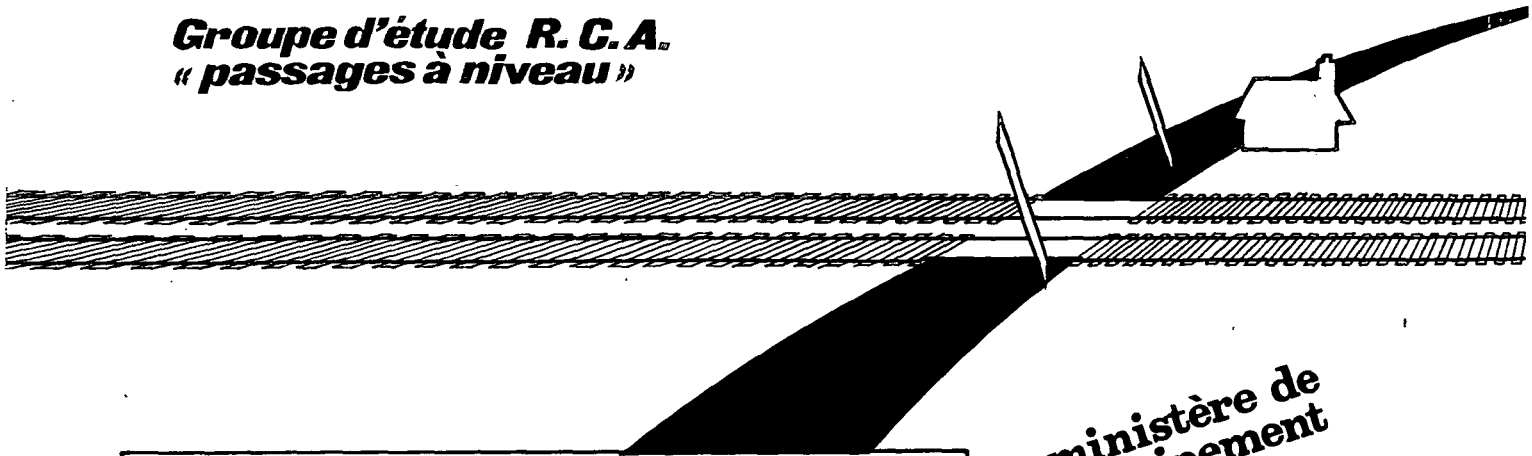


Groupe d'étude R. C. A.
« passages à niveau »

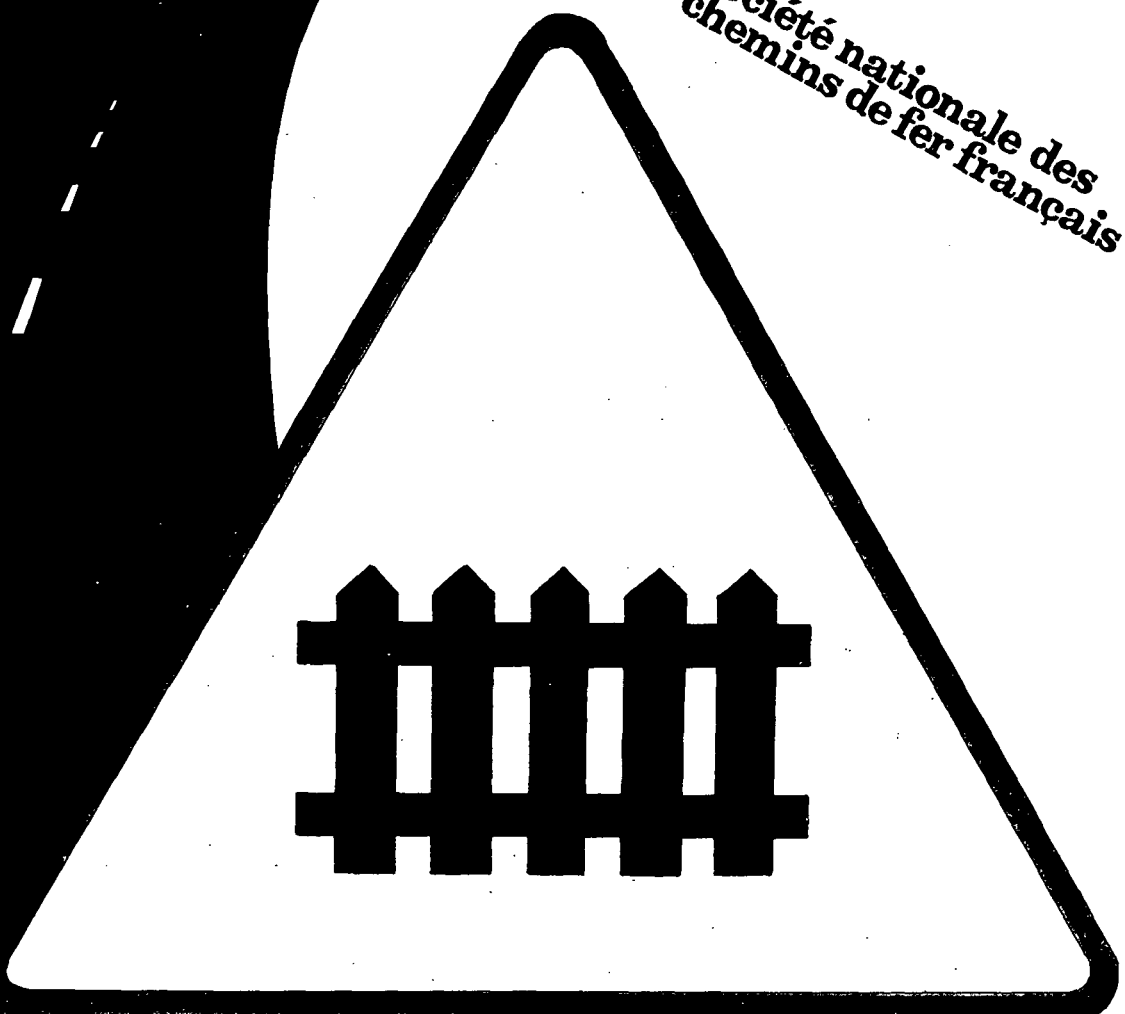


ETUDE PILOTE R. C. A.
PASSAGES A NIVEAU

**ministère de
l'équipement**

**ministère
des transports**

**société nationale des
chemins de fer français**



II. SITUATION OPTIMUM
BASES D'UNE RÉGLEMENTATION

Ce rapport a été élaboré dans le cadre de l'étude pilote R.C.A. sur les passages à niveau de la S.N.C.F. confiée à Monsieur PROTAT, Chef du Service des Chemins de Fer au Ministère des Transports, par le Ministre de l'Équipement et du Logement et le Ministre des Transports.

Il a été rédigé sous la direction de Monsieur J. PELLEGRIN, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef de la Division des Investissements et des Etudes Economiques au Ministère des Transports, par :

- M. BOUTET – S.N.C.F.
- M. GIETHLEN – Ministère des Transports
- M. MEYNIER – Ministère des Transports
- M. SIMOULIN – Ministère de l'Équipement

Ont également participé à l'élaboration de ce présent rapport, les services de l'Office National de Sécurité Routière (O.N.S.E.R.).

PLAN DU RAPPORT

	Pages
Première partie : Les bases d'une situation optimum	7
Chapitre I – Généralités	9
Chapitre II – Suppression de P.N.	10
1. Intérêt des suppressions de P.N.	10
2. Densité des P.N.	11
3. Actions de suppression des P.N.	15
4. Traversées des lignes à très grandes vitesses - Cas des "Routes express".	20
Chapitre III – La méthode d'optimisation utilisée	23
1. Bilans économiques pour la collectivité.	23
2. Hypothèses de calcul.	24
Chapitre IV – Les données de base	27
1. Les coûts d'installation et d'équipement des P.N.	27
2. Les coûts de maintenance des équipements	28
3. Les coûts de gardiennage	28
4. Les coûts des accidents aux P.N.	29
5. Les pertes de temps des usagers routiers	34
6. Gêne à l'exploitant ferroviaire	38
Chapitre V – Les équipements de moindre coût pour la collectivité	41
Chapitre VI – Le cas particulier des ouvrages d'art	51
Deuxième partie : De l'optimum économique à une nouvelle réglementation	53
Chapitre I – L'optimum économique - Contraintes d'emploi	55
1. Schématisation de l'optimum économique	55
2. Répartition des P.N.	55
3. Contraintes et restrictions d'emploi de l'optimum économique.	58
4. Sensibilité de l'optimum économique aux différents paramètres.	59
Chapitre II – Contraintes de visibilité aux P.N. non spécialement protégés	66
1. Notations employées.	66
2. Distance de franchissement	67
3. Distance de visibilité statique	67
4. Distance de visibilité dynamique	69
5. Cas où la visibilité statique n'existe pas.	74
6. Cas particulier du "STOP"	75
Chapitre III – Vers une nouvelle réglementation	76
1. Plages d'emploi des équipements.	76
2. Nombre de voies - Vitesse ferroviaire - Visibilité	77
3. Trains à très grande vitesse	77
4. Mesure de la fréquentation des P.N.	77

Chapitre IV – Réflexions sur des possibilités d'amélioration de la sécurité aux P.N.	78
1. Signalisation avancée.	78
2. Signalisation des P.N. de 2 ^e catégorie	80
3. Autres réflexions	85
Chapitre V – Le cas particulier des piétons	86
Chapitre VI – Le problème de l'information statistique	89
Chapitre VII – “Opérations-pilote”	91
1. L'opération S.A.L. 0	91
2. L'expérience STOP	96
3. L'expérience 2 ^e catégorie à croix de Saint-André	97
4. L'expérience S.A.L. 2	97
Troisième partie : Conséquences d'une nouvelle politique en matière de P.N.	98
Chapitre I – Evolution des dépenses.	100
Chapitre II – Prolongements sociaux de cette nouvelle politique	107
Chapitre III – La sécurité aux P.N. dans le cadre d'une nouvelle réglementation	109
Conclusion	113

1ère PARTIE

LES BASES D'UNE SITUATION OPTIMUM

CHAPITRE I

GENERALITES

Dans l'esprit R.C.B. le présent fascicule de l'étude recherche et analyse les différents moyens d'action envisageables pour optimiser le système P.N. ainsi que leurs impacts sur les groupes cible concernés.

