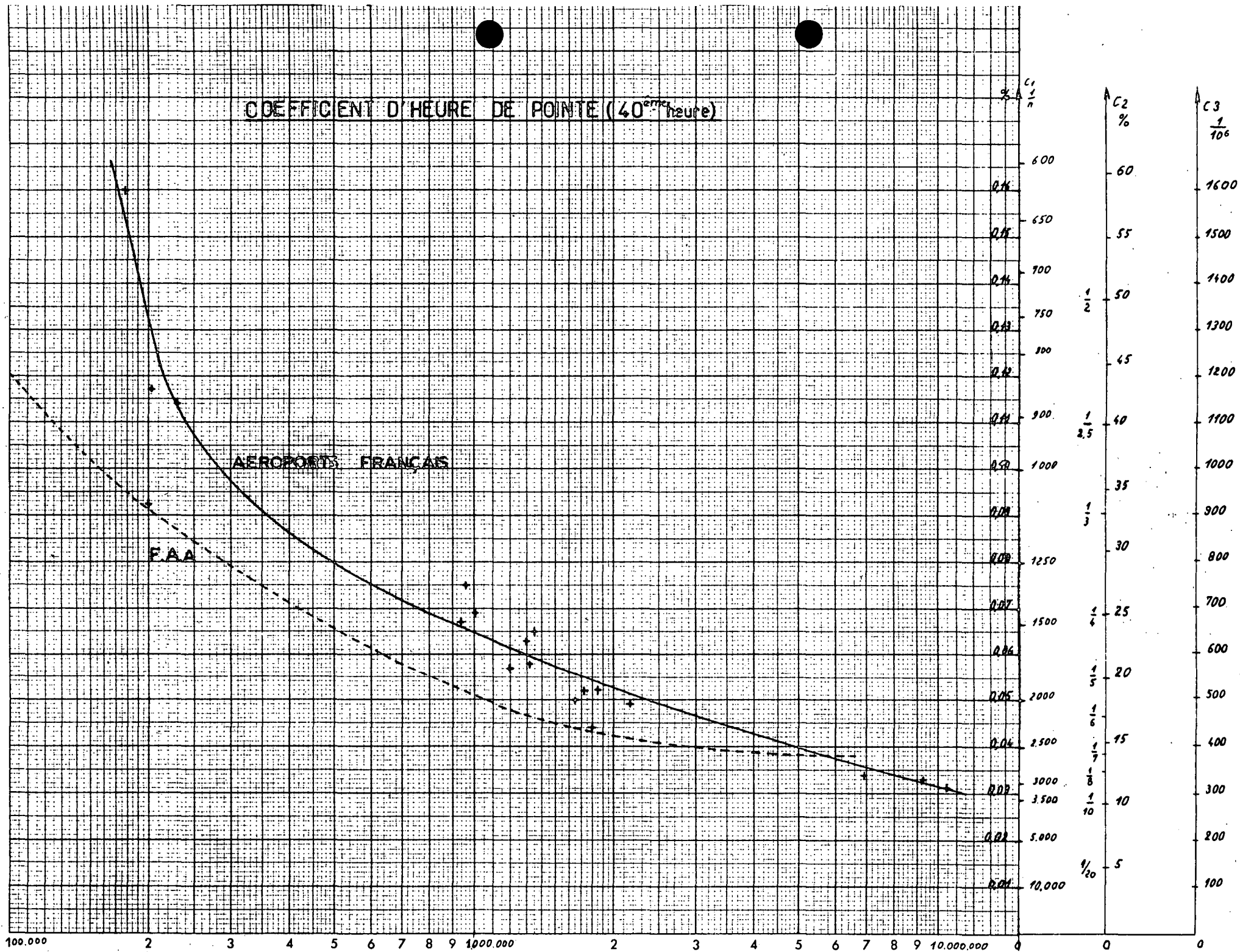
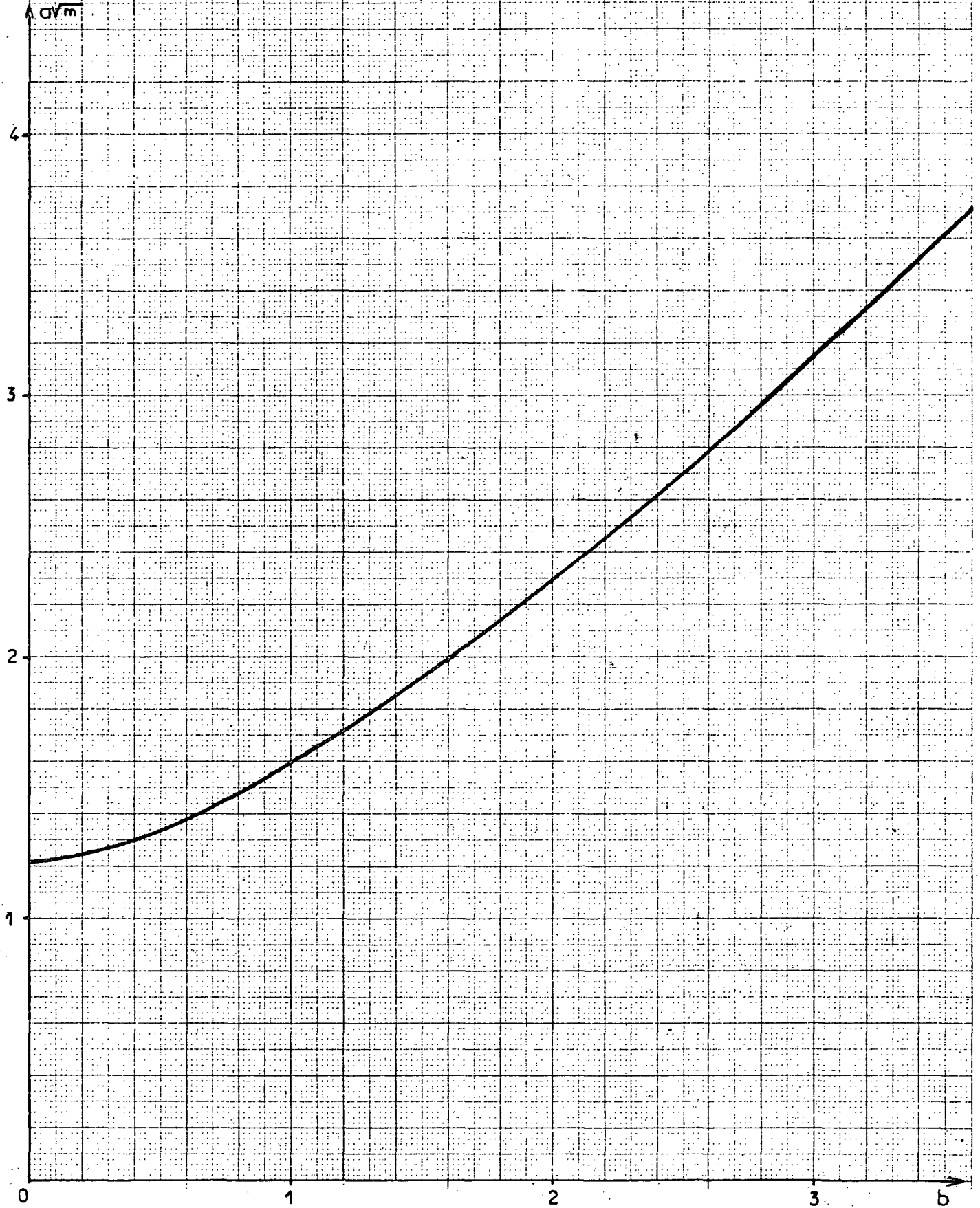


# COEFFICIENT D'HEURE DE POINTE (40<sup>ème</sup> heure)



LIASON ENTRE LES PARAMETRES a et b



LIAISON ENTRE LES PARAMETRES a et b

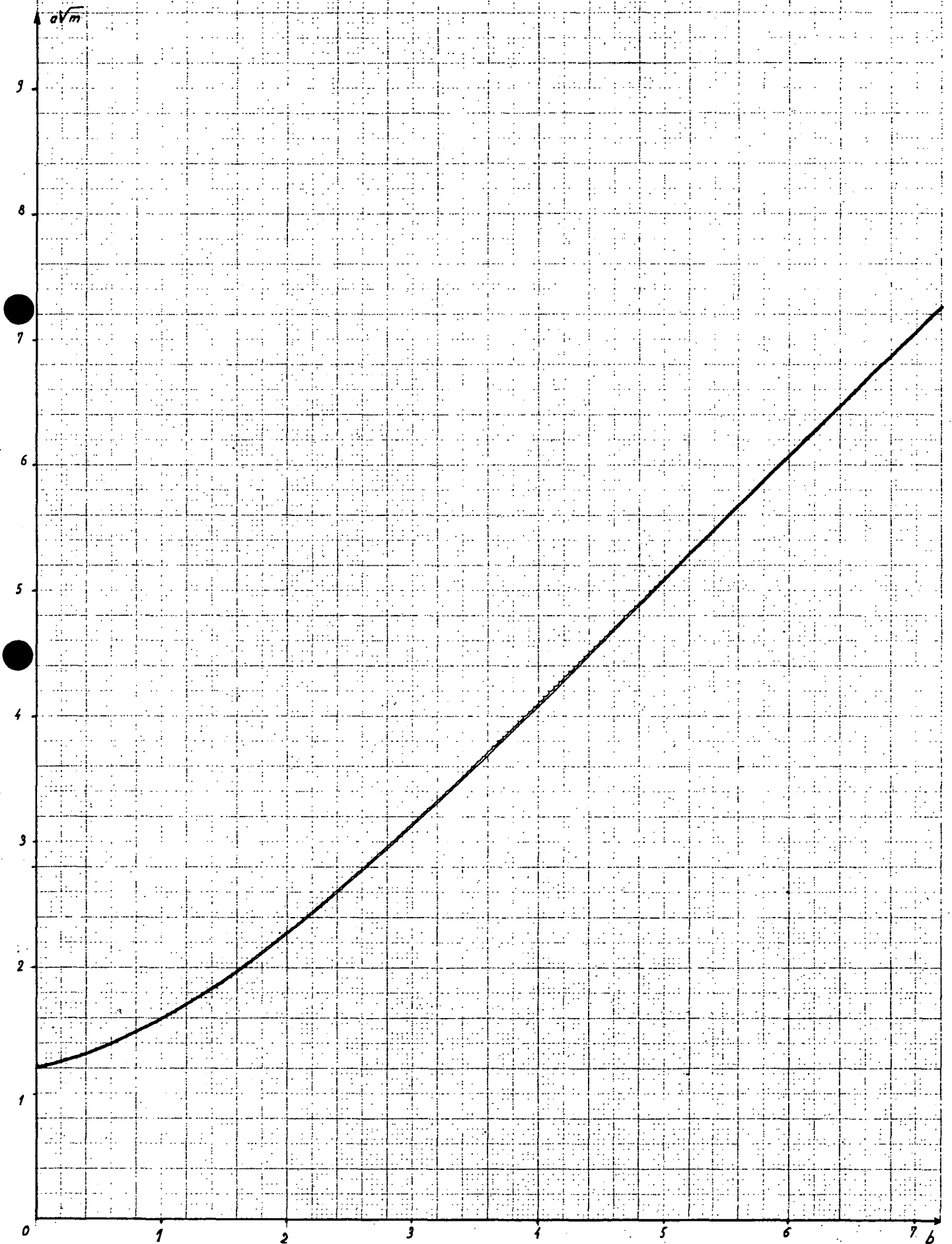
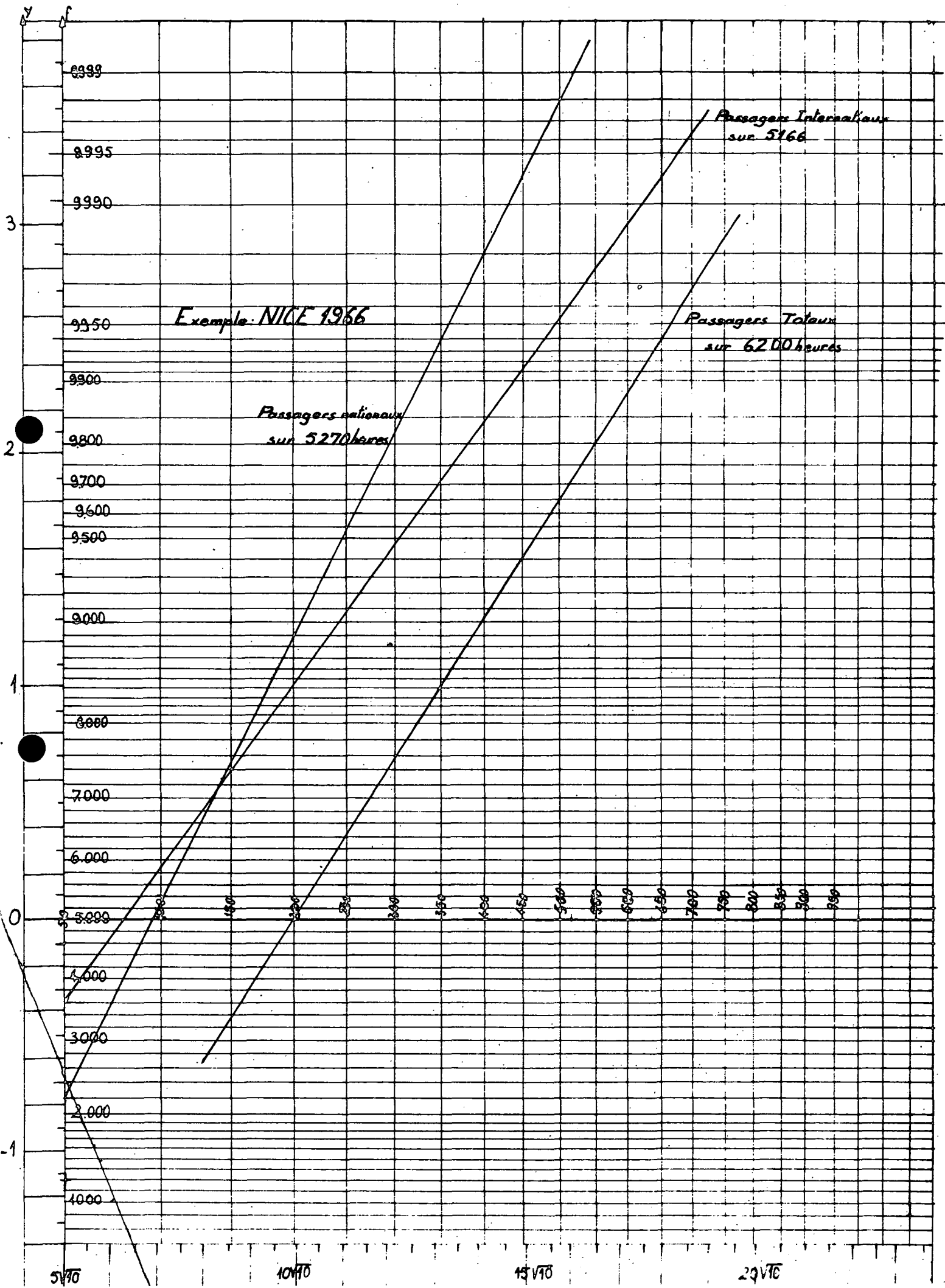


