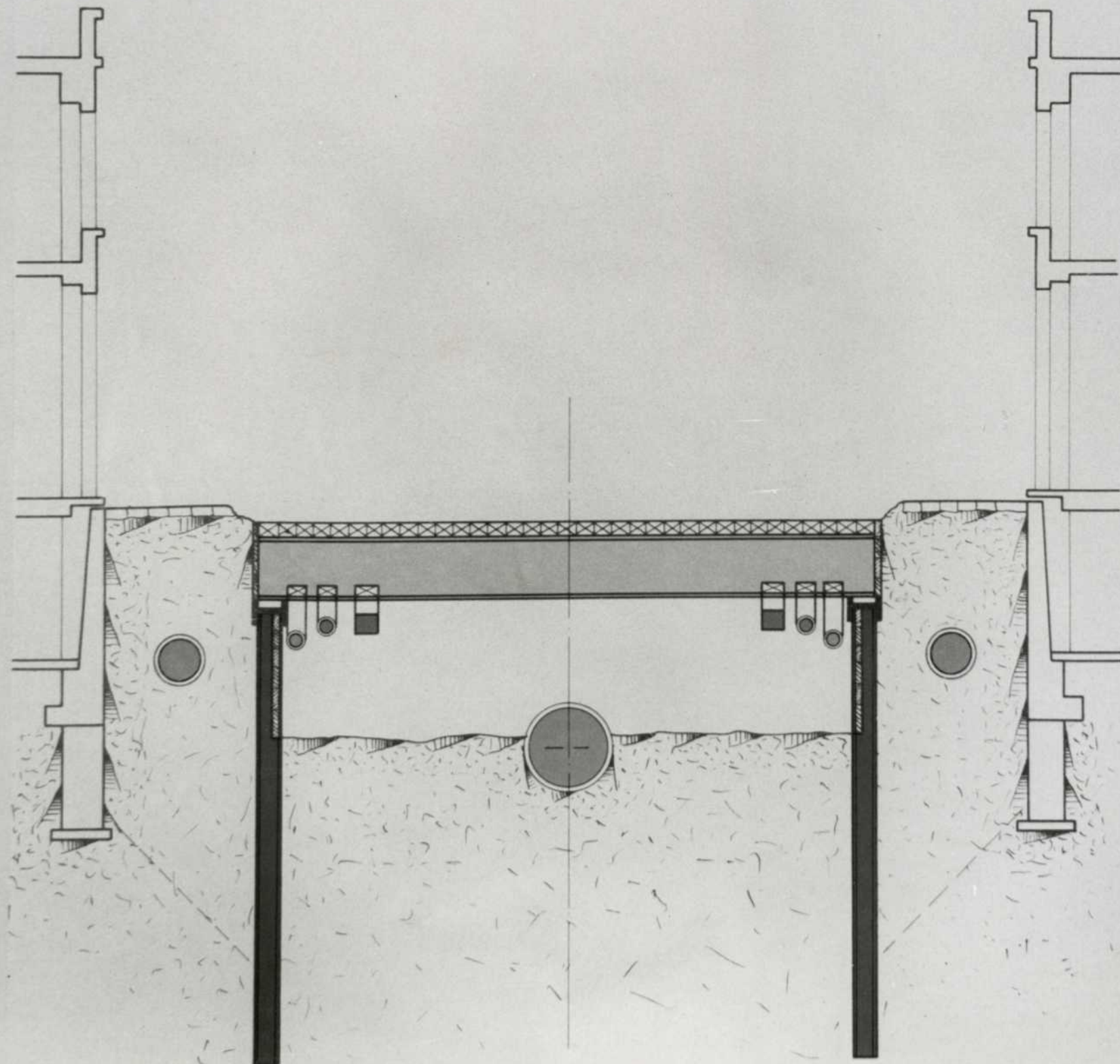


## MÉTHODE DE TRAVAIL EN TRANCHÉE COUVERTE

### Stade No. 2

- 1 — Excavation pour mettre à jour les canalisations souterraines qui pourront être supportées temporairement.
- 2 — Un lambrissage de bois fait de pièces placé progressivement entre les pieux.
- 3 — Des poutres transversales et longitudinales sont mises en place pour étançonner les parois et supporter le pontage.
- 4 — Le pontage en bois est construit et la circulation est rétablie.
- 5 — Les canalisations souterraines sont suspendues aux poutres transversales.