La solution évidente pour résoudre le problème étant sa suppression, il a été d'abord recherché toutes les actions permettant d'éliminer purement et simplement le P.N. Tel est l'objet du chapitre II : suppression de P.N.

On a ensuite analysé les différents systèmes de P.N. que l'on a comparé entre eux afin de dégager les solutions optimum au point de vue de la collectivité.

Enfin, dans une dernière partie, les conséquences des différentes actions envisageables ont été analysées.

Les résultats contenus dans le présent rapport appellent quelques remarques :

- 1 – Le problème a été traité dans son ensemble, et de ce fait, les résultats sont applicables a un ensemble de 30.000 P.N. et non pas à 30.000 cas particuliers.
- 2 – D'autre part, l'insuffisance des données statistiques et la complexité du problème n'ont pas toujours permis d'obtenir des résultats possédant une rigueur mathématique.
- 3 – Le groupe de travail s'est attaché autant que possible, à ne pas se substituer aux décideurs.
- 4 – Compte tenu de ces précisions, le présent rapport ne doit pas être considéré comme une "bible réglementaire", mais comme un guide pour les décideurs.

CHAPITRE II

SUPPRESSION DES PASSAGES A NIVEAU

La détermination de l'équipement optimum des P.N. d'une ligne de chemin de fer ne se conçoit que pour les P.N. de cette ligne qu'il est impossible de supprimer. Il va de soi, en effet, que l'absence de P.N. représente du point de vue de la sécurité aussi bien que de celui des frais d'exploitation, la solution idéale vers laquelle il faut tendre, autant que possible. Il y aura donc lieu avant chaque étude d'équipement optimum des P.N. d'une ligne d'effectuer une recherche systématique des P.N. qu'il est possible et souhaitable de supprimer. Aucune règle stricte ne préside à cette recherche. Aussi la détermination des P.N. à supprimer sur une ligne dépendra-t-elle essentiellement de la commission attachée à cette tâche.

La suppression des P.N. en particulier dans les zones rurales, est une question d'imagination et de diplomatie. Nous pensons que la règle à adopter au cours des discussions avec les collectivités et les particuliers devrait être basée sur l'acceptation de concessions mutuelles par les parties. Il ne semble pas possible d'attirer l'attention d'une Municipalité, par exemple, par la simple exposition d'économies sur un budget qu'elle ne gère pas. Elle sera, par contre, plus facile à sensibiliser sur des améliorations dont elle pourrait bénéficier, parfois sans aucun rapport d'ailleurs avec la suppression étudiée. (Elargissement d'un autre P.N. ou d'un pont, cession d'un excédent de terrain intéressant pour établir un parking, etc.). Souvent, la collectivité intéressée préférera l'octroi de crédits d'indemnisation, dont elle conservera le libre usage, à la réalisation, par le promoteur, de l'équipement de remplacement prévu du P.N. (Ex. Indemnisation équivalente aux frais d'aménagement d'un chemin de détournement, à la place de l'aménagement de ce chemin).

Si toutefois, cette phase de prospection se heurte à une fin de non-recevoir, dont les motifs sont parfois étrangers à l'intérêt général, il faudrait alors avoir la possibilité d'entamer une procédure plus coercitive.

1. INTERET DES SUPPRESSIONS DE PASSAGES A NIVEAU

Les possibilités de traversée d'une voie ferrée par le réseau routier sont limitées aux ouvrages d'art et aux passages à niveau. La détermination du nombre optimum de points de traversée doit résulter d'un équilibre entre le coût de la gêne causée à l'utilisateur routier par la présence de la voie ferrée et le coût total d'intérêt général des équipements de traversée à installer. Un calcul théorique de ce nombre est proposé au § 3 ci-après.

Les passages à niveau constituent des points singuliers de la route et de la voie ferrée.

Les possibilités de collision, fonctions du moment de circulation du P.N., sont assorties de conséquences dont la gravité croît avec l'augmentation de la masse et de la vitesse des véhicules intéressés. Nous examinerons (§ 5) le cas particulier des lignes à vitesse supérieure à 160 km/h.

La disparition de ces points singuliers est donc une opération souhaitable dans tous les cas. Notons en outre qu'elle atteint fréquemment des taux de rentabilité intéressants.

Les opérations de suppression de P.N. que nous détaillerons au § 4, peuvent se scinder en :

A – suppression du point de traversée sans report du trafic ;

B – report de la circulation sur un ouvrage d'art existant ou à créer ;

C – regroupement sur un P.N. de la circulation de plusieurs P.N. moins fréquentés. Cette dernière opération est en effet très souhaitable, dans le cas général, au point de vue :

- **Investissements et frais d'exploitation** : les compléments éventuels d'équipement que l'on est obligé de faire sur des P.N. sur lesquels on concentre le trafic de plusieurs traversées reviennent dans tous les cas à un prix inférieur à celui de l'équipement des traversées plus nombreuses antérieures.
- **Sécurité** : la présente étude et l'étude effectuée par l'U.I.C. montrent que le coût des accidents survenant à un P.N. est fonction de la racine carrée de son moment. On péjorera donc la situation en dispersant la masse de véhicules routiers qui désirent franchir la voie ferrée sur un plus grand nombre de P.N.

Nous considérons, en outre, que le critère de répartition le plus naturel des crédits d'équipements des P.N., semble être une proportionnalité aussi proche que possible avec les conditions de fréquentation (moment en particulier). Les dispositifs que raisonnablement on pourra installer sur un P.N. fréquenté, assureront donc une sécurité plus complète. Ajoutons que, dans le cas d'un gardiennage humain, les risques de défaillance humaine d'un garde (oubli, sommeil) sont relativement plus importants lorsque le P.N. est peu fréquenté, le garde étant alors insuffisamment occupé.

Nous examinerons successivement les critères de densité de P.N. actuellement observables sur la S.N.C.F., la densité optimale, résultat de l'équilibre visé ci-dessus et les différents processus permettant de supprimer les points de traversée à niveau.

2. DENSITE DES PASSAGES A NIVEAU

2-1 GENERALITES

On appelle densité le nombre de passages par kilomètre de ligne.

Sur l'ensemble de la S.N.C.F., il y a 33.734 P.N. de toutes catégories pour 37.404 km de lignes exploitées, soit 0,902 P.N./km.

Cette densité n'est pas constante. Quelques observations peuvent être faites sur ses variations.

A. Epoque de construction de la ligne

La densité est en général plus forte sur les lignes issues du plan Freycinet (postérieures à 1890) que sur les lignes anciennes créées avec les deniers des anciennes Compagnies (lesquelles constituent la majorité de nos "grandes lignes").

Ex. : a - Poitiers-Limoges (partie comprise entre St Benoît et Le Dorat)

$$(Année de construction : 1867) \quad \frac{62 \text{ PN}}{83 \text{ km}} = 0,74$$

b - La Châtre-Aigurande

$$(Année de construction : 1908) \quad \frac{53 \text{ PN}}{35 \text{ km}} = 1,61$$

Ces 2 lignes à voie unique traversent des régions d'économie et de population analogues. Elles ont, cependant, des densités de P.N. dans le rapport

$$\frac{1,61}{0,74} = 2,2$$

B. Situation géographique

La densité semble plus forte dans les zones suburbaines, de grande culture et de plaine.

En raison de l'accroissement de la circulation routière, des solutions permettant la suppression des passages à niveau en agglomération ont souvent été adoptées (ex. : traversées de Nantes, Grenoble). De ce fait, la densité des P.N., en agglomération, est en général faible.

Cette densité est influencée par le relief et la possibilité d'établir facilement, en tranchée ou remblai, de petits ouvrages de franchissement peu onéreux.

L'exemple de la partie Vierzon-Limoges de la ligne Paris-Toulouse est significatif :

En zone de plaine (km 200 à km 300) : 76 P.N. : soit $d = 0,76$.

En région vallonnée (km 300 à km 400) : 12 P.N. soit $d = 0,12$ (il y a un seul P.N. entre les km 343 et 400).

Il y a cependant homogénéité approximative d'ancienneté de ligne et de densité de population.

Ci-dessous quelques densités de P.N. sur les lignes prises comme itinéraires-témoins dans la présente étude, et qui représentent à notre avis, assez bien la répartition de la population nationale des P.N.