TABLE DE LAPLACE-GAUSS

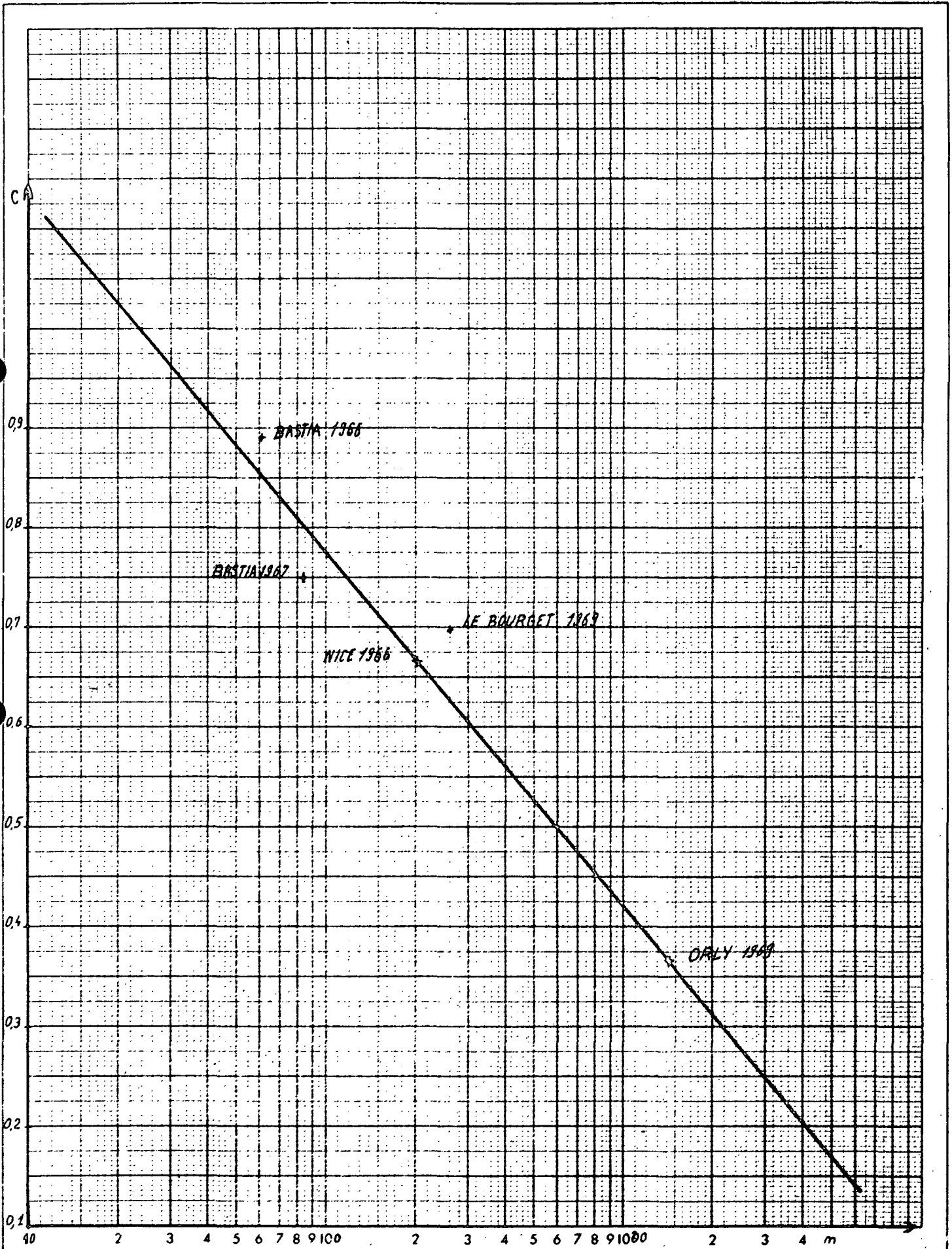
$A = \int_0^y \varphi(t) dt$										
y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3418	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4718	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4978	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4983	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
4,0	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000

Nota : Fréquence =  $\frac{N - n}{N} = A + 0,5$

COURBE DE DEBITS CLASSES

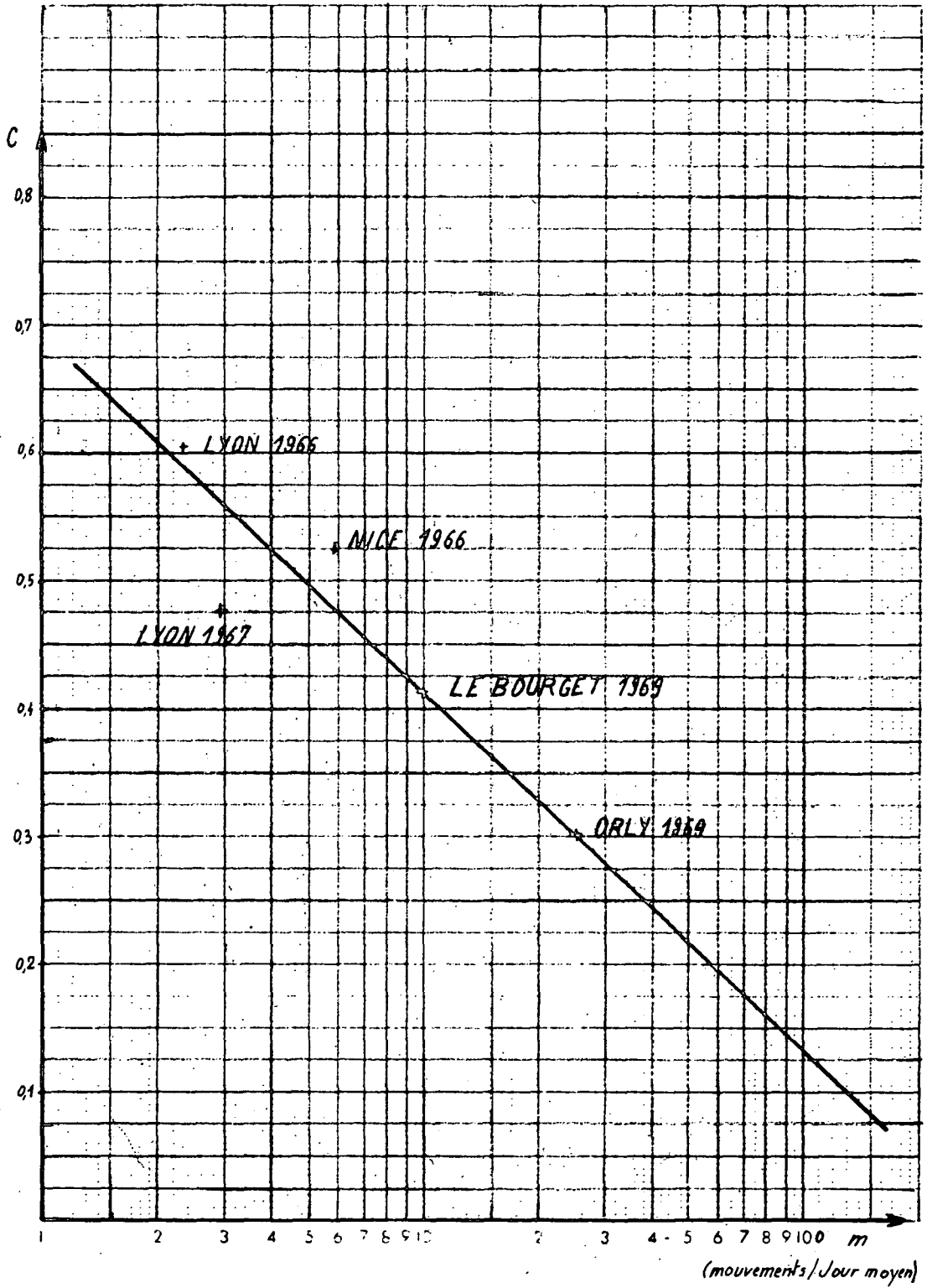


VARIATION DE  $g$  AVEC  $m$   
TRAFIC PASSAGERS DEUX SENS



VARIATION DE  $\epsilon$  AVEC  $m$

TRAFIC MOUVEMENTS





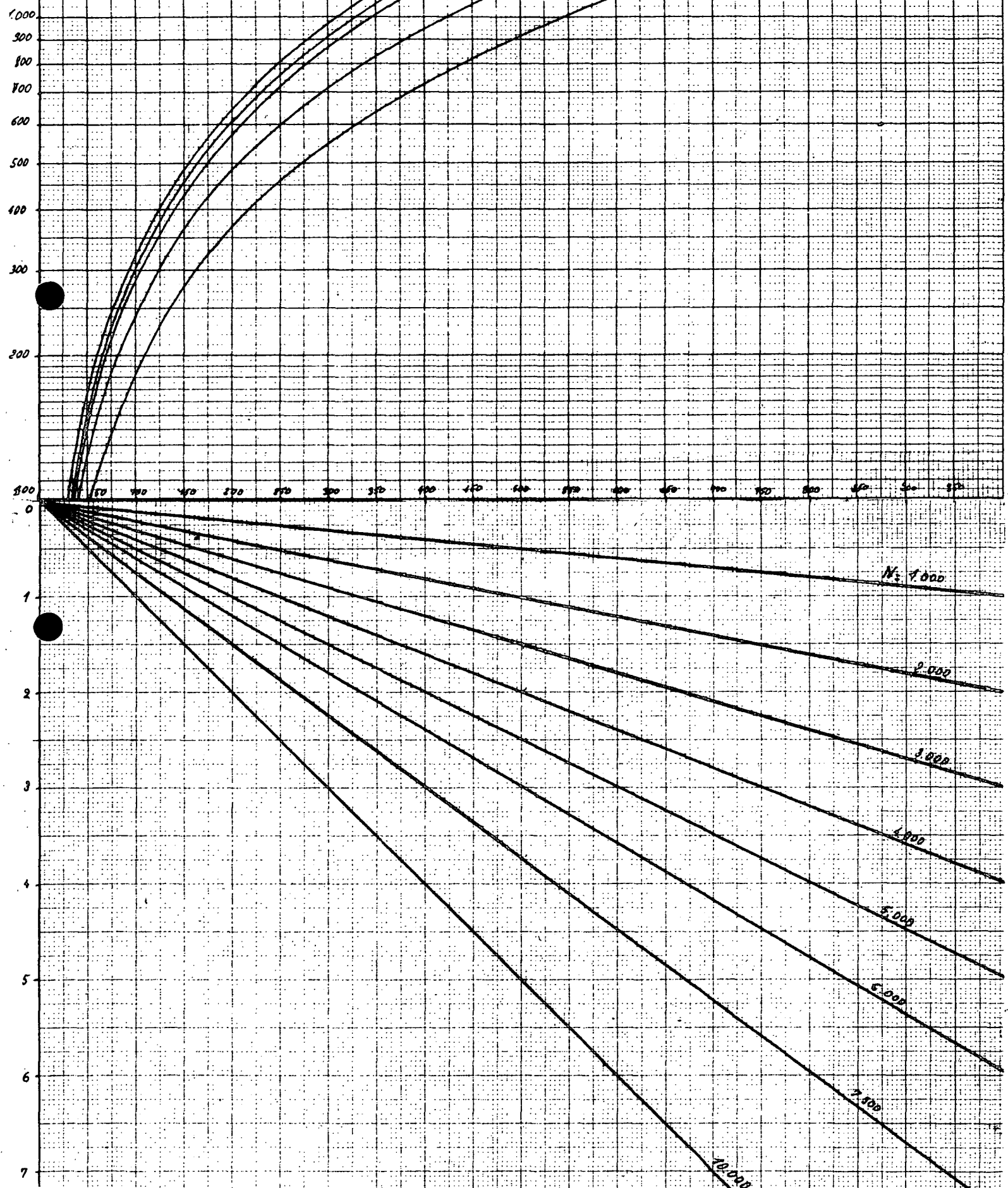
# METHODE SEEP

Annexe 10

D.08.20

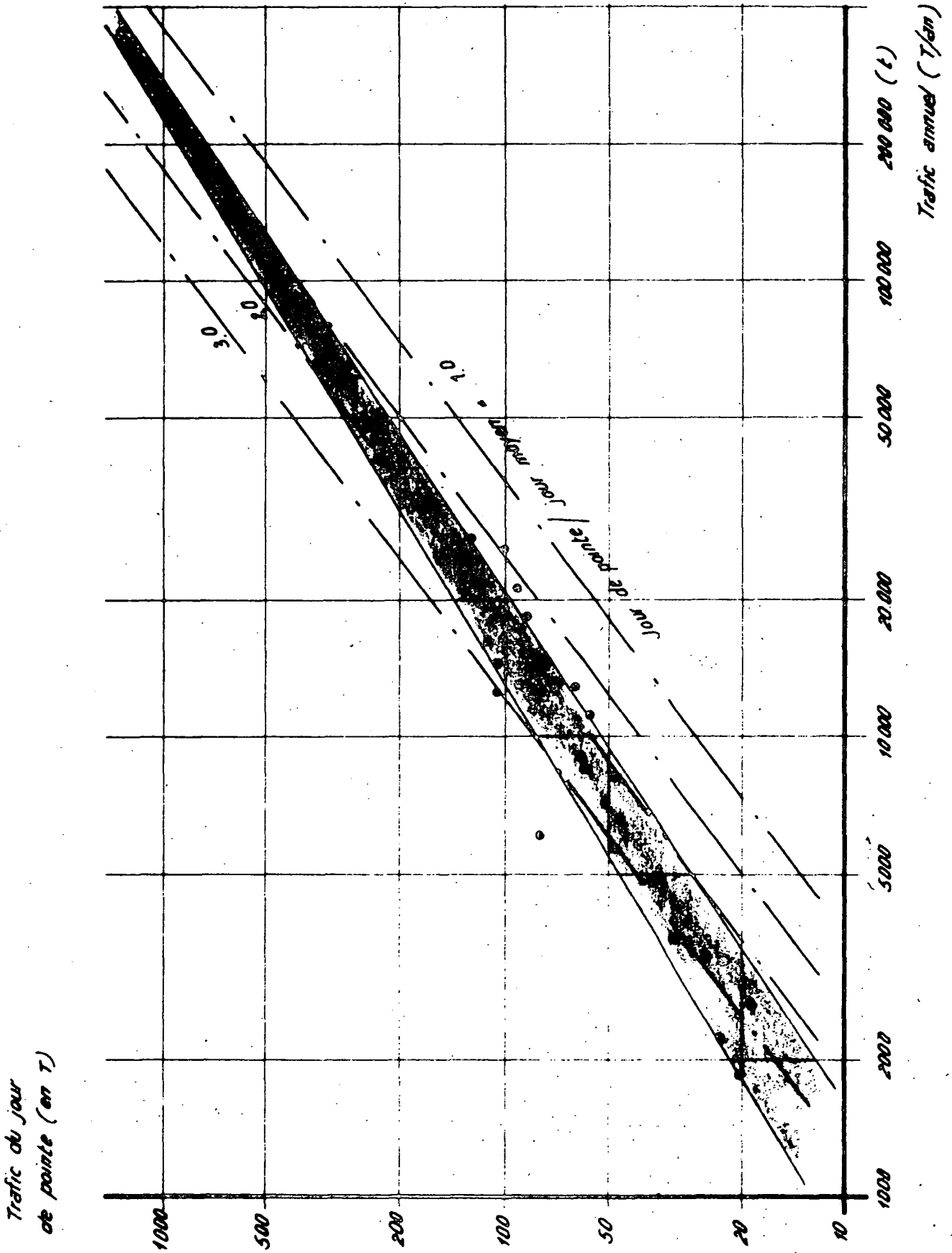
Calcul de l'AR Commissaire M et c

$C = 0.80 \quad N = 2000$   
 $C = 0.95 \quad N = 1500$   
 $C = 0.60 \quad N = 8000$   
 $C = 0.45 \quad N = 6000$   
 $C = 0.30 \quad N = 6000$





**POINTES DE TRAFIC JOURNALIER DE FRET  
SUR DIVERS AÉROPORTS COMMERCIAUX**



E - DONNEES RELATIVES AUX USAGERS ET AUX COLLECTIVITES

-oOo-

EI - TERMES A PRENDRE EN COMPTE DANS LE CALCUL DU COUT GENERALISE

Le coût généralisé s'écrit :

$$C = p + h (t_0 + a_1 t_1 + a_2 t_2 + a_3 t_3)$$

où :

- p = prix du transport
- h = valeur accordée au temps par les usagers
- t<sub>0</sub> = temps du trajet gare à gare
- t<sub>1</sub> = durée des trajets terminaux
- t<sub>2</sub> = durée des escales ou des correspondances
- t<sub>3</sub> = écart moyen entre l'heure de départ souhaitée et l'heure effective

On prendra t<sub>3</sub> (en heures) =  $\frac{I f}{2 f}$       I f étant le nombre de fréquences par jour de semaine

Les paramètres a<sub>1</sub>; a<sub>2</sub> traduisent le coût psychologique supplémentaire accordé par les usagers au temps perdu sur les trajets terminaux, les escales ou les correspondances.

