

MINISTÈRE
DES TRAVAUX PUBLICS ET
DES TRANSPORTS.

SERVICE
DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES ET
INTERNATIONALES

COUTS DES TRANSPORTS ROUTIERS DE MARCHANDISES

Observatoire économique
et Statistique des Transports
DOCUMENTATION
Réf. 1

CDAT
8916

DECEMBRE 1964

I - OBJET DE L'ETUDE

L'objet de cette étude est la détermination des coûts des transports routiers de marchandises par divers types de matériels, camions ou semi-remorques, de type courant.

Il s'agit de coûts déterminés dans des conditions d'utilisation relativement bien définies ; il s'agit de transports effectués en zone longue, portant en général sur des lots complets. Ces coûts ne peuvent donc pas être considérés comme représentatifs d'une moyenne : les distances de parcours sont en effet plus fortes (en fait, les résultats ne sont valables que pour une distance de parcours supérieure à 100 kilomètres) ; les parcours sont supposés effectués, en général, en rase campagne, sur des reliefs peu accentués ; enfin la distance annuelle parcourue est toujours supposée être supérieure à 60.000 kilomètres.

Les résultats recherchés sont des coûts à la tonne-kilomètre transportée.

II - DONNEES DE BASE

Les données de base utilisées dans cette étude ont été recueillies par des enquêtes détaillées auprès d'entreprises de transports routiers en 1961.

C'est par cette méthode que les coûts d'entretien, la consommation, les frais de personnel ont été déterminés. L'amortissement du matériel a fait l'objet d'une étude statistique détaillée sur la base des valeurs des véhicules cotés à l'Argus. Le montant des assurances a été calculé sur la base des renseignements recueillis auprès des sociétés d'assurances et des transporteurs.

Les vitesses de parcours sont des vitesses moyennes mesurées ; les ordres de grandeur sont voisins de ceux indiqués par la littérature consacrée aux transports routiers de marchandises.

Les distances annuelles de parcours sont issues de la même enquête auprès des transporteurs.

III - HYPOTHESES GENERALES

On a regroupé ici un certain nombre d'hypothèses valables pour tous les types de matériel étudiés.

- 1/ On a toujours supposé que le fonctionnement des véhicules était assuré par un seul chauffeur.
- 2/ Les chauffeurs travaillent 2.700 heures par an, soit en moyenne 10 heures par jour pendant 270 jours.
- 3/ La distance annuelle de parcours a été choisie de 60.000 kilomètres pendant 5 ans pour les camions,
de 80.000 kilomètres pendant 4 ans 1/2 pour les tracteurs,
de 80.000 kilomètres pendant 8 ans pour les semi-remorques.

Si les parcours annuels résultent de l'enquête, la durée de vie du matériel a été calculée comme devant conduire à un coût minimum d'utilisation. Les recoupements effectués auprès des constructeurs ont confirmé ces ordres de grandeur.

- 4/ Les coûts à la tonne-kilomètre ont été calculés en supposant que le coefficient de chargement est très voisin de un.

IV - METHODE

Les coûts de transports routiers peuvent être divisés en deux termes :

- l'un est fonction du kilométrage parcouru,
- l'autre est annuel ou horaire (puisque'on a supposé que l'année correspondait à 2.700 heures de travail).

1°) Le premier terme kilométrique comprend :

- l'entretien
- le carburant
- le lubrifiant

- l'entretien des pneumatiques
- la prime kilométrique perçue par le chauffeur suivant la distance de parcours en charge.

2°) Le second terme horaire comprend :

- l'assurance du véhicule
- l'amortissement du véhicule
- les taxes et surtaxes au poids
- la partie fixe du salaire et des charges sociales
- le salaire de conduite du chauffeur
- le salaire de stationnement
- les frais de déplacement

3°) Une formulation mathématique peut être indiquée en fonction de :

- la distance de parcours en charge d
- la distance de parcours à vide rd

(r est donc le rapport du parcours à vide sur le parcours en charge).

3.1.) Coût kilométrique

Il se décompose en deux parties :

- à charge $C_c^k = gc + l + p + e$

avec

gc : dépenses de carburant en charge par kilomètre

l : dépenses de lubrifiant par kilomètre

p : dépenses de pneumatiques par kilomètre

e : dépenses d'entretien.

- à vide $C_v^k = gv + l + p + e$

où

gv : dépenses de carburant à vide par kilomètre.

Il faut ajouter la prime kilométrique pour le parcours en charge : S^{pk}

Pour une distance d , le coût est :

$$d \left[C_c^k + rC_v^k + S^{pk} \right]$$

3.2.) Coût horaire

Il comprend des coûts annuels rapportés à l'heure de travail : C^h

$$C^h = \frac{1}{H} \left[a_0 + A + T + ST + 1,10 Sf + 0,34 Sp \right]$$

où

a_0 : amortissement (cf. Annexe I)

A : assurance du véhicule

T et ST : taxes et surtaxes au poids

Sf : salaire fixe défini par les conventions collectives, comprenant les congés payés et les jours fériés (sont compris 10% de charges fixes).

0,34 Sp : charges sur le salaire variable, plafond défini par la Sécurité Sociale (compte non tenu de Sf)

H : nombre d'heures de travail par an.

- des coûts au voyage :

$$- 1,10 \left[S_{cd}^h \right]$$

où S_{cd}^h est le salaire horaire de conduite du chauffeur (plus 10% pour les charges)

$$- 1,10 S_s^h$$

où S_s^h est le salaire horaire de stationnement (t sera le temps de stationnement)

$$- F^d$$

frais de déplacement journaliers rapportés à l'heure de travail

3.3.) Coût au voyage C

Le coût au voyage peut se formuler ainsi :

$$C = 1,15 \left\{ d \left[C_c^k + r C_v^k + S^{pk} \right] + (C^h + F^d) \sqrt[t]{(1) \left(\frac{1}{V_c} + \frac{r}{V_v} \right)} \right. \\ \left. + 1,10 S_{cd}^h \left(\frac{1}{V_c} + \frac{r}{V_v} \right) d + 1,10 t S_s^h \right\}$$

où $d \left(\frac{1}{V_c} + \frac{r}{V_v} \right)$ représente la durée de parcours avec

V_c : vitesse en charge

V_v : vitesse à vide

On a inclus 15% de frais généraux

3.4.) Coût à la tonne-kilomètre C_{TK}

Si CU représente la charge utile, le coût C_{TK} est égal à :

$$C_{TK} = \frac{C}{d.C.U.}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{CU} \left\{ C_c^k + r C_v^k + S^{pk} + \left(C^h + F^d + 1,10 S_{cd}^h \right) \left(\frac{1}{V_c} + \frac{r}{V_v} \right) \right. \\ \left. + \frac{t}{d} \left(C^h + F^d + 1,10 S_s^h \right) \right\}$$

Cette formule peut s'écrire également

$$(1) \quad C_{TK} = \frac{\alpha}{d} + \beta + \gamma r$$

avec $\alpha = \frac{1,15}{CU} t \left(C^h + F^d + 1,10 S_s^h \right)$

(1) t est le temps de stationnement, y compris chargement et déchargement.