# Méthode de la Tranchée Couverte Stade 2



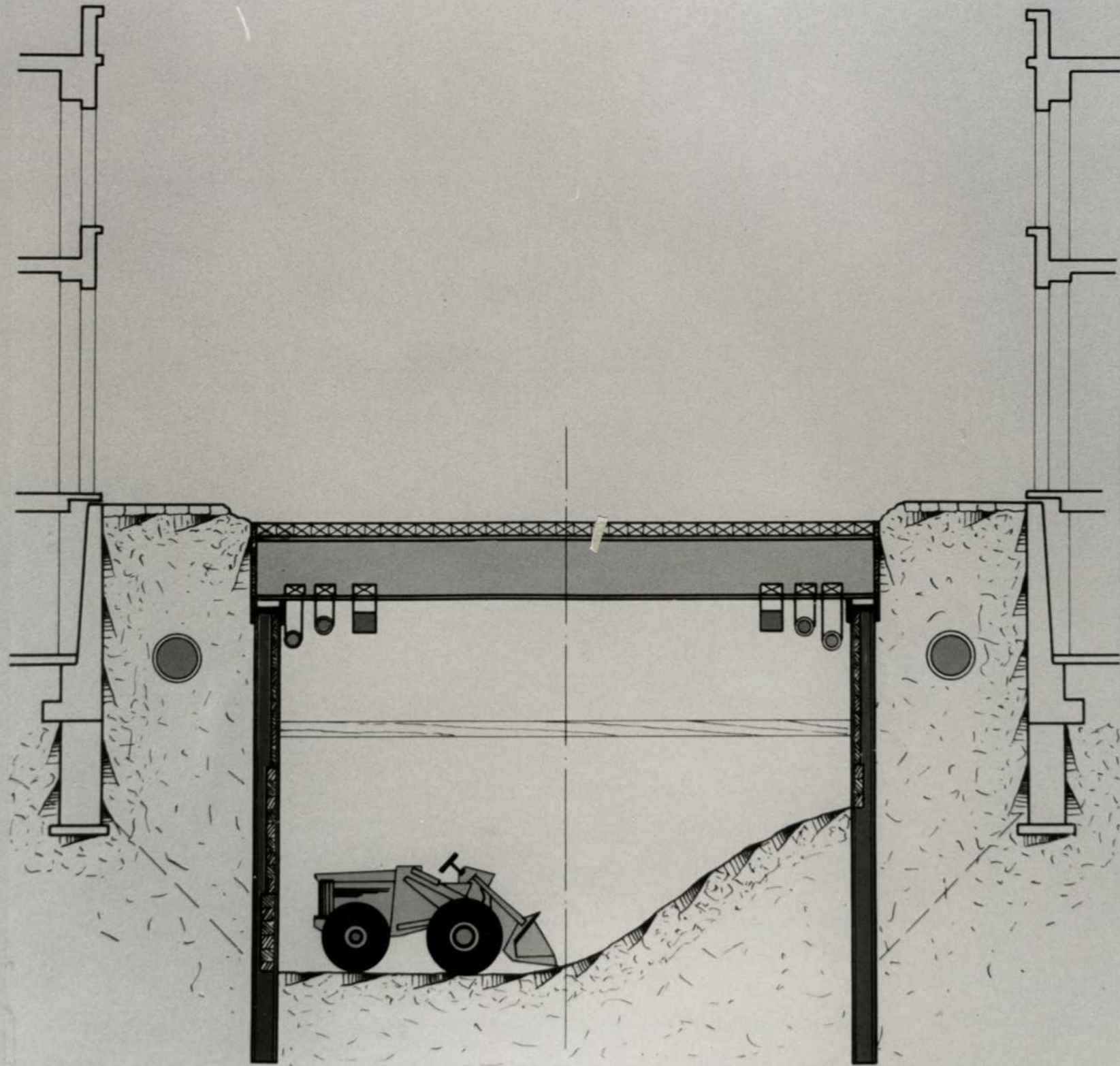
MÉTHODE DE TRAVAIL EN TRANCHÉE COUVERTE

Stade No. 3

- 1 — Le creusage progresse au niveau inférieur.
- 2 — Des étaçonnements intermédiaires sont placés là où requis.