Le paramètre a<sub>3</sub> traduit le désagrément de ne pas avoir un départ à l'heure souhaitée.

On retiendra pour ces paramètres les valeurs suivantes :

- a<sub>1</sub> = I
- a<sub>2</sub> = I,25 pour une escale  
= I,50 pour une correspondance
- a<sub>3</sub> = 0,1 pour les liaisons intérieures  
= 0 pour les liaisons internationales

IO - Valeur moyenne du temps

La valeur moyenne du temps est un paramètre assez important dans le calcul du surplus des usagers. Malheureusement, cette valeur est encore très mal connue et on en est réduit ci-après à proposer des valeurs qui semblent raisonnables mais qu'il serait difficile de vouloir justifier rigoureusement. Elles constituent cependant un premier point de départ.

IOO - Liaisons intérieures :

Le modèle économétrique mis au point à la Direction des Transports Aériens pour les prévisions de la demande peut fournir les valeurs moyennes du temps des usagers de l'avion.

.../...

Le graphique n° 1 indique en fonction de la distance air entre deux aéroports, la valeur moyenne que les usagers accordent au temps suivant le type d'appareil : jet ou avion à hélices, et suivant le type de la clientèle : Air-Inter ou 3ème niveau.

Mais ces valeurs paraissent un peu trop fortes et on s'est aperçu que d'autres modèles économétriques prévisionnels conduisent à des valeurs assez différentes. Ceci s'explique par le fait que la valeur moyenne du temps obtenue à l'aide d'ajustements tient implicitement compte d'autres paramètres différents selon les modèles utilisés. Aussi est-il gênant d'utiliser les valeurs moyennes du temps résultant de nos modèles lorsqu'il s'agit de calcul de rentabilité.

Nous proposons donc la solution suivante :

La valeur moyenne du temps sur une liaison donnée sera égale au  $\frac{4}{3}$  de la valeur limite du temps sur cette liaison. La valeur limite du temps étant égale à :

$$VP = \frac{PA-PF}{TA-TF}$$

PA, PF, TA, TF = prix et temps de transport totaux par air et par fer.

Pour toutes les liaisons intérieures l'avion est concurrencé par le chemin de fer et il sera aisé d'obtenir ces valeurs.

#### IOI - Liaisons intra-européennes.

Lorsque la concurrence des moyens de surface existe, on prendra comme dans le cas des liaisons intérieures  $\frac{4}{3}$  Vd. Cependant, si cette dernière valeur est inférieure à 25 F ou s'il n'y a pas de moyens concurrents, on prendra 25 F.

F - DONNEES RELATIVES AUX TRANSPORTEURS

-oOo-

F - 1 - AFFECTATION D'UN AVION SUR UNE LIAISON DONNEE

CARACTERISTIQUES AVIONS

Un avion est choisi en fonction de ses performances, de la demande à satisfaire ainsi que des caractéristiques des installations au sol.

A la fin de cette annexe nous présentons un tableau donnant pour divers appareils leur vitesse de croisière et une fourchette représentant leur nombre de sièges offerts.

10 - Temps bloc

On appelle temps bloc le temps d'étape cale à cale depuis la mise en route jusqu'à l'arrêt. Il comprend donc les temps de roulage au sol, d'alignement et de décollage, de montée, de croisière, de descente, d'atterrissage et de retour au parking.

Le tableau ci-après donne les formules permettant de calculer le temps bloc pour certains appareils, connaissant la distance orthodromique, dans le cas du trafic intérieur.

- Tc est le temps bloc en heures et centièmes

- D est la distance orthodromique en km

Type d'appareil	Partie fixe	Partie variable/km
- Mercure	0,447	0,001196
- A.300.B		
- B. 727 200	0,450	0,001161
- B. 707		
- Caravelle	0,392	0,00135
- Viscount	0,531	0,002093
- Fokker. 27.500	0,350	0,00226
- Fokker 28	0,290	0,00124
- VFW 614	0,360	0,00142
- Falcon 30	0,350	0,00123
- Nord 262	0,350	0,00252
- Yak 40	0,360	0,00193
- Twin Otter	0,350	0,00310
- Beech 99	0,380	0,00254

.../...

Les graphiques 1 à 3 donnent le temps de vol en fonction de la distance pour d'autres types d'appareils pour des liaisons moyen et court courriers.

Lorsqu'on ne voudra faire aucune hypothèse sur le type d'appareil, on prendra la formule générale suivante :

$$\text{Temps bloc} = 1,045 \frac{D}{V} + 0,33. \text{ (heures et centièmes)}$$

V : Vitesse de croisière

#### 11 - Affectation de l'avion en fonction du trafic.

Le trafic annuel à attendre connu, le tableau 1 donne le type d'avion à retenir en fonction du coefficient de remplissage souhaité dans le cas d'une fréquence par jour ouvrable, soit de six allers-retours par semaine.

On considère qu'il est souhaitable d'avoir au moins six services aller-retour par semaine sur les lignes intérieures et trois services aller-retour sur les liaisons internationales.

#### 12 - Coefficients de remplissage moyen.

On adoptera en première approximation les valeurs suivantes :

- 0,65 sur les autres liaisons intérieures non 3ème niveau
- 0,50 sur l'Atlantique Nord
- 0,55 sur les autres liaisons
- 0,70 sur les liaisons intérieures 3ème niveau
- 0,90 pour les charters

Ces coefficients sont commercialement acceptables et ils permettent de tenir compte des aléas du trafic.



TABLEAU 1

NOMBRE DE PASSAGERS ANNUEL PAR TYPE D'AVION  
 POUR UNE FREQUENCE QUOTIDIENNE  
 (6 fréquences par semaine)

-oOo-

Type d'Avions	Avion de 5 places	Avion de 10 places	Avion de 15 places	Avion de 20 places	Nord-262 29 places	Fokker-27 52 places	Viscount 60 places	Caravelle III 99 places	Mercure 150 places	Airbus 300-B-1 274 places
Nombre de places offer- tes par an	3 120	6 240	9 360	12 480	18 096	32 448	37 440	61 776	93 500	170 976
Nombre de pas- sagers pour un coefficient de remplissage de :										
0,50	1 560	3 120	4 680	6 240	9 048	16 224	18 720	30 888	46 800	85 488
0,55	1 716	3 432	5 148	6 864	9 953	17 846	20 592	33 977	51 500	94 036
0,60	1 872	3 744	5 616	7 488	10 858	19 468	22 464	37 066	56 200	102 586
0,65	2 028	4 056	6 084	8 112	11 762	21 091	24 336	40 154	61 000	111 134
0,70	2 184	4 368	6 552	8 736	12 667	22 714	26 208	43 243	65 500	119 683

TABLEAU 2

LIAISONS INTERNATIONALES  
 NOMBRE DE PASSAGERS TRANSPORTES PAR AN PAR TYPE D'AVION  
 POUR SIX FREQUENCES PAR SEMAINE.

-oOo-

Type d'Avions	Caravelle III 88 places	Mercure 139 places	B-727-200 149 places	Boeing-707 155 places	Douglas DC-8 165 places	Airbus 300-B-1 274 places	Boeing-747 350 places
Nombre de places offertes par an	55 000	86 500	93 000	97 000	103 000	171 000	218 400
Nombre de passagers pour un coefficient de remplissage de :							
0,50	27 500	43 300	46 500	48 500	51 500	85 500	109 200
0,55	30 300	47 700	51 200	53 400	56 700	94 100	120 100
0,60	33 000	52 000	55 800	58 200	61 800	102 600	131 000
0,65	35 800	56 400	60 500	63 000	67 000	111 200	142 000

## TABLEAU DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

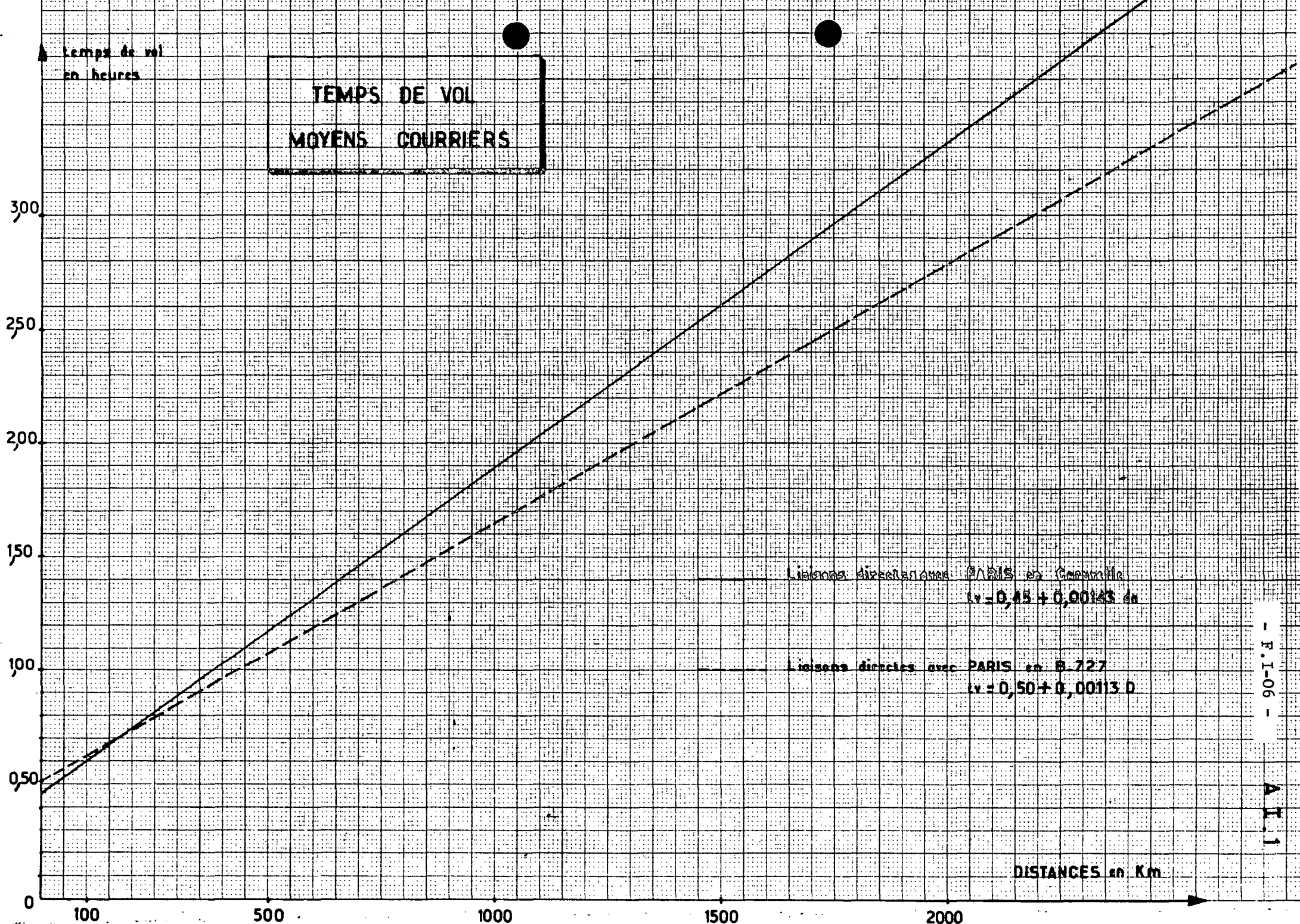
-oOo-

Type d'Appareil	Vitesse de croisière en km/h	Capacité
Concorde	2 040	112 à 122
Boeing 747	980	350 à 490
DC-10	970	270 à 345
Boeing 707	970	145 à 189
DC-8	900	122 à 134
Airbus 300 B-2	935	250 à 330
B.727-200	965	131 à 189
Mercure	930	134 à 150
DC-9	890	80 à 115
Caravelle III	805	86 à 99
Viscount	500	50 à 60
F.27	470	40 à 56
Nord-262	410	26 à 29
Beech Queen Air		13 à 15
Twin Otter		19
Falcon 30		29 à 38
Beech Queen Air *		
F 28		65
VFW 614		40

\* en projet

Temps de vol  
en heures

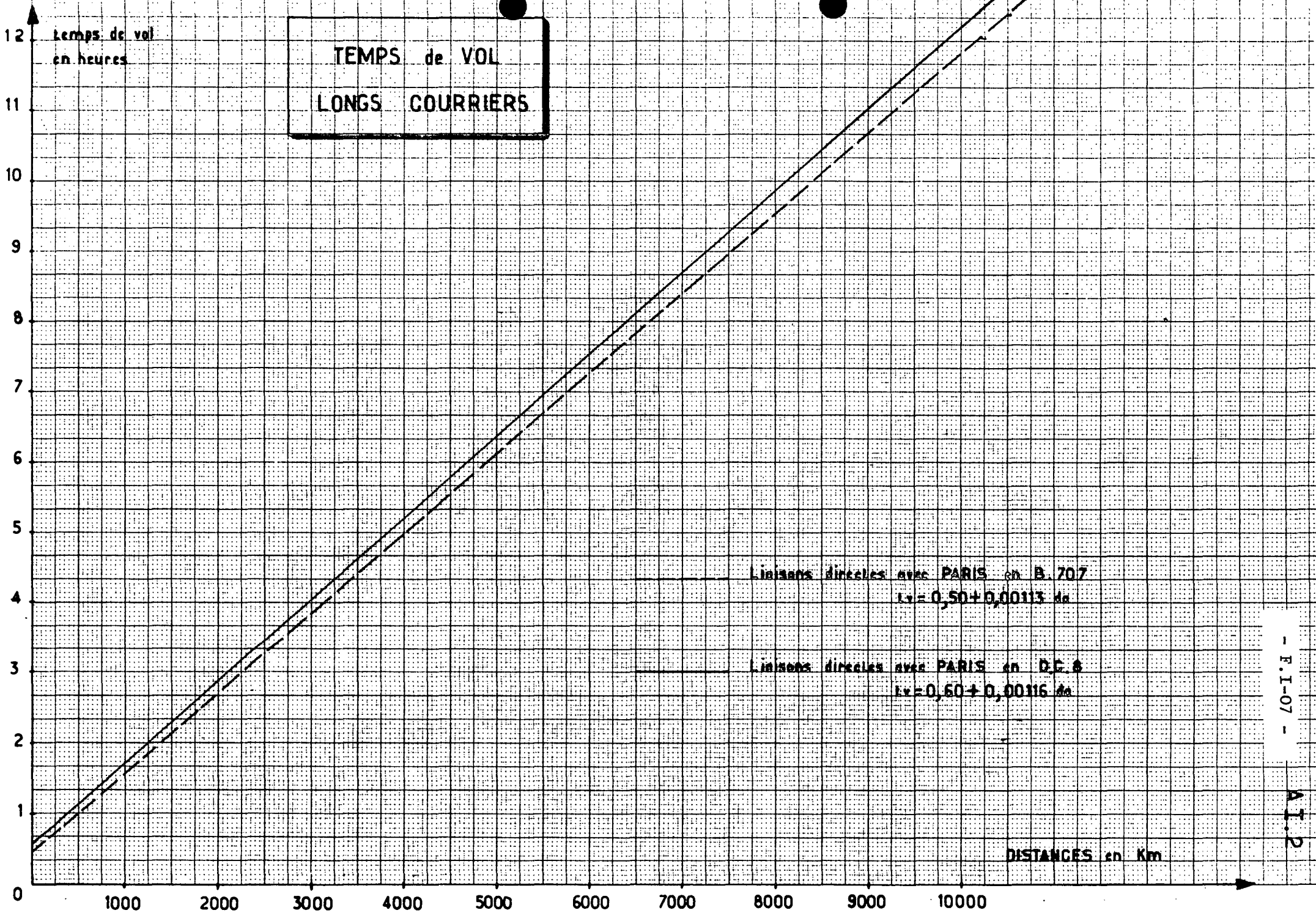
TEMPS DE VOL  
MOYENS COURRIERS



Liaisons directes avec PARIS en B.727  
 $t_v = 0,45 + 0,00143 d$

Liaisons directes avec PARIS en B.727  
 $t_v = 0,50 + 0,0013 d$

DISTANCES en Km



TEMPS DE VOL  
TRAFIC INTÉRIEUR

Temps  
en  
heures

- MERCURE  $t(h) = 0,45 + 0,00121 D$
- CARAVELLE  $t(h) = 0,45 + 0,00143 D$
- FOKKER 27  $t(h) = 0,33 + 0,00246 D$
- NORD 262  $t(h) = 0,25 + 0,00300 D$  (Compagnies régionales)