.../...

$$B = \frac{1,15}{CU} \left\{ C_c^k + S^{pk} + \left(C^h + F^d + 1,10 S_{cd}^h \right) \frac{1}{V_c} \right\}$$

$$\gamma = \frac{1,15}{CU} \left\{ C_v^k + \left(C^h + F^d + 1,10 S_{cd}^h \right) \frac{r}{V_v} \right\}$$

C'est la forme (1) qui sera choisie pour expliciter les diverses valeurs trouvées pour les différents types de matériels routiers.

V - VALEURS DE BASE

1) Les matériels étudiés comprennent :

- des camions de 14,5 , 16, 17, 19 et 26 tonnes de poids total en charge,
- des ensembles articulés de 26,32 et 35 tonnes.

Les camions sont tous à essieux arrière simples, sauf celui de 26 tonnes ; les semi-remorques de 26 et 32 tonnes ont un essieu arrière simple ; celle de 35 tonnes ainsi qu'un second modèle de 32 tonnes comportent un essieu tandem à l'arrière.

2) Les valeurs des paramètres choisis sont indiqués dans le tableau suivant :

TABLEAU I

Valeurs des paramètres pour les différents types de véhicule étudiés

Véhicules	e	p	l	Vc	γ_c	Vv	gc	A	S ^{pk}	a		
	F./km	F./km	F./km	km/h	litre/km	km/h	litre/km	F.	F/km	F.°		
				C A	M I O	N S						
14,5t	0,195	0,040	0,022	42	0,283	50	0,195	1.979	0,022	4.080		
16 t	0,210	0,048	0,024	42	0,305	50	0,210	2.069	0,022	5.690		
17 t	0,210	0,050	0,026	42	0,320	50	0,220	2.141	0,022	6.520		
19 t	0,220	0,057	0,029	42	0,351	50	0,242	2.306	0,022	9.350		
26 t	0,260	0,080	0,037	36	0,440	48	0,280	2.830	0,033	12.480		
				ENSEMBLES ARTICULES								
26 t	0,200	0,080	0,036	36	0,430	48	0,270	2.980	0,033	11.300		
32 t	0,220	0,080	0,045	36	0,440	48	0,280	3.648	0,044	13.880		
1 essieu												
32 t	0,220	0,110	0,045	36	0,440	48	0,280	3.648	0,044	15.100		
2 essieux												
35 t	0,230	0,110	0,049	36	0,448	48	0,285	3.843	0,044	16.360		

L'Annexe I donne le détail des calculs conduisant aux valeurs retenues pour l'amortissement des véhicules.

L'Annexe II indique la valeur des assurances des véhicules ; il s'agit de la moyenne des six zones en lesquelles la France est divisée : un abattement de 20% a permis de tenir compte des prix réellement pratiqués.

Les autres valeurs choisies sont les suivantes :

Sf	=	1.032 F
Sp	=	10.440 F
S _h ^{cd}	=	3,60 F
S _s ^h	=	1,80 F
t	=	4 heures
F ^d	=	2 F/h
T	=	60 F par tonne de poids total en charge (la semi-remorque ne compte que pour 70% de sa valeur).
ST	=	125 F par tonne de poids total en charge au-delà de 6 tonnes.

3) Les calculs ont été effectués, taxes comprises et hors taxes ; ont été supprimés les taxes sur les carburants, lubrifiants et les taxes au poids. (taxe et surtaxe).

VI - RESULTATS

Les résultats sont explicités ci-dessous suivant la formule générale (1).

L'Annexe III donne le détail des calculs par types de matériel.

$$(1) \quad C_{TK} = \frac{\alpha}{d} + \beta + \gamma r$$

TABLEAU II

Unité : F.

Types de matériel		Valeurs taxes comprises			Valeurs hors taxes		
		α	β	γ	α	β	γ
Camions	14,5 t	4,751	0,0962	0,0804	4,359	0,0760	0,0658
	16 t	4,555	0,0918	0,0770	4,159	0,0724	0,0630
	17 t	4,513	0,0898	0,0752	4,105	0,0704	0,0612
	19 t	4,422	0,0849	0,0712	4,013	0,0662	0,0577
	26 t	3,953	0,0833	0,0655	3,481	0,0644	0,0529
Ensemble articulé	26 t	3,672	0,0783	0,0614	3,266	0,0608	0,0497
	32 t	3,377	0,0711	0,0560	2,911	0,0554	0,0453
(essieu tandem)	32 t	3,486	0,0737	0,0583	3,065	0,0583	0,0479
	35 t	3,236	0,0667	0,0524	2,824	0,0526	0,0432

Le tableau suivant indique pour certaines valeurs, comprises entre 100 et 500 km les résultats numériques obtenus pour les valeurs de $r=0$ et $r=1$. Une interpolation linéaire permet d'obtenir les résultats pour toute valeur du paramètre r .

..../..

TABLEAU I I I

Coûts de transport à la tonne - kilomètre

		T A X E S					C O M P R I S E S				
r		r = 0					r = 1				
d en charge		100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
Camions											
14,5		0,144	0,120	0,112	0,108	0,106	0,224	0,200	0,192	0,189	0,186
16		0,137	0,115	0,107	0,103	0,101	0,214	0,192	0,184	0,180	0,178
17		0,135	0,112	0,105	0,101	0,099	0,210	0,189	0,180	0,176	0,174
19		0,129	0,107	0,100	0,096	0,094	0,200	0,178	0,171	0,167	0,165
26		0,123	0,103	0,097	0,093	0,091	0,188	0,169	0,162	0,159	0,157
Attelages											
26		0,115	0,097	0,091	0,088	0,086	0,176	0,158	0,152	0,149	0,147
32		0,105	0,088	0,082	0,080	0,078	0,161	0,144	0,138	0,136	0,134
32		0,109	0,091	0,085	0,082	0,081	0,167	0,150	0,144	0,141	0,139
(2essieux A.R.)											
35		0,099	0,083	0,078	0,075	0,073	0,151	0,135	0,130	0,127	0,126
H O R S T A X E S											
Camions											
14,5		0,120	0,098	0,091	0,087	0,085	0,185	0,164	0,156	0,153	0,151
16		0,114	0,093	0,086	0,083	0,081	0,177	0,156	0,149	0,146	0,144
17		0,112	0,091	0,084	0,081	0,079	0,173	0,152	0,145	0,142	0,140
19		0,106	0,086	0,080	0,076	0,074	0,164	0,144	0,137	0,134	0,132
26		0,099	0,082	0,076	0,073	0,071	0,152	0,135	0,129	0,126	0,124
Attelages											
26		0,094	0,077	0,072	0,069	0,067	0,143	0,127	0,121	0,119	0,117
32		0,085	0,070	0,065	0,063	0,061	0,130	0,115	0,110	0,108	0,107
32		0,089	0,074	0,069	0,066	0,064	0,137	0,122	0,116	0,114	0,112
(2essieux A.R.)											
35		0,081	0,067	0,062	0,060	0,058	0,124	0,110	0,105	0,103	0,101

A N N E X E I

CALCUL DE L'AMORTISSEMENT a_0

a_0 est une annuité constante à 7%. Elle est issue d'un terme I_0 défini comme suit :

$$I_0 = V.A. - R_0 - \sum \Delta_0 E$$

Où V.A. représente la valeur d'achat du véhicule.

R_0 = la valeur résiduelle R, au bout de n années d'utilisation, actualisée à l'année d'achat.

$$R_0 = \frac{R}{(1+i)^n} \qquad R = \alpha \times V.A.$$

Par exemple on estime que pour le camion de 17^t α est de 34%, i le taux d'intérêt de 7%, n le nombre d'années est fonction du nombre de kilomètres parcourus dans l'année (60,80 ou 100.000 km), compte tenu du kilométrage total représentant la vie moyenne d'un camion (de l'ordre de 300.000 km pour un 17 t et de 400.000 km pour un 35 t).