# Méthode de la Tranchée Couverte

## Stade 3



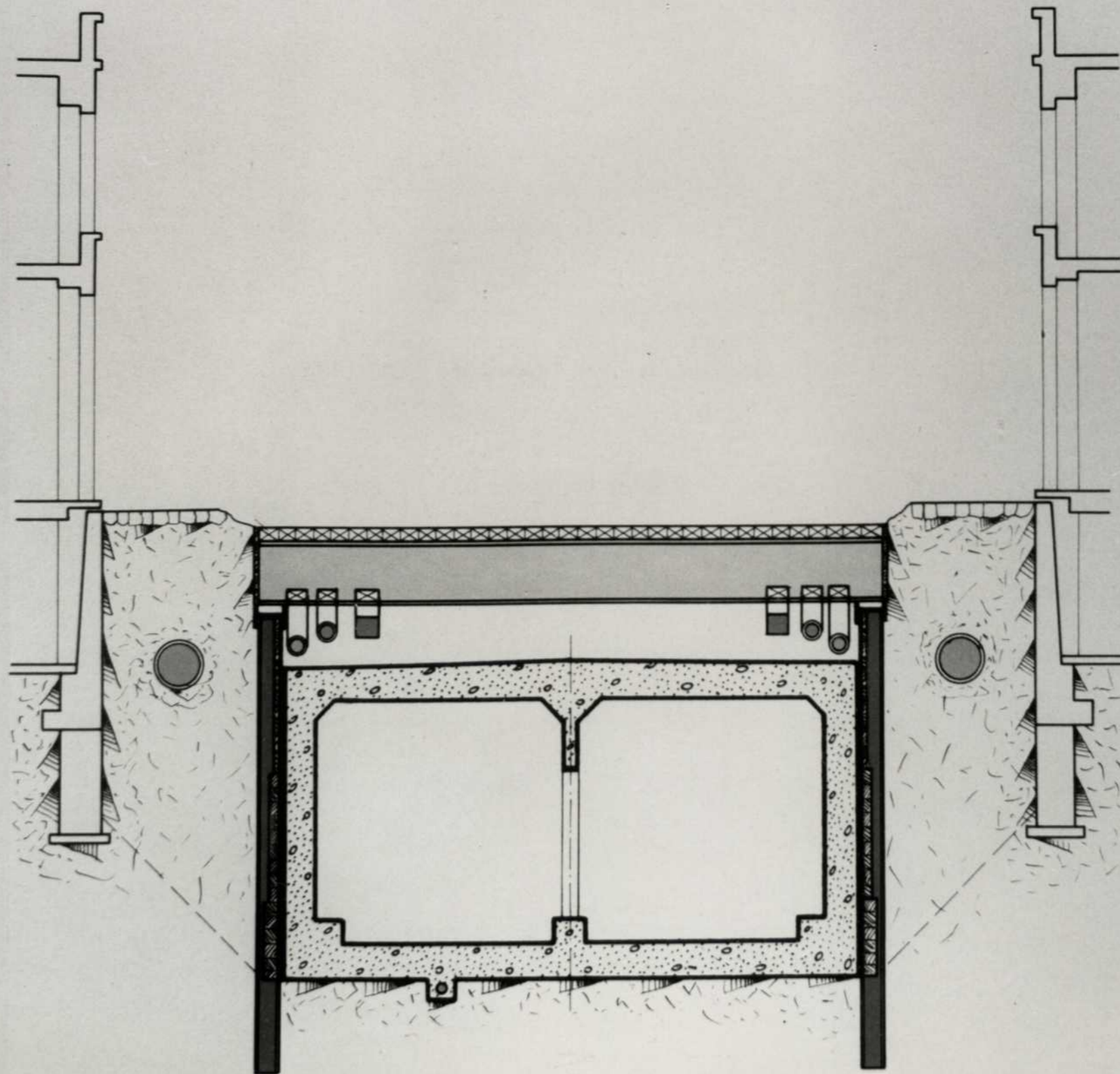
MÉTHODE DE TRAVAIL EN TRANCHÉE COUVERTE

Stade No. 4

Les coffrages, l'acier d'armature et le béton sont mis en place pour construire la boîte rectangulaire en béton armé du tube.

