S.N.C.F.

DIRECTION GENERALE

Etudes Générales

Novembre 1964

GROUPE DE TRAVAIL DES TRAVERSEES ALPINES

Etude des développements éventuels du service des navettes ferroviaires pour le transport des automobiles et des camions à travers le tunnel du Fréjus

S.N.C.F.

DIRECTION GENERALE
Etudes Générales

Novembre 1964

Groupe de Travail des Traversées Alpines

Note d'ensemble sur les développements éventuels du service des navettes ferroviaires pour le transport des automobiles et des camions à travers le tunnel du Fréjus

I - Situation actuelle

Les installations actuelles de la navette comportent :

- à Modane, deux voies de 210 m de longueur utile avec une aire de stationnement et de contrôle de 2 000 m2, sur laquelle se font les diverses formalités de passage de la frontière et de perception du péage pour les deux sens de circulation (sauf que, dans le sens Italie-France, le contrôle de la police italienne s'exerce à Bardonnèche).

- à Bardonnèche, une seule voie de 230 m de longueur utile, avec une aire de stockage de faible capacité.

L'exploitation, qui se fait au moyen de rames reversibles (un poste de conduite est aménagé dans la voiture fourgon située à l'extrémité opposée à la locomotive), est assurée avec des wagons à un seul étage, le chargement et le déchargement des véhicules se faisant latéralement et en bout à l'aide de wagons chargeurs.

La composition maximum de la rame est de 14 wagons porteurs, permettant le chargement de 35 voitures (la continuité parfaite des plateaux des wagons et l'existence d'un attelage spécial dont la rupture est exclue autorise à répartir les voitures d'une façon continue, sans avoir égard aux limites des wagons). Cette composition maximum n'est utilisée que pendant les périodes de trafic

...

intense ; dans les périodes de moindre trafic, les rames comportent seulement 9 wagons porteurs, permettant le chargement de 22 voitures environ.

La durée du trajet est de 20 minutes. La fréquence, selon l'horaire publié, n'est jamais supérieure à 1 navette par sens et par heure, pendant 14 heures par jour.

A certaines époques et à certaines heures de la journée, l'écart entre deux navettes de chaque sens est de 2 heures, mais l'écart le plus courant est 1 heure. Cependant, aux heures les plus chargées de certaines journées de pointe, on assure le service avec l'horaire le plus serré compatible avec le matériel et les installations disponibles. On arrive ainsi à assurer un départ toutes les 35 minutes en moyenne.

Les tarifs pratiqués sont les suivants :

- automobiles de plus de 4,50 m de long	35 F
- automobiles de moins de 4,50 m de long	30 F
- autocars	100 F
- camions	16 F/t de poids en charge, avec un minimum de 100 F.

Le tarif "camions" n'est pratiquement pas appliqué, les limitations actuelles de gabarit éliminant la grande majorité du trafic potentiel de cette nature.

Quant aux autres trafics, la SNCF a choisi pour eux en connaissance de cause un tarif "frein", car la capacité des installations actuelles, même améliorées avec les développements que l'on peut y apporter, est assez étroitement limitée ; par ailleurs, le passage à des installations terminales entièrement nouvelles suppose une confrontation préalable, permise précisément par la constitution du Groupe de Travail des Traversées Alpines.

...

Grâce à des améliorations sensibles et continues apportées à l'horaire (l'intervalle des rames était encore, en 1961, d'au moins 2 h et parfois de 4 h) et à la mise en service d'un matériel de qualité impeccable, le trafic s'est accru à un rythme très rapide, atteignant 30 % par an ces dernières années.

Avec le matériel et les installations actuellement disponibles, la capacité en heure de pointe "normale"(trafic genre 30ème heure), compte tenu d'un coefficient d'occupation de 0,85, est d'environ 48 voitures dans un seul sens.

Compte tenu de la relation admise, à la suite des travaux du Groupe, entre le trafic horaire de pointe "normale" dans un sens et le trafic annuel effectif, deux sens réunis, on peut estimer que la capacité pratique du service actuel est de 120 000 voitures par an.

II - Améliorations possibles sur les emplacements actuels

Avant qu'elle ne dispose des résultats de l'enquête de la SETEC, la SNCF avait envisagé un certain nombre de dispositions échelonnées comportant amélioration et extension des installations actuelles, mise en service de matériel porteur à deux étages et équipement de la ligne entre les deux gares en block automatique lumineux.

Après toutes ces améliorations, la capacité théorique maximum possible, du point de vue du mouvement des rames, serait de 250 véhicules à l'heure de pointe, soit une capacité annuelle de 625 000 véhicules.

Mais il faut constater :

- que la surface disponible à Modane pour traiter ce trafic, même dans un seul sens, serait insuffisante. Le trafic susceptible d'être traité dans des conditions satisfaisantes ne paraît pas devoir être supérieur à 200 000 ou 250 000 véhicules s'il faut y assurer comme maintenant toutes les opérations de douane et police pour les deux sens.

- que ces dispositions n'offrent aucune possibilité pour le transport des camions et des autocars, car l'adoption de wagons à deux étages exclut absolument l'éventualité de transports de cette nature si du matériel différemment conçu n'est pas mis en ligne. Pour assurer ce trafic, il faudrait disposer à chaque extrémité d'une voie spécialement affectée à ce trafic, et cela n'est pas possible sur les emplacements actuels.

- que les dépenses à consentir sur les installations terminales actuelles pour les étendre et les améliorer deviendraient sans objet lorsqu'il faudrait transférer les terminaux sur d'autres emplacements.

- qu'enfin, les études de trafic confiées à la SETEC ont montré qu'à l'horizon de 1970, et sous réserve de l'application d'une tarification adéquate (problème qui sera examiné ci-après), le trafic prévisible pour le tunnel routier éventuel était de 500 000 voitures par an et d'environ 450 000 voitures pour la navette ferroviaire(1).

Pour toutes ces raisons, la SNCF a été conduite à renoncer à ces améliorations partielles et à considérer qu'il faut passer directement et rapidement, si la conclusion des travaux du Groupe est favorable au développement de la solution ferroviaire, des installations actuelles à des installations conçues pour permettre un développement de trafic très important(2).

...

---

(1) La différence provient d'un "bonus" de 2 F en faveur du passage par le tunnel routier par rapport au passage par la navette ferroviaire, qui a été déduit par la SETEC de l'étude d'ensemble de la question des "bonus" des passages alpins.

(2) Sous réserve également que l'ordre de grandeur des résultats des prévisions de trafic effectuées par la SETEC soit confirmé par les résultats du trafic du tunnel du Mont-Blanc, maintenant près de sa mise en service. La SETEC a appliqué en effet exactement la même méthode et a utilisé les résultats de la même enquête pour établir les prévisions de trafic du tunnel du Mont-Blanc et du tunnel du Fréjus.

III- Caractéristiques des installations et du service futurs

Les installations envisagées ont été conçues de façon à procurer des moyens identiques du point de vue ferroviaire et des moyens pratiquement équivalents du point de vue des parkings et des circulations à Modane comme à Bardonnèche.

Nous allons d'abord examiner les installations du point de vue de leur capacité maximum et de leur exploitation en pointe, pour revenir ensuite sur les caractéristiques correspondantes à l'origine du service.

a) Capacité maximum et exploitation en pointe

1 - Transport des voitures particulières

La plus grande longueur utile de voie qu'il est possible de réaliser avec des dépenses modérées est de 500 m à Modane comme à Bardonnèche. D'autre part, une étude rapide de la circulation en ligne, qui sera précisée ci-après, montre que, pour tirer convenablement parti de la capacité de la ligne, il faut disposer, en situation finale, de 3 voies pour le service des voitures particulières(1), ce qui conduit, avec une voie pour le service des camions et des autocars, à rechercher des emplacements pour 4 voies de 500 m de longueur utile.

Quant à l'équipement de la ligne, il comprend l'installation du block automatique lumineux entre Modane et Bardonnèche, avec des caractéristiques telles qu'il soit aisément possible de faire circuler un train toutes les 6 minutes sur chaque voie entre ces deux gares et la télécommande des aiguillages des installations terminales de Modane et Bardonnèche, depuis le poste central de ces gares.

...

---

(1) 2 voies seraient strictement suffisantes, mais leur occupation serait très intensive et de légers désheurements pourraient entraîner des répercussions inadmissibles. C'est pourquoi 3 voies ont été prévues en solution finale.

En outre, à une échéance à préciser en fonction du trafic, il a été décidé de banaliser la ligne entre Modane et Bardonnèche (c'est-à-dire de pouvoir utiliser indifféremment chacune des deux voies pour n'importe quel sens de circulation) et d'installer sur le parcours 3 paires de jonctions télécommandées de Bardonnèche, de façon à disposer d'un équipement tel que la fluidité de la circulation puisse être garantie en toutes circonstances.

La ligne présente par elle-même des caractéristiques très favorables à un débit élevé, parce que ses caractéristiques géométriques limitent la vitesse maximum à 75 km/h, de sorte qu'on peut admettre que tous les trains, quelle que soit leur nature, sont à marche parallèle.

En affectant au service des navettes d'automobiles, pendant les seules heures de pointe du trafic routier, la moitié des marches disponibles, on assure ainsi dans chaque sens un départ de navette toutes les 12 minutes.

Le raccourcissement du trajet atteignant, par suite des emplacements choisis, 4 km au total (3,5 km environ côté France et 0,5 km environ côté Italie), l'horaire futur équivalent à l'horaire actuel ne nécessite plus que 17 minutes de parcours (pour 14 km de trajet).

Le graphique de marche des navettes à l'heure de pointe (annexe 1) montre que, dans ces conditions, 6 rames sont suffisantes pour assurer ce service, avec un temps de stationnement de 19 minutes à chaque extrémité, qui ainsi qu'il sera montré plus loin, est largement suffisant.