Définition du terme $\sum \Delta_0 E$

Le tableau II donne les coûts d'entretien et de réparation au kilomètre par tranches kilométriques. Les valeurs données dans ce tableau sont les résultats d'enquêtes menées auprès des sociétés de transport. A partir de ce tableau on établit le coût annuel en fonction du kilométrage parcouru.

Ex. : Tracteur de 35 t à 80.000 km par an :

$$1^{\circ} \text{ année} = 50.000 \times 0,07 + 30.000 \times 0,11 = \\ 3.500 + 3.300 = 6.800$$

$$2^{\circ} \text{ année} = 20.000 \times 0,11 + 50.000 \times 0,15 + 10.000 \times \\ 0,17 = 11.400 \quad \text{etc..}$$

Le terme d'entretien e qui apparaît dans l'étude, est la valeur limite indiquée dans le tableau II (0,21 F. pour le 17 t).

Il faut donc éliminer, dans les premières années, la différence entre la valeur limite E et la valeur à l'année p . Ce qui donne à l'année p .

$$\Delta E = E - E_p$$

$\sum \Delta E_0$ représente la somme des ΔE pour les n années d'utilisation du véhicule.

a_0 est la valeur de l'annuité constante correspondant à I_0 pendant les n années soit :

$$a_0 = \frac{I_0 \times i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}} + iR$$

iR étant la charge d'intérêt sur la valeur résiduelle

TABLEAU I

Véhicules	V.A.	x	R	n	R_0	$\sum \Delta E_0$	I_0	a_0
14,5 t	48.500	0,31	15.035	5	10.720	25.388	12.392	4.075
16 t	55.000	0,32	17.600	5	12.549	24.157	18.294	5.694
17 t	59.500	0,34	20.230	5	14.424	24.157	20.919	66.518
19 t	71.630	0,34	24.354	5	17.364	22.927	31.339	9.348
26 t	87.350	0,30	26.205	5	18.684	20.944	47.722	12.473
26 t	50.000	0,40	20.000	4,5	14.759	19.743	15.498	5.578
S.R.	35.352	0,20	7.070	8	4.115		31.237	5.726
								<u>11.304</u>
32 t T	63.000	0,40	25.200	4,5	18.596	21.087	23.317	8.049
S.R. (1ess.)	36.000	0,20	7.200	8	4.190		31.810	5.831
								<u>13.880</u>
32 t T	63.000	0,40	25.200	4,5	18.596	21.087	23.317	8.049
S.R. (2ess)	43.500	0,20	8.700	8	5.063		38.437	7.046
								<u>15.095</u>
35 t T	68.120	0,40	27.248	4,5	20.107	21.288	26.725	9.111
S.R.	44.741	0,20	8.948	8	5.208		39.533	7.247
								<u>16.358</u>

TABLEAU II

COUT D'ENTRETIEN ET DE REPARATION AU KM PAR TRANCHE:
KILOMETRIQUE
(exprimés en F. par kilomètre)

Tranches kilométriques	T Y P E S D E V E H I C U L E S									
	14,5t	16et17	19t	26t	26t	19t	32t	35t	29t	
	C	C	C	C	T	S.R.	T	T	S.R.	
0 - 50.000	0,020	0,04	0,055	0,10	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	
50 - 100	0,050	0,07	0,085	0,13	0,08	"	0,10	0,11	"	
100 - 150	0,080	0,10	0,115	0,16	0,11	"	0,14	0,15	"	
150 - 200	0,110	0,13	0,145	0,20	0,15	"	0,16	0,17	"	
200 - 250	0,150	0,17	0,185	0,23	0,18	"	0,185	0,19	"	
250 - 300	0,170	0,19	0,205	0,26	0,20	"	0,200	0,21	"	
300 - 350	0,195	0,21	0,220	0,26	0,20	"	0,220	0,23	"	
350 - 400	0,195	0,21	0,220	0,26	0,20	"	0,220	0,23	"	
(valeur limite)										

0-0-0

A N N E X E II

TABLEAU III - ASSURANCES

VEHICULES		Responsabilité civile		Vol et incendie	A
		Moyenne des tarifs	- 20% d'abattement		
P.T.R.	C.U.				
CAMIONS					
14,5 t	8,4 t	2.155	1.724	255	1.979
16 t	9,5 t	2.240	1.792	277	2.069
17 t	10,0 t	2.310	1.848	293	2.141
19 t	11,5 t	2.476	1.981	325	2.306
26 t	15 t	2.990	2.392	438	2.830
ATTELAGES					
26 t	15,5 t	3.209	2.567	413	2.980
32 t	19,0 t	3.900	3.120	528	3.648
35 t	21,5 t	4.088	3.270	573	3.843

CAMION DE 14 T 5

P.T.C. 14 T 5
 C.U. 8 T 4
 E.AR. simple

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C^k = (e + l + p + g)$

e	entretien (tableau I)	0,195	
l	lubrifiant "	0,022	$gc = 0,60 \times 0,283 = 0,170 \text{ F/km}$
p	pneumatiques "	0,040	$gv = 0,60 \times 0,195 = 0,117 \text{ F/km}$
		0,257	

$C_c^k = 0,257 + 0,170$	$C_v^k = 0,257 + 0,117$
$C_c^k = 0,427 \text{ F.}$	$C_v^k = 0,374 \text{ F.}$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2.700} (A + a_o + T + ST + 1,10 Sf + 0,34 Sp)$$

A	assurances (Tableau I)	1.979	
a_o	amortissement "	4.080	$C^h = \frac{12.677}{2.700}$
T	Taxe (60 x 14,5)	870	
ST	surtaxe (25 x (14,5-6))	1.063	$C^h = 4,695 \text{ F/h}$
1,10	Sf	1.135	
0,34	Sp	3.550	
		12.677 F.	

$$C_{TK} = \frac{1,15}{8,4} \left[\frac{4}{d} (4,695 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{42} (4,695 + 3,96 + 2,00) + 0,427 + 0,022 \right) + \frac{r}{50} (4,695 + 3,96 + 2,00 + 50 \times 0,374) \right]$$

$$C_{TK}^{TC} = \frac{4,751}{d} + 0,0962 + 0,0804 r$$

B) TAXES NON COMPRISES1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e sans changement	0,195	0,195
l (- 27,7%)	0,016	0,016
p pneumatiques	0,040	0,040
gc= 0,16 x 0,283	0,045	gv= 0,16 x 0,185 0,031
	<u>$C_c^k = 0,296$ F.</u>	<u>$C_v^k = 0,282$ F.</u>

2°) Calcul de C^h - T=0 ST=0 - le reste sans changement.

$$C^h = \frac{1}{2.700} (1979 + 4080 + 1135 + 3550) = \frac{10.744}{2.700}$$

$$\underline{C^h = 3,979 \text{ F/h}}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{8,4} \left[\frac{4}{d} (3,979 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{42} (3,979 + 3,96 + 2,00) + 0,296 + 0,022 \right) + \frac{r}{50} (3,979 + 3,96 + 2,00 + 50 \times 0,282) \right]$$