# Méthode de la Tranchée Couverte

## Stade 4



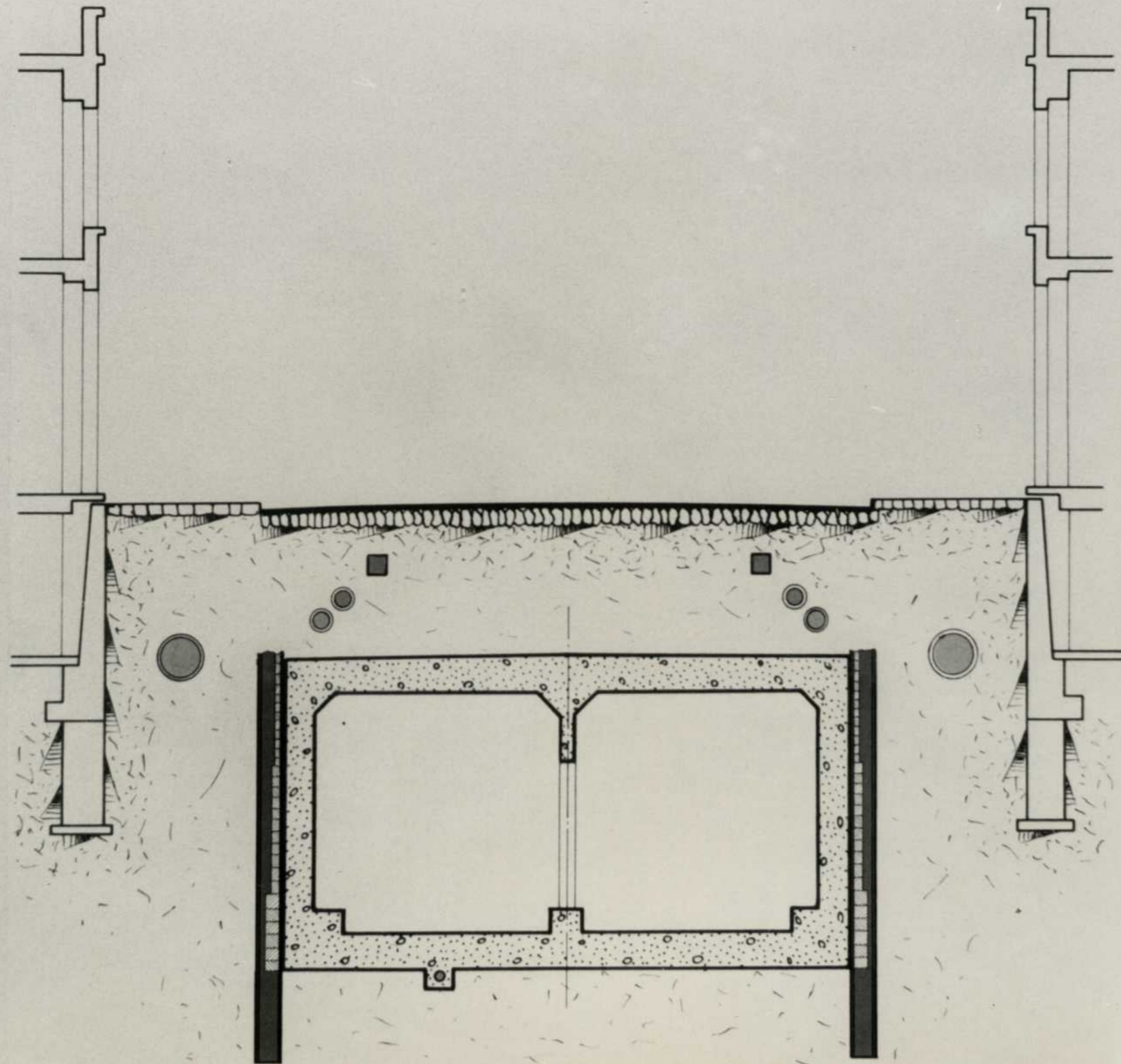
## MÉTHODE DE TRAVAIL EN TRANCHÉE COUVERTE