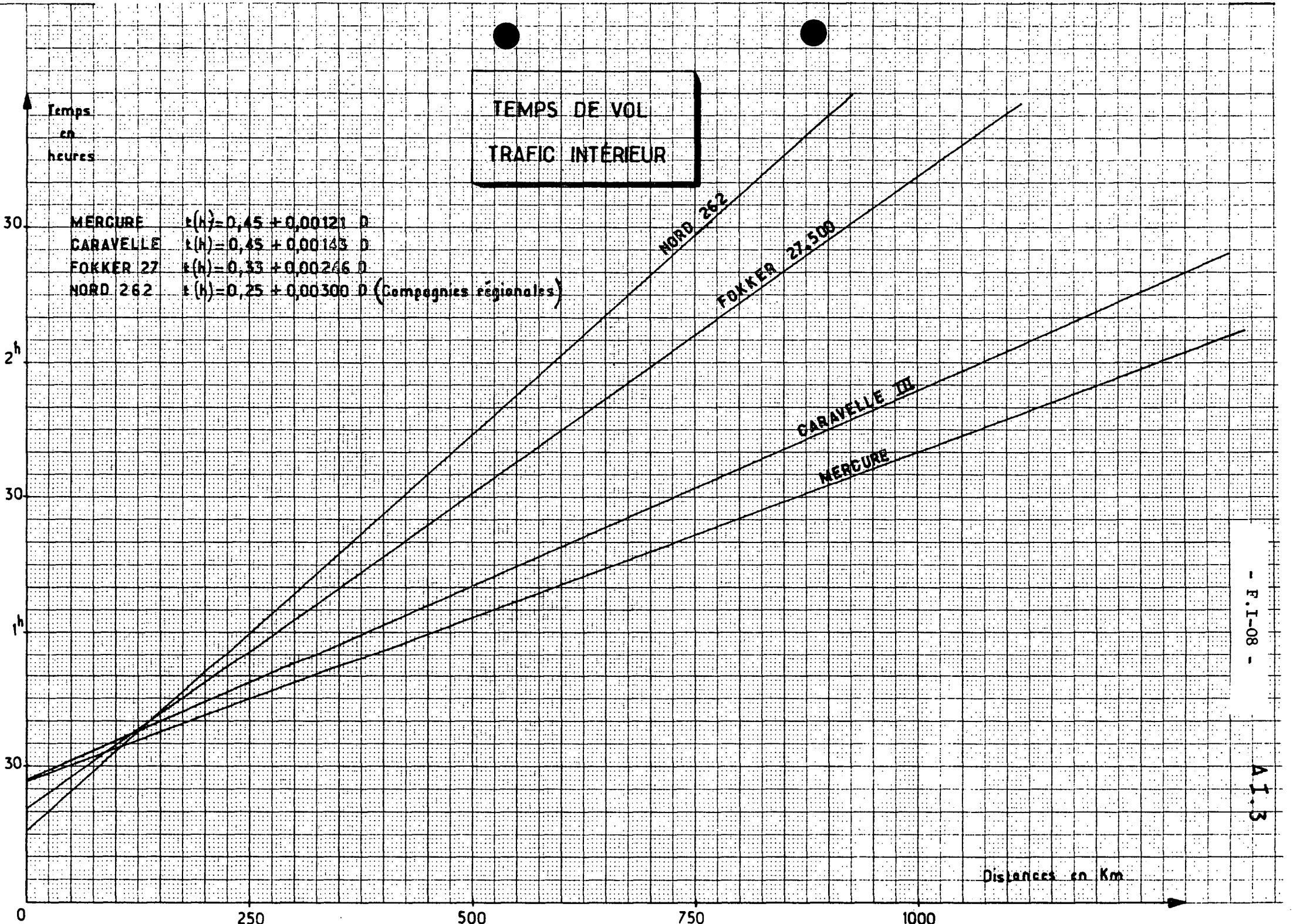
NORD 262

FOKKER 27,500

CARAVELLE III

MERCURE

Distances en Km



F - 2 - CALCUL DES DIFFERENTS COUTS

Il existe différentes méthodes permettant de calculer les coûts.

Après avoir défini dans une première partie les différents postes entrant dans le calcul des coûts, nous présenterons ensuite deux méthodes de calcul qui diffèrent suivant l'objectif poursuivi.

° ° °

20 - Définition des différents postes.

200 - Amortissement et frais financiers

200.1 - Prix d'achat de l'appareil en francs ou éventuellement frais de location annuels

200.2 - Durée d'amortissement qui varie suivant le type d'appareil envisagé : turbopropulseur ou réacteur et valeur d'amortissement annuel.

200.3 - Frais financiers annuels (taux d'intérêt)

200.4 - Amortissement et frais financiers des rechanges

201 - Assurances

Il s'agit de l'assurance du matériel volant et des bagages car, en ce qui concerne les passagers, il faut se reporter aux termes de la Convention de VARSOVIE qui fixe le taux d'indemnisation pour un accident corporel ou un décès.

Ces frais d'assurances seront donnés annuellement par appareil.

203 - Entretien et révision

Ces frais seront exprimés en francs par heure de vol.

204 - Equipages

Ces frais en francs par heure de vol rassemblent à la fois les charges salariales du personnel navigant technique et commercial et les frais de préparation des vols avec éventuellement l'hébergement et le transport en escale.

205 - Frais de formation du personnel navigant

Ce poste comprend les frais de formation et d'entraînement des équipages rapportés à une année.

206 - Combustible

Ce sont les frais réels de combustible sur une étape donnée et qui par suite sont proportionnels à l'heure de vol.

.../...



207 - Taxes d'aéroport

Elles varient d'un aéroport à l'autre et seront exprimées à l'étape

208 - Frais de touchées

Ils seront eux aussi exprimés par étape.

209 - Frais généraux

Ils sont difficiles à imputer à une étape particulière ou un appareil particulier.

Ils seront donc exprimés pour une année.

210 - Frais directement proportionnels aux billets vendus

Ce sont les frais de réservations, commissions d'agences, etc... On les comptabilise avec la T. V. A. et les réductions diverses et l'on ne comptabilise que la recette nette, c'est-à-dire, après réduction de l'ensemble de ces éléments. On détermine ainsi un coefficient de recette nette -voir Annexe.

21 - Calcul des coûts

Il existe plusieurs méthodes permettant de calculer le coût d'un avion par service. Elles diffèrent suivant l'objectif que l'on poursuit, à savoir :

- comparaison des coûts de deux appareils différents sur une même étape,
- comparaison des coûts d'un même appareil sur deux étapes différentes.

Nous allons exposer ici deux méthodes qui pourraient se rattacher aux objectifs définis précédemment.

21 - Méthode orientée vers la comparaison des coûts d'un même appareil sur deux étapes différentes

Nous indiquons les principaux postes afférents aux divers coûts et la valeur relative de ces derniers.

- Coûts d'exploitation

- |                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Coûts directs de vol                | - entretien grande visite |
|                                     | - contrôles               |
|                                     | - combustibles            |
|                                     | - frais d'équipage        |
|                                     | - commissariat            |
| - coûts directs<br>entre 55 et 70 % |                           |
| Coûts directs d'étape               | - touchées                |
|                                     | - taxes d'aéroport        |
|                                     | - frais d'équipage        |
|                                     | - amortissements          |
| - coûts avions<br>entre 15 et 25 %  | - frais financiers        |
|                                     | - formation P. N.         |
|                                     | - assurances              |

.../...

- Coûts indirects ou frais de structure

- entre 5 et 20 %

- frais généraux
- frais commerciaux
- réservations
- opérations
- commissariat (hostellerie)

- Les coûts directs de vol comprennent les dépenses qui sont directement proportionnelles au temps de vol, aussi calculera-t-on les coûts directs par heure de vol, la valeur totale du temps de vol étant égale au temps bloc dont on a rappelé la définition en A.OI (temps bloc)

- Les coûts directs d'étape ne dépendent pas du temps de vol. Ils ne sont fonction que du type d'appareil et de la liaison exploitée.

- Les coûts avions ne sont pas directement liés à l'utilisation des avions et leur taux à l'heure de vol est inversement proportionnel à leur activité. On aurait pu définir cette activité par le temps bloc, cependant, un avion qui effectue une liaison doit être disponible pendant un temps de préparation de demi-tour et de remise à disposition pour une nouvelle rotation. Ce temps est par définition l'heure affectée.

- Les frais de structure enfin qui sont fonction de l'activité générale de la compagnie seront répartis au prorata des autres dépenses.

22 - Méthode orientée vers la comparaison de deux appareils sur une étape donnée

On rassemble l'ensemble des postes qui sont directement imputables à un appareil donné ; ces coûts sont appelés D. O. C., les autres coûts restants étant appelés I. O. C.

Les D. O. C. comprennent :

- amortissement de l'avion sans compter les frais financiers
- assurance
- personnel navigant technique
- entretien
- carburant

Les I. O. C. comprennent :

- frais d'étape (touchées, taxes d'aéroport, commissariat)
- personnel navigant commercial
- frais généraux

.../...

23 - Valeur des différents coûts

220 - Liaisons internationales

Le graphique n° 4 donne le coût de l'étape en fonction du nombre d'heures de vol.

Rappelons que l'on appelle "coût au siège kilomètre offert" le rapport suivant :

$$\frac{\text{Coût de l'étape}}{\text{distance (km) x nombre de places offertes}}$$

221 - Liaisons intérieures

Nous allons donner le prix de revient à l'heure de vol pour différents appareils exploités sur les lignes intérieures.

Nous considérons les mêmes postes que ceux décrits au § A.02 (temps bloc), mais dans le cadre de la présente annexe, il a paru inutile d'en donner le décompte exact, aussi a-t-on tout ramené au temps bloc.

Il s'agit des coûts horaires 1970 dans le cas d'une étape de 500 km et pour retrouver le prix d'un service sur une étape donnée, il suffira donc de multiplier les coûts horaires ci-après par le temps bloc calculé d'après les instructions de l'annexe A.01. Il s'agit d'ordre de grandeur. Ils supposent une utilisation annuelle de l'appareil normale

Airbus.....	(20 000)
Mercure.....	(10 000)
Caravelle.....	7 500
Fokker 27.....	3 500
Viscount.....	3 750
Nord 262.....	2 000
Falcon 30.....	3 500
Yak 40.....	3 000
Beech 99.....	1 250

222 - Coûts marginaux

Il est difficile de prévoir toutes les modifications marginales qui peuvent apparaître. Bien souvent, la modification se traduira par une variation du temps de vol.

S'il s'agit d'une variation occasionnelle -par exemple déroutement ou attente en vol- le coût marginal ne sera calculé qu'en prenant en compte les coûts directs de vol.

Si t est la variation du temps de vol et "cdv" les coûts directs de vol horaires de l'appareil considéré, la variation de coût C engendrée par cette modification du temps de vol sera :

$$C = K . C.D.V. . t$$

C, t, variation de coût et de temps  
CDV coût direct de vol par heure  
K constante varie selon le cas

Le tableau ci-dessous donne la valeur de K

- rallongement du vol en croisière..... I
- attente en vol..... 0,85
- attente au sol..... 0,60

Le coût de la mise en place à vide sera pris égal à 65 % du coût total de l'étape correspondante

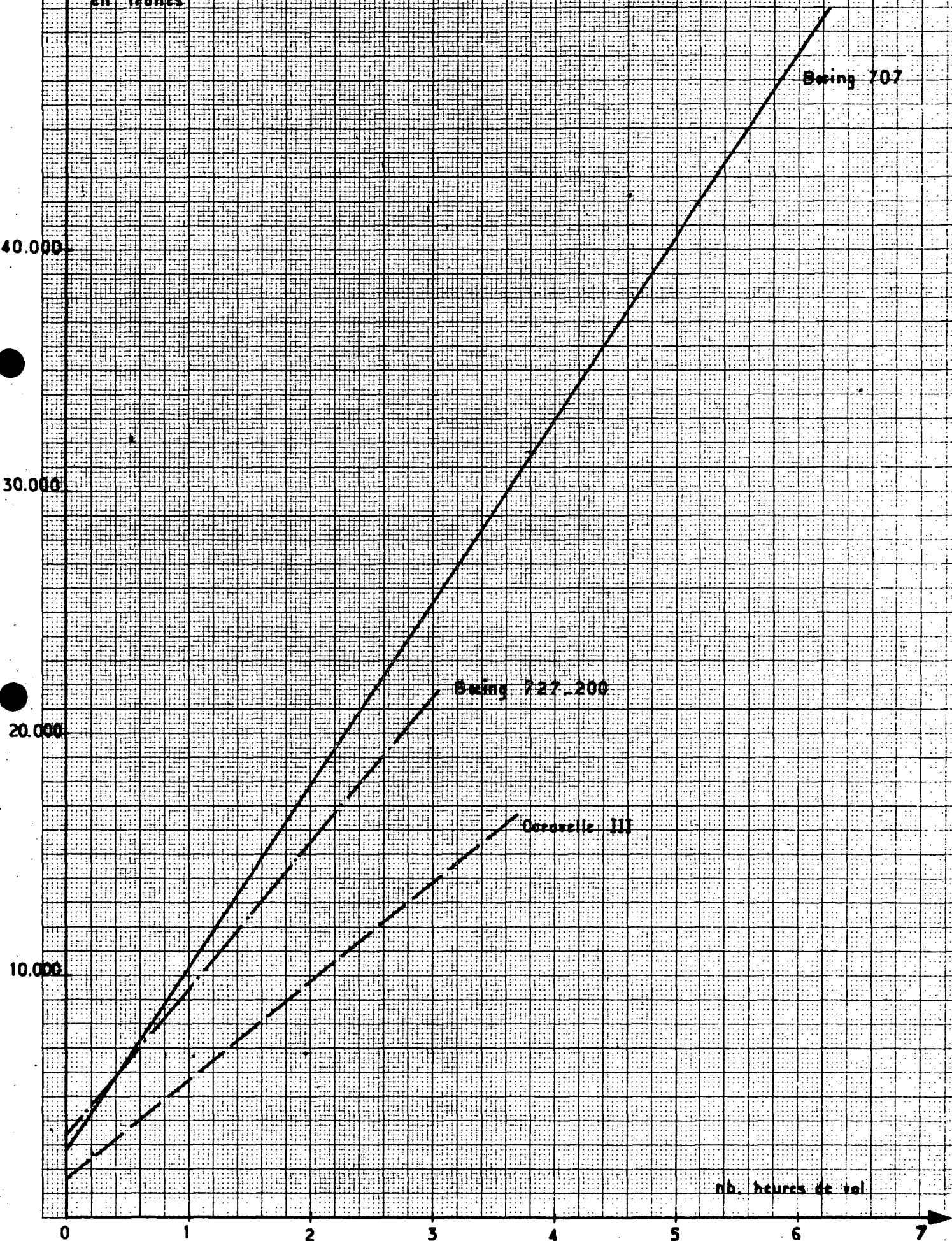
223 - Evolution dans le temps des prix de service

On peut considérer que les prix des services resteront identiques en francs constants jusqu'en 1975. Au delà, on peut espérer une baisse de I % par an en francs constants.