Ligne	Régime	Densité	Densité moyenne par région
Tours – Poitiers	Equipée	0,44	moyenne 0,495 # 0,5
Vesoul – Mulhouse	Equipée	0,50	
Rennes – St-Brieuc	Equipée	0,47	
Narbonne – Tarascon	Equipée	0,55	
Lourches – Valenciennes	Equipée	0,42	
Lyon – Grenoble	Equipée	0,59	
Poitiers – Limoges	Non équipée	0,90	moyenne 1,00
Chenevières – St-Dié	Non équipée	1,10	
Messac – Guer	Trafic restreint	2,00	moyenne 1,37 # 1,4
Questembert – Ploermel	Trafic restreint	1,17	
St-Bonnet – Neublanc	Trafic restreint	1,35	
Amiens – Doullens	Trafic restreint	0,95	

2-2 DENSITES SUR RESEAUX ETRANGERS

Les densités des réseaux européens limitrophes de la France se rapprochent des densités du réseau français avec des différences entre lignes principales et lignes secondaires.

Ci-après quelques densités récentes connues :

Pays	Grandes lignes	Autres lignes	Itinéraires secondaires	Densité générale
Allemagne	0,620	1,660	—	0,930
Italie	0,441	0,886	1,089	0,690
Pays-Bas	—	—	—	0,890
Grande-Bretagne	—	—	—	0,600
Suisse	—	—	—	1,030
U.S.A.	—	—	—	0,660

2-3 DENSITE THEORIQUE MINIMUM DES TRAVERSEES DE VOIES FERREES

2-31 Détermination

Soit une ligne AB de longueur L comportant p passages à niveau dont le coût global d'investissement et d'exploitation est :

$$C(p) = C \times p$$

N trains circulent sur la ligne, on appellera M la somme des moments de ces P.N.

$$\Sigma m = M = \Sigma n \times N$$

- Supposons que les points de base des Σn véhicules routiers intéressés soient uniformément répartis le long de la ligne : la gêne minimum serait causée si chaque véhicule avait une traversée de la ligne à proximité immédiate de sa base.

$$\text{Alors } p = \Sigma n$$

- Supposons maintenant qu'aucune traversée n'existe entre A et B, $p = 0$ et chaque véhicule devrait faire un détour moyen qui coûte, sur la base de K francs, le coût kilométrique :

$$\frac{L}{2} \times K$$

- Si p traversées existent sur $AB = L$, chaque véhicule fera un détour dont le coût sera :

$$\frac{L.K}{2(p+1)}$$

- Nous admettrons que le coût actualisé sur 20 ans de la dépense ainsi engendrée est de :

$$G(p) = \frac{g}{p}$$

D'autre part, nous savons que (U.I.C. - 7e Commission, 1965) le coût des accidents survenant à un P.N. est proportionnel à la racine carrée du moment :

$$S(p) = p s \sqrt{m} \quad \text{avec} \quad m = \frac{M}{p}$$

$$\text{ou} \quad S(p) = p \frac{s \sqrt{m}}{\sqrt{p}}$$

Si on pose $S' = s \sqrt{M}$, $S(p)$ devient : $S(p) = S' \sqrt{p}$

- **Hypothèse simplificatrice** : sur la ligne AB , nous supposons que tous les P.N. ont le même équipement, quel que soit leur nombre. Dans ce cas, le nombre de traversées optimum sera le nombre p_1 pour lequel la somme Y du coût d'investissement et d'exploitation : $C(p)$, du coût de la gêne apportée aux usagers routiers : $G(p)$ et du coût des accidents $S(p)$ sera minimum : $Y(p) = C(p) + G(p) + S(p)$.

Le nombre p_1 optimum sera le nombre p pour lequel :

$$\frac{dY}{dp} = 0 \quad (\text{maximum ou minimum})$$

$$\frac{d^2 Y}{d p^2} > 0 \quad (\text{condition de minimum})$$

$$\frac{dY}{dp} = C + \frac{1}{2} S' \frac{1}{\sqrt{p}} - \frac{g}{p^2} = 0 \quad (1)$$

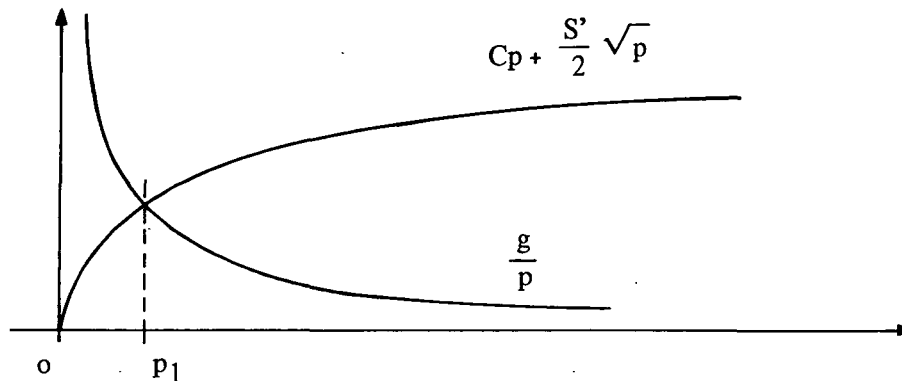
$$\frac{d^2 Y}{d p^2} = \frac{1}{4} S' \frac{1}{p\sqrt{p}} + \frac{2g}{p^3} > 0$$

$$\text{ou} \quad \frac{2g}{p^2} > \frac{S'}{4\sqrt{p}} \quad (2)$$

L'équation (1) peut s'écrire :

$$\frac{g}{p} = C_p + \frac{S'}{2} \sqrt{p} \quad (1 \text{ bis})$$

– D'où la signification graphique du nombre P_1 :



- **Hypothèse normale** : dans ce cas le coût d'équipement et d'exploitation du P.N. devient lui-même une fonction de p , déterminée par l'étude sur le choix des équipements optimaux en fonction du moment :

$$E(p) = C(p) \times p$$

De même la constante S' devient fonction de p et de l'équipement.

$$S(p) = S'(p) \times \sqrt{p}$$

Lorsque les fonctions $C(p)$ et $S'(p)$ sont connues, le calcul peut se poursuivre selon la méthode ci-dessus.

- L'application généralisée de cette méthode de détermination du nombre optimum de traversées ne paraît cependant pas envisageable. On pourra, néanmoins, l'utiliser pour apprécier des situations existantes, et déterminer dans quelle mesure elles s'éloignent de la situation d'équilibre (gêne/coût) ainsi déterminée.

Cette pré-étude étant éventuellement faite, on pourra déterminer un plan d'équipement d'avenir valable des P.N. de la ligne, et en particulier prévoir à cette occasion de nombreuses suppressions de P.N. par regroupement d'itinéraires.

3. ACTION DE SUPPRESSION DES PASSAGES A NIVEAU

La procédure de suppression des P.N. sera grandement améliorée par la création des Commissions passages à niveau, telle que celle-ci est exposée au fascicule III.

Examinons maintenant, les différents cas où une suppression de P.N. paraît possible.

Nous noterons que, dans le cas de P.N. à très faible circulation, ne desservant pas d'habitation, une solution très économique peut être trouvée dans la formule de l'"interdiction d'accès" (temporaire ou permanente) si la Collectivité se refuse à engager l'avenir par une suppression définitive du P.N. (§ 3-4 ci-après).

3-1 MAINTIEN DU P.N. 3^e CATEGORIE APRES SUPPRESSION DU P.N. DE 1^{ere} ET 2^e CATEGORIE

Lorsque la suppression d'un P.N. de 1^{ere} ou 2^e catégorie est acceptée par une collectivité, celle-ci demande fréquemment le maintien d'un P.N. public pour piétons (3^e catégorie) à l'emplacement du P.N. pour voitures supprimé.

Bien que la responsabilité des collectivités gestionnaires ne soit pas engagée dans le franchissement des P.N. de 3^e catégorie (art. 9 de l'A.M. du 12 décembre 1967), ce maintien n'est pas souhaitable et il semble indispensable d'attirer l'attention des collectivités au cours des contacts préliminaires visés ci-dessus, sur la part importante des accidents de personnes survenant sur les P.N. de 3^e catégorie.

Nous rappelons que les accidents "Piétons" aux P.N. représentent (sur la période 1953/1968) 60,4 % des tués et 29,3 % des blessés sur P.N. de toutes catégories.

On peut développer sur grandes lignes la construction, à la place de P.N. urbains dont la circulation a été détournée par un ouvrage en autre place, de passages souterrains de faible débouché et utiliser d'ailleurs ces passages comme accès de quais lorsqu'ils se trouvent dans les emprises d'une gare. Leur utilisation est alors à 2 effets.

3-2 DOMAINE D'APPLICATION DES ETUDES DE SUPPRESSION DE P.N.

Ce domaine doit englober toutes les catégories de P.N., y compris ceux de 2^e catégorie dont l'indice de danger élevé rend la présence peu souhaitable. La suppression ou l'interdiction d'accès appliquée à un tel P.N. peut constituer une opération intéressante par la seule amélioration de sécurité qu'elle provoque.

En outre, elle permet l'économie de frais d'entretien (entretien de la voie à la traversée du P.N. et dégagement de visibilité).

L'interdiction d'un P.N. de 2^e catégorie peut se matérialiser par une clôture parallèle à la voie, s'étendant sur la traversée de la chaussée et prolongée d'une vingtaine de mètres de part et d'autre. Les contre-rails sont alors déposés et la chaussée décapée à la traversée du P.N.