$C_{KT}^{HT} = \frac{4,359}{d} + 0,0760 + 0,0658 \text{ r}$

CAMION DE 16 T

PTC 16 T
 CU 9 T 5
 EAR simple

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C^k = (e + l + p + g)$

e	entretien (Tableau I)	0,210	$gc = 30,5 \times 0,6 = 0,183 \text{ F/km}$
l	lubrifiant "	0,024	$gv = 21 \times 0,6 = 0,126 \text{ F/km}$
p	pneumatiques "	<u>0,048</u>	
		0,282	

$$C_c^k = 0,282 + 0,183$$

$$C_v^k = 0,282 + 0,126$$

$$\underline{C_c^k = 0,465 \text{ F.}}$$

$$\underline{C_v^k = 0,408 \text{ F}}$$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2700} (A + a_o + T + ST + 1,10 \text{ Sf} + 0,34 \text{ Sp})$$

A	Assurances (Tableau I)	2.069	
a_o	Amortissement "	5.690	$C^h = \frac{14.654}{2.700} = 5,427$
T	Taxe 60 x 16	960	
ST	Surtaxe 125(16 - 10)	1.250	$C^h = \underline{5,427 \text{ F/km}}$
1,10	Sf	1.135	
0,34	Sp	<u>2.550</u>	
		14.654	

$$C^{TK} = \frac{1,15}{9,5} \left[\frac{4}{a} (5,427 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{42} (5,427 + 3,96 + 2,00) + 0,465 + 0,022 \right) + \frac{r}{50} (5,427 + 3,96 + 200 + 50 \times 0,408) \right]$$

$$C_{TK}^{Tc} = \frac{4,555}{d} + 0,0918 + 0,0770 r$$

B) TAXES NON COMPRISES1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e sans changement	0,210	0,210
l (-27,7%)	0,017	0,017
p sans changement	0,048	0,048
gc = 0,16 x 305	<u>0,049</u>	gv = 0,16 x 21
		<u>0,034</u>
$C_c^k =$	<u>0,324</u>	$C_v^k =$
		<u>0,309</u>

2°) Calcul de C^h : T=0 ST=0 le reste sans changement.

$$C^h = \frac{1}{2.700} (2.069 + 5.690 + 1.135 + 3.550) = \frac{12.444}{2.700}$$

$$C^h = 4,609 \cdot F / h$$

$$C_{TK}^{HT} = \frac{1,15}{9,5} \left[\frac{4}{d} (4,609 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{42} (4,609 + 3,96 + 2,00) + 0,324 + 0,022 \right) + \frac{r}{50} (4,609 + 3,96 + 200 + 50 \times 0,309) \right]$$

$$C_{TK}^{HT} = \frac{4,159}{d} + 0,0724 + 0,0630 r$$

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C^k = (e + l + p + g)$

e	entretien (tableau I)	0,210	
l	lubrifiant "	0,026	$gc = 32 \times 0,6 = 0,192 \text{ F/km}$
p	pneumatiques "	0,050	$gv = 22 \times 0,6 = 0,132 \text{ F/km}$
		<u>0,286</u>	

$$C_c^k = 0,286 + 0,192$$

$$C_v^k = 0,286 + 0,132$$

$$\underline{C_c^k = 0,478 \text{ F}}$$

$$\underline{C_v^k = 0,418 \text{ F}}$$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2.700} (A + a_o + T + ST + 1,10 Sf + 0,34 Sp)$$

A	assurances (tableau I)	2.141	
a_o	amortissement "	6.520	$C^h = \frac{15.741}{2.700} = 5.830$
T	Taxe : 60 F x 17	1.020	
ST	Surtaxe : 125 (17 - 6)	1.375	$C^h = \underline{5.830 \text{ F/h}}$
	1,10 Sf	1.135	
	0,34 Sp	3;550	
		<u>15.741 F.</u>	

$$C_{TK}^{Tc} = \frac{1,15}{10} \left[\frac{4}{d} (5,830 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{42} (5,830 + 3,96 + 2,00) + 0,478 + 0,022 \right) + \frac{r}{50} (5,830 + 3,96 + 2,00 + 50 \times 0,418) \right]$$

$$C_{TK}^{Tc} = \frac{4,513}{d} + 0,0898 + 0,0752 \quad r$$

B) TAXES NON COMPRISES1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e	sans changement	0,210	0,210
l	(-27,7 %)	0,019	0,019
p	sans changement	0,050	0,050
gc = 0,16 x 32		<u>0,051</u>	gv = 0,16 x 22 <u>0,035</u>
		<u>$C_c^k = 0,330$ F.</u>	<u>$C_v^k = 0,314$ F.</u>

2°) Calcul de C^h - T=0 ST=0, le reste sans changement

$$C^h = \frac{1}{2.700} (2.141 + 6.520 + 1.135 + 3.550) = \frac{13.346}{2.700}$$

$$\underline{C^h = 4,943 \text{ F/h}}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{10} \left[\frac{4}{d} (4,943 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{42} (4,943 + 3,96 + 2,00) + 0,330 + 0,022 \right) + \frac{r}{50} (4,943 + 3,96 + 2,00 + 50 \times 0,314) \right]$$

$$\boxed{C_{TK}^{HT} = \frac{4.105}{d} + 0,0704 + 0,0612 \text{ r}}$$

CAMION DE 19 T

PTC 19T
 C.U. 11T,5
 E.AR. Simple

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C^K = (e + l + p + g)$

e	entretien (tableau I)	0,220	
l	lubrifiant "	0,029	$gc = 35,1 \times 0,6 = 0,211 \text{ F/km}$
p	pneumatiques "	0,057	$gv = 24,2 \times 0,6 = 0,145 \text{ F/km}$
		0,306	

$$C_c^k = 0,306 + 0,211$$

$$C_v^k = 0,306 + 0,145$$

$$\underline{C_c^k = 0,517 \text{ F.}}$$

$$\underline{C_v^k = 0,451 \text{ F.}}$$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2.700} (A + a_o + ST + T + 1,10 \text{ Sf} + 0,34 \text{ Sp})$$

A	assurances (tableau I)	2.306	
a_o	amortissement "	9.350	$C^h = \frac{19.106}{2.700}$
T	taxe 60 x 19	1.140	
ST	Surtaxe 125 (19 - 6)	1.625	$C^h = 7,076 \text{ F.}$
1,10 Sf		1.135	
0,34 Sp		3.550	