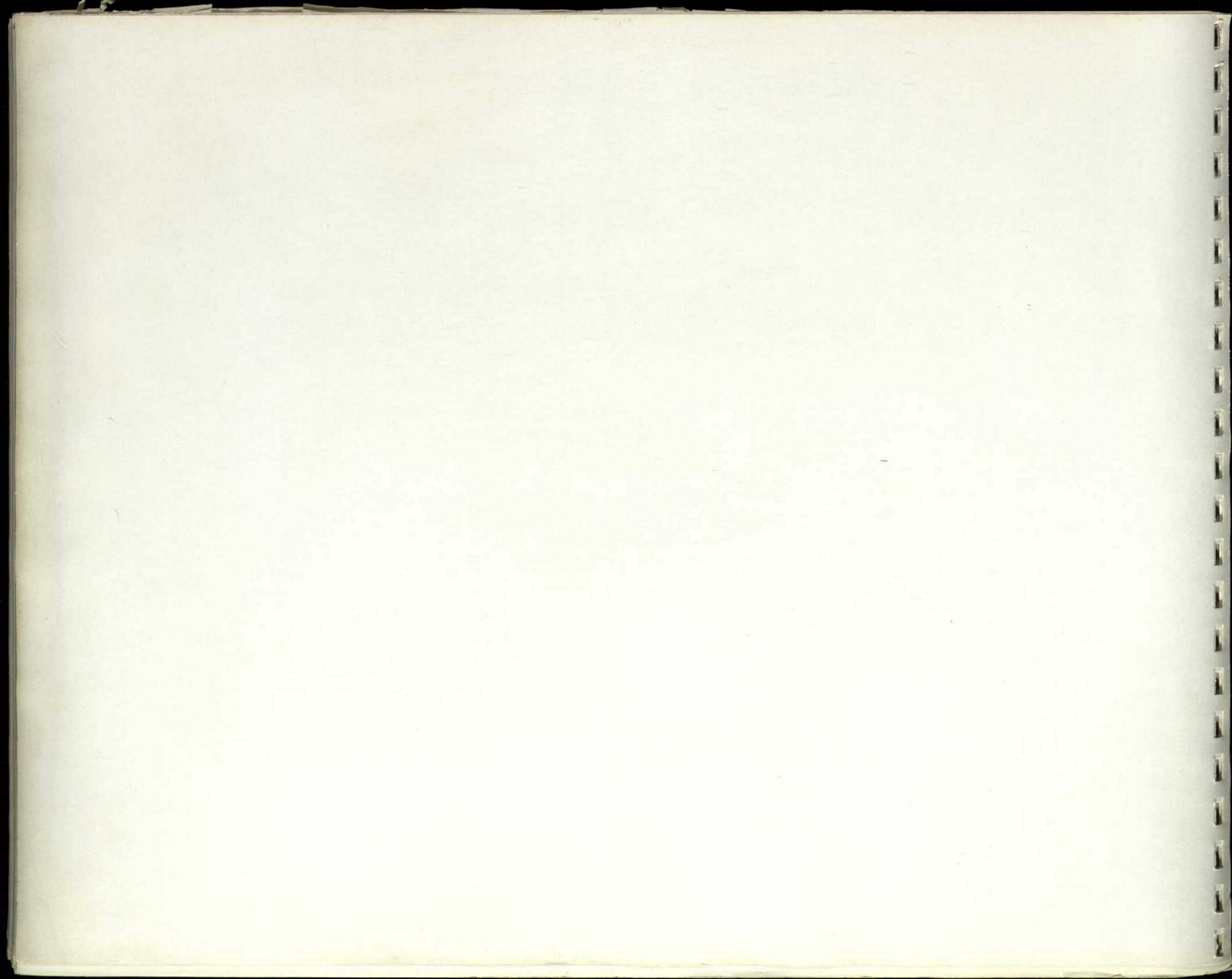
### Stade No. 5

- 1 — Le pontage temporaire est enlevé.
- 2 — Les pieux sont retirés là où c'est possible.
- 3 — L'on remplit le vide au-dessus de la structure pour recevoir le pavage.
- 4 — Le pavage de la rue est reconstruit et la circulation est rétablie.

# Méthode de la Tranchée Couverte

## Stade 5





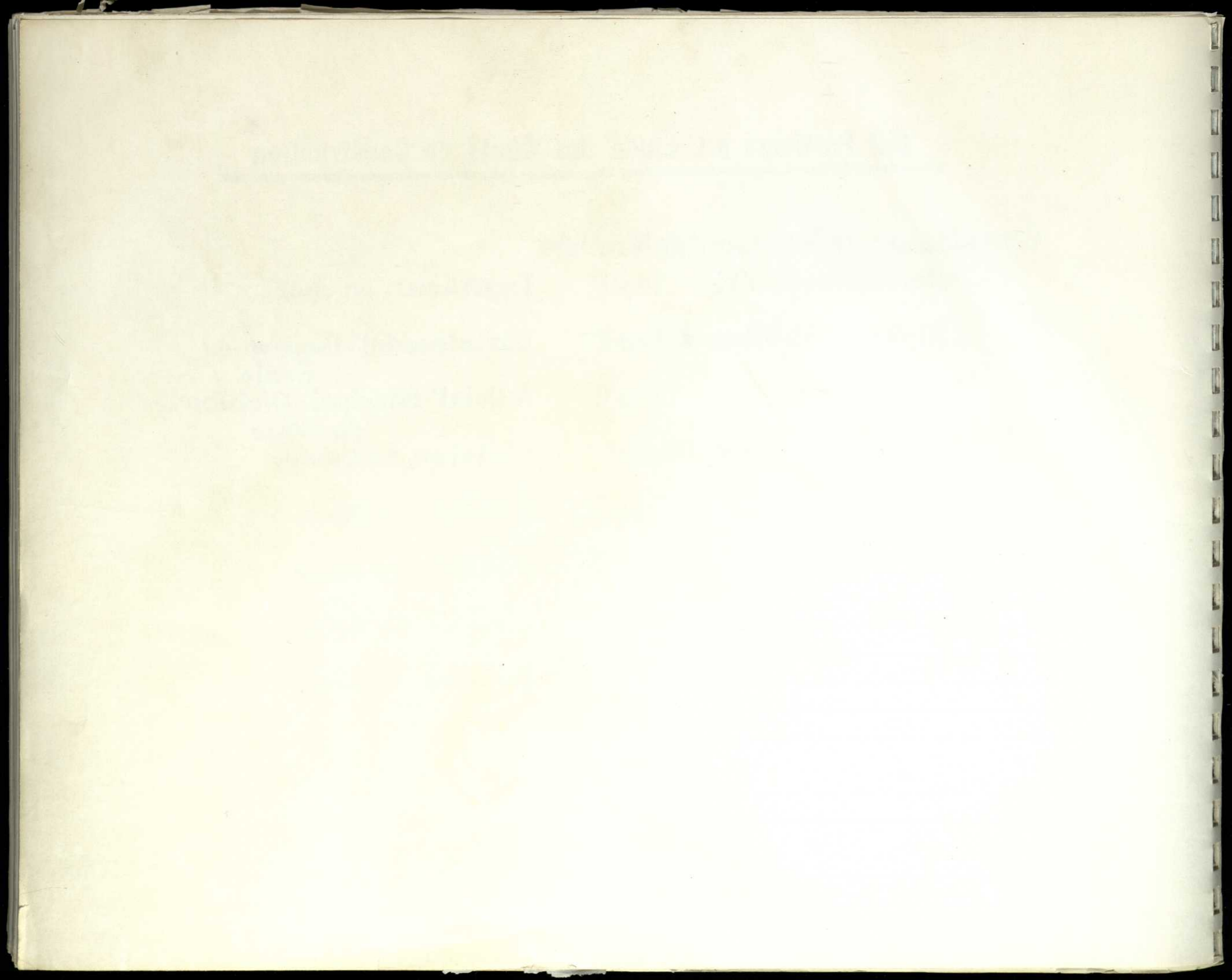
## Ont Participé à l'Étude des Coûts de Construction