En raison des frais d'installation et de dépose, rapportés à la faible économie réalisée, cette disposition ne peut être envisagée en général, que pour une interdiction de longue durée (cas de suppression définitive sans ou avec report du trafic sur un autre point de traversée ; cas d'interdiction permanente d'accès).

3-3 SUPPRESSION DE P.N. SANS REPORT DU TRAFIC SUR UN AUTRE POINT DE TRAVERSEE

La superficie desservie n'est alors plus accessible pour un usager devant franchir la voie ferrée.

Cette suppression doit s'accompagner d'un changement d'affectation des terrains desservis.

De telles suppressions peuvent être prévues en particulier au cours des opérations de remembrement effectuées par le Génie Rural. Elles sont possibles toutes les fois que les échanges,

additions ou retraits de parcelles ne modifient pas d'une façon inacceptable l'équilibre des exploitations.

Il ne semble pas que, jusqu'ici, l'exploitation maximum de cette possibilité ait pu être envisagée, la liaison indispensable entre le Génie Rural et les représentants locaux de la S.N.C.F. n'ayant pas fait l'objet d'instructions particulières du Ministère de l'Agriculture. Nous pensons qu'une sensibilisation plus importante de ces Services sur les problèmes de suppression des P.N. serait à envisager le plus rapidement possible.

Ces opérations d'échange ou de cession peuvent être favorisées par des indemnités découlant des différences de valeur des terres échangées (superficie, qualité), de l'accroissement possible des difficultés d'exploitation (distance des habitations) etc. Elles ne sont en général à envisager que pour des P.N. à très faible circulation et intéressant un petit nombre de foyers.

3-4 INTERDICTION D'ACCES

Cette mesure consiste à matérialiser par des barrières cadenassées, l'interdiction de franchissement de la voie ferrée. Le P.N. n'est alors plus gardé puisqu'il n'existe plus comme point de traversée.

3-41 Interdiction d'accès permanente

Elle est à envisager pour les P.N. dont la non fréquentation actuelle est flagrante, ou dont le détournement de circulation est possible, mais où les collectivités et particuliers entendent, sur argumentation valable, réserver l'avenir et la possibilité de demander la remise en service quand ils le jugeront utile.

Des indemnités peuvent être discutées et le P.N. peut être démuné de ses installations de sécurité et de chaussée qui seraient réinstallées en cas de remise en service, un préavis important étant alors nécessaire.

3-42 Interdiction d'accès temporaire

La remise en service doit pouvoir s'effectuer rapidement à la demande de l'utilisateur. Elle est à envisager, fréquemment assortie du maintien d'un P.N. de 3^e catégorie pour piétons, souvent imposé par l'utilisateur, et d'une modeste indemnité de la gêne causée ;

- a - Pour les P.N. sans détournement possible que l'utilisateur emprunte peu fréquemment avec un véhicule - par exemple, accès à un terrain planté d'arbres dont l'exploitation est faite avec une périodicité de 15 à 40 ans.

On pourra, pour obtenir ce genre d'interdiction, favoriser par indemnité, la reconversion en plantations de telles surfaces consacrées précédemment à la culture ou à l'élevage.

Le P.N. est alors interdit et les barrières cadenassées fermées, le maintien du P.N. de 3^e catégorie devant souvent être accordé dans ce cas par suite de l'impossibilité d'accès à la parcelle enclavée. Toutes ses installations sont maintenues, et un téléphone permettant de demander la remise en service 24 h à l'avance, à l'établissement S.N.C.F. voisin, est à installer éventuellement à proximité du P.N.

- b – Pour des P.N. où l'itinéraire de détournement ne permet pas le passage de certains véhicules encombrants (engins de culture, par exemple).

Le préavis est à demander comme en "a", et les installations du P.N. sont à maintenir.

- c – Pour des P.N. dont l'itinéraire de détournement peut être interrompu (par une inondation, par exemple).

La remise en service doit pouvoir être aussi rapide que possible et les installations conservées.

3-5 SUPPRESSION DE P.N. PAR DETOURNEMENT SUR OUVRAGE D'ART

L'opération permet la suppression de toutes les contraintes dues à l'existence du passage à niveau et constitue une amélioration considérable du niveau de sécurité de la traversée de la voie ferrée, bien que les risques de franchissement d'un ouvrage d'art ne soient pas nuls (chutes possibles de véhicules routiers sur la voie ferrée au passage au-dessus des voies, heurts des tabliers supportant la voie ferrée au franchissement des ponts sous voie à hauteur libre insuffisante).

Chaque fois que cela est possible, il y a lieu de favoriser le passage de la route au-dessus de la voie ferrée, cette disposition ne constitue pas un obstacle pour les convois routiers exceptionnels, et les dispositions constructives des ouvrages correspondants sont généralement plus économiques.

Nous examinerons ci-après les 3 éventualités qui peuvent se produire :

3-51 Utilisation d'un ouvrage existant sans frais d'aménagement de cet ouvrage.

3-52 Utilisation d'un ouvrage existant après aménagement

Il est fréquent que les ouvrages construits à la création des lignes constituent des points singuliers des itinéraires routiers. De nombreux ouvrages sont perpendiculaires à la voie ferrée, même si la route qui les franchit n'est pas, elle, perpendiculaire. L'ouvrage se trouve alors encadré de virages parfois gênants.

Les dimensions des ouvrages : largeur, hauteur libre des ponts sous voie, sont à l'origine de restrictions de circulation, de même que la charge limite de certains passages supérieurs (voûtains et poutres métalliques latérales en particulier).

- Certaines suppressions de P.N. par détournement par ouvrages d'art nécessiteront donc des aménagements d'ouvrages existants.
- Des aménagements touchant l'infrastructure des ouvrages (culées), sont en général très onéreux et seront autant que possible à éviter, sauf dans le cas où l'aménagement permet le regroupement sur l'ouvrage de plusieurs P.N. Par contre, les modifications de superstructure (tablier, profil ou tracé de chaussée) seront beaucoup plus accessibles.

3-53 Construction d'un ouvrage de détournement

L'ouvrage (pont inférieur ou supérieur) n'est en général envisageable que pour permettre la suppression de P.N. importants (ou plus généralement de plusieurs P.N.).

- Il pourra cependant s'avérer nécessaire pour la seule solution du problème de l'écoulement du trafic routier ou pour un problème d'urbanisme. Dans ce cas, l'initiative de sa construction, qui ne ressort pas d'un moindre "coût général" tel que nous le définissons, incombe, à la collectivité chargée de la résolution de ce problème. Ce sont là des cas particuliers que nous ne traiterons pas. Le partage des frais d'établissement des traversées, dans ces opérations, doit en principe être fait entre les collectivités intéressées en fonction des avantages recueillis par chacune d'elles.

Dans le cas normal, on devra calculer le "coût général" du ou des P.N. dont la construction de l'ouvrage permettrait la suppression, dans la solution d'équipement la plus économique (S.A.L. en général) et le comparer au coût de l'ouvrage envisagé. On tiendra compte des itinéraires de détournement à créer.

- Des considérations particulières (que nous examinerons au chapitre 4) interviendront lorsqu'on désirera équiper en totalité une ligne en ouvrages d'art.
- Le moindre coût d'un ouvrage est obtenu lorsque la voie ferrée est :
 - en tranchée, dans ce cas c'est la solution "pont supérieur" (au-dessus de la voie) qui est à retenir,
 - en remblai : dans ce cas, c'est le "pont inférieur" (pont sous voie) qu'il faut envisager.
- A noter cependant le caractère souvent peu souhaitable du pont inférieur par suite des problèmes d'évacuation des eaux de la chaussée créée, qui peuvent se poser (nappes phréatiques rencontrées, etc.) et des difficultés d'établissement sous une voie ferrée en exploitation.

Quoi qu'il en soit, le choix du point de traversée devra tenir compte comme indiqué ci-dessus du profil de la voie, toutes les fois qu'il en résultera une économie d'établissement.

- Des réseaux étrangers (D.B.) ont mis au point des solutions économiques et de mise en œuvre accélérée (ponts en éléments de béton armé préfabriqués) de construction de ponts supérieurs, pour chemins d'importance secondaire. Cette solution nous paraît souhaitable, en particulier pour l'équipement rapide des lignes à grande vitesse, que nous allons aborder au § 4.

3-6 SUPPRESSION PAR DETOURNEMENT PAR UN AUTRE P.N.

La mesure consiste à grouper sur un même P.N. la circulation de plusieurs autres P.N. voisins qui peuvent être alors supprimés.

- L'intérêt majeur d'une telle opération est, bien entendu, la disparition pour le P.N. supprimé, des frais d'investissements et d'exploitation. En outre, le "coût sécurité" du P.N. conservé et par conséquent plus fréquenté est en général inférieur à la somme des "coûts de sécurité" de ce P.N. et du (ou des) P.N. supprimés, en raison de l'équipement meilleur dont il peut en général bénéficier et de la proportionnalité du "coût de sécurité" à la puissance $1/2$ du moment. Cet équipement meilleur peut permettre en outre une réduction des délais d'attente des usagers au passage des trains.