19.106 F.

$$C_{TK} = \frac{1,15}{11,5} \left[\frac{4}{d} (7,076 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{42} (7,076 + 3,96 + 2,00) + 0,517 + 0,022 \right) + \frac{r}{50} (7,076 + 3,96 + 2,00 + 50 \times 0,451) \right]$$

$$C_{TK}^{TC} = \frac{4,422}{d} + 0,0849 + 0,0712 r$$

B) TAXES NON COMPRISES1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e	sans changement	0,220	0,220
l	(- 27,7%)	0,021	0,021
p	sans changement	0,057	0,057

$$gc = 0,16 \times 35,1 \quad \underline{0,056} \qquad gv = 0,16 \times 24,2 \quad \underline{0,039}$$

$$\underline{C_c^k} = 0,354 \text{ F.}$$

$$\underline{C_v^k} = 0,337 \text{ F.}$$

2°) Calcul de C^h - T=0 ST=0 - le reste sans changement

$$C^h = \frac{1}{2.700} (2.306 + 9.350 + 1.135 + 3.550) = \frac{16.341}{2.700}$$

$$\underline{C^h} = 6,052 \text{ F/h}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{11,5} \left[\frac{4}{d} (6,052 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{42} (6,052 + 3,96 + 2,00) + 0,354 + 0,22 \right) + \frac{r}{50} (6,052 + 3,96 + 200 + 50 \times 0,337) \right]$$

$$\boxed{C_{TK}^{HT} = \frac{4,013}{d} + 0,0662 + 0,0577 \text{ r}}$$

CAMION DE 26 T

PTC 26 T
 C.U. 15 T
 E.A.R. Double

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C^k = (e + l + p + g)$

e	entretien (tableau I)	0,260	
l	lubrifiant "	0,037	$gc = 0,60 \times 44 = 0,264 \text{ F/km}$
p	pneumatiques "	0,080	$gv = 0,60 \times 28 = 0,168 \text{ F/km}$
		0,377	

$$C_c^k = 0,377 + 0,264$$

$$C_v^k = 0,377 + 0,168$$

$$\underline{C_c^k = 0,641 \text{ F.}}$$

$$\underline{C_v^k = 0,545 \text{ F.}}$$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2.700} (A + a_0 + T + ST + 1,10 \text{ Sf} + 0,34 \text{ Sp})$$

A	assurances (tableau I)	2.830	
A ₀	Amortissement "	12.480	$C^h = \frac{24.055}{2.700}$
T	Taxe 60 F. x 26	1.560	
ST	Surtaxe 125 (25-6)	2.500	$C^h = 8,909 \text{ F/h}$
	1,10 Sf	1.135	
	0,34 Sp	3.550	
		24.055 F.	

$$C_{TK} = \frac{1,15}{15} \left[\frac{4}{d} (8,909 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (8,909 + 3,96 + 2,00) + 0,641 + 0,033 \right) + \frac{r}{48} (8,909 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,545) \right]$$

$$C_{TK}^{Tc} = \frac{3,953}{d} + 0,0833 + 0,0655 r$$

B) TAXES NON COMPRISES1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e sans changement	0,260	0,260
l (- 27,7%)	0,027	0,027
p pneumatiques	0,080	0,080

$$gc = 0,16 \times 44 \quad \underline{0,070} \quad gv = 0,16 \times 28 \quad \underline{0,045}$$

$$\therefore \underline{C_c^k} = 0,437 \text{ F.} \quad \underline{C_v^k} = 0,412 \text{ F.}$$

2°) Calcul de C^h - T=0 ST=0 - le reste sans changement.

$$C^h = \frac{1}{2.700} (2.830 + 12.480 + 1.135 + 3.550) = \frac{19.995}{2.700}$$

$$\underline{C^h = 7,372 \text{ F/h}}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{15} \left[\frac{4}{d} (7,372 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (7,372 + 3,96 + 2,00) + 0,437 + 0,033 \right) + \frac{r}{48} (7,372 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,412) \right]$$

$$\boxed{C_{KT}^{HT} = \frac{3.481}{d} + 0,0644 + 0,0529 r}$$

ENSEMBLE ARTICULE
DE 26 T

PTC 26T (T.+ SR)
 C.U. 15T 5
 E.AR. T: simple SR: simple

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C^k = (e + l + p + g)$

e entretien (tableau I)	0,250	{	T : 0,200 SR: 0,050
l lubrifiant "	0,036		
p pneumatiques "	0,080		gc = 0,60 x 43 = 0,258 F/km
	0,366		gv = 0,60 x 27 = 0,162 F/km

$$C_o^k = 0,366 + 0,258$$

$$C_v^k = 0,366 + 0,162$$

$$\underline{C_c^k = 0,624 \text{ F.}}$$

$$\underline{C_v^k = 0,528 \text{ F.}}$$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2.700} (A + a_o = T + ST + 1,10 Sf + 0,34 Sp)$$

A assurances (tableau I)	2.980	
a _o amortissement "	11.300	C ^h = $\frac{22.665}{2.700}$
T Taxe T=60 x 6	360	
SR=(26-6)x60x0,7	840	
ST surtaxe 125(26 - 6)	2.500	C ^h = $\frac{8,394 \text{ F/h}}{}$
1,10 Sf	1.135	
0,34 Sp	3,550	
	22.665	

$$C_{TK} = \frac{1,15}{15,5} \left[\frac{4}{d} (8,394 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (8,394 + 3,96 + 2,00) + 0,624 + 0,033 \right) + \frac{R}{48} (8,394 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,528) \right]$$

$$C_{TK} = \frac{3,672}{d} + 0,0783 + 0,0614 r$$

B) TAXES NON COMPRISES1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e sans changement	0,250		0,250
l (- 27,7%)	0,026		0,026
p sans changement	0,080		0,080
gc = 0,16 x 43	0,069	gv = 0,16 x 27	0,043
	<u>0,425 F.</u>		<u>0,399 F.</u>

2°) Calcul de C^h - T=0 ST=0 - le reste sans changement.

$$C^h = \frac{1}{2.700} (2.980 + 11.300 + 1.135 + 3.550) = \frac{18.965}{2.700}$$

$$\underline{C^h = 7,024 \text{ F/h}}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{15,5} \left[\frac{4}{d} (7,024 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (7,024 + 3,96 + 2,00) + 0,425 + 0,033 \right) + \frac{r}{48} (7,024 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,399) \right]$$

$C_{TK}^{HT} = \frac{3,266}{d} + 0,0608 + 0,0497 r$

ENSEMBLE ARTICULE DE 32 T

P.T.C. 32 T
C.U. 19 T
E.A.R. T : simple SR: simple

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C^k = (e + l + p + g)$

e entretien (tableau I)	0,300	(T : 0,23 SR : 0,07)
l lubrifiant "	0,045	
p pneumatiques "	0,080	
	<u>0,425</u>	

gc = 0,60 x 44 = 0,264 F./km
gv = 0,60 x 28 = 0,168 F./km

$$C_c^k = 0,425 + 0,264 \qquad C_v^k = 0,425 + 0,168$$

$$\underline{C_c^k = 0,689 \text{ F.}} \qquad \underline{C_v^k = 0,593 \text{ F.}}$$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2.700} (A + a_o + T + ST + 1,10 Sf + 0,34 Sp)$$

A assurances (tableau I)	3.648	
a _o amortissement "	13.880	
T Taxe: T 60 x 6	360	$C^h = \frac{26.915}{2.700}$
SR (32-6)x60x0,7	1.092	
ST surtaxe 125 (32-6)	3.250	$C^h = \underline{9,969 \text{ F/h}}$
1,10 Sf	1.135	
0,34 Sp	3.550	
	<u>26.915 F.</u>	

$$C_{TK} = \frac{1,15}{19} \left[\frac{4}{d} (9,969 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (9,969 + 3,96 + 2,00) + 0,689 + 0,044 \right) + \frac{r}{48} (9,969 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,593) \right]$$

$C_{TK}^{TC} = \frac{3,377}{d} + 0,0711 + 0,0560 r$

B) TAXES NON COMPRISES

1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e sans changement	0,300		0,300
l (6 - 27,7%)	0,032		0,032
p sans changement	0,080		0,080
gc = 0,16 x 44	0,070	gv = 0,16 x 28	0,045
	<u>0,482</u>		<u>0,457</u>
	$C_c^k =$		$C_v^k =$