### **Commission de Transport de Montréal**

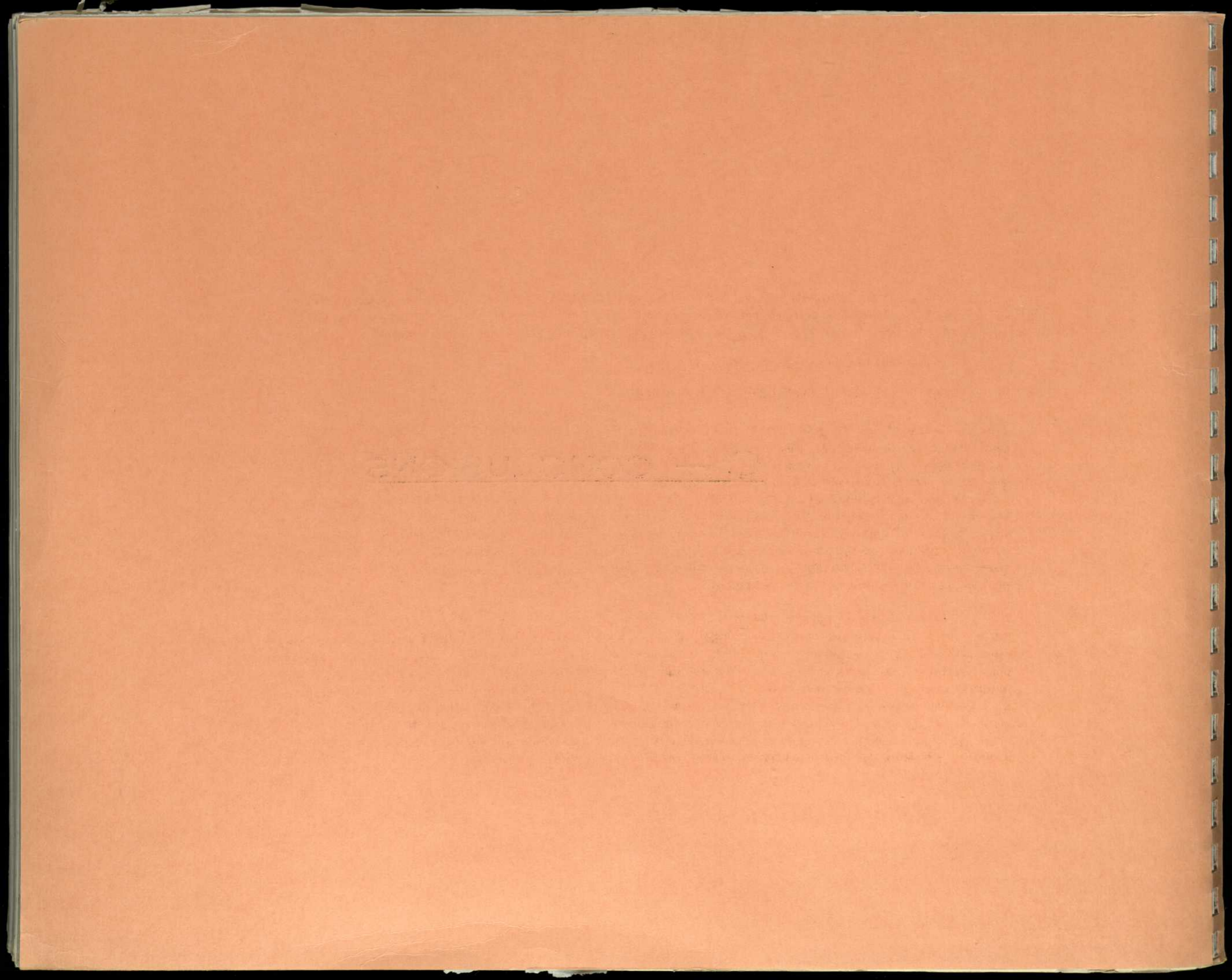
Jules Archambault,	Ing. P.	Ingénieur en chef
J. Alphonse Berthiaume,	Ing. P.	Surintendant - Division du Génie
J. Maurice Forget,	Ing. P.	Adjoint - Principal - Division du Génie
D. Malcolm,	Architecte	Division du Génie
P. Taschereau,	Ing. P.	Division du Génie
R. Turcotte,	Ing. P.	Division du Génie
M. Dubois,	Ing. P.	Division du Génie
J. Venne	Architecte	Division du Génie

### **Ingénieurs Conseils**

**Brouillet et Carmel**



C — CONCLUSIONS



## C — CONCLUSIONS

La question à laquelle la C.T.M. devait répondre était la suivante: "Est-ce que la Commission de Transport de Montréal, par l'entremise de ses ingénieurs, peut nous dire si elle est satisfaite que le "petit gabarit" peut transporter autant de voyageurs dans des conditions aussi économiques?"