4. TRAVERSEES DES LIGNES A TRES GRANDES VITESSES (T.G.V.) LIAISONS RAPIDES INTERVILLES CAS DES ROUTES EXPRESS

4-1 GENERALITES

Nous désignerons sous le vocable "lignes T.G.V." les lignes du réseau (en général, à trafic important) où la vitesse maximum des trains est supérieure à 160 km/h.

- Cet ensemble comprendra les liaisons rapides intervalles à créer (type Paris-Lyon) et les lignes anciennes (type -Orléans-Vierzon) aménagées pour des vitesses supérieures à 160 km/h.
- Ces lignes ont pour caractéristiques principales la vitesse élevée des convois ferroviaires, qui entraîne la mise en jeu de forces vives considérables (celles-ci étant fonction du carré de la vitesse), des distances d'arrêt importantes (supérieures à 1500 m), une appréciation difficile de l'approche des trains. Ces forces vives rendent dangereux les heurts d'animaux en divagation et amènent à prévoir une clôture continue et efficace pour les éviter dans les zones à élevage intensif.

Trois accidents graves récents de passages à niveau ont en outre montré la gravité des heurts qui peuvent se produire sur ces lignes entre convois ferroviaires rapides et convois routiers lourds :

- en 1966 à Andancette (ligne Lyon-Marseille) : heurt d'un poids lourd par un train rapide sur un P.N. gardé (5 tués dont 3 voyageurs),
- en 1968 à Hixon (ligne Manchester-Londres) : heurt d'un transport routier exceptionnel par un train rapide sur un P.N. à S.A.L. à 2 demi-barrières (11 voyageurs tués),
- en 1969 à Lambeek (Belgique - Ligne Paris-Bruxelles) : heurt d'un semi-remorque par un train rapide sur un P.N. à S.A.L. feux seuls (3 tués dont 2 voyageurs).

Dans les 3 cas, le heurt a provoqué le déraillement du convoi et des victimes (tués et blessés), dans les circulations routières et ferroviaires.

Sur ces itinéraires, la présence des passages à niveau n'est donc pas souhaitable et l'équipement de ces lignes devrait s'orienter vers celui des autoroutes, tel qu'il est défini par la loi n° 55.435 du 18 avril 1955. (Absence de traversées à niveau).

- Il est à noter d'autre part, que ces lignes étant en général chargées, certains termes du "coût d'intérêt général" des P.N., en particulier les délais d'attente au passage des trains, atteignent des valeurs souvent plus élevées, à trafic routier égal, que sur les autres lignes et confirment le caractère souhaitable de la disparition des P.N. sur ces lignes.

4-2 DISPOSITIONS ACTUELLES

Sur les projets de liaisons rapides intervalles étudiés (type Paris-Lyon) aucune traversée à niveau n'est prévue.

Sur les lignes anciennes, à vitesse supérieure à 160 km/h, il n'existe pour l'instant que des

P.N. gardés par des agents. Toutes ces lignes étant munies du Block automatique lumineux, des dispositifs d'intervention rapide (commutateur de fermeture de signaux, barres de court-circuit) peuvent être mis à la disposition de tous les gardes, en plus de leurs dispositifs d'annonce adaptés aux vitesses pratiquées.

L'arrêté ministériel du 11 décembre 1967 (article 6 - 2°) autorise en outre la dispense du gardiennage à ces P.N. avec installation d'une S.A.L. à 2 ou 4 demi-barrières, munie d'un dispositif de détection des obstacles sur le P.N., provoquant en cas d'obstacle la fermeture des signaux à l'amont du P.N. Ce dispositif, non encore utilisé, est en cours de mise au point. Le principe de la détection est le suivant : un balayage radar transversal, obtenu au moyen d'émetteurs et de récepteurs disposés, soit sur les demi-barrières, soit sur des supports fixes, entre en action dès l'abaissement complet des demi-barrières et assure qu'il n'y a pas de véhicule emprisonné. Un balayage le long des demi-barrières contrôle ensuite que celles-ci ne sont pas enfoncées par un véhicule.

- Dans les 2 cas, les installations ajoutées majorent de 15 à 25 % le coût d'établissement des P.N. par rapport aux autres lignes.
- Sur ces lignes, l'automatisation pourra donc être prévue aux P.N. dont la suppression n'apparaît pas possible ou dont le remplacement par un ouvrage d'art ne se justifie pas, (circulation routière trop faible, par exemple), ou lorsque l'échéance de construction de l'ouvrage est trop lointaine (supérieure à 4 ans, par exemple).
- Pour les autres P.N., le gardiennage qui existe, sera à considérer comme une solution d'attente, qui doit être conservée jusqu'à la construction de l'ouvrage de remplacement.

4-3 DETERMINATION DES OPTIONS POUR LIGNES A TRES GRANDE VITESSE

- Pour ces lignes, comme pour les autres d'ailleurs, la solution "Ouvrage d'art" n'est en général pas la plus rentable. Les Installations de S.A.L., bien que plus chères sur ces lignes, conservent souvent des taux de rentabilité plus élevés.
- Une politique "Ouvrages d'art" ne sera donc possible que si :
 - 1 - on impose pour ces lignes une part d'investissements consacrés aux ouvrages d'art supérieure à celle réservée sur les autres lignes,
 - 2 - un concours actif est obtenu des collectivités gestionnaires des routes, pour la réduction du nombre des traversées et une participation à la construction des ouvrages.
- Nous pensons qu'une information beaucoup plus large de ces collectivités sur le "coût général" de ces P.N. (gravité des accidents, importance des délais d'attente, etc.), les inciterait à rechercher plus activement des solutions au problème de la réduction du nombre des traversées. Ce sera là une des tâches principales des "Commissions P.N.", (voir fascicule III).

En ce qui concerne "1", l'exploitant ferroviaire peut faire une distinction dans la détermination de sa participation, en considérant, pour les P.N. qu'il n'estime pas souhaitable d'automatiser (c'est le cas de ces lignes), que sa participation reste basée sur des annuités de gardiennage, plus élevées que l'installation de S.A.L., même assortie d'une majoration au poste entretien, qui sert de base de participation pour les autres P.N. Cette option

pourrait être renforcée, en prédéterminant pour chaque type de ligne, la part de crédits d'investissements à consacrer à la séparation des niveaux de croisement.

- Quoi qu'il en soit, une politique "Ouvrages d'art" ne sera possible qu'assortie d'une importante concentration des traversées, seule façon de rentabiliser l'opération en apportant une participation de l'Exploitant ferroviaire, correspondant à un nombre de P.N. supérieur au nombre de traversées envisagé.

Le bilan, pour arriver à la suppression totale des P.N. d'une ligne à grande vitesse, devrait être établi pour des sections de la ligne à l'intérieur d'un même département, et non par opérations élémentaires. Il subsistera en effet presque dans tous les cas des opérations élémentaires faiblement rentables, qui, prises isolément, empêcheraient toute recherche systématique de suppression des traversées à niveau sur ces lignes.

4-4 ROUTES EXPRESS

Le cas des routes express peut être assimilé à celui des lignes T.G.V., en effet, l'écoulement des véhicules routiers sur une voie à forte densité de trafic et à vitesse élevée impose certaines contraintes et en particulier celle d'interrompre aussi peu que possible la circulation dont le niveau se situe souvent à la limite de la saturation. L'obstruction soudaine d'une route express où les véhicules circulent généralement à plus de 100 km/h, risque, outre les importantes pertes de temps, de provoquer des phénomènes du type formation de bouchons, collisions en chaîne, etc.

Quand un itinéraire ancien est aménagé en route express, il y a lieu chaque fois que possible de supprimer les passages à niveau, qui existent sur son tracé.

CHAPITRE III

LA METHODE D'OPTIMISATION UTILISEE

Actuellement le choix de l'équipement d'un P.N. est dicté par la réglementation du 11 décembre 1967. Le critère déterminant de choix entre les divers équipements est dans cette réglementation une **sécurité maximum**. Son principal défaut : elle ne tient pas suffisamment compte de l'impact économique du coût des équipements qu'elle impose pour atteindre à cette sécurité. Nous observons une discordance profonde avec les critères de sécurité ainsi fixés pour les P.N. avec les critères appliqués par ailleurs dans le secteur routier.

A titre d'exemple, nous illustrerons l'article III de la réglementation du 11 décembre obligeant l'équipement de 6450 P.N. de 2^e catégorie à Croix de St-André, en S.A.L. 0 en situation provisoire et en S.A.L. 2 en situation définitive pour la plupart d'entre eux :

Article III de la réglementation du 11/12/67 : EQUIPEMENT DE 6.450 P.N. DE 2 ^e CATEGORIE A CROIX de St-ANDRE EN S.A.L. 0	Exemple d'opération de sécurité routière : AMENAGEMENTS DE CARREFOURS
– Coût de l'opération : environ 450 millions de F	– Investissement : 450 millions de F répartis en 5 ans
– Nombre de morts à ces 6.450 P.N. avant équipement en S.A.L. 0 : 15 à 20 morts par an	– Investissement annuel : 90 millions de F
– Dépenses supplémentaires pour l'entretien de ces 6.450 P.N. : 18 millions de F par an	– Economie de 1 ^{ère} année : environ 100 morts et 2.200 blessés
	– Economie de 5 ^e année : 500 morts et 11.000 blessés

Le problème est donc de dicter pour les P.N. une politique plus favorable du point de vue de l'économie générale. En d'autres termes, il s'agit de déterminer pour chaque type de P.N. l'équipement répondant aux critères généraux appliqués par la collectivité en matière de sécurité et présentant le **moindre coût pour la collectivité**.