La composition de ces rames est la suivante :

1 locomotive E 626, longueur 14 m
1 wagon chargeur à niveau bas (longueur 12 m)
1 wagon porteur (niveau bas) - chargeur niveau haut (longueur 12 m)
20 wagons porteurs à 2 étages (longueur 20 m)

...

1 wagon porteur chargeur (longueur 12 m)
1 wagon chargeur à niveau bas (longueur 12 m)
1 voiture voyageurs (longueur 18 m)
1 locomotive[1] (longueur 14 m).

La capacité minimum d'une rame ainsi composée est de 170 voitures, puisque chaque wagon porteur charge au minimum 8 voitures ainsi qu'il résulte du dessin annexe n° 2, alors qu'un complément de capacité est disponible sur les wagons mixtes-porteurs chargeurs.

En admettant un coefficient de chargement de 85 % à l'heure de pointe "normale" (type 30ème heure), le service est susceptible d'acheminer dans un seul sens :

$$170 \times 0{,}85 \times 5 = 720 \text{ voitures à l'heure.}$$

Lorsqu'il y a pointe dans un sens, on admet que le trafic de sens inverse atteint environ 50 % seulement ; au total, la capacité horaire d'enlèvement (type 30ème heure), deux sens réunis, est donc de 1080 voitures à l'heure.

Le passage de cette capacité horaire de pointe au trafic annuel possible pose un problème qui a été examiné par le Groupe. De toute façon, il est bien certain que les capacités pratiques annuelles de deux ouvrages sont dans le même rapport que leur capacité de pointe type 30ème heure. Pour des raisons de ventilation, la capacité garantie du tunnel routier envisagé, type 30ème heure, est seulement de 900 véhicules à l'heure, deux sens réunis, mais il existe de bonnes raisons de penser, selon le Président du Groupe de Travail, que cette estimation est prudente. Tenant compte de cette considération, on peut admettre que les capacités pratiques annuelles du tunnel routier (tous types de véhicules) et du service des

...

(1) Cette composition de rame exige la double traction ; la réversibilité est assurée d'une façon commode en plaçant une locomotive à chaque extrémité.

navettes ferroviaires pour les seules voitures particulières sont équivalentes. Or les spécialistes de la circulation routière ont estimé à 1 800 000 véhicules par an la capacité pratique annuelle du tunnel routier (tous types de véhicules). Ce chiffre peut donc être admis comme limite de capacité pratique du transport des voitures particulières à travers le tunnel ferroviaire.

Examinons maintenant rapidement le trafic horaire que l'on peut envisager en pointe extraordinaire.

En pointe extraordinaire, on peut à la fois :

- affecter une marche de plus au service des navettes automobiles. C'est une "gymnastique" très courante pour les services d'établissement et de surveillance des horaires(1).

- admettre que le coefficient d'occupation se rapproche de l'unité.

La capacité horaire exceptionnelle dans un seul sens devient alors voisine de 6 fois 170 véhicules, soit, en chiffres ronds 1 000 véhicules à l'heure et, deux sens réunis, environ 1 500 véhicules.

Le dessin annexe n° 3 représente les installations terminales côté Modane qui permettent d'effectuer ce trafic. Comme on l'a déjà exposé ci-avant, les installations de Bardonnèche sont identiques au point de vue ferroviaire et équivalentes au point de vue des aires de parking et de circulation, de sorte que, pour limiter les développements, on se bornera à décrire et commenter en détail les installations côté Modane.

...

---

(1) Quelle que soit la solution retenue pour la mise en route de cette 6ème navette par heure, on constate qu'il faut mettre en ligne une 7ème rame (la rame de réserve). Une rame de plus est suffisante parce que cette rame, assurant la superpointe dans un sens, peut être réexpédiée à vide aussitôt après déchargement. Elle assure donc effectivement une rotation en moins d'une heure. Le nombre d'heures consécutives au cours desquelles il faut mettre cette rame en ligne est d'ailleurs très réduit, 2 ou 3 au maximum.

Dans ce projet, l'origine des voies du service des navettes sur la ligne principale est située au km 239 600, à proximité immédiate du hameau du Pâquier, entre la gare de Modane et la tête du tunnel international. Dans une phase finale, il est envisagé d'établir à cette soudure un saut-de-mouton, relativement aisé à réaliser, qui permettrait d'assurer la compatibilité des itinéraires de sens opposés concernant la navette et le trafic général de la ligne (voir la retombe du plan annexe 3).

Quel que soit le type de la soudure, les voies se développent en direction générale de la cité des établissements de St-Gobain, cependant que le parking est implanté en bordure directe de la route nationale n° 6, avec deux accès distincts, l'un pour l'entrée et l'autre pour la sortie(1).

La disposition des quais par rapport aux voies est fixée par la coupe en travers (annexe n° 4) qui explicite les dispositions prévues pour charger les voitures à la fois sur le niveau supérieur et sur le niveau inférieur des wagons à double étage. Comme déjà indiqué, trois voies sont réservées en situation finale au service des navettes automobiles et une voie en toutes circonstances au service des camions et autocars.

L'annexe 3 montre qu'un allongement éventuel des quais de chargement est prévu pour permettre de charger et décharger les rames non seulement par leur extrémité, mais également par leur milieu. Cette éventualité n'est pas à écarter totalement, mais il semble que les avantages à en attendre seraient assez peu sensibles, étant donné que la description qui est présentée ci-après, et qui ne suppose pas cette disposition réalisée, montre que les conditions du service sont très convenables sans cela.

...

(1.) Comme l'entrée au parking comporte un cisaillement du sens de circulation Italie-France sur la R.N. 6, il est apparu nécessaire aux représentants de l'administration des Ponts et Chaussées de prévoir dès la mise en service des installations un élargissement à 3 voies de la R.N. 6 dans cette zone et vers 1975 un ouvrage d'accès au parking par dessus la R.N. 6. Les dépenses correspondantes, respectivement 0,5MF et 1,5MF ont été prises en compte dans les investissements à réaliser pour le service des navettes ferroviaires (voir annexe 9).

Le parking et son exploitation sont conçus de la façon suivante : les formalités douanières, de police et de perception des péages, sont assurées à chaque extrémité pour le trafic entrant par la route, de sorte que les véhicules arrivant par fer peuvent prendre librement la route. Après descente des wagons et des quais, ces derniers évoluent sur la tête des quais (plateforme à la cote 1109) et gagnent la sortie sur la R.N. 6 qui est réservée à ce sens du trafic, à la cote 1105,5 en traversant la partie Nord-Ouest du parking. Compte tenu de la position de la ville de Modane et de l'orientation de la vallée, ils s'insèrent dans la circulation générale de la RN 6 sans cisailler la ou les files montantes.

Quant aux véhicules à embarquer sur les navettes, ils accèdent à la partie Sud-Est du parking (7 700 m^2 environ), à la cote 1109, par une entrée réservée à ce sens du trafic et ils conservent cette cote jusqu'au pied des rampes des quais.

Dès l'entrée dans le parking, ils se répartissent grâce à une signalisation par peinture au sol (1), entre un certain nombre de couloirs de 3 m 25 de large aboutissant chacun à un créneau de douane et police. Le nombre des créneaux fonctionnant en parallèle sera précisé ultérieurement. La perception du péage ou l'annulation des tickets de péage achetés par avance, est également effectuée à l'occasion des formalités de douane et de police, mais, en considération de la plus grande rapidité de l'opération, et de la possibilité d'effectuer celle-ci sans interférence avec les opérations de douane et de police, compte tenu du temps moyen de stationnement des véhicules avant le passage au créneau (voir ci-après), il n'y a (en pointe) qu'un agent percepteur pour 4 créneaux. Après passage en douane, les voitures évoluent vers la plateforme de

...

(1) Renforcée au moment des pointes par les directives d'un ou deux agents, et par des chaînes sur piquets amovibles délimitant les couloirs dans la partie la plus proche des créneaux de douane.

tête des quais[1] et sont dirigées par un agent vers la rame en cours de chargement.

La question essentielle en cette affaire, est bien évidemment le nombre de créneaux de douane et de police qu'il faut mettre simultanément en service, (ce problème est d'ailleurs strictement identique dans le cas d'un tunnel routier).

Remarquons d'abord que la longueur totale disponible pour l'établissement du cordon douanier permet d'aménager jusqu'à 46 créneaux, si nécessaire (longueur disponible pour l'établissement des créneaux : 152 m).

Examinons d'abord le problème de la pointe "normale". En supposant que les voitures arrivent selon une distribution poissonienne et que le service des créneaux s'effectue à la cadence moyenne de service[2] de 24 véhicules par heure[3] (c'est la cadence moyenne enregistrée par la SETEC aux différents points de passage de la frontière franco-italienne lors de son enquête de trafic effectuée pour le Groupe), on est en face du problème suivant :

- cadence d'arrivée de 720 véhicules/heure
- cadence de service de chaque créneau de 24 véhicules/heure
- 5 navettes à l'heure.

...

---

(1) Au cours de cette évolution, ils sont éventuellement retenus par des feux de signalisation pour éviter d'interférer avec le flux des voitures évacuant une rame arrivante, Voir ci-après.

(2) Il serait exagérément pessimiste de supposer que la cadence de service des créneaux est également poissonnière. L'effet de "laminage" du trafic que produit tout service de guichet est bien connu. Nous tiendrons compte de cette remarque en admettant une hypothèse un peu moins sévère que dans le cas de la distribution poissonnière pour les irrégularités du service. Cette hypothèse est explicitée ultérieurement.

(3) On remarquera que cette hypothèse est très conservatrice. La suppression des formalités douanières est prévue pour 1970 par le traité de Rome, ce qui limiterait les formalités à un contrôle de police, d'où une cadence de service beaucoup plus rapide et un dimensionnement bien moindre des installations nécessaires. Cependant, sur les indications explicites du Rapporteur, le calcul a du prendre en considération la cadence indiquée ci-dessus.