Voici les conclusions qui émanent de notre étude:

### A. — POINT DE VUE TRANSPORT DES PASSAGERS

Capacité de la ligne. Nous avons démontré qu'une capacité de 45,000 voyageurs à l'heure peut être atteinte avec des rames de véhicules à petit, moyen ou grand gabarit, en variant le nombre de véhicules. Cependant, même si l'on admettait comme réaliste la capacité théorique de 165 passagers qu'on attribue au véhicule à petit gabarit, la possibilité d'augmenter la capacité de la ligne desservie par de tels véhicules à 55 ou 60,000 passagers à l'heure (volume de passagers que nous avons vérifié encore récemment à New York) est pratiquement irréalisable alors même que cette réserve de capacité pourrait devenir désirable dans l'avenir. En effet, il y a certaines limites pratiques quant au nombre moyen de passagers prenant place dans les véhicules, quant à l'espacement entre les trains, quant au nombre de véhicules qui peuvent composer une rame, quant à la longueur des quais des gares, etc., et ces limites seraient vite dépassées.

Confort des voyageurs. Le confort des voyageurs doit favoriser et encourager l'utilisation du métro. Il est fonction du nombre de sièges et de l'espace réservé aux passagers debout. Tous les voyageurs du métro ne peuvent être assis; ils ne devraient pas non plus être tous debout. Il s'agit donc d'adopter un juste milieu. Un véhicule qui ne permet qu'à vingt-quatre voyageurs sur cent soixante-cinq de s'asseoir aux heures de pointe, ne répond pas aux exigences de confort des voyageurs de transport urbain à Montréal. S'il fallait augmenter le nombre de sièges dans le véhicule à petit gabarit, sa capacité s'en trouverait diminuée, et partant, pour obtenir une capacité donnée, il faudrait ajouter au nombre de véhicules par rame, au nombre de rames par heure, etc., ce qui poserait le même problème des limites pratiques exposé dans le paragraphe précédent.

### C — CONCLUSIONS

La question à laquelle la C.T.M. devait répondre était la suivante: "Est-ce que la Commission de Transport de Montréal, par l'entremise de ses ingénieurs, peut nous dire si elle est satisfaite que le "plan général" peut transporter autant de voyageurs dans des conditions aussi économiques?"

Voici les conclusions qui découlent de notre étude:

#### A. — POINT DE VUE TRANSPORT DES PASSAGERS

Capacité de la ligne. Nous avons énuméré qu'une capacité de 45,000 voyageurs à l'heure peut être atteinte avec des trains de véhicules à petit, moyen ou grand gabarit, en variant le nombre de véhicules. Cependant, même si l'on admettait comme réalité la capacité théorique de 152 passagers par véhicule à petit gabarit, la possibilité d'augmenter la capacité de la ligne passerait par la mise en circulation de 32 ou 33,000 passagers à l'heure (volume de passagers que nous avons vérifié en 1961). Ce volume est élevé, et pratiquement irréalisable dans les conditions de circulation de véhicules à petit gabarit. Les données de la Commission de Transport de Montréal, quant au nombre moyen de passagers par véhicule, sont à l'opposé de la réalité, quant à l'évaluation de la capacité de la ligne. Les données de la Commission de Transport de Montréal, quant au nombre de véhicules qui peuvent circuler sur la ligne, sont également fausses.

Le confort des voyageurs. La question des voyageurs doit favoriser l'utilisation du rail. Il est évident que le confort des voyageurs est un facteur déterminant dans le choix du mode de transport. Il est évident que le confort des voyageurs est un facteur déterminant dans le choix du mode de transport. Il est évident que le confort des voyageurs est un facteur déterminant dans le choix du mode de transport.

## C — CONCLUSIONS (Suite)

### B. — POINT DE VUE FINANCIER

L'étude que la Commission présente aujourd'hui, basée sur le concept de Paris (25.9% de la superficie de plancher pour les passagers assis et 74.1% pour les passagers debout), démontre que du point de vue financier, le petit ou le grand gabarit s'équivalent. En effet, l'étude détaillée des charges fixes (intérêts et amortissement de la dette), ainsi que les coûts d'opération annuels (opération et entretien) indiquent que pour l'un ou l'autre des gabarits les charges totales annuelles seraient à peu près les mêmes, à \$63,000. près. Il est vrai que le grand gabarit requiert des dépenses capitales de \$3,800,000 de plus que le petit gabarit, et qu'en conséquence les charges annuelles d'intérêts et d'amortissement de la dette sont \$234,500. de plus pour le grand gabarit que pour le petit. Toutefois, le véhicule à grand gabarit coûte \$297,500. de moins par année en coûts d'opération et d'entretien, de sorte que du strict point de vue financier, il est presque indifférent pour l'ensemble du projet, sur la base du concept de Paris énoncé au début de ce paragraphe, que l'un ou l'autre type de gabarit soit adopté.