1. BILANS ECONOMIQUES POUR LA COLLECTIVITE

Afin de comparer entre eux les différents types d'équipement et de pouvoir déterminer l'équipement le plus avantageux pour la collectivité, il faut 2 conditions :

- prendre en compte dans le bilan tous les facteurs qui entrent dans la composition de ce bilan,
- homogénéiser tous ces facteurs pour que la comparaison soit possible.

1-1 FACTEURS PRIS EN COMPTE DANS L'ETABLISSEMENT DU BILAN

- Les investissements initiaux y compris les investissements complémentaires (transformation de S.A.L. 0 en S.A.L. 2 par exemple),
- Les dépenses d'entretien et de réparation de toutes les installations de P.N. (matière et main-d'œuvre),
- Les dépenses de personnel de gardiennage,
- Le temps perdu par les usagers de la route à cause de la présence du P.N.

(La valeur prise en compte représente la valeur moyenne, attribuée par les usagers, aux gains de temps, d'après les enquêtes routières effectuées à ce jour).

- Le coût des accidents : cette valeur résulte d'une appréciation directe de ce qu'il est raisonnable de dépenser compte tenu des préjudices matériels et moraux causés par les accidents à la collectivité nationale pour éviter un mort, un blessé ou les dégâts matériels d'un accident corporel ;

Un certain nombre de facteurs subjectifs ou psychologiques quantifiables (par exemple, le réflexe de prudence d'un usager routier normalement constitué traversant un P.N. de 2^e catégorie à croix de St-André, réflexe qui le fera ralentir plus que nécessaire).

- La gêne causée à l'exploitant ferroviaire.

1-2 HOMOGENEISATION DES ELEMENTS DU BILAN

Afin que l'on puisse comparer entre eux les différents éléments du bilan, il était nécessaire de les rendre comparables. Pour ce faire, on les a tous exprimés dans une même unité : le franc français.

1-3 BILAN ACTUALISE

A l'exception de l'investissement de l'installation proprement dite (S.A.L. 0, S.A.L. 2, ...) les dépenses sont largement étalées dans le temps. On est donc amené à considérer des sommes disponibles à des dates différentes. Or, un franc disponible dès maintenant n'est pas équivalent à un franc disponible à une date ultérieure. L'actualisation permet de lever cette difficulté. Dans le calcul économique, on admet que 1 franc disponible cette année est équivalent à $(1 + i)$ francs disponibles dans un an ou à $(1 + i)^2$ francs dans deux ans ou encore à $(1 + i)^n$ francs disponibles dans n années. i est appelé le taux d'actualisation.

2. HYPOTHESES DE CALCUL

2-1 ACTUALISATION

Afin de comparer des échéanchiers de dépenses différentes selon les types de P.N. les bilans ont été actualisés sur une période suffisamment longue pour que les calculs soient significatifs.

On a pris comme durée d'actualisation : $n = 20$ ans.

Le taux d'actualisation pris en compte est : $i = 10\%$.

La valeur résiduelle à l'année m (fin de la période d'actualisation) pour un équipement de durée de vie p et de coût d'établissement I est la somme actualisée des annuités constantes d'amortissement restant à courir. Cette valeur résiduelle est :

$$V_r = \frac{I}{(1+i)^n} \times \frac{(1+i)^p - (1+i)^m}{(1+i)^p - 1}$$

2-2 DUREE DE VIE DES EQUIPEMENTS

2-21 P.N. de 2^e catégorie (à croix de St-André ou à signal d'arrêt)

La durée de vie d'un tel type d'équipement est de l'ordre de 10 ans.

D'autre part, nous avons supposé que l'âge moyen des installations existantes est de 5 ans.

2-22 P.N. équipés de S.A.L.

La durée de vie est très difficile à déterminer : l'expérience que l'on possède sur ce type d'équipement est relativement jeune. D'autre part, chaque pièce d'un tel équipement est renouvelée au fur et à mesure du vieillissement de l'installation et cette dépense est imputée au compte d'exploitation sous la rubrique entretien. A la limite l'on pourrait donc prendre une durée de vie infinie. Pour être plus réaliste, nous avons considéré une durée de vie de 30 ans et supposé que l'âge moyen des installations en service était de 5 ans.

2-23 P.N. gardés

– Durée de vie : 30 ans.

– Age moyen des installations existantes : 10 ans.

2-24 Maisons de garde et ouvrage d'art

– Durée de vie : 60 ans. (1)

– Age moyen des installations existantes : 25 ans

2-3 CONDITIONS ECONOMIQUES

Les calculs ont été effectués à prix constants aux conditions économiques du 1.1.1970.

Cependant, nous avons considérés une variation de certains prix unitaires :

(1) A noter que les durées de vie considérées pour les P.N. à S.A.L. et les Ouvrages d'art sont différentes de celles habituellement admises par la S.N.C.F. dans l'étude de ses bilans économiques. Celles-ci sont respectivement de 20 et 50 ans.

2-31 Dépenses d'entretien et de réparation

Pour la part main-d'œuvre il a été pris en compte une majoration de 4 % par an tempérée par une amélioration de 2 % par an de productivité.

2-32 Coûts d'attente et coûts des accidents

On a supposé pour la valeur du mort, des blessés, des dégâts matériels et des pertes de temps une croissance annuelle de 5 %.

2-33 Coût de gardiennage et de gérance

En ce qui concerne les P.N. gardés 1 poste et 2 postes : croissance annuelle de 8 %.
Pour les autres modes de gardiennage : croissance annuelle de 4 %.

Ces chiffres peuvent sembler à première vue assez élevés. Cependant ces chiffres restent très voisins de l'évolution constatée au cours des dix dernières années.

L'évolution rapide de la circulation routière et, sur certaines lignes, de la circulation ferroviaire nécessitent souvent un gardiennage ininterrompu du P.N., augmentant en général sensiblement le coût de gardiennage d'un P.N. donné. D'autre part, les difficultés de recrutement, liées aux conditions physiques et morales de l'emploi de garde-barrière font pression pour relever les salaires unitaires assez bas.

CHAPITRE IV

LES DONNEES DE BASE

Le but de ce chapitre est de donner des valeurs aux différents paramètres entrant dans la composition du bilan actualisé.

Les démarches suivies pour l'établissement des valeurs de ces paramètres appellent les remarques suivantes :

- a – Les valeurs prises en compte dans les calculs reflètent la moyenne de l'ensemble des P.N. français. Or, en raison de conditions locales particulières un certain nombre de P.N. constituent des cas particuliers auxquels les conclusions de l'étude ne s'appliquent pas d'une manière rigoureuse. Il faut donc voir que les conclusions s'appliquent en moyenne à un ensemble homogène et non pas à chaque cas particulier.
- b – Les démarches suivies dans les calculs avaient toutes le même but : évaluer en francs français, la valeur de chaque paramètre. On n'a pas cherché à résoudre au passage les problèmes intermédiaires qui pouvaient se poser (par exemple, on a cherché une probabilité de coût d'accidents P.N. et non pas une probabilité de nombre d'accidents).
- c – L'information statistique de base n'était pas toujours suffisante. Dans ce cas, on a formulé des hypothèses cohérentes par référence à des études étrangères et par extrapolation des tendances françaises constatées.

L'ensemble des paramètres pris en compte pour l'établissement des bilans actualisés peuvent se résumer en 3 grandes catégories :

- a – les coûts d'installation, de maintenance et de gardiennage des P.N.,
- b – le coût des accidents,
- c – les pertes de temps.

1. LES COÛTS D'INSTALLATION ET D'EQUIPEMENT DES P.N.

Le coût d'équipement est relativement difficile à fixer avec précision, en effet pour un même équipement il varie selon le type de ligne où il est installé, et selon les conditions locales et d'environnement.

C'est pourquoi, les coûts pris en compte sont des coûts moyens d'équipements établis à partir des programmes S.N.C.F. d'équipement de 1970.

Ces coûts comprennent l'installation complète de l'équipement y compris la signalisation routière avancée à l'exclusion toutefois de la construction de la maison du garde pour les P.N. gardés.

- 2 ^e catégorie et STOP	8.000,- F
- S.A.L. 0	72.000,- F
- S.A.L. 2	103.000,- F
- S.A.L. 4	183.000,- F
- Gérance	13.000,- F
- Gardés	46.000,- F
- Passage de S.A.L. 0 en S.A.L. 2	35.000,- F
- Passage de S.A.L. 2 en S.A.L. 4	100.000,- F
- Passage de S.A.L. 0 en S.A.L. 4	120.000,- F

N.B.— On n'a pas parlé de coûts d'ouvrage d'art (qui constituent bien l'équipement le plus élaboré d'une traversée) car ceux-ci sont vraiment trop variables. Il est donc impossible d'établir un coût moyen d'établissement d'ouvrage d'art. C'est pourquoi nous avons traité (cf. page 51), le problème d'une manière différente.

2. LES COÛTS DE MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS

Les coûts d'entretien ont été calculés à partir du compte d'exploitation de la S.N.C.F. Ces coûts peuvent sembler élevés. Ceci provient du fait qu'un certain nombre de grosses réparations qui sont en fait des renouvellements partiels de l'installation sont portées sur le compte d'exploitation.