Quel est dans ces conditions le nombre n de créneaux à ouvrir pour avoir un service satisfaisant ?

Chaque créneau pouvant être considéré comme indépendant, avec un flux de véhicules égal au n^{eme} du flux total, on constate que :

la cadence d'arrivée $\lambda = \frac{720}{n}$ véhicules/heure

la cadence de service $\mu = 24$ véhicules/heure

le "coefficient de guichet" $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{30}{n}$

le nombre moyen de véhicules en attente

$$L = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{900}{n\,(n-30)}$$

et la durée moyenne d'attente (en minutes)

$$\frac{L}{\mu} \times 60 = \frac{2\,250}{n\,(n-30)}$$

Il ressort aussitôt de ces formules que n doit être supérieur à 30, sinon la file d'attente s'allonge indéfiniment ainsi que la durée moyenne d'attente.

L'ouverture de quelques créneaux de plus conduit rapidement à une solution satisfaisante. Ainsi, avec n = 38, il est facile de vérifier qu'on a en moyenne un peu moins de 3 véhicules en attente avec un maximum absolu de 8 véhicules(1), la durée moyenne d'attente étant de 7,4 minutes (avec un maximum inférieur à 16 minutes). Avec n = 39, on a un service de haute qualité avec 2,6 véhicules en attente en moyenne (maximum inférieur à 8 véhicules) et un délai d'attente moyen de 6 minutes ½.

...

(1) La distribution étant poissonnière, l'écart-type est égal à la racine carrée du nombre moyen. D'autre part, les tables montrent qu'en majorant le chiffre moyen de 3 écarts-types, la probabilité que le chiffre ainsi obtenu soit dépassé peut être considérée comme absolument négligeable.

Une fois le créneau franchi, que se passe-t-il côté embarquement ? Le flux des véhicules, comme on l'a vu, se trouve partiellement régularisé. Nous tiendrons compte de cette constatation en admettant qu'il n'y a pas de probabilité pratique de dépasser, par rapport à la moyenne d'un phénomène étudié, le nombre obtenu en ajoutant à ce nombre le double de sa racine carrée (au lieu du triple dans la distribution poissonnière). Un train partant toutes les 12 minutes, il sort en moyenne des créneaux douaniers pendant cet intervalle de temps un nombre égal au flux d'entrée, soit $\frac{720}{5} = 144$ véhicules. La contenance de la rame étant de 170 véhicules, on voit que cette contenance est légèrement supérieure à $144 + 2\sqrt{144}$. D'après l'hypothèse formulée ci-avant, la probabilité pour qu'un véhicule attende pour embarquer sur la rame est à considérer comme nulle(1). Cela revient aussi à dire que le coefficient de chargement de 0,85 admis en pointe est parfaitement judicieux.

Reste cependant à examiner l'incidence de l'interruption du chargement, qui peut être nécessaire lorsqu'une rame à décharger occupe, par rapport à la rame en cours de chargement, une position telle que les deux flux de voitures présenteraient un point de cisaillement dans la zone de la tête des quais. Comme le déchargement est une opération discontinue de très courte durée tandis que le chargement est une opération continue, il convient, comme on l'a déjà dit, d'interrompre temporairement le flux de chargement en faisant apparaître l'indication "rouge" sur des feux de circulation implantés en ligne parallèle à l'extrémité des couloirs de circulation menant des créneaux de douane vers la tête des quais.

...

(1) L'examen du graphique montre d'ailleurs que, lorsque l'embarquement sur une rame est terminé, la rame suivante stationne depuis un temps qui a largement permis de la vider. De toute façon, il n'y aurait donc pas attente à l'embarquement à proprement parler, mais rejet sur la rame suivante avec embarquement immédiat sur celle-ci.

Puisqu'il y a pointe dans le sens du chargement, le trafic de sens inverse est de l'ordre de 50 % seulement, soit environ 72 voitures à décharger sur la rame arrivante. Même en admettant que le partage des voitures entre les 2 étages des wagons n'ait pas été assuré d'une façon uniforme à l'embarquement à Bardonnèche, on peut admettre qu'il n'y aura pas plus de 50 voitures sur l'étage le plus chargé. Des comptages multiples effectués sur tous les services existants de navettes en Europe ont donné des résultats concordants et stables : il faut 2,7 secondes par voiture pour évacuer une rame, à partir du démarrage de la première voiture. Ce chiffre avait d'ailleurs été établi par la SETEC à l'occasion d'une étude théorique portant sur le tunnel sous la Manche. Avec 50 voitures sur l'étage le plus chargé, il faudra donc 135 secondes (2 minutes $\frac{1}{4}$) à partir de l'arrêt du train (l'abattage des ponts latéraux des wagons chargeurs étant réalisé instantanément par un dispositif pneumatique). Le phénomène n'étant nullement poissonien, mais régulier, on est largement couvert en adoptant comme limite supérieure 4 minutes, pour tenir compte d'un incident possible et du parcours de quelques dizaines de mètres à faire en plus avant d'avoir dégagé la plateforme des quais. Pendant ce temps, on retient par les feux rouges en moyenne $\frac{720}{15}$ = 48 voitures et au maximum **62 voitures** ($48 + 2\sqrt{48}$). Il n'y a aucun problème de stockage pour ces voitures dans le couloir de 20 mètres de large situé entre les créneaux et les feux rouges. Quant aux répercussions sur le chargement des rames, elles sont également sans conséquence car le temps de stationnement des rames (19 minutes) est largement supérieur au délai de déchargement (4 minutes maximum pendant lesquelles le chargement est interrompu) et de chargement qui, supposé régularisé (par les feux de circulation par exemple) serait de 5 à 6 minutes[1]. Quant aux

...

(1) Une étude théorique de la SETEC et des comptages ont établi le chiffre moyen, très stable, de 4,2 secondes pour le chargement d'un véhicule sur un niveau. Comme le nombre de véhicules à charger par niveau est de $\frac{1}{2}$ (170 × 0,85) = 73, on voit que le temps de chargement de la rame, si les véhicules sont stockés, est de 5,1 minutes.

incidences des irrégularités du flux de voitures à charger sur le chargement, elles ont été étudiées ci-avant et il a été montré que le nombre de voitures susceptibles d'être rejetées d'une rame sur la suivante à cause des exigences de l'horaire était nul en pratique. L'obligation, dans certains cas de dispositions relatives des rames, d'interrompre le flux des voitures à charger pendant un délai de 2 à 4 minutes au maximum aurait cependant une incidence si ces 2 à 4 minutes étaient les dernières minutes de chargement de la première rame à partir. Mais l'examen du graphique (annexe 1) montre qu'il n'en est rien, le déchargement de la rame arrivante commençant 7 minutes avant le départ de la rame en cours de chargement à ce moment là. Alors que cette rame est en cours de chargement depuis déjà 12 minutes lorsqu'on interrompt cette opération, il resterait encore dans les circonstances normales, le temps de la charger presque complètement après cette interruption.

Le cas de la pointe normale ayant été traité avec beaucoup de détails, on envisagera beaucoup plus rapidement la pointe exceptionnelle (1 000 véhicules à l'heure) étant entendu qu'en raison même de son caractère exceptionnel, on peut admettre une moins bonne qualité du service. On constate alors qu'il faut au moins 42 créneaux en service, sinon la queue devient infinie. Avec 46 créneaux en service(1), il y a en moyenne 8,7 véhicules en attente et 17 voitures au maximum dans cette position. La durée moyenne d'attente est de 22 minutes environ avec un maximum de 36 minutes. Il peut y avoir au maximum 22 voitures reportées d'une rame sur la suivante en raison des exigences de l'horaire. Les feux de signalisation destinés à éviter la convergence des flux après le passage des créneaux retiennent en moyenne 66 voitures, avec un maximum de l'ordre de 85, ce qui est très acceptable compte tenu des surfaces disponibles.

...

---

(1) Le maximum réalisable sur les installations envisagées, ce qui suppose qu'on exclut les camions et autocars pendant les quelques heures de l'année où cette cadence est constatée.

Tous ces chiffres sont non seulement acceptables, mais même bons, sauf un, celui du chiffre maximum des véhicules en attente par créneau (17 voitures). En effet, la longueur des couloirs derrière les créneaux ne permet pas d'atteindre ce chiffre. Il y a donc éventualité qu'un stockage soit nécessaire, et ce stockage peut attendre au maximum un chiffre d'environ 350 voitures, soit une queue d'environ 1 km sur 2 files. Des phénomènes bien plus graves sont constatés régulièrement sur les routes, et même les autoroutes de dégagement, mais il est plus vraisemblable de supposer qu'en présence d'une telle affluence, les autorités de douane et de police, pour autant que de tels contrôles existent encore à l'échéance envisagée (une échéance qui, d'après les prévisions de trafic, est située quelques années au-delà de l'an 2000) adopteront l'attitude qu'ils adoptent déjà maintenant en période de très fort trafic, c'est-à-dire l'abandon de fait de tout contrôle. Dans ces conditions, les installations prévues deviennent largement surabondantes, car, si l'on veut dans ce cas éviter toute attente aux guichets, les péages peuvent être perçus exceptionnellement sur les rames elles-mêmes, au fur et à mesure du chargement et pendant le parcours.

On peut donc admettre que les installations, telles qu'elles sont conçues, permettent d'acheminer dans de très bonnes conditions le trafic "normal" de pointe et dans des conditions acceptables le trafic "exceptionnel" et celà, pour des niveaux de trafic qui ne se rencontreront qu'au-delà de l'an 2000.

Il est intéressant de souligner que, compte tenu des dispositions réalisées par ailleurs, le problème est conditionné uniquement par le passage des créneaux de douane et police, opération qui n'est en rien propre à la technique de transport à travers le tunnel (traction autonome ou traction ferroviaire). Autrement dit les opérations d'embarquement sur la navette n'ont absolument aucune répercussion sur le service des créneaux, les stockages éventuels étant très facilement absorbés par les surfaces disponibles au-delà des créneaux.