2°) Calcul de C^h - T=0 ST=0 - le reste sans changement.

$$C^h = \frac{1}{2.700} (3.648 + 13.880 + 1.135 + 3.550) = \frac{21.713}{2.700}$$

$$C^h = \underline{8,042 \text{ F/h}}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{19} \left[\frac{4}{d} (8,042 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (8,042 + 3,96 + 2,00) + 0,482 + 0,044 \right) + \frac{r}{48} (8,042 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,457) \right]$$

$C_{TK}^{TC} = \frac{2,911}{d} + 0,0554 + 0,0453 \text{ r}$

ENSEMBLE ARTICULE
DE 32 T

P.T.C. 32 T
C.U. 19 T
E.AR. T : simple SR :double

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C^k = (e + l + p + g)$

e	entretien (tableau I)	0,300	$\left\{ \begin{array}{l} T = 0,23 \\ SR = 0,07 \end{array} \right.$
l	lubrifiant	"	0,045
p	pneumatiques	"	0,110
			<u>0,455</u>

$g_c = 0,60 \times 44 = 0,264 \text{ F/km}$
 $g_v = 0,60 \times 28 = 0,168 \text{ F/km}$

$$C_c^k = 0,455 + 0,264 \quad C_v^k = 0,455 + 0,168$$

$$\underline{C_c^k = 0,719 \text{ F.}} \quad \underline{C_v^k = 0,623 \text{ F.}}$$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2.700} (A + a_o + T + ST + 1,10 Sf + 0,34 Sp)$$

A	assurances (Tableau I)	3.648	
a _o	amortissement	"	15.100
T	Taxe		1.452
ST	Surtaxe		3.250
1,10 Sf			1.135
0,34 Sp			3.550
			<u>28.135</u>

$C^h = \frac{28.135}{2.700}$
 $C^h = 10,420 \text{ F/h}$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{19} \left[\frac{4}{d} (10,420 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (10,420 + 3,96 + 2,00) + 0,719 + 0,044 \right) + \frac{r}{48} (10,420 + 3,96 + 2,00 + 0,623 \times 48) \right]$$

$$C_{TK}^{TC} = \frac{3,486}{d} + 0,0737 + 0,0583 \quad r$$

B) TAXES NON COMPRISES1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e	sans changement	0,300		0,300
l	(- 27,7%)	0,032		0,032
p	sans changement	0,110		0,110
	gc = 0,16 x 44	0,512	gv = 0,16 x 28	0,045
	<u>C_c^k =</u>	<u>0,512</u>	<u>C_v^k =</u>	<u>0,487</u>

2°) Calcul de C^h - T=0 ST=0 - le reste sans changement

$$C^h = \frac{1}{2.700} (3.648 + 15.100 + 1.135 + 3.550) = \frac{23.433}{2.700}$$

$$\underline{C^h = 8,679 \text{ F/h}}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{19} \left[\frac{4}{d} (8,679 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (8,679 + 3,96 + 2,00) + 0,512 + 0,044 \right) + \frac{r}{48} (8,679 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,487) \right]$$

$C_{TK}^{HT} = \frac{3,065}{d} + 0,0583 + 0,0479 \quad r$

ENSEMBLE ARTICULE
DE 25 T

P.T.C. 35 T
C.U. 21 T 5
E.AR. T : simple SR : double

A) TAXES COMPRISES

Calcul des éléments de base - 1°) $C_c^k = e + l + p + g$

e	entretien (tableau I)	0,300	$\left\{ \begin{array}{l} T : 0,23 \\ SR : 0,07 \end{array} \right.$
l	lubrifiant	0,049	$g_c = 0,60 \times 44,8 = 0,269 \text{ F/km}$
p	pneumatiques	0,110	$g_v = 0,60 \times 28,5 = 0,171 \text{ F/km}$
		0,459	

$$C_c^k = 0,459 + 0,269$$

$$C_v^k = 0,459 + 0,171$$

$$\underline{C_c^k = 0,728 \text{ F.}}$$

$$\underline{C_v^k = 0,630 \text{ F.}}$$

2°) Calcul de C^h

$$C^h = \frac{1}{2.700} (A + a_o + T + ST + 1,10 \text{ Sf} + 0,34 \text{ Sp})$$

A	assurances (tableau I)	3.843	
a_o	amortissement	16.360	
T	taxe 60 x 6	360	
	(35-6) x 50 x 0,7	1.218	$C^h = \frac{30.091}{2.700}$
ST	surtaxe 125(35 - 6)	3.625	2.700
	1,10 Sf	1.135	
	0,34 Sp	3.550	$C^h = 11,145 \text{ F/h}$
		30.091	

$$C_{TK} = \frac{1,15}{21,5} \left[\frac{4}{d} (11,145 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (11,145 + 3,96 + 2,00) + 0,728 + 0,044 \right) + \frac{r}{48} (11,145 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,623) \right]$$

$$C_{TK}^{TC} = \frac{3,236}{d} + 0,0667 + 0,0524 r$$

B) TAXES NON COMPRISES1°) Calcul de C_c^k et C_v^k

e sans changement	0,300	0,300
l (- 27,7%)	0,035	0,035
p sans changement	0,110	0,110
gc = 0,16 x 44,8	0,072	gv = 0,16 x 28,5
		0,046
	<u>$C_c^k = 0,517$ F.</u>	<u>$C_v^k = 0,491$ F.</u>

2°) Calcul de C^h - T=0 ST=0 - le reste sans changement.

$$C^h = \frac{1}{2.700} (3.843 + 16.360 + 1.135 + 3.550) = \frac{24.888}{2.700}$$

$$\underline{C^h = 9,218 \text{ F/h}}$$

$$C_{TK} = \frac{1,15}{21,5} \left[\frac{4}{d} (9,218 + 1,98 + 2,00) + \left(\frac{1}{36} (9,218 + 3,96 + 2,00) + 0,517 + 0,044 \right) + \frac{r}{48} (9,218 + 3,96 + 2,00 + 48 \times 0,491) \right]$$

$C_{TK}^{HT} = \frac{2,824}{d} + 0,0526 + 0,0432 r$

GRAPHIQUE I

COUTS DE TRANSPORT à LA TONNE-KILOMÈTRE TAXES COMPRISES

COÛT
(Frs)

$$P = 0$$

0,150

0,125

0,100

0,075

0,050

100

200

300

400

500

145

167

177

195

267

267

327 (Bessou)