Cependant, dans cette première comparaison de l'aspect financier du métro, selon le concept de Paris, les capacités de transport n'étaient pas égales (1503 passagers par rame avec 9 voitures à petit gabarit contre 1685 passagers par rame avec 5 voitures à grand gabarit). Si les capacités de transport sont rendues à peu près égales en ajoutant un dixième véhicule aux rames à petit gabarit, la différence dans les charges totales annuelles en faveur du grand gabarit devient \$252,000. par année.

Par contre, si le concept de Toronto (55.6% de la superficie de plancher pour les passagers assis et 44.4% pour les passagers debout) était adopté, le point de vue financier prendrait un tout autre aspect. L'application du concept de Toronto au projet de métro nécessiterait des rames de 12 véhicules pour le petit gabarit et des rames de 6 véhicules pour le grand gabarit. Ceci résulterait en des dépenses capitales additionnelles de quelque \$600,000. pour le grand gabarit et conséquemment, en des charges annuelles d'intérêts et d'amortissement de la dette de \$30,000. de plus pour le grand gabarit. D'autre part, cependant, les coûts annuels d'opération et d'entretien du petit gabarit seraient \$530,000. plus élevés que ceux du grand gabarit, de sorte que pour l'ensemble du projet au point de vue financier le coût annuel du petit gabarit dépasserait d'un demi million de dollars celui du grand gabarit.

C - CONCLUSIONS (Suite)

B. - POINT DE VUE FINANCIER

L'étude que la Commission présente aujourd'hui, basée sur le concept de Paris (25%) de la superficie de plancher pour les passagers debout et 74% pour les passagers debout, démontre que du point de vue financier, le coût du grand gabarit s'équivalait. En effet, l'étude détaillée des charges fixes (intérêts et amortissement de la dette), ainsi que les coûts d'opération annuels (opération et entretien) indiquent que pour l'un ou l'autre des gabarits les charges totales annuelles seraient à peu près les mêmes à 252,000 francs. Il est vrai que le grand gabarit requiert des dépenses capitales de 23,800,000 francs de plus que le petit gabarit, et qu'en conséquence les charges annuelles d'intérêts et d'amortissement de la dette sont 23,800,000 francs de plus pour le grand gabarit que pour le petit. Toutefois, le véhicule à grand gabarit coûte 252,000 francs de moins par année en frais d'opération et d'entretien, de sorte que au strict point de vue financier, il est presque indifférent pour l'ensemble du projet, sur la base du concept de Paris adopté au début de ce paragraphe, que l'un ou l'autre type de gabarit soit adopté.

Cependant, dans cette dernière comparaison de l'aspect financier du projet, selon le concept de Paris, les capacités de transport à l'état normal sont égales (1200 passagers par train avec 2 voitures à petit gabarit contre 1000 passagers par train avec 2 voitures à grand gabarit). Si les capacités de transport sont réduites à peu près égales en ajoutant un troisième véhicule aux trains à petit gabarit, la différence dans les dépenses d'entretien annuelles en faveur du grand gabarit devient 252,000 francs.

Par contre, si le concept de l'état normal de 25% de la superficie de plancher pour les passagers debout est adopté, pour les dépenses de projet, le point de vue financier prouvé au tout début de l'étude est toujours valable. Le coût de l'investissement de l'état normal de 25% de la superficie de plancher pour les passagers debout est de 23,800,000 francs de plus que le grand gabarit et correspond, par conséquent, à la différence de dépenses capitales de 23,800,000 francs de plus que le grand gabarit. Toutefois, les dépenses annuelles d'opération et d'entretien du grand gabarit seraient 252,000 francs de moins que pour l'état normal de 25% de la superficie de plancher pour les passagers debout. Le coût de l'investissement de l'état normal de 25% de la superficie de plancher pour les passagers debout est de 23,800,000 francs de plus que le grand gabarit et correspond, par conséquent, à la différence de dépenses capitales de 23,800,000 francs de plus que le grand gabarit. Toutefois, les dépenses annuelles d'opération et d'entretien du grand gabarit seraient 252,000 francs de moins que pour l'état normal de 25% de la superficie de plancher pour les passagers debout.

Ce volume doit être rendu à la dernière  
date indiquée ci-dessous.


Service du prêt  
Bibliothèque de la  
Législature  
Hôtel du Gouvernement  
Québec G1A 1A5

BNQ



C 000 313 843