.../...

# LIAISONS INTERNATIONALES

Coût de l'étape  
en francs



nb. heures de vol

Coûts à l'heure de vol  
en francs

20.000

15.000

10.000

5.000

BOEING 707

BOEING 727-200

CARAVELLE III

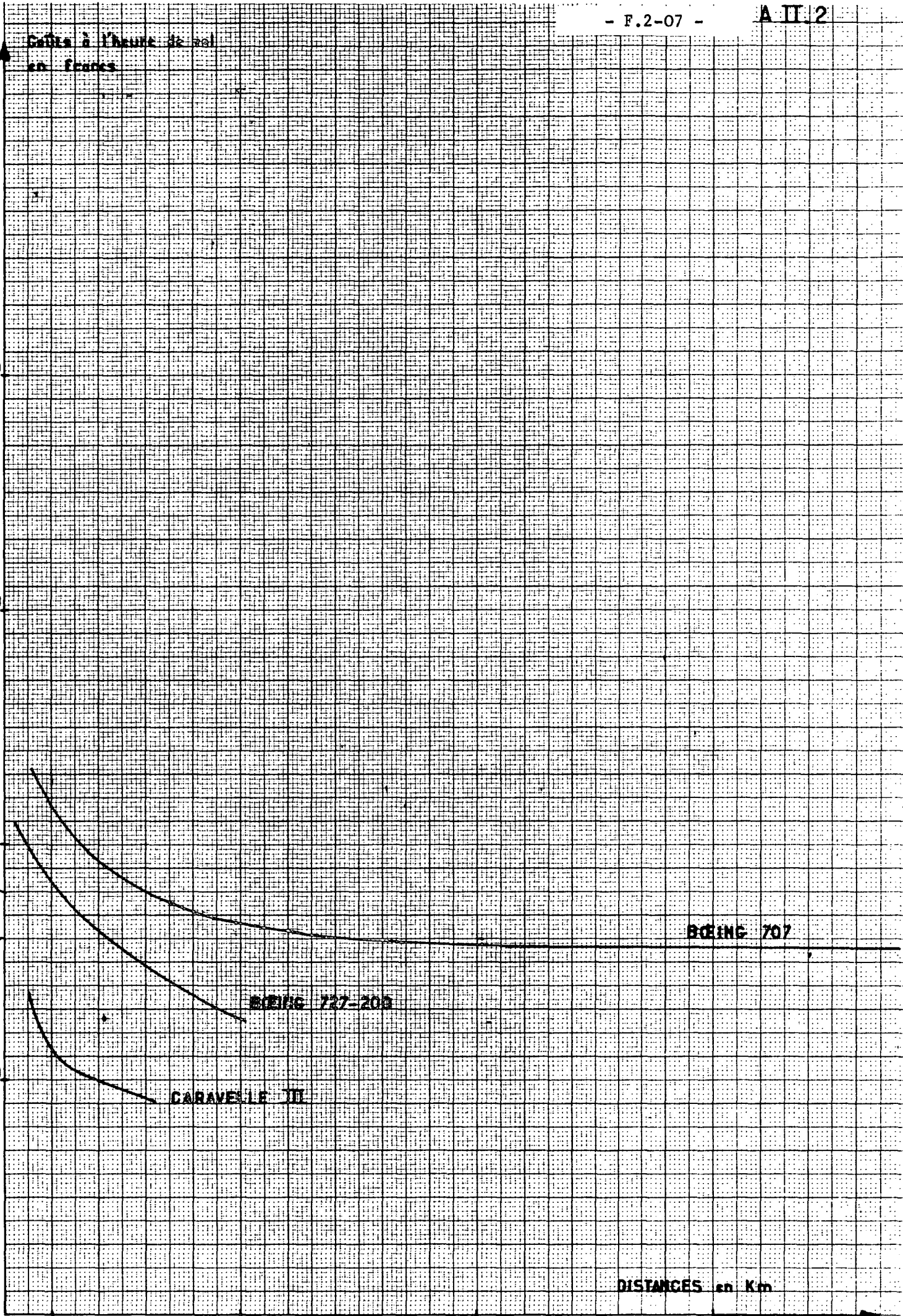
DISTANCES en Km

0 500

2500

5000

7500



F-3 - CALCUL DES RECETTES : TARIFS ET EVOLUTION

30 - Pourcentage de recette nette.

La recette est égale au produit du nombre de passagers par la recette nette par passager.

La recette nette est la part du tarif effectivement perçue par la compagnie. On définit un coefficient de recette nette :

$$\frac{\text{Tarif} - (\text{T. V. A.} + \text{commissions d'agences}) + \text{réductions diverses}}{\text{Tarif}}$$

Avec T. V. A. = 15 % sur l'intérieur - 0 sur l'international  
Commissions d'agences = 7 %  
Réductions = 5 à 6 % sur l'intérieur - très variable sur les lignes internationales.

Pour le trafic intérieur on prendra la valeur moyenne admissible de 72 %. A moins que sur telle ligne particulière on possède des renseignements plus précis.

31 - Tarifs et évolution du mode air.

Les graphiques 1 à 3 donnent en fonction de la distance les tarifs par le mode avion.

Par la suite, on prendra une baisse de 1 % en francs constants pour les lignes intérieures. Sur les liaisons internationales, la baisse en francs constants sera prise entre 1 et 3 %.

32 - Tarifs et évolution du mode chemin de fer. (1ère classe)

Le tarif est donné par la formule suivante :

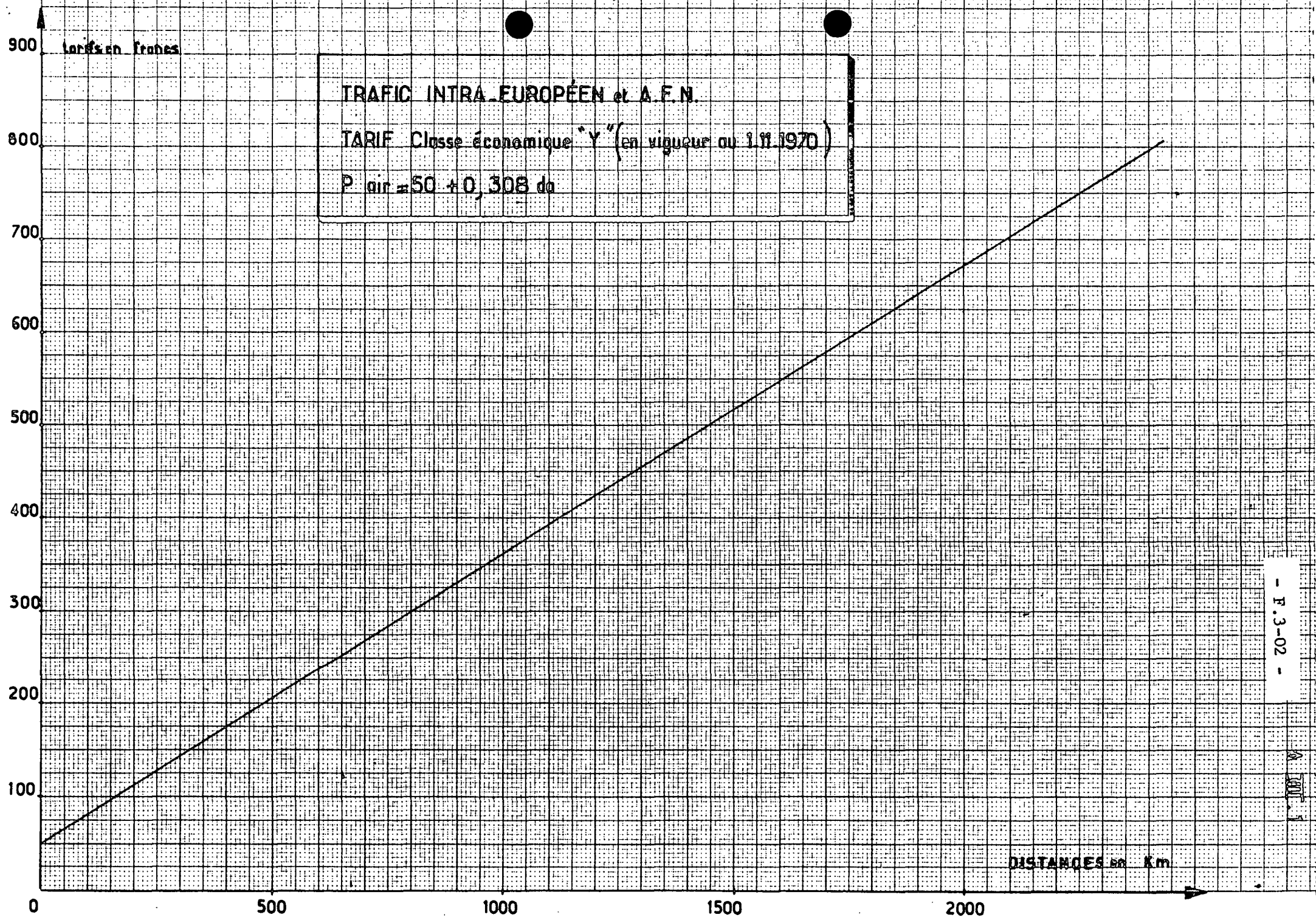
$$2,25 + 0,1725 \cdot d \text{ (km)} - \text{prix en francs 1970}$$

On considérera que les tarifs restent identiques en francs constants.

33 - Citons pour mémoire les recettes résultant du trafic fret et du trafic postal.

Dans chaque cas particulier on s'adressera à la compagnie.





Tarifs en Francs

TRAFIC INTRA-EUROPEEN et A.F.N.  
TARIF Classe économique "Y" (en vigueur au 1.11.1970)  
 $P_{air} = 50 + 0,308 da$

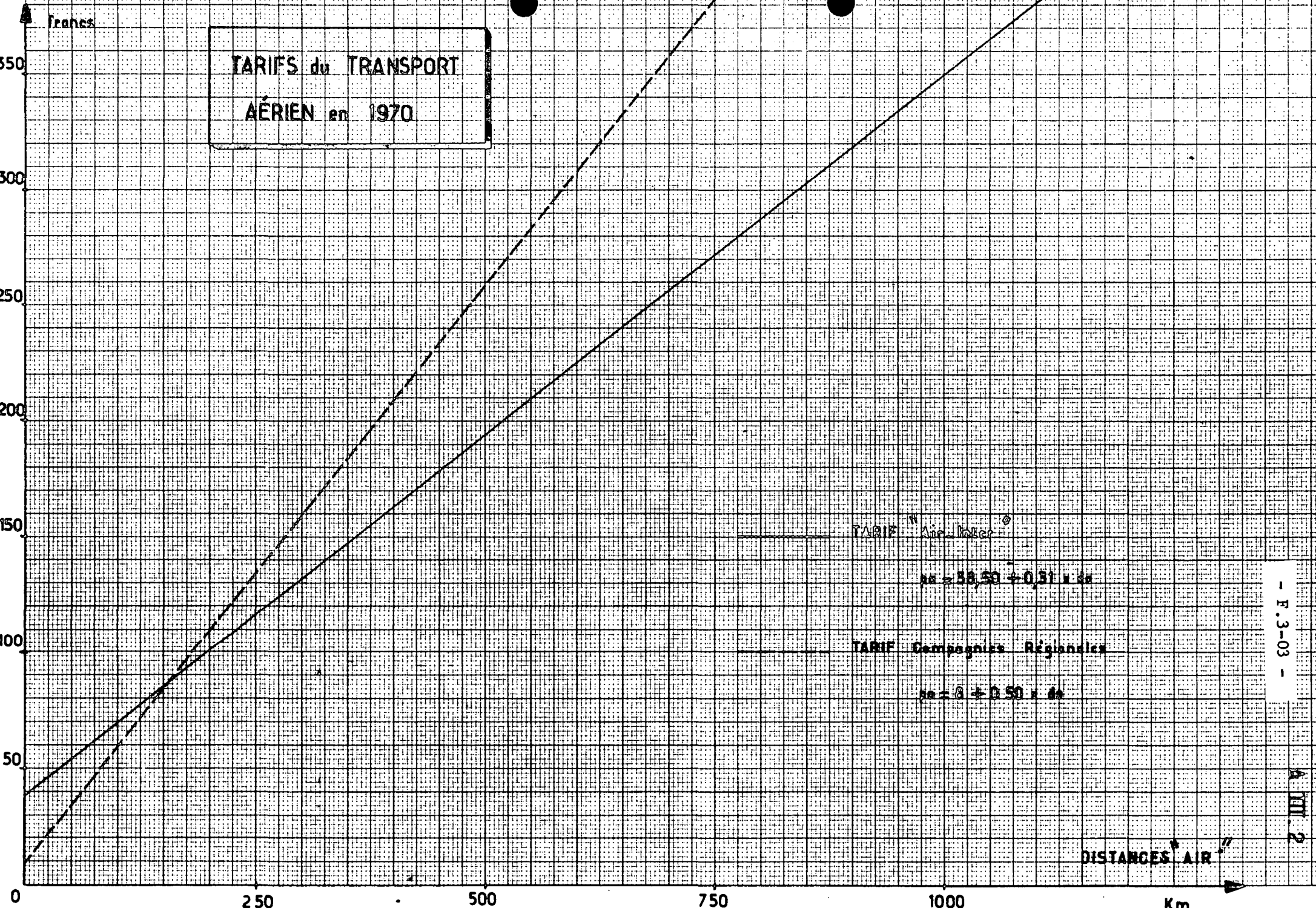
DISTANCES en Km

- F.3-02 -

A 100 1

0 500 1000 1500 2000

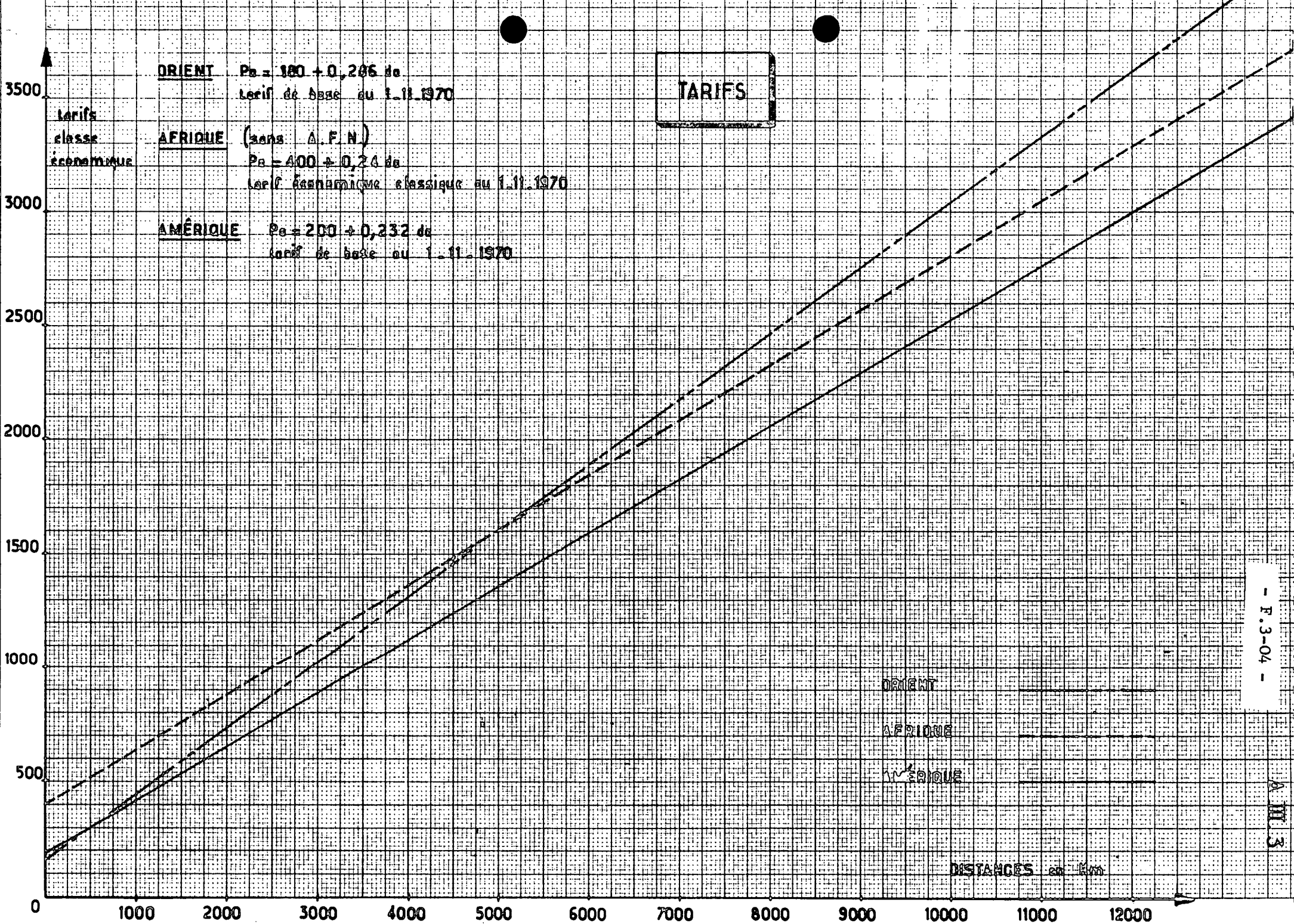
**TARIFS du TRANSPORT  
AÉRIEN en 1970**