Ces dépenses par P.N. sont pour l'année 1970 :

- 2 ^e catégorie	1.330,- F
- STOP (1)	1.130,- F
- S.A.L. 0	2.650,- F
- S.A.L. 2	3.390,- F
- S.A.L. 4	4.580,- F
- Gardés	3.000,- F
- Ouvrages d'art	3 ‰ du coût de l'ouvrage.

3. LES COÛTS DE GARDIENNAGE

Ils sont d'après le compte d'exploitation de la S.N.C.F. (toutes charges comprises dans le cadre de la normalisation des comptes) pour l'année 1970 et par P.N. (en moyenne) :

- P.N. en gérance	3.700 F (2)
- P.N. gardés 1 poste	16.000 F
- P.N. gardés 2 postes	50.000 F
- P.N. gardés 3 postes	83.000 F.

(1) On a différencié les coûts d'entretien du STOP et de la 2^e catégorie. Pour les P.N. équipés de STOP, il n'y a pas en effet de nécessité d'entretenir la visibilité à distance.

(2) En fait, le taux résultant des données ci-dessus serait de 2.500 F. Le taux de 3.700 F tient compte d'un réajustement en cours d'étude.

4. COUTS DES ACCIDENTS AUX P.N.

La présence du point de conflit (entre deux itinéraires) que constitue un P.N. est obligatoirement générateur d'accidents matériels ou corporels. Le problème qui se pose si l'on veut faire un bilan pour la collectivité est d'estimer le coût moyen d'un accident à un P.N. de type donné.

Si l'on est capable de faire cette estimation, il est aisé ensuite de calculer le "coût sécurité" annuel (ou sur une période plus longue) d'un P.N. aux caractéristiques prédéterminées.

Toutefois, afin de pouvoir comparer entre eux les différents "coûts sécurité" des équipements, on n'a pas tenu compte des accidents de piétons. En effet, les conditions de circulation de piétons sont très différentes selon les différents équipements et selon leur localisation :

- P.N. urbains et de rase campagne,
- P.N. avec ou sans portillons,
- Proximité ou non de passages piétons spéciaux.

D'autre part, on ne possède aucune statistique sur les circulations de piétons.

Pour ces raisons, il a semblé préférable de faire une étude spéciale du problème des piétons. (cf. 2^e partie).

4-1 METHODE UTILISEE

A ce jour, il existe en Europe et aux U.S.A., un certain nombre d'études sur le problème de la sécurité aux P.N. parmi lesquelles nous avons retenu les suivantes qui semblaient répondre à nos préoccupations.

- Une étude de l'Union Internationale des Chemins de fer (U.I.C.) datant de 1965 et portant sur "Essais de demi-barrières".
- Un certain nombre d'études américaines émanant soit des services routiers soit de l'exploitant ferroviaire.

Le point commun entre ces différentes études est qu'elles lient le nombre d'accidents survenus en moyenne à un P.N. de type donné au moment de ce P.N. par une formule de la forme

$$A = J \cdot M^i$$

A : nb d'accidents survenus en un an à 1.000 P.N. d'un type donné,

J : est un coefficient propre à chaque type de P.N.,

i : la différence essentielle entre l'étude de l'U.I.C. et les études américaines porte sur la valeur de i,

- dans l'étude U.I.C. $i = 1/2$

- dans les études américaines $i = 1$

A partir des statistiques "accidents P.N." existantes en France nous avons cherché l'existence d'une famille de cet ordre sur l'ensemble des P.N. français.

A cet effet, on a effectué sur ordinateur un long travail de recherches qui aboutit aux conclusions suivantes :

Il existe un lien significatif entre le nombre d'accidents à un P.N. et le moment de ce P.N. à condition de distinguer : d'une part, les accidents avec implication de matériel ferroviaire roulant et d'autre part, ceux sans implication de matériel roulant.

Ce lien est de la forme $A = J \cdot M^i$

L'étude menée n'a pas permis de conclure d'une manière formelle et irréfutable sur la valeur de i car il est vraisemblable que d'autres notions doivent rentrer en ligne pour établir une loi de probabilité d'accidents (vitesses routières et ferroviaires, notions de visibilité, etc.).

Cependant, on peut affirmer que la valeur $i = 1/2$ (correspondant à celle de l'étude U.I.C.) donne une approximation satisfaisante eu égard à la précision des résultats d'ensemble.

4-2 DETERMINATION DU COUT ACCIDENT/P.N./AN

4-21 Probabilité d'accident à un P.N. de type donné

On a vu qu'à condition de différencier les accidents aux P.N. selon qu'ils impliquent ou non du matériel ferroviaire roulant on peut considérer que la probabilité d'accident à un P.N. est :

$$P = J \sqrt{M}$$

L'information statistique de base n'étant pas toujours suffisante la détermination de J . a posé certains problèmes qu'on a résolu en se référant aux réseaux de P.N. étrangers et en extrapolant les tendances constatées sur le réseau français.

Le tableau suivant donne les valeurs de J par type d'équipement pour 1.000 P.N. de même type et pour une durée de 1 an.

Type de P.N.	J.1 (accidents avec collision de matériel ferroviaire roulant)	J2 (accidents sans collision de matériel ferroviaire roulant)
2 ^e catégorie	1.05	0.10
STOP	0.85	0.10
S.A.L. 0	0.51	0.10
S.A.L. 2	0.24	1.84
S.A.L. 4	0.15	4.50
Gardés	0.14	3.25

En clair cela signifie, par exemple, que pour 1.000 P.N. de 2^e catégorie ayant un moment de 900, on doit s'attendre à ce qu'il y ait :

$$P1 = 1,05 \times \sqrt{900} = 31,5 \text{ accidents/an avec collision de trains}$$

$$\text{et } P2 = 0,10 \times \sqrt{900} = 3 \text{ accidents/an sans collision de trains.}$$

Remarque

La détermination de la formule $P = J\sqrt{M}$ et des valeurs de J a nécessité un travail considérable sur ordinateur et les précautions prises dans les programmes de calcul permettent d'affirmer que la précision des résultats obtenus est au moins égale à celle des valeurs des autres paramètres pris en compte dans le bilan actualisé.

A titre d'illustration, le tableau suivant compare les valeurs de J1 (coefficients d'accidents avec collisions de train) avec les valeurs de J retenues dans l'étude U.I.C. Il faut toutefois préciser que J1 est légèrement différent du "J" U.I.C., ce dernier incluant, en plus, les accidents sans collisions de trains comportant des conséquences corporelles.

Afin de faciliter la comparaison, on a ramené les coefficients à la base 1 pour les P.N. gardés.

Type de P.N.	J1	J U.I.C.
2 ^e catégorie	7.50	7.30
S.A.L. 0	3.64	3.80
S.A.L. 2	1.71	
S.A.L. 4	1.07	1.06
Gardés	1	1

4-22 Coût des conséquences des accidents

a - Valeur collective des accidents corporels

- 1 mort	230.000 F
- 1 blessé grave	30.000 F
- 1 blessé léger	1.000 F.

Ces valeurs sont celles appliquées par la direction des routes dans les calculs de rentabilité appliqués aux investissements routiers.

Il faut attirer l'attention sur le fait que ces valeurs sont des valeurs collectives. En effet, on n'a pas indiqué de valeur pour l'usager, l'expérience ayant montré que ce dernier tient rarement compte de sa propre sécurité ou l'apprécie, en tout cas, trop mal dans les choix qu'il effectue.

La valeur collective et, notamment, le "coût" d'un tué résultent donc d'une appréciation directe de ce qu'il est possible de dépenser compte tenu des préjudices matériels et moraux causés par les accidents de P.N. à la collectivité nationale.

b - Accidents matériels

- avec implication de matériel ferroviaire roulant	16.000 F
- sans implication de matériel ferroviaire roulant	2.000 F.

Ces valeurs sont basées sur les statistiques de la S.N.C.F. Toutefois, pour les accidents avec implication de matériel ferroviaire roulant, on a ajouté un coût subjectif en plus du coût

des dégâts proprement dits. Ce coût subjectif prend en compte la perturbation du trafic ferroviaire, que cause un accident de train.

4-23 Gravité des accidents

L'étude des statistiques annuelles de la S.N.C.F. a montré qu'il existe une corrélation entre le nombre d'accidents aux P.N. et le nombre de victimes qui en résulte.

Cette corrélation est résumée dans le tableau suivant :

Conséquences corporelles par accidents Type de P.N.	Accidents avec collision de matériel ferroviaire roulant			Accidents sans collision de matériel ferroviaire roulant		
	Morts	Blessés graves	Blessés légers	Morts	Blessés graves	Blessés légers
P.N. de 2 ^e catégorie	0.25	0.20	0.25	—	0.01	0.05
P.N. à S.A.L. 0	0.25	0.20	0.25	—	0.01	0.05
P.N. à S.A.L. 2 ou S.A.L. 4	0.35	0.20	0.25	—	0.02	0.1
P.N. gardés	0.30	0.20	0.20	0.002	0.04	0.13

4-24 Coût annuel des accidents/P.N.

A partir des éléments déterminés aux paragraphes précédents, on peut déduire le coût probable des accidents pour une durée de 1 an et pour un P.N. de type donné.

Ce coût est une fonction de la puissance 0.5 du moment (ceci découlant de la loi de probabilité d'accidents aux P.N.).