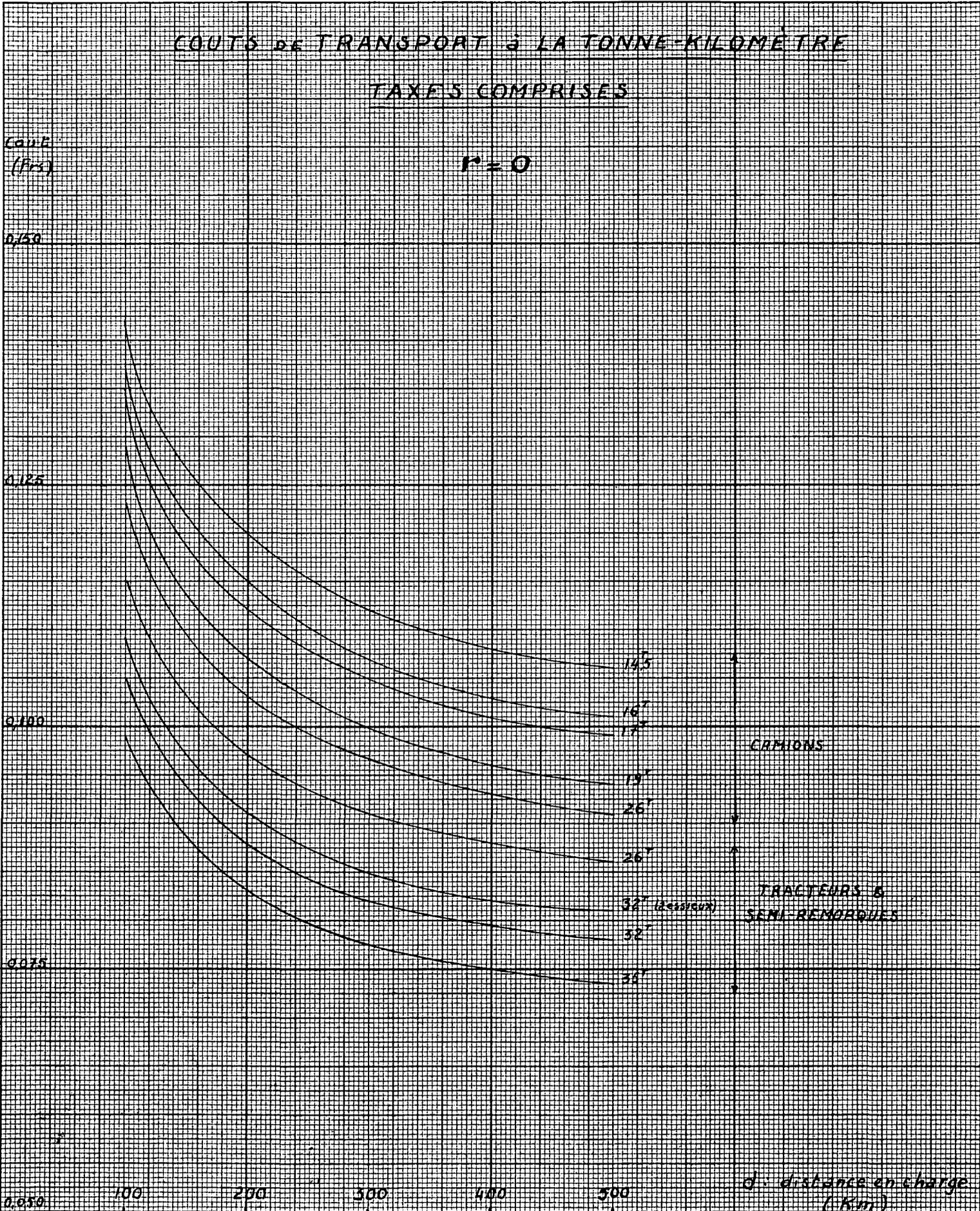
527

367

CRÉMIONS

TRACTEURS &
SEMI-REMORQUES

d. distance en charge
(Km)



COUTS DE TRANSPORT à LA TONNE-KILOMETRE

TAXES COMPRIS

$r = 1$

COUT
(FRS)

0.225

0.200

0.175

0.150

0.125

100

200

300

400

500

550

14.5

16.7

17.7

19.7

26.7

26.7

32.7 (2 cassiers)

32.7

*

*

*

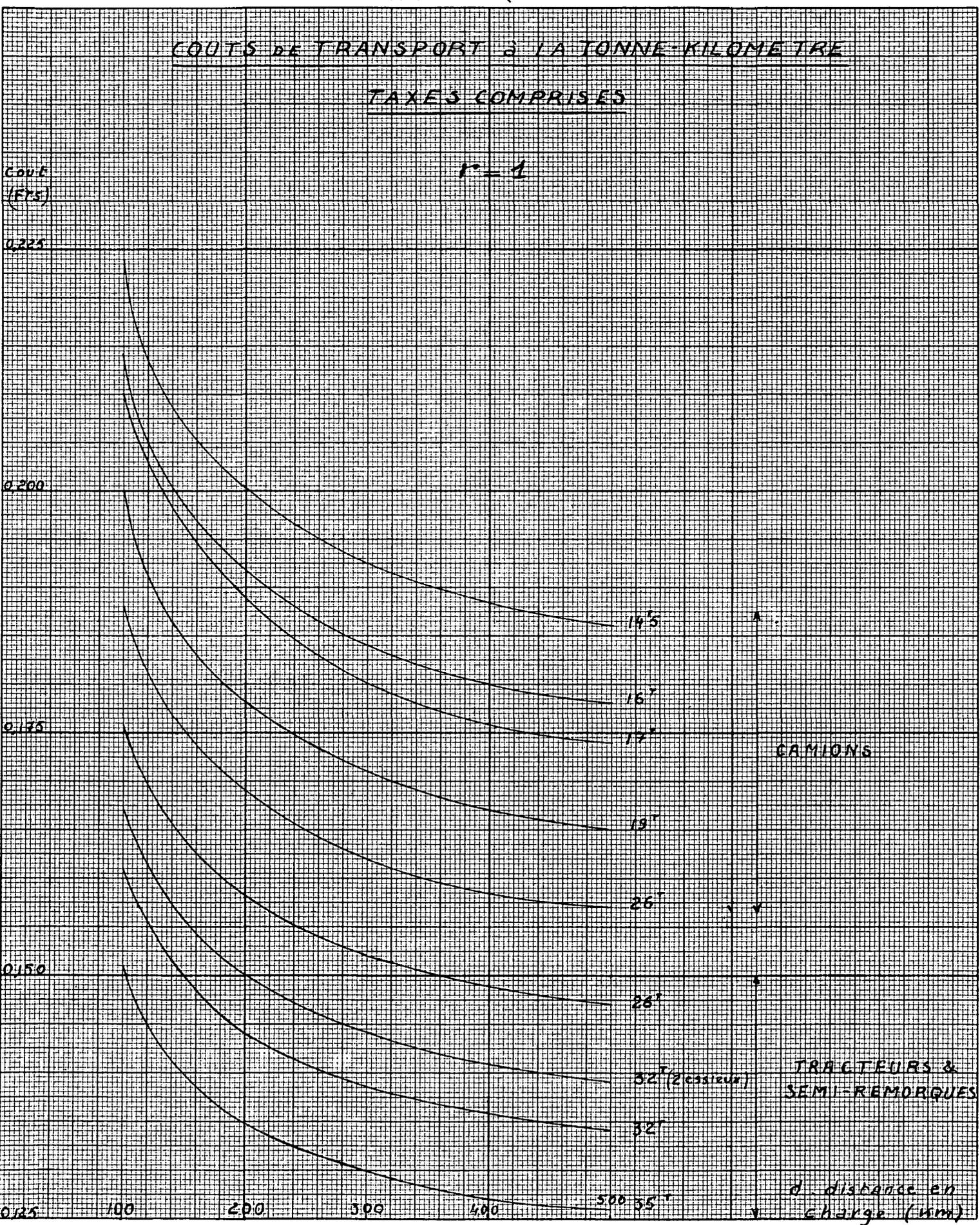
*

*

CAMIONS

TRACTEURS &
SEMI-REMORQUES

d. distance en
charge (km)



COÛTS DE TRANSPORT À LA TONNE-KILOMÈTRE

HORS TAXES

$$r = 0$$

COÛT
(Frs)