...

2 - Transport des camions et autocars

Le transport des camions et autocars, que la SNCF tient à assurer dans toute la limite compatible avec les restrictions techniques inévitables, suppose une amélioration des conditions de gabarit imposées aux véhicules. Comme le gabarit du tunnel ne peut plus être accru, sauf reprise des piedroits en sous-oeuvre sur toute la longueur de l'ouvrage, opération très coûteuse à réaliser, la SNCF a étudié un matériel surbaissé analogue au matériel "piggy-back" de la SEGI. Le matériel type kangourou est absolument exclu en raison de l'incompatibilité de son mode d'emploi avec les conditions de l'exploitation en navettes à horaire strict[1] (chargement en marche arrière, importance des zones d'évolution au sol, nécessité d'employer par ailleurs des wagons piggy-back" pour le transport des tracteurs).

Le gabarit admissible avec le type de matériel ainsi envisagé est défini géométriquement par le dessin annexe 5.[2]

Quant aux rames, elles seraient composées de la façon suivante :

1 locomotive (14 m de longueur)

1 wagon chargeur (12,40 m de longueur)

1 wagon raccord (16,30 m de longueur) permettant le chargement d'un autocar ou d'un camion moyen

un certain nombre de wagons porteurs (16,40 m de longueur) chargeant chacun un camion

1 wagon raccord

1 wagon chargeur

1 locomotive.

La silhouette d'une de ces rames est représentée à l'annexe 6. (Le dessin est établi avec une longueur de rame et des références se rapportant à la desserte des installations terminales actuelles).

...

(1) Par contre, cette technique est parfaitement concevable pour un trafic à plus longue distance entre la France et l'Italie. La SNCF étudie actuellement, en liaison avec les chemins de fer italiens, l'éventualité d'un tel service sur la relation Montmélian-Turin-Milan et vice-versa.

(2) La SNCF étudie actuellement une solution améliorant encore ce gabarit, en réduisant davantage le diamètre des roues.

Avec des installations terminales comportant des voies de 500 m de longueur utile, on peut incorporer 25 wagons porteurs surbaissés et la capacité de la rame est de 27 camions. (En fait, selon la charge moyenne des camions que le gabarit permettra d'admettre, il est possible que la charge totale susceptible d'être atteinte par la rame conduise à prévoir une 3ème locomotive, ce qui réduirait le nombre de wagons et de camions d'une unité. Cependant cette éventualité est peu vraisemblable, et nous conserverons les chiffres indiqués ci-avant dans les calculs ultérieurs).

Le temps de parcours de ces rames est aussi de 17 minutes, mais il faut prévoir une durée de stationnement un peu plus longue à chaque extrémité, malgré le nombre beaucoup plus réduit des véhicules, parce que ceux-ci sont moins maniables. Il a été admis qu'un temps de stationnement de 30 minutes environ était nécessaire.

Compte tenu de cette donnée, l'étude d'un horaire des navettes pour les camions et autocars entièrement compatible avec le service des navettes d'automobiles en pointe "normale" montre que le service à prévoir ne peut se bâtir qu'avec deux rames s'échangeant toutes les 48 minutes et stationnant 31 minutes à chaque extrémité (graphique annexe 7 , dont la superposition avec le graphique annexe 1 fait ressortir la comptabilité).

L'ampleur du service pendant les heures de pointe du trafic automobiles privées est donc relativement limitée, parce qu'on accorde la priorité à celles-ci.

En effet, si le service "camions" n'était pas susceptible d'assurer une pointe horaire plus importante(1), sa capacité annuelle serait pratiquement limitée, compte tenu des coefficients de proportionnalité admis, à un peu plus de 70 000 véhicules.

...

(1) Cette pointe horaire est, avec les conventions admises :

$$27 \times 0{,}85 \times \frac{60}{48} = 29 \text{ véhicules.}$$

Mais, tout en donnant la priorité au service des automobiles, il est possible d'étoffer davantage le service des camions à toute autre époque que précisément l'heure de pointe du trafic automobiles l'année où ce trafic atteint le maximum susceptible d'être acheminé.

Cependant, le fait que l'on ne dispose que d'une voie et que la durée de stationnement y soit nécessairement assez longue, limite en tout état de cause la capacité d'une façon assez sensible. Le graphique annexe 8, qui tire le parti maximum de ces caractéristiques imposées, montre qu'avec 3 rames, on peut à la limite assurer un départ en pointe toutes les 30 minutes ce qui multiplie la capacité pratique calculée ci-avant dans le rapport $\frac{48}{30}$ soit 1,6. On peut donc traiter sans restriction, en superposition du trafic automobiles un trafic annuel de 115 000 autocars et camions(1). Ensuite, et sans doute avant que cela ne soit nécessaire pour respecter la priorité au trafic automobiles, il faudra appliquer un tarif "frein" nuancé, permettant d'augmenter encore le trafic en dehors de la pointe mais limitant strictement la pointe à environ 47 véhicules à l'heure ($29 \times \frac{48}{30}$), et cela en raison de la présence d'une seule voie et de la relativement longue durée de stationnement nécessaire. Si l'on veut éviter cette limitation, on pourra envisager de tirer parti de certains autres emplacements déjà repérés à Modane comme à Bardonnèche et qui permettraient de séparer le trafic camions et autocars du trafic voitures particulières, en installant deux voies de 350 m de longueur environ (dont il est aisé de montrer que la capacité serait bien supérieure à celle d'une seule voie de 500 m). Mais la SNCF ne peut pas encore s'engager sur ce point; elle signale seulement l'éventualité et la possibilité de cette solution.

...

---

(1) Cette éventualité pourrait se présenter entre 1985 et 1990, si le taux d'élimination des camions pour raison de gabarit est voisin de 40 % ; à cette époque le service des automobiles sera encore loin d'avoir pris toute son extension.

En tout cas, il est facile de vérifier que le traitement de la pointe de 47 autocars et camions en supplément de la pointe de 720 automobiles ne pose pas de problèmes (à condition de séparer les trafics à l'entrée dans le parking et en assignant des créneaux particuliers aux camions et autocars, ceux de l'extrémité nord-est du parking dans le cas de Modane ; d'autre part, la position de la voie pour les rames camions doit être choisie, comme c'est le cas sur l'annexe 3, de façon que la sortie des camions descendant des navettes s'effectue sans jamais cisailler le courant des véhicules en chargement).

En effet, en prenant un temps de service de 5 minutes par véhicule et une arrivée de 48 véhicules à l'heure en moyenne, on constate qu'il faut au moins 4 créneaux pour traiter ce trafic particulier. (On dispose de 7 créneaux à Modane et de plus de 7, si nécessaire, à Bardonnèche). Avec 7 créneaux, le calcul donne moins d'un véhicule en attente en moyenne par créneau, ce qui veut dire qu'il y a un ou des créneaux vides, susceptibles donc d'absorber les irrégularités du trafic.

Avant de clore ce chapitre sur les capacités maxima, il est bon de vérifier que la capacité totale de la ligne ne risque pas d'être dépassée. Le trafic moyen journalier de la ligne est actuellement (service des navettes exclu) de 15 trains de marchandises et 10 trains de voyageurs par sens. La tendance à long terme du trafic ferroviaire est au doublement en 20 ans pour les marchandises, quant au doublement du trafic voyageurs, il est vraisemblable qu'il sera à peine atteint dans la période de 50 ans à prendre en considération. Cependant, ces développements concernent, non pas le nombre des trains, mais le nombre des prestations en unités kilomètres. Le développement du nombre des trains se fait à un rythme beaucoup plus lent[1], par suite de progrès techniques incessants dans le domaine du matériel roulant (locomotives et wagons) et des méthodes d'exploitation. Les travaux du "Groupe 1985" du Plan ont permis de dégager d'ici cette échéance des facteurs d'évolution certains en ce sens. Même en tenant compte d'un développement privilégié des

...

(1) On enregistre même parfois, à la mise en service d'une nouvelle gamme de matériel ou de nouvelles méthodes d'exploitation, une régression sensible du nombre des trains, que la hausse du trafic met plusieurs années à résorber.

échanges avec l'Italie, il paraît exclu de supposer un développement en nombre des trains du service général supérieur au doublement en 25 ans pour les marchandises et en 50 ans pour les voyageurs. Au terme de la période envisagée, le nombre de trains du service général pourrait donc être, par sens et par jour, de (4 × 15 + 2 × 10) soit 80.

L'équipement en signalisation permet de lancer un train toutes les 6 minutes, d'où il résulte un trafic théorique possible de 240 trains par jour et par voie. Cependant, on considère généralement que 30 % de cette capacité théorique doivent être neutralisés, pour tenir compte des servitudes de l'entretien de la ligne et de la nécessité de disposer d'une certaine souplesse dans l'exploitation. La ligne serait donc à considérer comme saturée avec 168 trains par jour et par sens, alors que 80 seulement sont nécessaires pour le service général.

On pourrait donc mettre en marche, dans 50 ans, 88 × 365 = 32 120 circulations de navette par sens et par an.

Or l'étude des cadences du service entreprise au point b) ci-après montre que le service des automobiles n'utilisera pas plus de 17 900 circulations annuelles par sens et que le service des camions et autocars plafonnera certainement vers 9 000 circulations annuelles par sens. Il reste donc, même à la fin de la période envisagée, toute la souplesse voulue pour se répartir les capacités, le trafic général, surtout à base de marchandises, s'accommodant fort bien des contraintes du service des navettes et le service des voyageurs n'imposant au service des navettes que peu de contraintes, car les grands trains internationaux sont peu nombreux (et circulent d'ailleurs plutôt de nuit) tandis qu'il existe davantage de relations Modane-Turin, du service intérieur italien, dont la programmation est plus souple.