TARIF Air Intercontinental  
 $ya = 38,50 + 0,31 \times da$

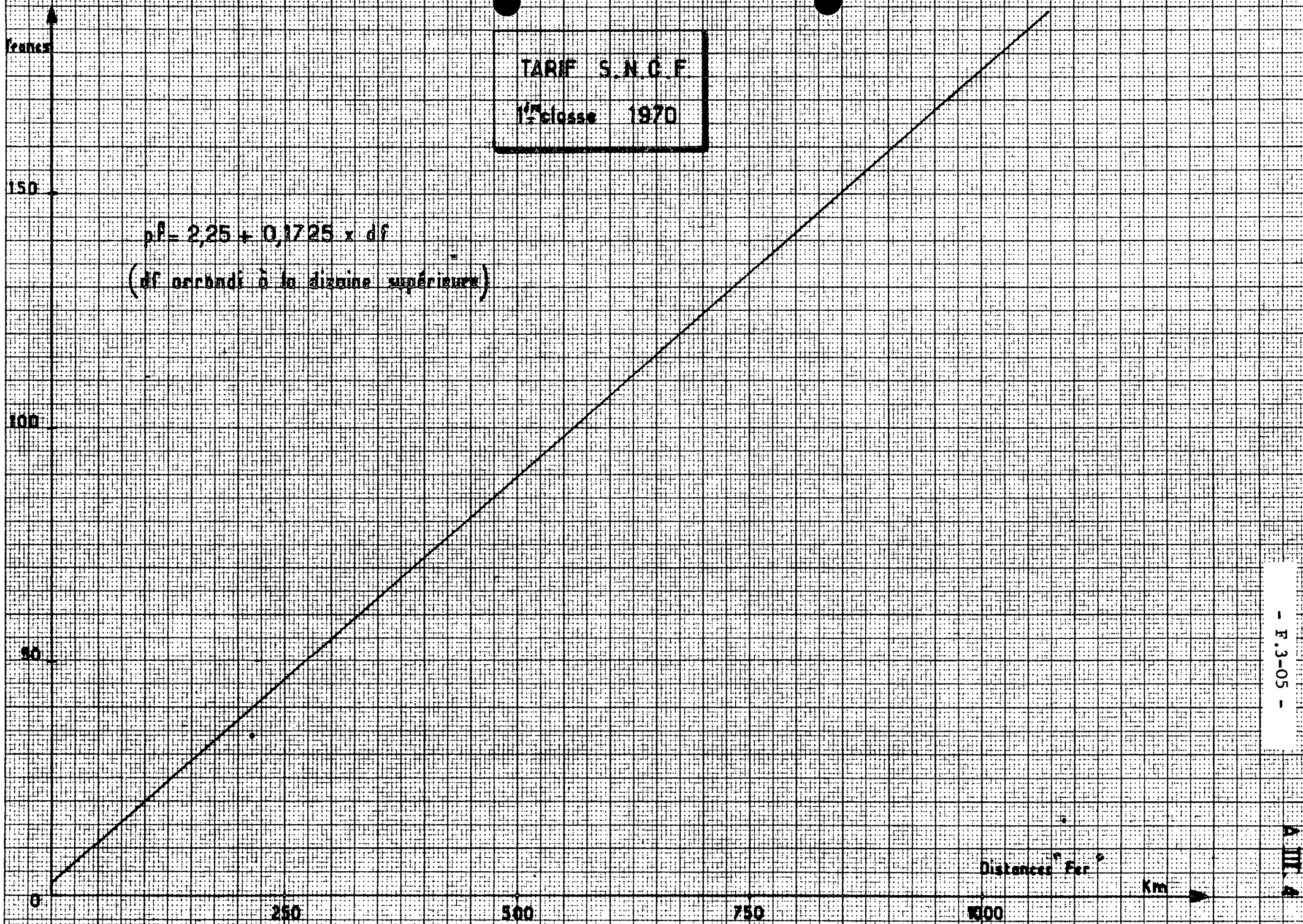
TARIF Compagnies Régionales  
 $ya = 0 + 0,50 \times da$

- F.3-03 -  
A III 2



- F.3-04 -  
 A III 3





TARIF S.N.C.F.  
1<sup>re</sup> classe 1970

$$pf = 2,25 + 0,1725 \times df$$

(df arrondi à la dizaine supérieure)

- F.3-05 -

A III 4

H - PRESENTATION DE CAS SIMPLES

-oOo-

## H - I - PASSAGE DE L'ILS PHASE I A L'ILS PHASE II OU IIIA

En pratique, par rapport à cette méthode générale, on est amené à opérer certaines simplifications dont l'opportunité doit être examinée dans chaque cas particulier.

### II - Analyse des coûts de l'opération

- coût de l'équipement au sol et de son installation sur l'aérodrome
- coût de maintenance supplémentaire dû au nouvel équipement
- coût de fonctionnement supplémentaire des services de contrôle de la circulation aérienne en fonction du trafic à écouler
- coût de l'équipement supplémentaire nécessaire sur les aéronefs et coûts de formation du personnel navigant technique
- pour mémoire : valeur de récupération éventuelle de l'équipement déposé

### I2 - Analyse des avantages apportés par l'opération

De manière globale, les avantages résident dans la diminution du nombre de cas où l'atterrissage est impossible pour cause de mauvaise visibilité. On peut également signaler que lorsque l'on se trouve dans des conditions météo correspondant aux minima pour l'ILS phase I, l'atterrissage sera notablement facilité si l'on dispose d'un équipement ILS phase II ou III ; mais le gain étant pratiquement impossible à évaluer, on examinera seulement le premier point.

I2I - Analyse des statistiques météorologiques permettant de déterminer par comparaison avec les prévisions de trafic, le nombre d'appareils de chaque type pour lesquels la régularité sera désormais assurée.

I22 - Estimation, pour chaque ligne aérienne touchant l'aérodrome, de la clientèle potentielle qui, découragée d'utiliser l'avion pendant la mauvaise saison en raison des risques importants d'annulation, de retard ou de déroutement lorsque l'avion n'est équipé que pour la phase I, reviendra à l'avion en cas d'installation de la phase II ou III A.

### I23 - Avantages pour les compagnies exploitantes

- On calcule la proportion respective des retards (selon la durée des annulations et des déroutements des vols en cas de conditions météo insuffisantes sur l'aéroport considéré.

- Calcul du coût d'un retard sur un vol donné

. Coûts supplémentaires éventuels encourus lorsque le retard sur le vol considéré entraîne des retards ou annulations (donc pertes de recette) sur le vol retour et tous les autres vols assurés par le même avion.

. Coûts divers des services supplémentaires à fournir aux usagers (boissons, repas, hôtel, transport jusqu'à la gare, chemin de fer...)

- Calcul du coût d'une annulation

. perte du bénéfice (ou éventuellement gain du déficit) relative au vol.

. coût du vol à vide si le vol retour n'est pas annulé (+ perte de recette sur le vol retour si celui-ci est retardé)

. perte du bénéfice (ou gain du déficit) relative au vol retour si celui-ci est annulé

. coût des services supplémentaires fournis aux usagers si le vol était déclaré "retardé" avant d'être annulé (+ coût du transport des passagers jusqu'à la gare S. N. C. F. s'il y a lieu)

- Calcul du coût d'un déroutement

. coût direct supplémentaire d'exploitation

. coût annexes (repas, hébergement, transport...)

. redevances d'aéroport supplémentaires (p. m.)

. perte de recettes si il y a eu retard avant le départ du vol

- Calcul des conséquences de l'accroissement de la clientèle de "mauvaise saison" sur une ligne donnée (trafic induit)

. recettes supplémentaires diminuées :

des frais indirects supplémentaires (commissariat, vente...)

des coûts directs et indirects d'exploitation dans l'éventualité où il est nécessaire de mettre en service des avions complémentaires pour satisfaire la nouvelle demande.

I24 - Avantages pour les usagers du transport aérien

Clientèle induite :

On estime les pourcentages de cette nouvelle clientèle qui utilisait divers autres modes de transport ; pour un passager "induit" le gain est alors égal à la différence des coûts généralisés (prix du billet + temps de transport x valeur du temps) lorsqu'il passe de l'ancien mode à l'avion.

Pour les passagers induits qui, auparavant, renonçaient au voyage l'avantage acquis est difficile à évaluer ; (on peut supposer qu'il est au maximum égal au gain réalisé par un voyageur qui, auparavant, utilisait le train).

Clientèle qui prenait l'avion malgré les risques de mauvais temps (clientèle reportée)

Il convient d'évaluer les pénalisations que subissaient ces usagers avant la mise en service du système A. T. T.

- dans le cas d'un vol retardé :

. les usagers qui ont attendu le départ du vol ont perdu du temps, on chiffre cette perte en utilisant la notion de "valeur du temps"



. pour les voyageurs découragés qui ont pris le train, la pénalisation est égale à la différence des coûts généralisés (le coût généralisé du voyage en train doit inclure le temps d'attente initial à l'aéroport, le temps de liaison aéroport-gare, le temps d'attente à la gare)

. en ce qui concerne les usagers qui ont renoncé au voyage, on peut, pour simplifier, estimer leur perte à la même valeur que s'ils avaient pris le train

- dans le cas d'un vol annulé :

Ici encore, pour simplifier, on peut évaluer la pénalisation subie par la différence de coût généralisé avec la solution "train" (c'est un minimum)

- dans le cas d'un déroutement :

On chiffre, en monnaie, la perte de temps correspondante à l'aide de la "valeur du temps" des individus.

#### I25 - Conséquences pour les aéroports

Il s'agit de la différence entre les redevances supplémentaires perçues et le coût des atterrissages supplémentaires à assurer lorsque le système A. T. T. est en place. (Pour faire cette comparaison, on observera l'ensemble "Aéroport où est installé le système A. T. T. + aéroports de déroutements").

#### I26 - Conséquences pour d'autres membres de la collectivité nationale

. Pour la S. N. C. F. : perte d'un certain nombre de passagers qui vont maintenant prendre l'avion

. Pour l'économie régionale, et nationale, : avantages dus à la possibilité d'effectuer de meilleures liaisons entre régions ou pays pendant la mauvaise saison

. Autres (p. m.)

#### I3 - Bilan économique de l'opération

##### I3I - Calcul complet (I)

Calculer :

$$B = \sum_i A_i - \sum_i c_i$$

(I) le calcul doit théoriquement être effectué sur toute la durée de vie de l'équipement ; en fait, on peut se contenter d'une période limitée (10 ou 20 ans par exemple) car le jeu de l'actualisation diminue fortement, la valeur des avantages acquis dans une période éloignée.

Avec  $\sum_i c_i$  : somme des coûts actualisés (taux d'actualisation défini par l'Administration)

$\sum_i A_i$  : somme des avantages actualisés

Si  $B \geq 0$  l'opération est économiquement rentable

I32 - Calcul simplifié

Si les avantages apportés par l'opération sont croissants d'année en année (avec le trafic par exemple) on peut se contenter de faire le calcul du taux de rentabilité immédiate  $e(\varnothing)$

$$e(\varnothing) = \frac{A(\varnothing)}{I}$$

avec

I : coût en capital (y compris intérêts intercalaires et capitalisation des dépenses annuelles d'entretien et de fonctionnement) de l'investissement

A( $\varnothing$ ) : avantages apportés pendant l'année  $\varnothing$  par l'investissement supposé mis en service au début de l'année

On montre que la date optimale de mise en service de l'équipement est la première année où  $e(\varnothing) > a$  -a étant le taux d'actualisation-

On est certain que si les avantages annuels sont croissants, la condition  $e(\varnothing) > a$  est suffisante pour que le bénéfice global actualisé "B" soit positif.

Sur un certain nombre d'aéroports particuliers, le S. E. E. P. a pu étudier la rentabilité du système A. T. T. grâce à une méthode simplifiée ; en résumé, le processus qui a conduit au bilan coût/avantages comportait les sept phases suivantes :

1°) - Evaluation du coût des investissements au sol

2°) - Analyse des statistiques météorologiques permettant de déterminer par comparaison avec les prévisions de trafic, le nombre d'appareils de chaque type pour lesquels la régularité sera désormais assurée.

3°) - Calcul du coût pour la ou les compagnies exploitantes d'un déroutement pour chaque type d'appareil. On évalue ensuite le coût global de tous les déroutements.

4°) - Calcul de l'avantage pour les usagers des vols non déroutés (détermination du gain total et du gain moyen par usager).

5°) - Détermination du trafic induit par l'amélioration de la régularité.

6°) - Gain dû au trafic induit pour la ou les compagnies. Perte due au transfert de trafic pour les autres modes de transport.

7°) - Détermination de la rentabilité immédiate ( $\Sigma$  avantages)/coût de l'opération

H-2 - CREATION D'UNE NOUVELLE LIAISON AERIENNE.

L'ouverture d'une nouvelle ligne doit répondre à un besoin. C'est en premier lieu le niveau de la demande qui doit justifier cette création.

Si le type d'avion envisagé pour une liaison intérieure a moins de 29 places (Nord-262), la desserte sera du type "compagnies régionales", dans le cas contraire du type "Air-Inter".

L'annexe F-1 fournit en fonction du coefficient de remplissage supposé le nombre de passagers annuels transportés. Il y est aussi indiqué le nombre de passagers minimal pour l'ouverture d'une ligne.

Cette création d'une nouvelle liaison aérienne entraîne en général des investissements pour l'Etat : soit allongement de la piste, soit son renforcement. Il convient de comparer le surplus pour la collectivité avec le coût de l'investissement.

10 - Surplus des usagers.

L'annexe D-1 nous donne le trafic à attendre et sa ventilation en trafic reporté, détourné et induit. A l'aide du chapitre II on calculera le surplus de chaque type d'usager.

Pour le surplus des usagers induits on distinguera les usagers induits sur le mode concurrent et sur le même mode pour lesquels la situation de référence sera différente.