0,125

0,100

0,075

0,050

100

200

300

400

500

14,5

16"

17"

18"

26"

26"

32" (2 essieux)

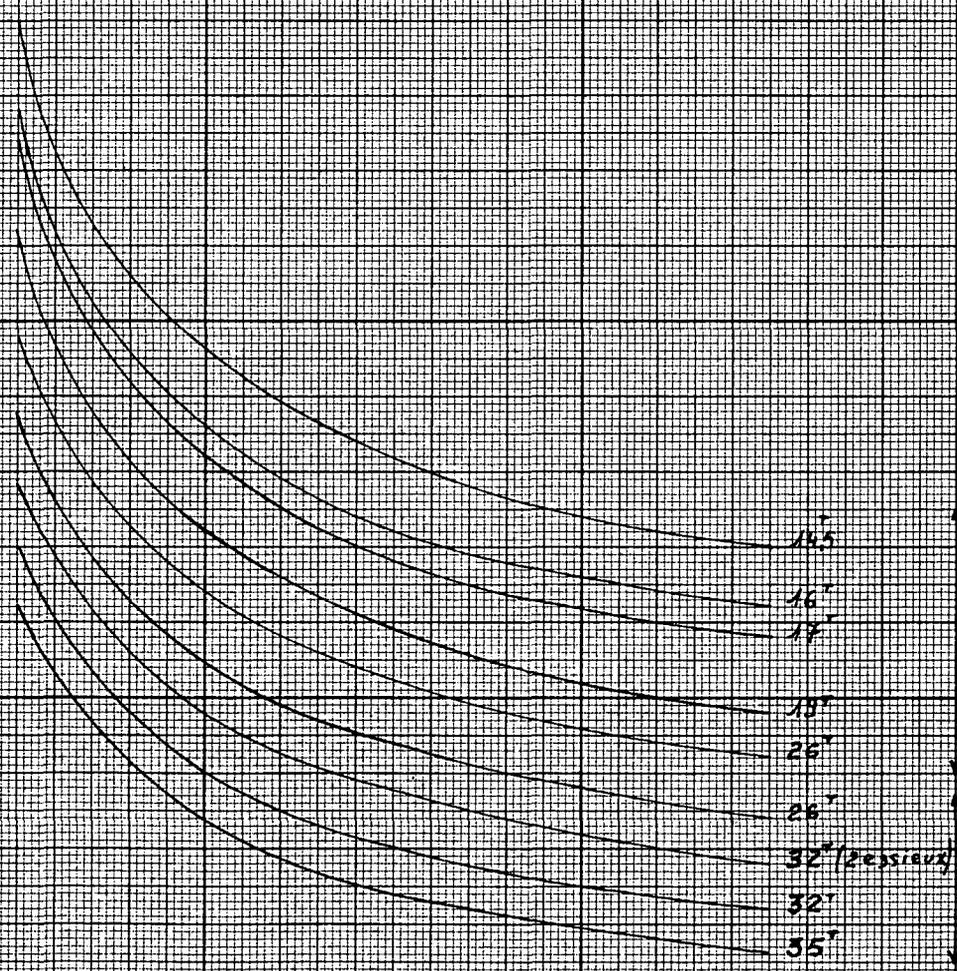
32"

35"

CAMIONS

TRACTEURS &
SEMI-REMORQUES

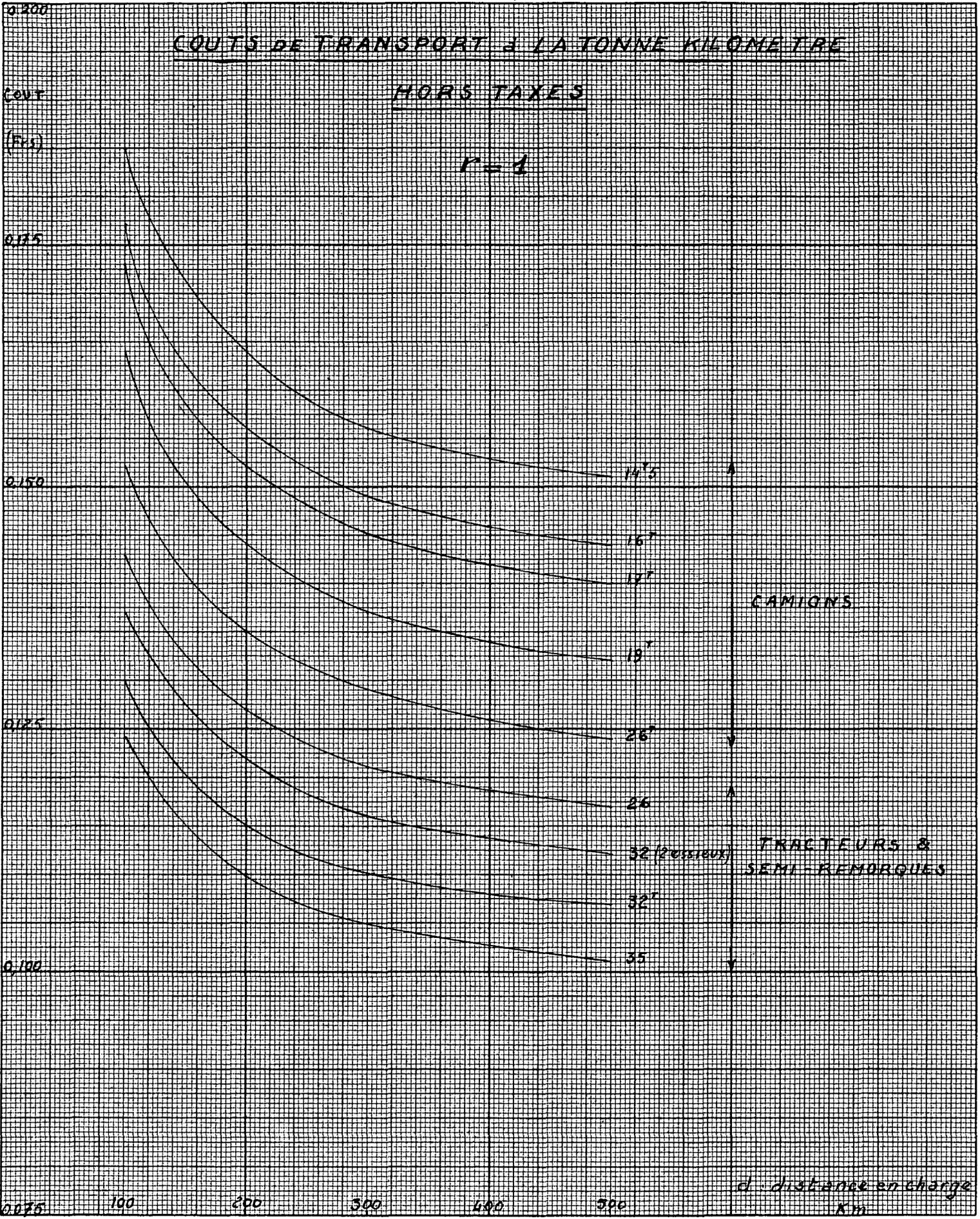
d distance en charge
Km



COÛTS DE TRANSPORT À LA TONNE KILOMÈTRE

HORS TAXES

$r=1$



CAMIONS

TRACTEURS & SEMI-REMORQUES

d. distance en charge Km