La capacité globale du tunnel ferroviaire est donc largement suffisante à l'horizon de 50 ans.

...

b) Consistance progressive des installations et des services

α/ installations terminales

La longueur utile des voies des installations terminales étant relativement élevée (500 m), on pourrait penser qu'il est avantageux de réaliser d'abord une première phase dans laquelle les voies auraient une longueur plus réduite, 300 à 350 m par exemple. Mais il est aisé de se rendre compte qu'avec les dispositions prévues à Modane (plan annexe 3), cette éventualité n'est pas à retenir : l'économie ne porterait que sur la fourniture et la pose des fonds de voie et leur équipement en filtramway, mais il faudrait établir en compensation une longueur égale de piste de circulation de 8 m de largeur pour les véhicules à charger et décharger, inutile par la suite, et construire des quais de chargement à un emplacement où ils deviendraient inutiles dès qu'on porterait la longueur des voies à 500 m. Le bilan de cette opération serait certainement négatif et il est donc indiqué de poser aussitôt les voies à leur longueur définitive - sans qu'il soit question de faire circuler aussitôt des navettes de cette longueur.

Côté Bardonnèche, la fausse manoeuvre serait moins nette, mais il est indiqué de disposer des mêmes moyens aux deux extrémités, le prix de fourniture et pose de quelques centaines de mètres de voie de service étant très réduit.

Par contre, la pose de la 3ème voie pour le service des automobiles n'est pas nécessaire aussitôt, bien que la dépense ainsi ajournée soit modeste (0,25 MF environ sur chaque chantier).

Le moment à partir duquel il est nécessaire de disposer de la 3ème voie est déterminé avec prudence par le moment où l'achat d'une 5ème rame devient nécessaire : tant que l'on dispose seulement de 4 rames, avec deux voies à chaque extrémité, on est absolument sûr de n'avoir aucune difficulté de réception (c'est d'ailleurs la même remarque, étendue à 6 rames et 3 voies par extrémité qui garantit un service très souple en situation finale, la 7ème rame n'intervenant qu'en pointe exceptionnelle).

...

Il est aisé de constater que 4 rames de 750 m de long permettent d'assurer en pointe un départ toutes les 18 minutes, avec un temps de parcours de 17 minutes et une durée de stationnement de 19 minutes à chaque extrémité (cycle complet de rotation en 72 minutes).

Chaque rame emportant 144 voitures, compte tenu du coefficient de chargement de 0,85, la capacité horaire de pointe est donc de :

$$144 \times \frac{60}{18} = 480 \text{ voitures.}$$

Comme il était prévisible, on peut donc assurer avec cet équipement les $\frac{2}{3}$ de la capacité finale de 1 800 000 véhicules. La 3ème voie serait donc à mettre en service lorsque le trafic serait un peu au dessous de 1 200 000 véhicules par an. Cela situe l'opération vers 1990.

Sans qu'il soit possible de dater par des considérations aussi fondées la réalisation des deux autres équipements d'installations fixes déjà énoncés : banalisation complète de la ligne avec télécommande des jonctions intermédiaires et réalisation du saut-de-mouton côté Modane, on peut fixer approximativement la même date de 1990 pour la banalisation et la date de l'an 2000 pour le saut-de-mouton.

/3/ <u>matériel roulant</u>

Pour définir la consistance du service à l'origine de l'exploitation, nous considérerons les chiffres de l'année 1970, par simplification, étant entendu que cette mise en exploitation peut être assurée quelques années avant cette date.

En 1970, il y aurait à assurer un trafic de 450 000 automobiles environ. Il y correspond un trafic de pointe, type 30ème heure, de 180 véhicules.

...

Cette pointe peut évidemment être assurée en mettant en oeuvre des moyens différents, puisqu'à cette époque on dispose de moyens très larges en capacité de ligne, en nombre et en longueur de voies. Le problème se circonscrit en pratique à utiliser ou 2 rames ou 3 rames.

Avec 2 rames et les mêmes caractéristiques de rotation (17 minutes de trajet et 19 minutes de stationnement), on peut assurer un départ toutes les 36 minutes ; avec 3 rames, on peut assurer un départ toutes les 24 minutes.

Pour enlever, avec ces cadences, 180 véhicules à l'heure, il faut dans le premier cas, que chaque rame emporte $\frac{180 \times 36}{60} = 108$ voitures et dans le second cas $\frac{180 \times 24}{60} = 72$ voitures. Compte tenu du coefficient d'occupation, la capacité des rames devrait donc être de respectivement 127 voitures et 85 voitures. Dans le premier cas, on utiliserait dès l'origine du service des rames de grande longueur, comportant, outre les diverses servitudes, 15 wagons porteurs, et dans le second cas des rames comportant 10 wagons porteurs.

Du point de vue technique pur, la première solution est certainement préférable à la seconde : elle comporte des besoins moindres en locomotives électriques et les coûts d'exploitation correspondants sont moindres car le nombre des circulations de rames est moins élevé. Mais il semble nécessaire, pour des raisons de qualité de service, de choisir la 2ème solution, qui conduit sans doute à prévoir un service un peu trop étoffé au départ, par rapport à l'optimum technique, mais que la progression rapide du trafic permettra de rendre plus rentable en peu de temps.

Compte tenu de ces considérations, le service des navettes pourraît être conçu à l'origine du service de la façon suivante:

- un départ de chaque sens toutes les demi-heures pendant 8 heures par jour (pas nécessairement continues) et un départ toutes les heures pendant 10 autres heures.(intervalle réduit à 24 minutes comme indiqué ci-dessus, au lieu de 30, pendant environ 250 heures)

...

- interruption du service pendant 6 heures.
- rames comportant en situation normale 7 wagons porteurs et 10 wagons porteurs en situation de pointe.

Le nombre annuel de rames mises en circulation serait alors de 19 100. Au fur et à mesure du développement du trafic, on augmenterait le nombre des circulations en réduisant la période pendant laquelle l'intervalle est de 1 heure et ainsi de proche en proche, en réduisant en outre ultérieurement la période pendant laquelle aucun service n'est assuré. Par ailleurs, la composition des rames en nombre de wagons porteurs serait accrue à mesure des besoins.

Finalement on aboutirait, pour le trafic de 1 800 000 véhicules par an, à une situation du genre de la suivante ne comportant plus aucune période d'interruption du service et un écart maximum des rames de 1 heure pendant une courte période de nuit :

1 départ toutes les 12 minutes pendant 400 h par an (exceptionnellement toutes les 10 minutes pendant 30 à 50 heures).

1 départ toutes les 20 minutes pendant 2 500 heures par an.

1 départ toutes les 30 minutes pendant 2 535 heures par an.

1 départ toutes les heures (période de nuit) pendant 3 325 heures par an.

A ce service correspond la mise en circulation de 35 800 rames par an.

Enfin, la circulation des rames de camions et autocars nécessite aussi, dès le départ, un service minimum, qui peut être fixé à intervalle d'une heure pendant 18 heures par jour (même durée d'ouverture que le service des automobiles). Il y aurait ainsi environ 13 800 rames mises en circulation pour ce trafic à l'origine.

...

Il est plus difficile de préciser l'évolution ultérieure de ce service, puisqu'on ne connaît pas encore le trafic auquel il conviendra de faire face, compte tenu des restrictions de gabarit, mais on sera amené à jouer davantage sur la longueur des rames que sur leur fréquence, puisqu'on a vu ci-avant que, compte tenu des installations disponibles, sauf transfert du service sur des installations spéciales, la cadence la plus serrée qu'on puisse assurer est d'un départ toutes les 30 minutes. Au total, on peut penser qu'en situation finale on assurera environ 18 000 départs pour les deux sens de circulation, partie par resserrement des fréquences et partie par allongement de la période d'ouverture, qui pourrait atteindre 20 h.

L'annexe 9 rassemble, sous forme d'un échéancier, les divers éléments relatifs à la réalisation des investissements et indique leur estimation aux prix de 1963.

IV - Coûts d'exploitation

Les dépenses d'exploitation se composent :

a) des dépenses de personnel des gares terminales.

b) des dépenses diverses de gares, qui représentent des frais généraux d'exploitation (tenue de la comptabilité, gestion du personnel, etc.).

c) des dépenses de personnel d'accompagnement des trains.

d) des dépenses de traction, qui regroupent les dépenses du personnel de conduite des trains, de consommation d'énergie et de matières diverses, de frais généraux de dépôt et d'entretien du matériel de traction.

e) des dépenses d'entretien du matériel remorqué.

...

f) des dépenses marginales d'entretien des installations fixes : elles sont constituées, pour partie, par l'accroissement des dépenses d'entretien et de renouvellement des voies principales parcourues par les navettes, du fait de cette circulation supplémentaire, et, pour partie, par les dépenses d'entretien des installations fixes nouvelles (installations terminales).

Les dépenses d'entretien de la signalisation nouvelle sont à maintenir à la charge du service général des trains, qui en bénéficiera et qui enregistrera dans son bilan les gains de productivité rendus possibles (suppression du personnel de desserte des postes de block manuel de pleine voie, allégement de la réglementation générale de sécurité, renforcement de la sécurité), économies ou améliorations que le bilan des navettes n'enregistre pas.

L'annexe 10 présente l'évaluation de ces diverses catégories de dépenses, en 1970 et à la date correspondant au niveau maximum de trafic envisagé, aux conditions de 1963.

Enfin, l'annexe 11 récapitule ces dépenses sous forme d'un tableau synoptique.