Il est difficile de chiffrer des avantages tels que l'existence d'horaires pratiques ou l'amélioration du confort. Ces avantages ne seront donc pas comptabilisés mais ils peuvent jouer un rôle non négligeable, (en particulier dans le cas du passage d'un avion à hélices à un turboréacteur).

Le cas d'une amélioration des horaires induite par une variation de fréquence peut être prise en compte. L'annexe D-4 permet de calculer le trafic induit et la différence de coût généralisé dont bénéficient tous les anciens usagers.

11 - Surplus des transporteurs.

110 - Liaisons intérieures et liaisons intra-européennes en concurrence avec un autre mode de transport.

Le surplus est la différence des résultats d'exploitation réalisés par les compagnies aériennes et les transporteurs du mode concurrent.

Dans le cas général, l'estimation de ces résultats d'exploitation ne sera pas possible, on admettra que le surplus est nul.

111 - La liaison directe remplace une liaison à escale ou avec correspondance.

Le surplus provient de trois types de trafic :

1110 - Trafic détourné et trafic induit.

Soit :  $\gamma$  : le coût au siège-km offert  
 $k$  : le coefficient de remplissage } voir annexe 2

Surplus relatif au trafic détourné :

$$S = T_{det} \left( P_{air} - \frac{\gamma \cdot d_{air}}{k} \right) + T_{ind} \left( P_{air} - \frac{\gamma_{d_{air}}}{k} \right)$$

Il y a sans doute variation du surplus du transporteur par fer. Etant donné la grande difficulté de son évaluation, on suppose qu'il est nul, c'est-à-dire que le service par fer lère classe est vendu à son coût.

1111 - Trafic reporté.

Il peut y avoir une diminution de tarif  $p$  qui entraîne une baisse de recettes :

$$t_{rep} \cdot \Delta p$$

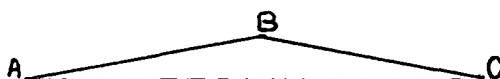
$\Delta f$  : Il y a également une variation du coût du transport par passager on est conduit à considérer deux cas : celui de l'escale technique et celui de l'escale commerciale.

11110 - Cas de l'escale technique.

Dans cette hypothèse il n'y a pas de descente de passagers ni de prise en charge de nouveaux passagers. La variation du coût du transport est obtenue par la diminution du temps de vol et par la suppression des frais d'escale.

L'annexe F - 2 permettra de calculer la diminution des coûts.

Dans l'hypothèse où il y a suppression d'une escale technique en B :



.../...

Le coût par avion dans la situation de référence est :

$$C(d_{AB}) + C(d_{BC})$$

Où :  $C(d_{AB})$  est le coût de l'étape AB

La diminution du coût par appareil est donc :

$$C = C(d_{AC}) - \boxed{C(d_{AB}) + C(d_{BC})}$$

Soit N le nombre de places dans l'avion et k le coefficient de remplissage, le coût par passager  $\Delta f = \frac{\Delta C}{kN}$

Le surplus est alors :  $S = T_{rep} (\Delta f - \Delta p)$

#### 11111 - Cas de l'escale commerciale.

Ce cas est extrêmement complexe et dépend des trafics  $T_{AB}$ ,  $T_{AC}$

Si on peut considérer le trafic  $T_{AC}$  comme marginal par rapport au trafic  $T_{AB}$ , la méthode de calcul pour le cas de l'escale technique est encore applicable.

Dans le cas contraire, seul un contact direct avec les compagnies intéressées permettra de connaître le surplus des transporteurs.

#### 12 - Surplus des aéroports.

La méthode de calcul du surplus des aéroports est indiquée à l'annexe C.

#### 13 - Surplus de l'Etat.

Ce surplus sera calculé selon le principe général.

#### 14 - Résultats.

On comparera le surplus pour la collectivité avec le coût des investissements nécessaires.

On calculera le surplus de chacun des agents pour les années à venir que l'on actualisera à l'année 0.

On ne considérera pas le surplus des usagers pour le calcul des autres critères cités en fin du chapitre II.

### H-3 - REDUCTION DU TAUX DE DEROUTEMENT.

A certaines époques de l'année, les conditions de visibilité, le site, peuvent ne pas permettre l'atterrissage, et entraînent ainsi un déroutement sur un autre aéroport. Aussi envisage-t-on certains investissements concernant les dispositifs permettant l'atterrissage par mauvaise visibilité (A. M. V.), les aides à la navigation aérienne, ou même le transfert de l'aéroport dans un site plus favorable.

Ces opérations recherchent une amélioration de la régularité du transport aérien.

#### 20 - Influence sur la demande.

On pourra négliger ce calcul pour une étude sommaire.

Le principe du calcul est le suivant, il se conduit par liaison.

Soit :

$T_{rep}$  : le trafic prévu avec les conditions actuelles de régularité (trafic reporté)

p : le prix du trajet (recette moyenne) (voir annexe A-03)

h : valeur accordée au temps sur cette liaison (voir annexe C)

t : durée du trajet

$\tau$  : taux de déroutement ou encore probabilité d'être dérouté

$\theta$  : temps perdu lors d'un déroutement (1)

Le temps total de trajet est égal à  $t + \tau \theta$

La différence de coût généralisé est alors :  $\Delta C = h (\tau_1 - \tau_2) \theta$

La demande induite est alors donnée par la formule :

$$T_{ind} = 1,65 \cdot T_{rep} \cdot \frac{\Delta C}{C}$$

#### 21 - Calcul du surplus pour les usagers.

Ce calcul se conduit liaison par liaison.

##### 210 - Calcul pour les usagers reportés :

Le surplus vaut :  $S = T_{rep} \cdot \Delta C$  où  $\Delta C = h (\tau_1 - \tau_2) \theta$

##### 211 - Calcul pour les usagers induits :

Le surplus vaut :  $S = T_{ind} \cdot \frac{\Delta C}{2}$

.../...

(1) Pour tenir compte du surcroît de coût dû au caractère imprévisible du déroutement on multipliera le temps moyen perdu par 1,5.

On peut en général négliger ce terme.

Pour le surplus total on fera la somme des surplus par liaison.

## 22 - Calcul du surplus des compagnies.

Ce calcul se conduit par type d'appareil.

Il n'y a, en général, qu'un type d'appareil par liaison. On connaît habituellement le nombre de fréquences sur la liaison et on en déduit alors le nombre de vols annuels.

Le coût du détournement est la somme de trois termes.

220 - Le coût dû au temps de vol supplémentaire =  $\Delta t \times \text{coût HV}$   
Où  $\Delta t$  = temps vol supplémentaire - coût HV = coût à l'heure de vol  
(voir annexe F - 2)

221 - Le coût de la mise en place à vide : en effet, il faut mettre en place un avion qui assurera la liaison que l'avion détourné aurait dû assurer.

Coût MPV = coût de mise en place à vide (voir annexe F - 2)

222 - Le coût du service du transport de remplacement : il faut en effet ramener les passagers de l'avion détourné sur un autre aéroport à leur point d'arrivée souhaité. On se renseignera directement auprès des compagnies pour évaluer ce coût. En cas d'impossibilité on l'estimera à 25 F par passager.

223 - Soit donc au total un coût :

$C = \Delta t \times \text{coût HV} + \text{coût MPV} + \text{coût service de remplacement.}$

Le surplus des compagnies pour chaque vol procuré par la réduction du taux de détournement est alors égal à :  $S = C \times (\tau_1 - \tau_2) \theta$

Pour calculer le surplus total on fera la somme pour tous les vols et pour tous les types d'appareils.

## 23 - Résultats.

(Se référer au Chapitre II)

H-4 - MISE EN SERVICE D'UN AVION D'UN TYPE NOUVEAU.

La mise en service d'un nouveau type d'appareil peut entraîner des demandes d'investissements tels que : allongement de piste, aménagement des dégagements, modification des ILS, etc.....

On se propose ici de donner le principe du calcul du surplus pour la collectivité.

30 - Impact sur la demande.

Il est difficile actuellement de chiffrer la valeur accordée au confort ou plus généralement à des modifications de condition de transport qui ne concernent ni le temps ni les tarifs, ni la fréquence et par conséquent on ne calculera pas l'impact sur la demande de telles modifications.

Si l'introduction d'un avion nouveau modifie soit le temps du trajet, soit le prix, soit la fréquence, on se reportera à l'annexe D-1- ou D-4.

31 - Surplus des usagers.

On ne sait guère actuellement mesurer le "bonus" dû au confort ou à une modification de l'offre de transport. La mise en service d'un avion nouveau entraîne souvent la mise à la disposition des usagers d'un plus grand nombre de places, et donc par conséquent un meilleur service.

Si, en outre, il y a une diminution des temps de parcours, on la comptabilisera ainsi :

$$S = h (t_1 - t_2)$$

Où :

h : valeur accordée au temps (annexe C)

t<sub>1</sub> : l'ancien temps de parcours

t<sub>2</sub> : le nouveau temps de parcours

Enfin il faut tenir compte de l'éventuelle modification de la fréquence de la desserte pour le calcul du surplus (le principe du calcul est exposé en annexe D-04).

32 - Surplus des transporteurs.

La mise en service d'un nouvel avion entraîne souvent une diminution du coût au siège-km offert. On comptabilisera cette économie comme étant le surplus des compagnies.

En outre l'augmentation du trafic qui résulte de la mise en service d'un appareil nouveau entraîne un bénéfice supplémentaire pour les compagnies.

Soit :

$\gamma$ : coût total au SKO

.../...



$\Delta\gamma$ : la diminution du coût au SKO

k : le coefficient de remplissage

$\gamma$  : le coût au SKO

$d_{air}$ : par distance air

Le surplus des transporteurs est alors donné par la formule :

$$S = T_{rep} \frac{\Delta\gamma}{k} \cdot d_{air} + T_{ind} (P_{air} - \frac{\gamma}{k} d_{air})$$

33 - Surplus des Aéroports. (Voir annexe correspondante)

H.5 - REDUCTION DES TEMPS D'ATTENTE.

De nombreux investissements, tels que les taxiways, les bretelles, le doublement d'une piste... ont pour ambition de réduire la congestion d'un aéroport. On se propose ici de donner le principe du calcul du surplus des usagers et du surplus des compagnies aériennes.

40 - Impact sur la demande.

Voir annexes : D

En général l'impact sur le niveau de la demande est faible et on pourra dans certains cas le négliger (réduction du délai moyen d'attente inférieur à cinq minutes).

41 - Surplus des usagers.

410 - Surplus des usagers anciens.

Le calcul doit ici se conduire liaison par liaison. Chaque liaison est caractérisée par la valeur moyenne  $h$  que le passager accorde au temps.

Soit :

$T$  = le trafic de la liaison

$\int t$  = la réduction de la durée moyenne du trajet pour la liaison

$h$  = la valeur moyenne du temps pour les passagers de la liaison

Le surplus des usagers est alors :

$$S_1 = T \times \int t \times h$$

411 - Surplus des usagers induits.

Soit :

$\Delta T$  = le trafic induit

On a alors :

$$S_2 = \frac{1}{2} \Delta T \cdot h \int t_i$$

42 - Surplus des compagnies aériennes.

Le calcul se fait par type d'appareil.

Soit :

$m$  = le nombre de mouvements d'appareils du type  $j$

$\int t$  = le temps moyen d'attente (en vol comme au sol)

.../...

coût H.V. = le coût à 1'heure de vol de ce type d'attente (voir  
annexe F - 2)

On a alors le surplus :

$$S = m \times \int t \times \text{coût H.V.}$$

-oOo-

H-6 - COUT ACTUALISE D'UNE SEQUENCE D'OPERATION EN FONCTION DES CAPACITES CORRESPONDANTES : EXEMPLE.

50 - Une stratégie de développement d'un équipement -aéroportuaire ou autre- peut être caractérisée par les données suivantes : les investissements  $I_j$  à consentir aux années  $n_j$ , et caractérisés par une certaine capacité  $N_j$  atteinte grâce à la mise en service de l'investissement  $I_j$ .

Par hypothèse, on réalise l'investissement  $I (j + 1)$  l'année où la capacité maximum  $N_j$  de l'investissement  $I_j$  est atteinte.

La connaissance du taux de croissance du trafic "a" nous fournit alors la suite  $n_j$  des années de réalisation, à partir de la suite  $N_j$  des capacités, par la formule suivante :

$$n_{(j+1)} = \frac{1}{a} \log \frac{N_j}{N_0} \quad (\text{pour } a \ll 1) \quad (1)$$

Le coût est actualisé relatif à une stratégie est alors la somme :

$$C = \sum_{j=0}^{j=F} \frac{I_{j+1}}{(1+a)^{n_{j+1}}} \quad (2)$$

Si  $i$  est le taux d'actualisation moyen durant la période d'investissement considérée compte-tenu de (1) la formule (2) se met sous la forme suivante :

$$C = \sum_{j=0}^{j=F} \left( \frac{N_0}{N_j} \right)^{\frac{i}{a}} \cdot I_{(j+1)} \quad \text{si } i \ll 1 \quad (3)$$

Si on considère qu'à partir de l'année  $n_F$  l'équipement est porté à son développement maximum, et donc toutes les stratégies identiques à partir de cette date, ces sommes ont un nombre fini de termes et leur sommation peut être faite numériquement si on connaît  $I_j$  et  $N_j$ . Il est à remarquer que, pour la comparaison entre deux solutions, seul intervient dans le calcul le rapport des capacités de deux étapes de développement. La valeur absolue de ces capacités n'intervient que pour déterminer l'année origine de la suite optimale d'investissements.

Cette méthode peut être légèrement nuancée par les considérations suivantes :

a) Elle suppose les taux d'actualisation et d'accroissement du trafic constant, mais compte-tenu de l'ignorance où on est de leur évolution réelle, cette hypothèse sera en général tout à fait admissible en première approximation si la période d'étude n'est pas trop longue (10 à 15 ans).

.../...

b) Elle ne tient pas compte des deux considérations suivantes :

- Pour la plupart des opérations, chaque reprise des travaux fait encourir aux usagers une "gêne" qu'il est difficile de chiffrer, ce qui milite en faveur d'un espacement raisonnable de ces travaux.

- De même, dans la plupart des cas, le coût des travaux décroît légèrement en fonction de la quantité de travaux semblables à exécuter en une seule opération, ce qui milite en faveur d'un certain regroupement des opérations.

Ceci entraîne que, pour la plupart des types d'investissements, on admet un délai minimum, fixé de façon empirique, entre deux opérations successives.

Sous réserve que ce délai minimum soit à peu près respecté, on peut considérer que le calcul précédent est valable.

51 - Exemple :

L'exemple suivant est celui de Grenoble où se pose le problème de la construction d'une nouvelle aérogare. Cette aérogare étant placée, quelles vont être les séquences d'investissements des différentes bretelles.

Deux emplacements sont possibles pour l'aérogare : le premier au droit de la bretelle existante, le deuxième à 800 m à l'Ouest de celle-ci.

Les différentes stratégies qui en découlent sont les suivantes :

- se rapporter en fin de la présente annexe, graphique II, pour trouver l'explication des termes.

- pour la première position de l'aérogare :

Stratégie  $S_1$ , investissements  $I_1$  puis  $I_2$

Stratégie  $S_2$ , investissements  $I_2$  puis  $I_1$

- pour la deuxième position de l'aérogare :

Stratégie  $S_3$ , investissements  $I_3$  puis  $I_4$

Stratégie  $S_4$ , investissements  $I_2$  puis  $I_5$

52 - Capacité de la piste en fonction des investissements.

Tous les calculs ont été effectués en prenant 2 600 m comme longueur de piste.

Avec l'équipement actuel, c'est-à-dire une seule bretelle, la capacité de la piste est de 9 mvts/h. En fonction des différents investissements, on obtient les résultats suivants, à l'aide de l'annexe B.2-01.

.../...