V - Rapprochement des prix de revient et de la tarification envisagée

La SETEC a étudié à la demande du Groupe de Travail la relation entre les trafics et les péages ou prix de transport demandés; elle a conclu que les tarifs procurant les recettes maximum étaient :

- pour les automobiles : 16 F en moyenne
- pour les camions : 200 F en hiver en moyenne
  50 F en été en moyenne

et les courbes établies montrent que le niveau du trafic est très sensible à une variation même relativement faible du péage ou du

...

prix de transport, sauf au voisinage immédiat de ces chiffres. Ces courbes illustrent et justifient l'efficacité des tarifs "freins" dont il a été question ci-avant.

Pour les autocars, la SETEC n'a pas établi de tarif analogue, les prévisions du trafic "autocars" ne conduisant qu'à des chiffres très modérés pour cette catégorie de véhicules. On peut se proposer d'adopter un prix de l'ordre de 80 F.

Comme il est aisé de constater, d'après les chiffres maintenant établis, que les charges d'amortissement et d'intérêt des sommes investies, additionnées à la part fixe des dépenses d'exploitation (celles qu'il faut consentir dès le départ pour assurer le service) sont prépondérantes par rapport à la part variable avec le trafic des dépenses d'exploitation et que l'évolution de ces dernières en fonction du trafic est très lente, le tarif qui maximise les recettes est pratiquement aussi celui qui maximise les bénéfices. C'est donc le tarif optimum du point de vue du transporteur. D'autre part, le total : prix de transport + surplus de l'usager étant constant pour un service de caractéristiques données, c'est aussi le tarif qui maximise le total des recettes du transporteur et du surplus des usagers ; c'est donc le tarif optimum pour la collectivité constituée par le transporteur et l'ensemble des usagers.

Sous la réserve déjà énoncée ci-avant d'une confirmation, dans ses grandes lignes, des résultats des études de la SETEC pour le tunnel du Mont-Blanc, qui pourra avoir lieu prochainement, l'adoption de ces tarifs s'impose donc.

Il est toutefois intéressant de vérifier qu'ils conduisent à une situation financière saine dès le début de l'exploitation (nous utilisons encore une fois pour ce calcul les chiffres de l'année 1970, bien que l'exploitation puisse être mise en route plus tôt).

...

Le bilan financier du service des automobiles en 1970 se présente de la façon suivante :

Intérêt et amortissement des dépenses d'installations fixes (durée de vie 50 ans) :

80 % des installations terminales proprement dites[1]

$0,8 \; [9,4 + 6,75] \times 0,07246 = 0,936$ MF

100 % de la signalisation et des travaux routiers

$[5 + 0,5] \times 0,07246 = 0,399$ MF

Intérêt et amortissement du matériel moteur[2] (durée de vie 30 ans) $7,301 \times 0,08059 = 0,588$ MF

Intérêt et amortissement du matériel remorqué[3] (durée de vie 40 ans) $7,045 \times 0,07501 = 0,528$ MF

Dépenses d'exploitation 2,522 MF

Total des dépenses ..... 4,973 MF

Le trafic attendu étant de 450 000 véhicules, les recettes, au tarif moyen de 16 F, sont de 7,2 MF et le bénéfice net de 2,2 MF environ. Celui-ci est destiné à s'accroître très rapidement avec le développement du trafic.

Quant au service des camions et autocars, son bilan particulier se présente, pour la même année, de la façon suivante :

Intérêt et amortissement des installations fixes (20 % des installations terminales)

$0,2 \times (9,4 + 6,75) \times 0,07246 = 0,234$ MF

...

(1) 20 % sont à mettre à la charge du service des camions parce que, si aucun service de cette nature n'était à prévoir, il suffirait de faire les terrassements pour 3 voies au total au lieu de 4 ; le parking pourrait être moins largement dimensionné, etc.

(2) Il faut rétablir ici le coût des 7 locomotives nécessaires, sans tenir compte des locomotives déjà affectées au service actuel.

(3) Il faut de même ne pas tenir compte de la valeur de récupération des wagons actuellement utilisés.

Report : 0,234 MF

Intérêt et amortissement du matériel moteur

5,215 × 0,08059 = 0,420 MF

Intérêt et amortissement du matériel remorqué

3,527 × 0,07501 = 0,264 MF

Dépenses d'exploitation = 1,552 MF

Total des dépenses ..... 2,470 MF

D'après les prévisions de trafic de la SETEC, la SNCF pourrait espérer transporter en 1970 sur les navettes, s'il n'y avait pas de restriction de gabarit, environ 3 000 autocars, 24 000 camions en été et 20 000 camions en hiver (à condition de tarifer à l'optimum de 50 F en été et 200 F en hiver pour les camions).

Il n'y a aucune restriction de gabarit à prévoir pour les autocars qui, moyennant une taxe de 80 F par véhicule rapporteront 240 000 F. Pour que le service soit équilibré dès 1970, il suffit donc que les recettes "camions" soient de 2,230 MF. Il est facile de vérifier qu'un trafic de 8 500 camions en hiver et de 10 200 camions en été (qui respecte la répartition annoncée entre ces deux catégories de trafic) assure ces recettes. On constate qu'il suffirait que 42,5 % des camions "potentiels" puissent être admis du point de vue du gabarit. Il ne semble pas excessif de compter effectivement sur un trafic au moins égal à celui là, dans l'état actuel de l'enquête en cours sur cette question.

La progression rapide du trafic camions qui résulte, pour les années suivantes, des études de trafic de la SETEC, permettra en tout cas de rendre rapidement le service spécial "camions" largement bénéficiaire pour la SNCF. On trouve en effet que, pour un trafic de l'ordre de 50 000 véhicules, qui est encore loin de la limite de capacité du service, et comportant approximativement 6 000 autocars, 20 000 camions d'hiver et 24 000 camions d'été, la recette serait de 5,7 MF pour une dépense totale, charges d'intérêt et d'amortissement comprises, de l'ordre de 2,7 à 2,8 MF.

...

VI - Conclusion

Sur le plan technique, cette étude fait ressortir la puissance considérable du système des navettes ferroviaires. Dans le cas particulier de la relation Modane-Bardonnèche, on bénéficie de surcroît de conditions favorables propres à cette relation:

- distance de transport relativement courte
- ligne à grosse marge de capacité
- vitesse des trains limitée pour des raisons techniques à un niveau tel que le tronçon est exploité en marches parallèles.

Il en résulte que le trafic n'est limité, à un horizon d'ailleurs très lointain, que par le dimensionnement des installations terminales, et non par la capacité de la ligne ou l'organisation technique du service (il faut noter toutefois une restriction d'un autre ordre, provenant du gabarit, pour les véhicules de grande dimension(1)).

Les bénéfices d'exploitation sont importants dès le départ, et leur capitalisation, qui résultera directement du bilan actualisé en cours d'établissement, justifiera sans doute, le moment venu, des travaux, même importants, de desserrement des installations terminales, permettant de tirer pleinement parti de la puissance sans égale de l'outil.

---

(1) Qu'on peut espérer un peu moins sévère que celle qui peut être garantie actuellement, si la circulation de wagons à roues encore plus petites, qu'on étudie actuellement, peut être admise.

Annexe 9

ECHEANCIER DES INVESTISSEMENTS A REALISER

Avant de dresser le calendrier des investissements, il convient de préciser les programmes d'acquisition du matériel roulant, compte tenu des réserves nécessaires.

L'exploitation du service des automobiles doit commencer avec 3 rames de 10 wagons porteurs (la composition normale de la rame étant limitée à 7 wagons porteurs). Il est nécessaire de constituer une réserve pour obvier aux retraits du service pour entretien périodique ou avarie. Cette réserve, calculée largement, peut être fixée à 15 % de l'effectif, mais il faut, bien entendu, arrondir éventuellement à l'unité. Toutefois, on peut réduire les acquisitions de locomotives, car on dispose des 3 locomotives affectées au service actuel des navettes (année d'acquisition "pondérée" : 1955). Pour l'étude des besoins, on affectera conventionnellement 2 de ces locomotives au service des automobiles et 1 au service des autocars et camions.

Enfin, la mise en service du matériel à 2 étages rendra disponible les wagons actuellement utilisés (2 rames normales et 1 rame de réserve d'un type différent, comportant au total respectivement 28 wagons porteurs et 12 wagons porteurs). On peut admettre une valeur de reprise pour réemploi de 0,015 par unité, soit une valeur de récupération de 0,60 MF.

Dans ces conditions, le matériel à acquérir au départ est ainsi constitué :

...

Service des automobiles

3 × 2 + 1 - 2 = 5 locomotives à 1,043 MF	= 5,215 MF	
3 + 1 = 4 voitures voyageurs à 0,300	= 1,200 MF	matériel remorqué : 7,045MF
3 × 2 + 1 = 7 wagons chargeurs ordinaires à 0,09 MF	= 0,630 MF	
3 × 2 + 1 = 7 wagons mixtes porteurs chargeurs à 0,12 MF	= 0,840 MF	à déduire 0,600MF
(3×10)+0,15×30 = 35 wagons porteurs à 0,125 MF	= 4,375 MF	6,445MF
	12,260 MF	
A déduire : valeur de récupération	0,600 MF	
	11,660 MF	

En solution finale, on doit disposer de 6 rames complètes à 20 wagons porteurs, soit, avec la réserve de 15 %, en chiffres ronds, de 7 rames complètes.

Le matériel nécessaire est donc le suivant :

7 × 2 = 14 locomotives à 1,043 MF	=14,602MF	
7 voitures voyageurs à 0,300	= 2,100MF	matériel remorqué: 22,540MF
7 × 2 = 14 wagons chargeurs ordinaires à 0,09MF	= 1,260MF	
7 × 2 = 14 wagons mixtes porteurs chargeurs à 0,12MF	= 1,680MF	
7 × 20 = 140 wagons porteurs à 0,125 MF	=17,500MF	
Soit au total	37,142MF	

Pour l'établissement d'un bilan actualisé, on pourra répartir les acquisitions permettant de passer du parc primitif au parc final en se basant sur les différents rythmes d'accroissement du trafic. Si l'on veut éviter d'inscrire une somme chaque année, on peut calculer une somme équivalente pour chaque période de 5 ans par exemple.

...

Service des camions

Il est plus malaisé de savoir quelle consistance donner au départ à ce service, car on est encore dans l'incertitude sur le trafic possible.

En considérant que des rames de 15 wagons porteurs surbaissés seront certainement suffisantes au départ, les dépenses initiales sont les suivantes :

4 + 1 - 1 = 4 locomotives à 1,043	= 4,172 MF	matériel remorqué : 3,527 MF
4 + 1 = 5 wagons chargeurs à 0,055	= 0,275 MF	
4 + 1 = 5 wagons-raccords à 0,082	= 0,410 MF	
(2 × 15)+30×0,15 = 35 wagons porteurs à 0,0812	= 2,842 MF	
Total	7,699	

En situation finale, on doit disposer de 3 rames de 25 wagons porteurs soit avec les réserves :

6 + 1 = 7 locomotives à 1,043	= 7,301 MF	matériel remorqué : 8,023 MF
6 + 1 = 7 wagons chargeurs à 0,055	= 0,385 MF	
6 + 1 = 7 wagons-raccords à 0,082	= 0,574 MF	
(3×25)+75×0,15 = 87 wagons porteurs à 0,0812	= 7,064 MF	
Total	15,324 MF	

Cette situation finale doit être atteinte l'année où le trafic de cette nature atteindra environ 115 000 unités. Les acquisitions intermédiaires devront être réparties sur le nombre d'années ainsi intéressées.

En admettant que les travaux et acquisitions se réalisent à partir de 1966 (il n'est pas possible d'envisager pratiquement une date plus rapprochée), le calendrier des investissements (renouvellement exclu) se présente de la façon suivante :

...

en MF

Année	Installations Fixes	Matériel Moteur	Matériel remorqué
1966	9,4(1) + 6,75(2) + 0,5(3) + 5(4) = 21,65	5,215 + 4,162 = 9,377	6,445 + 3,527 = 9,972
1967			
1968			
1969			
1970			
1971			
1972			
1973			
1974			
1975	1,5(5)		
1976			
1977			
1978			
1979			
1980			
1981			
1982			
1983			
1984			
1985			
1986			
1987			
1988			
1989			
1990	0,5(6) + 5(7) = 5,5		
1991			
1992			
1993			
1994			
1995			
1996			
1997			
1998			
1999			
2000	4,2(8)		
2001			
2002			
2003			
2004			
2005	Année approximative où le trafic automobiles atteindra 1 800 000 véhicules		
2006			
etc.			

Acquisition de 7 locomotives, soit 14 602 MF, pour les navettes automobiles, répartie pour faire face au développement du trafic.

Acquisition de deux locomotives, soit 2,086 MF

période où le trafic "camions" peut atteindre 115000 véhicules

Acquisition de matériel divers (22,540 - 7,045) = 15,495 MF, à répartir selon les besoins de croissance du trafic

Acquisition de matériel divers (8,023-3,527)= 4,496 MF à répartir selon les besoins de croissance du trafic

(1) Coût des installations terminales de Modane avec 3 voies de 500 m de longueur
(2) Coût des installations terminales de Bardonnèche avec 3 voies de 500 m de longueur
(3) Coût d'aménagement de la RN 6 aux abords de l'accès au parking à Modane
(4) Coût d'installation du block automatique lumineux et de la télécommande des appareils de voie des installations terminales.
(5) Coût de construction d'un ouvrage d'accès au parking évitant le cisaillement des flux de voitures.
(6) Coût de la pose et de l'équipement de la 4ème voie à Modane et à Bardonnèche.
(7) Banalisation et télécommande de toutes les installations du parcours Modane - Bardonnèche.
(8) Coût de construction d'un saut-de-mouton à Modane.

ESTIMATION DES DEPENSES D'EXPLOITATION

Il convient d'abord de remarquer que les besoins en personnel pour le fonctionnement du service des navettes sont en relation étroite avec le niveau de trafic à assurer. Nous nous appuyerons donc, pour procéder aux évaluations nécessaires, sur l'organisation du service en début d'exploitation (en 1970 en fait) et à la période de trafic maximum, telle qu'il a été décrit, au point III de la note principale.

Un élément très important pour cette évaluation est le fait que les chemins de fer disposent d'une puissante organisation à l'échelle nationale leur permettant de faire face aux variations saisonnières des besoins sur l'ensemble du territoire; s'ils ne sont pas directement desservis par le fer, un grand nombre d'établissements purement commerciaux de la SNCF ne sont ouverts qu'à certaines périodes de l'année ou dans certaines circonstances particulières : stations de sports d'hiver, de cures thermales, de séjour de vacances, manifestations spéciales telles que grandes expositions ou congrès. Pour les agglomérations de même caractère directement desservies par le fer, les variations des besoins en personnel concernent non seulement les agents en contact avec le public mais toutes les catégories de personnel d'exploitation. Aussi les chemins de fer ne sont-ils nullement obligés de s'équiper en personnel en fonction directe de la pointe d'un service particulier localisé, tel que le service des navettes ferroviaires envisagé.

D'autre part, le régime de travail au chemin de fer est basé pour tout le personnel du service actif de l'exploitation et de la traction sur l'exécution d'un certain nombre d'heures de service dans l'année, réparties selon des "roulements", établis spécialement pour chaque période décadaire, et qui

...

peuvent comporter des affectations et des horaires de travail variables et répartis d'une façon variable dans la journée.

Ces caractéristiques particulières du régime de travail à la SNCF ne vont pas sans quelque incidence sur le prix de revient de l'heure d'agent par rapport au prix de revient, à qualification comparable, d'un personnel qui serait occupé à un emploi bien défini dans un horaire régulier et en un lieu stable. Mais les prix de revient annuels des agents des diverses catégories, qui sont établis par les services de la comptabilité générale, tiennent compte de toutes ces particularités puisqu'ils assurent le bouclage avec le total des salaires et des charges effectives.

On est donc parfaitement en droit, dans le cas du chemin de fer, de rechercher le nombre d'heures de service à assurer dans l'année pour chacune des catégories de personnel, et de diviser par le nombre d'heures effectivement assurées (compte tenu des repos, congés et maladies) pour avoir dans chaque catégorie l'effectif moyen annuel.

A - Dépenses de personnel des gares

Ceci posé, les installations terminales étant symétriques et leurs besoins annuels identiques, nous rechercherons les besoins en personnel pour l'une d'elles, d'abord pour l'année origine (ou plutôt pour l'année 1970) et ensuite pour l'année du maximum du service.

Besoins en personnel de 1970

a) Service des automobiles

La pointe est de 180 voitures à l'heure. La reprise des calculs poissonniens montre qu'il faut avoir 7,5 créneaux en parallèle à l'heure de pointe. Avec $n = 10$, on a un service parfait avec 2,2 voitures en attente en moyenne.

...

Il faut donc 3 péagistes à l'heure de pointe. Cet effectif peut être supposé maintenu pendant 1000 heures par an ; il tombe ensuite à 2 pendant 1920 heures et à 1 pendant 3650 heures (période où les rames sont à 1 h d'intervalle).

Les autres catégories de personnel nécessaire sont :

- 1 sous-chef de gare pendant toute la durée d'ouverture du service,

- 2 hommes d'équipe en période normale et 3 en pointe. Les 2 hommes d'équipes permanents sont chargés de diriger les opérations d'embarquement sur les rames (il n'y a jamais qu'une rame en chargement à la fois et les rames en déchargement ne nécessitent aucun personnel, l'abattage de la passerelle amovible étant commandé par l'agent d'accompagnement). Le 3ème homme d'équipe est, en pointe, chargé de répartir les véhicules arrivant sur les différents créneaux, ce qui n'est pas nécessaire pour un nombre de créneaux ouverts inférieur à 10.

Le nombre d'heures annuelles de service de chacune des catégories est donc dans ce cas :

- sous-chefs de gare : $18 \times 365 = 6570$ heures
- facteurs et facteurs enregistrants (péagistes) :

$$3 \times 1000 + 2 \times 1920 + 1 \times 3650 = 10\ 490 \text{ heures}$$

- hommes d'équipe :

$$3 \times 250 + 2 \times [18 \times 365 - 250] = 13\ 390 \text{ h}$$

Le tableau de service prévoit actuellement 2144 h de travail par an (régime de 46 heures en moyenne par semaine), compte tenu des repos, congés et jours fériés légaux, mais il faut retrancher de ce nombre les indisponibilités pour maladie et blessures, soit 3,6 % en moyenne. Le temps effectif de travail d'un agent est donc de 2067 heures par an.

...

Les effectifs moyens annuels nécessaires sont donc (pour chaque installation terminale) :

- sous-chefs de gare : $\frac{6570}{2067} = 3,2$

- facteurs et facteurs enregistrants : $\frac{10\ 490}{2\ 067} = 5,1$

- hommes d'équipe : $\frac{13\ 390}{2\ 067} = 6,5$.

b) <u>service des autocars et camions</u>

Le service des autocars et camions est considéré comme marginal par rapport à celui des navettes. Il nécessite néanmoins :

- 1 péagiste pendant toute la durée du service (il est vraisemblable que les créneaux réservés à ce type de trafic seront nettement séparés de ceux des véhicules automobiles),

- 1 homme d'équipe pour diriger les manoeuvres de chargement et déchargement en dehors des périodes de fort trafic (il y a une seule rame présente à la fois) et 2 hommes d'équipe en période de trafic plus dense (respectivement 80 % et 20 % du temps, soit en moyenne annuelle 1,1 agent).

On peut admettre que la séparation du trafic à l'entrée du parking peut être assurée exclusivement, pour les niveaux attendus cette année-là, par des peintures au sol et des inscriptions en banderolle.