Stratégie	Investissement 1ère phase	Capacité 1ère phase (mvt/h)	Investissement 2ème phase	Capacité finale (mvt/h)
S <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> = 11	I <sub>2</sub>	24
S <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> = 21,5	I <sub>1</sub>	
S <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	N <sub>3</sub> = 16	I <sub>4</sub>	26
S <sub>4</sub>	I <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> = 21,5	I <sub>5</sub>	

53 - Comparaison des coûts.

Désignons par :

I<sub>0</sub> le coût de la bretelle perpendiculaire à la piste

k le coût du taxiway au ml

i le taux moyen d'actualisation

ℓ le taux de croissance du trafic

$$I_0 = 100\ 000\ \text{F}$$

(coût de la chaussée : 40 F/m<sup>2</sup>)

$$k = 600\ \text{F/ml}$$

$$i = 10\ \%$$

$$\ell = 10\ \%$$

530 - Aérogare en position 1.

Par application de la formule du § E-05-50, on a :

. stratégie S<sub>1</sub> :

$$C_1 = I_1 + \frac{(N_0)}{(N_1)} \times I_2$$

$$\text{avec : } I_1 = I_0 + 500\ k$$

$$I_2 = I_0 + 2100\ k$$

$$\frac{N_0}{N_1} = \frac{9}{11}$$

.../...

$$\text{d'où } C_1 = 1,82 I_0 + 2\,220 \text{ k}$$

$$C_1 = 1\,514\,000 \text{ F}$$

---

- stratégie  $S_2$  :

$$C_2 = I_2 + \frac{N_0}{N_2} \cdot I_1$$

$$\text{avec } \frac{N_0}{N_2} = \frac{9}{21,5}$$

$$\text{d'où } C_2 = 1,42 I_0 + 2\,310 \text{ k}$$

$$C_2 = 1\,528\,000 \text{ F}$$

---

531 - Aérogare en position 2

- stratégie  $S_3$  :

$$C_3 = I_3 + \frac{N_0}{N_3} \cdot I_4$$

$$\text{avec } I_3 = I_0 + 800 \text{ k}$$

$$I_4 = I_0 + 1\,300 \text{ k}$$

$$\frac{N_0}{N_3} = \frac{9}{16}$$

$$\text{d'où } C_3 = 1,56 I_0 + 1\,530 \text{ k}$$

$$C_3 = 1\,074\,000 \text{ F}$$

---

- stratégie  $S_4$  :

$$C_4 = I_2 + \frac{N_0}{N_2} \cdot I_5$$

$$\text{avec } I_5 = I_0$$

$$C_4 = 1,42 I_0 + 2\,100 \text{ k}$$

$$C_4 = 1\,402\,000 \text{ F}$$

---

De ces quatre stratégies possibles il résulte que  $C_3$  est le coût le plus faible. On en déduit donc que la meilleure position de l'aérogare est la position 2. De plus, cette position est plus avantageuse puisqu'elle permettra en phase finale d'assurer un trafic maximum de 26 mvts/h, au lieu de 24 dans la position 1.

.../...

54 - Conclusion.

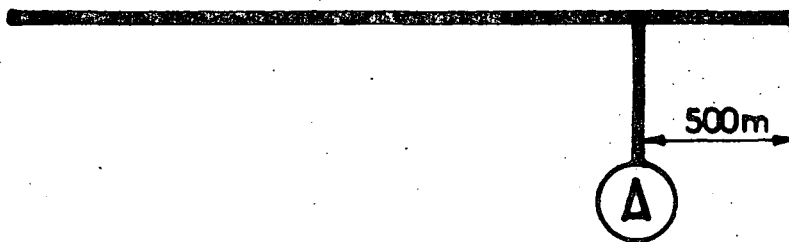
Cette étude a permis de déterminer la position optimale de l'aérogare et la suite la plus économique des investissements à réaliser. En fonction de cette infrastructure les calculs de trafic nous donnent le trafic maximum que la piste pourra supporter. Cependant, du fait qu'il existe encore des incertitudes dans la détermination des paramètres intervenant dans les calculs de capacité, il ne faudra considérer cette étude sur Grenoble-Saint-Geoirs que sur un plan indicatif.

-oOo-

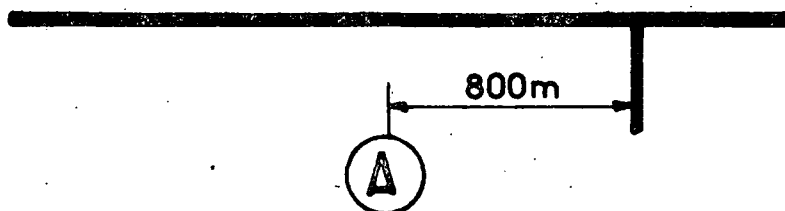


ANNEXE I

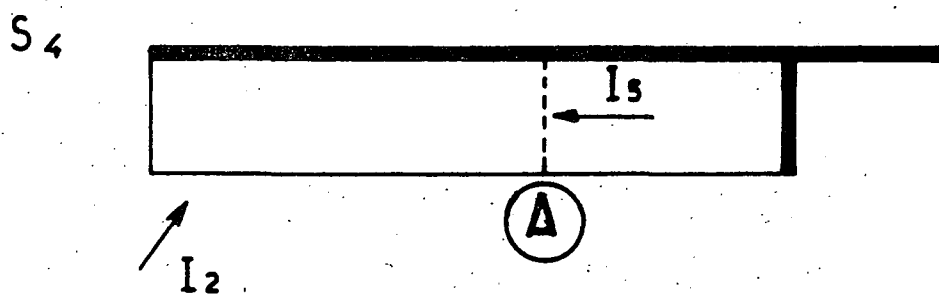
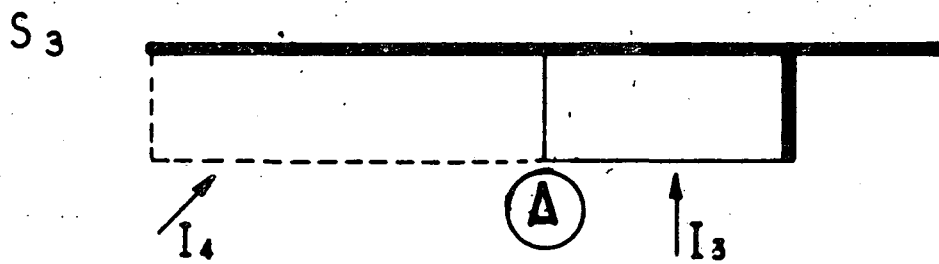
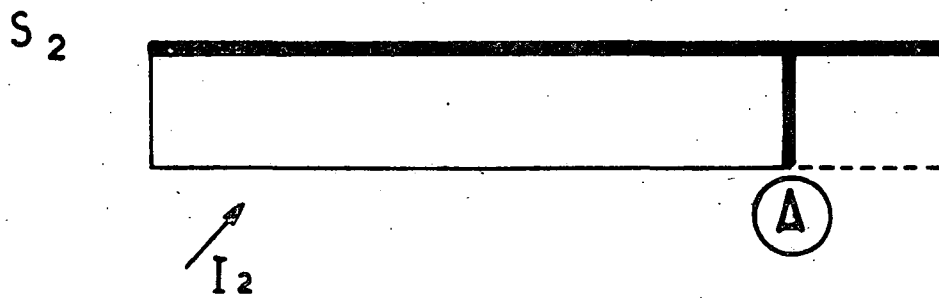
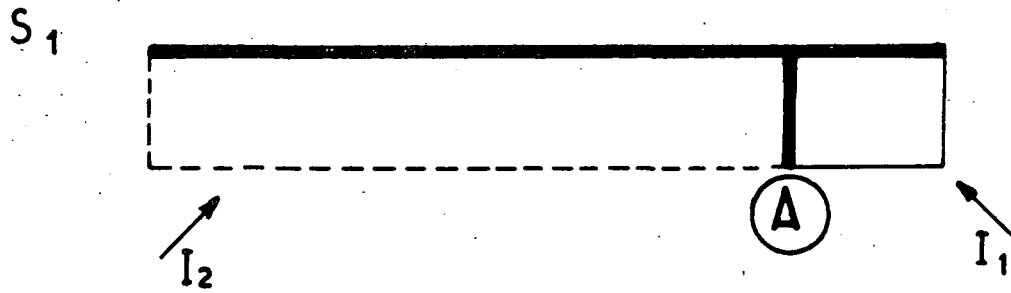
Aérogare position 1



Aérogare position 2



# ANNEXE II



I - TABLES D'ACTUALISATION

-oOo-



Table III. — Valeur actuelle de n annuités de 1 F payables à la fin de chaque année :

$$g. = \frac{1 - (1 + a)^{-n}}{a} = \frac{100}{c.}$$

n	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %	12 %	14 %	16 %	18 %	20 %
1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85	0,83
2	1,97	1,94	1,91	1,89	1,86	1,83	1,81	1,78	1,76	1,74	1,69	1,65	1,61	1,57	1,53
3	2,94	2,88	2,83	2,78	2,72	2,67	2,62	2,58	2,53	2,49	2,40	2,32	2,25	2,17	2,11
4	3,90	3,81	3,72	3,63	3,55	3,47	3,39	3,31	3,24	3,17	3,04	2,91	2,80	2,69	2,59
5	4,65	4,71	4,58	4,45	4,33	4,21	4,10	3,99	3,89	3,79	3,60	3,43	3,27	3,13	2,99
6	5,80	5,60	5,42	5,24	5,08	4,92	4,77	4,62	4,49	4,36	4,11	3,89	3,68	3,50	3,33
7	6,73	6,47	6,23	6,00	5,79	5,58	5,39	5,21	5,03	4,87	4,56	4,29	4,04	3,81	3,60
8	7,65	7,33	7,02	6,73	6,46	6,21	5,97	5,75	5,53	5,33	4,97	4,64	4,35	4,08	3,84
9	8,57	8,16	7,79	7,44	7,11	6,80	6,52	6,25	6,00	5,76	5,33	4,95	4,61	4,30	4,03
10	9,47	8,98	8,53	8,11	7,72	7,36	7,02	6,71	6,42	6,14	5,65	5,22	4,83	4,49	4,19
11	10,37	9,79	9,25	8,76	8,31	7,89	7,50	7,14	6,81	6,50	5,94	5,45	5,03	4,66	4,33
12	11,26	10,58	9,95	9,39	8,86	8,38	7,94	7,54	7,16	6,81	6,19	5,68	5,20	4,79	4,44
13	12,13	11,35	10,63	9,99	9,39	8,85	8,36	7,90	7,49	7,10	6,42	5,84	5,34	4,91	4,53
14	13,00	12,11	11,30	10,56	9,90	9,29	8,75	8,24	7,79	7,37	6,63	6,00	5,47	5,01	4,61
15	13,87	12,85	11,94	11,12	10,38	9,71	9,11	8,56	8,06	7,61	6,81	6,14	5,58	5,09	4,68
16	14,72	13,58	12,56	11,65	10,84	10,11	9,45	8,85	8,31	7,82	6,97	6,27	5,67	5,16	4,73
17	15,56	14,29	13,17	12,17	11,27	10,48	9,76	9,12	8,54	8,02	7,12	6,37	5,75	5,22	4,77
18	16,40	14,99	13,75	12,66	11,69	10,83	10,06	9,37	8,76	8,20	7,25	6,47	5,82	5,27	4,81
19	17,23	15,68	14,32	13,13	12,09	11,16	10,34	9,60	8,95	8,36	7,37	6,55	5,88	5,32	4,84
20	18,05	16,35	14,88	13,59	12,46	11,47	10,59	9,82	9,13	8,51	7,47	6,62	5,93	5,35	4,87
21	18,86	17,01	15,42	14,03	12,82	11,76	10,84	10,02	9,29	8,65	7,56	6,69	5,97	5,38	4,89
22	19,66	17,68	15,94	14,45	13,16	12,04	11,06	10,20	9,44	8,77	7,64	6,74	6,01	5,41	4,91
23	20,46	18,29	16,44	14,86	13,49	12,30	11,27	10,37	9,58	8,88	7,72	6,79	6,04	5,43	4,92
24	21,24	18,91	16,94	15,25	13,80	12,55	11,47	10,53	9,71	8,98	7,78	6,84	6,07	5,45	4,94
25	22,02	19,52	17,41	15,62	14,09	12,78	11,65	10,67	9,82	9,08	7,84	6,87	6,10	5,47	4,95
26	22,80	20,12	17,88	15,98	14,38	13,00	11,83	10,81	9,93	9,16	7,90	6,91	6,12	5,48	4,96
27	23,58	20,71	18,33	16,33	14,64	13,21	11,99	10,94	10,03	9,24	7,94	6,94	6,14	5,49	4,96
28	24,32	21,28	18,76	16,66	14,90	13,41	12,14	11,05	10,12	9,31	7,98	6,96	6,15	5,50	4,97
29	25,07	21,84	19,19	16,98	15,14	13,59	12,28	11,16	10,20	9,37	8,02	6,98	6,17	5,51	4,97
30	25,81	22,40	19,60	17,29	15,37	13,76	12,41	11,26	10,27	9,43	8,06	7,00	6,18	5,52	4,98
31	26,54	22,94	20,00	17,59	15,59	13,93	12,53	11,35	10,34	9,48	8,08	7,02	6,19	5,52	4,98
32	27,27	23,47	20,39	17,87	15,80	14,08	12,65	11,43	10,41	9,53	8,11	7,03	6,20	5,53	4,99
33	27,99	23,99	20,77	18,15	16,00	14,23	12,75	11,51	10,48	9,57	8,14	7,05	6,20	5,53	4,99
34	28,70	24,50	21,13	18,41	16,19	14,37	12,85	11,59	10,52	9,61	8,16	7,06	6,21	5,54	4,99
35	29,41	25,00	21,49	18,66	16,37	14,50	12,95	11,65	10,57	9,64	8,18	7,07	6,22	5,54	4,99
40	32,83	27,36	23,11	19,79	17,16	15,05	13,33	11,92	10,76	9,78	8,24	7,11	6,23	5,55	5,00
45	36,09	29,49	24,52	20,72	17,77	15,46	13,61	12,11	10,88	9,86	8,28	7,12	6,24	5,55	5,00
50	39,20	31,42	25,73	21,48	18,26	15,76	13,80	12,23	10,96	9,91	8,30	7,13	6,25	5,55	5,00
55	42,15	33,17	26,77	22,11	18,63	15,99	13,94	12,33	11,01	9,95	8,32	7,14	6,25	5,55	5,00
60	44,96	34,76	27,68	22,62	18,93	16,16	14,04	12,38	11,05	9,97	8,32	7,14	6,25	5,55	5,00
65	47,63	36,20	28,45	23,05	19,16	16,29	14,11	12,42	11,07	9,98	8,33	7,14	6,25	5,55	5,00
70	50,17	37,50	29,12	23,39	19,34	16,38	14,16	12,44	11,08	9,99	8,33	7,14	6,25	5,55	5,00
75	52,59	38,68	29,70	23,68	19,48	16,46	14,20	12,46	11,09	9,99	8,33	7,14	6,25	5,55	5,00
80	54,89	39,74	30,20	23,92	19,60	16,51	14,22	12,47	11,10	10,00	8,33	7,14	6,25	5,55	5,00
85	57,08	40,71	30,63	24,11	19,68	16,55	14,24	12,48	11,10	10,00	8,33	7,14	6,25	5,55	5,00
90	59,16	41,59	31,00	24,27	19,75	16,58	14,25	12,49	11,11	10,00	8,33	7,14	6,25	5,55	5,00
95	61,14	42,38	31,32	24,40	19,81	16,60	14,26	12,49	11,11	10,00	8,33	7,14	6,25	5,55	5,00
100	63,03	43,10	31,60	24,51	19,86	16,62	14,27	12,49	11,11	10,00	8,33	7,14	6,25	5,55	5,00