Il faut donc, en moyenne annuelle, disposer des effectifs suivants :

...

- facteurs et facteurs enregistrants : $\frac{18 \times 365}{2\ 067} = 3,2$

- hommes d'équipe : $1,1 \times \frac{18 \times 365}{2\ 067} = 3,5$

<u>Besoins en personnel au niveau maximum possible du trafic</u>

a) Service des automobiles

On a vu qu'il faut ouvrir en pointe environ 40 créneaux, ce qui nécessite 10 péagistes. D'autre part, le sous-chef de gare doit être assisté pendant les périodes de fort trafic d'un adjoint (facteur enregistrant). Enfin, le service est ouvert sans interruption.

Compte tenu de la consistance prévue pour le service, qui est donnée au point III de la note principale, le personnel nécessaire peut être ainsi évalué (en nombre d'heures annuelles, puis en effectif moyen annuel).

- Sous-chefs de gare : 24 x 365 = 8 760 heures soit 4,25 agents

- Facteurs et facteurs enregistrants
  - 10 péagistes pendant 400 heures
  - 6 péagistes pendant 2500 heures
  - 3 péagistes pendant 2535 heures
  - 1 péagiste pendant 3325 heures
  - 1 adjoint au sous-chef de gare pendant 400 heures

  = 30 330 heures soit 14,7 agents

- Hommes d'équipe (1)
  - 4 agents pendant 400 heures
  - 3 agents pendant 2500 heures
  - 2 agents pendant 5860 heures

  = 20 220 heures soit 9,8 agents

...

(1) Il n'y a jamais qu'une rame à la fois en chargement, donc il suffit de deux agents pour ce service ; par contre on peut penser qu'il est nécessaire d'avoir deux agents de plus pendant 400 heures de l'année pour la répartition du trafic sur les créneaux et 1 agent pendant 2500 heures.

b) Service des autocars et camions

Même en service de pointe, quelques créneaux seulement sont suffisants et, compte tenu du délai moyen de stationnement plus élevé, il suffit d'un péagiste à toute époque de l'année. On peut estimer nécessaire de placer un homme d'équipe dans le parking, en plus de ceux prévus pour le service des automobiles, pendant environ 1000 heures par an, pour assurer une séparation parfaite des trafics automobiles et camions. D'autre part, on peut estimer qu'il faudra 2 hommes d'équipe au chargement pendant la moitié de la durée du service. La durée du service étant prévue de 20 h par jour (elle pourra s'étendre encore davantage au-delà de la période de 1985-1990 considérée comme période de saturation du service, sans frais supplémentaires de personnel grâce au personnel présent pour les automobiles avec un service supplémentaire à 2 h du matin par exemple)

- facteurs et facteurs enregistrants : 20 × 365 = 7 300 heures soit 3,5 agents

- hommes d'équipe $\left\{ \begin{array}{l} 2 \times 10 \times 365 \\ 1 \times 10 \times 365 \\ 1 \times 1000 \end{array} \right\}$ = 11 950 heures soit 5,8 agents

Les prix de revient moyens annuels, toutes charges comprises, de ces diverses catégories d'agents sont, aux conditions de 1963 :

- sous-chefs de gare : 23 300 F
- facteurs mixtes - facteurs enregistrants : 17 700 F
- hommes d'équipe : 14 200 F

Compte tenu de ces prix, les dépenses de personnel des gares sont au total :

...

a) pour le service des automobiles :

en 1970 : $2 \left[3,2 \times 23\ 300 + 5,1 \times 17\ 700 + 6,5 \times 14\ 200\right] = 514\ 260$ F

avec un trafic de 1800 000 véhicules par an :

$2 \left[4,25 \times 23\ 300 + 14,7 \times 17\ 700 + 9,8 \times 14\ 200\right] = 996\ 760$ F

b) pour le service des camions :

en 1970 : $2 \left[3,2 \times 23\ 300 + 3,5 \times 14\ 200\right] = 248\ 520$ F

avec un trafic de l'ordre de 115 000 véhicules par an :

$2 \left[3,5 \times 23\ 300 + 5,8 \times 14\ 200\right] = 327\ 820$ F

B – Dépenses diverses de gares

Ces dépenses atteignent 5 % des dépenses directes de personnel, soit :

a) pour le service des automobiles :

en 1970 : $514\ 260$ F $\times\ 0,05 = 25\ 700$ F

avec un trafic de 1 800 000 véhicules par an :

$996\ 760$ F $\times\ 0,05 = 49\ 850$ F

b) pour le service des camions

en 1970 : $248\ 520 \times 0,05 = 12\ 430$ F

avec un trafic de l'ordre de 115 000 véhicules par an :

$327\ 820 \times 0,05 = 16\ 390$ F

...

C – Dépenses de personnel d'accompagnement des trains

Ces dépenses sont à évaluer sur la base de 11 250 F par an et par agent d'accompagnement.

...

a) pour le service des automobiles

En 1970, il y a 3 rames en service pendant 8 heures par jour et 2 rames en service pendant 10 heures par jour. Avec un agent par rame, les frais annuels sont donc :

$$\frac{[3 \times 8 + 2 \times 10]365}{2\,067} \times 11\ 250\ F = 92\ 300\ F$$

Avec un trafic annuel de 1 800 000 véhicules par an, on peut admettre pour ce poste un prix proportionnel au nombre de rames mises en circulation. Les dépenses à ce titre deviennent donc :

$$92\ 300 \times \frac{35\ 800}{19\ 100} \text{ soit } 173\ 000\ F$$

b) pour le service des navettes

En 1970, il y a 2 rames en service pendant 16 heures par jour. Les frais annuels sont :

$$\frac{2 \times 16 \times 365}{2\,067} \times 11\ 250\ F = 63\ 000\ F.$$

Avec un trafic d'environ 115 000 véhicules, il y a 3 rames en service pendant 20 heures par jour. Les frais annuels sont donc plus élevés dans la proportion de $\frac{60}{32}$; ils atteignent ainsi 118 000 F.

D - <u>Dépenses de traction</u> (regroupant les dépenses de personnel de conduite, de consommation d'énergie et de matières diverses, de frais généraux de dépôt et d'entretien du matériel de traction)

La gamme des tonnages bruts des rames à remorquer étant relativement fermée et nécessitant en tout état de cause deux

...

locomotives sur chaque rame et deux seulement (sauf vérification à faire le moment venu pour les rames de camions, ainsi qu'on l'a signalé dans la note principale) les dépenses de l'espèce au train-km sont presque constantes, le seul poste variable, dans une faible mesure d'ailleurs, étant l'énergie (les rames sont de plus grande longueur et de plus grande charge moyenne en fin de période qu'en début d'exploitation). Quant aux locomotives, il suffit de se reporter au parc et au nombre de circulations à assurer pour constater que leur productivité en trains-km est pratiquement constante (et donc celle du personnel de conduite).

Le prix au train-km d'un tel service peut être ainsi fixé à 5,50 F en 1970 et à 5,75 F en fin de période.

Compte tenu de la distance de parcours (14 km), les frais de traction sont les suivants :

a) pour le service des automobiles :

en 1970 : 19 100 × 14 × 5,50 = 1 470 700 F

avec un trafic de 1 800 000 véhicules par an :

35 800 × 14 × 5,75 = 2 881 900 F

b) pour le service des camions :

en 1970 : 13 800 × 14 × 5,50 = 1 062 600 F

pour un trafic de l'ordre de 115 000 véhicules :

18 000 × 14 × 5,75 = 1 449 000 F

E - Dépenses d'entretien du matériel remorqué

Le taux adopté d'une manière générale pour cette catégorie de dépenses est de 3 % par an de la valeur à neuf du matériel utilisé ; toutefois, pour tenir compte d'une utilisation moindre (stationnements terminaux plus longs, plus forte proportion de matériel en réserve) le taux adopté pour elles en 1970 est de 2,5 % seulement pour le matériel "camions".

Ces dépenses atteignent donc les montants suivants :

a) pour le service des automobiles :

en 1970 : 7 045 000 x 0,03 = 212 000 F

pour un trafic de l'ordre de 1 800 000 véhicules :

22 540 000 x 0,03 = 676 200 F

b) pour le service des camions :

en 1970 : 3 527 000 x 0,025 = 88 200 F

pour un trafic de l'ordre de 115 000 véhicules :

8 023 000 x 0,03 = 240 700 F

F - Dépenses marginales d'installations fixes

Les dépenses annuelles d'entretien des installations fixes nouvelles peuvent être estimées à 50 000 F par gare terminale.

Quant aux dépenses marginales des voies principales, elles sont évidemment en relation avec l'intensité relative du trafic par rapport au trafic général, qui supporte tous les frais de base. Mais la progression des frais d'entretien en fonction du trafic est extrêmement lente dans les limites de tonnage considéré. Par contre, la progression de l'usure des rails, qui

...

conditionne la cadence des renouvellements est proportionnelle au tonnage brut remorqué passant en tout point. Comme il s'agit au total de sommes relativement peu importantes, on peut rapporter ces dépenses au train-km et admettre une valeur de 0,40F/ train-km en 1970 et de 0,60 F en période d'exploitation maximum.

Les dépenses correspondantes sont donc :

a) pour le service des automobiles :

en 1970 : - dépenses terminales : 100 000 F
- dépenses marginales de la voie :
19 100 × 14 × 0,4 = 107 000 F) — 207 000 F

pour un trafic de 1 800 000 véhicules :

- dépenses terminales : 100 000 F
- dépenses marginales de la voie :
35 800 × 14 × 0,6 = 300 700 F) — 400 700 F

b) pour le service des camions :

en 1970 : - dépenses marginales de la voie :

13 800 × 14 × 0,4 = 77 300 F

pour un trafic de l'ordre de 115 000 véhicules :

- dépenses marginales de la voie :

18 000 × 14 × 0,6 = 151 200 F