L'expression de ce coût est : $C = K \sqrt{M}$

K est un paramètre variant selon les types de P.N. et dépendant :

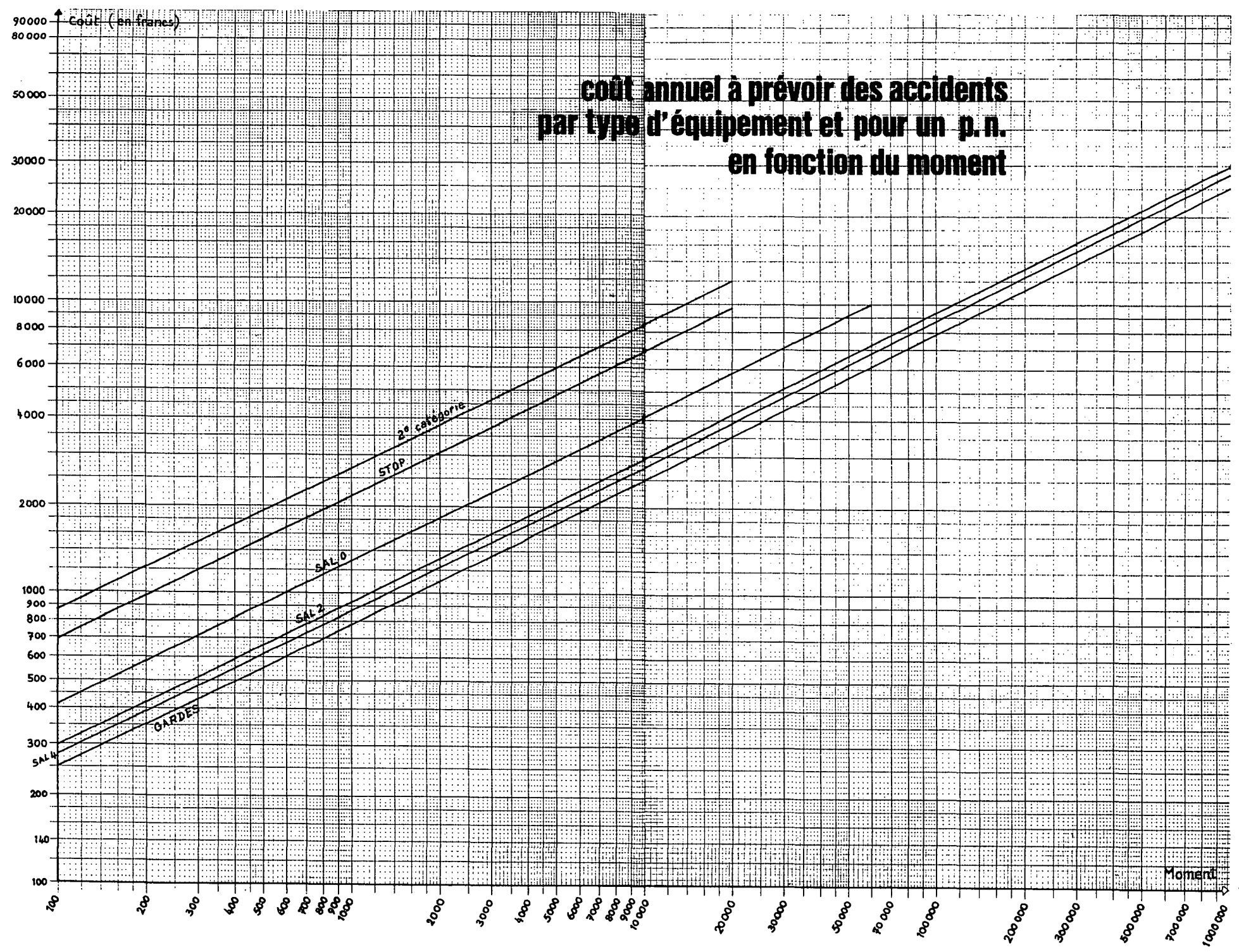
- des coefficients J (déterminés en 4-21),
- de la gravité des accidents,
- de la somme que la collectivité peut dépenser pour le préjudice causé par ces accidents.

Les valeurs de K selon les types de P.N. sont les suivantes :

Type de P.N.	K
2 ^e catégorie	83.97
STOP	68.02
S.A.L. 0	40.91
S.A.L. 2	29.63
S.A.L. 4	27.56
GARDES	25.09

Le graphique ci-contre établit le coût accident PN/an en fonction du type d'équipement et du moment.

**coût annuel à prévoir des accidents
par type d'équipement et pour un p.n.
en fonction du moment**



5. EVALUATION DES PERTES DE TEMPS DES USAGERS ROUTIERS

La présence d'un P.N. sur un itinéraire routier est une gêne pour les véhicules empruntant cet itinéraire. Cette gêne est matérialisée par des pertes de temps que l'on peut évaluer en francs si l'on admet un coût horaire de perte de temps des occupants de véhicule, d'une part, et d'immobilisation du véhicule, d'autre part.

Les pertes de temps sont de 3 natures différentes :

- 1 - Arrêt et attente des véhicules arrêtés aux passages des trains,
- 2 - Démarrage et accélération jusqu'à la vitesse de référence de l'itinéraire après le passage des trains,
- 3 - Ralentissement-accélération imposés par la présence du P.N. en dehors du passage des trains.

5-1 NOTATIONS EMPLOYEES

N : nombre de trains par jour (on retient 25 % des trains non réguliers)

T : trafic routier journalier moyen

M : moment de circulation = N X T

v : vitesse de référence de l'itinéraire routier considéré (km/h)

V : vitesse de franchissement du P.N. en dehors du passage des trains (km/h)

S₁ : temps perdu (en secondes) au cours d'une manœuvre décélération-arrêt-attente (pour le passage d'un train)

S₂ : temps perdu au cours d'une manœuvre démarrage-accélération (démarrage du P.N. après le passage d'un train) par rapport à une marche à vitesse constante

S₃ : temps perdu au cours d'une manœuvre ralentissement-accélération (franchissement du P.N. en dehors du passage des trains) par rapport à une marche à vitesse constante.

m : durée moyenne d'interception du trafic routier (en secondes) lors du passage d'un train.

On suppose l'arrivée des trains et des véhicules également répartie sur 24 heures.

5-2 ARRETS ET ATTENTE DES VEHICULES AU PASSAGE D'UN TRAIN

Nb de véhicules arrêtés à chaque passage de train :

$$2 n = \frac{T}{60 \times 60 \times 24} \times m$$

(n véhicules arrêtés de chaque côté de la barrière).

Pertes de temps journalières pour arrêt et attente au passage des trains (en heures/jour) :

$$H_1 = 2n \times N \times \frac{S_1}{3600}$$

$$H_1 = \frac{M}{311\,040\,000} \times m \times S_1$$

5-3 DEMARRAGE DES VEHICULES ARRETES APRES LE PASSAGE DES TRAINS

Ces pertes de temps sont composées de 2 facteurs :

- le démarrage,
- l'accélération.

a - le démarrage : il est fonction du nombre de véhicules arrêtés. On distinguera 2 cas selon qu'il y a ou non formation d'une queue : $n \leq 1$ et $n > 1$

α $n > 1$: il faut tenir compte de l'échelonnement des véhicules : démarrage (2 secondes entre 2 démarrages),

soit i la position du véhicule dans la file, il perd : $2(i-1)$ secondes avant de pouvoir démarrer.

L'ensemble des véhicules perd $\sum_{i=1}^{i=n} 2(i-1) = n(n-1)$

Chaque véhicule perd en moyenne $\frac{n(n-1)}{n} = (n-1)$ seconde.

β $n \leq 1$: dans ce cas $n-1 = 0$

b - à l'accélération, chaque véhicule perd S_2 secondes.

c - pertes de temps journalières dues à la manœuvre démarrage-accélération après passage de trains :

$$H_2 = 2n \times N \left(\frac{S_2}{3600} + \frac{n-1}{3600} \right)$$

avec $n-1 = 0$ si $n \leq 1$

$$H_2 = \frac{M}{311\,040\,000} \times m \times S_2 + (n-1)$$

5-4 RALENTISSEMENT-ACCELERATION LORS DU FRANCHISSEMENT DU P.N. EN DEHORS DU PASSAGE DES TRAINS

Nombre de véhicules franchissant le P.N. hors du passage des trains :

$$2n' = T - 2n N$$

Pertes de temps journalières en heures :

$$H_3 = 2n' \times \frac{S_3}{3600}$$

$$H_3 = T - \frac{M \times m}{86400} \frac{S_3}{3600}$$

5-5 PERTES DE TEMPS ANNUELLES PAR P.N.

$$H = 365 (H_1 + H_2 + H_3)$$

5-6 VALEUR DES DIFFERENTS PARAMETRES

(valeurs moyennes prises en compte dans l'étude).

5-61 Durée d'interception de la route lors du passage d'un train

Pour les P.N. possédant un dispositif matérialisant l'annonce d'un train : m correspond à la durée de fermeture du P.N. soit :

- P.N. gardés en gérance : 5 mn (300 s)
- P.N. gardés autres que gérance (en moyenne) : 3 mn (180 s)
- P.N. à S.A.L. 4 : 50 secondes
- P.N. à S.A.L. 2 et S.A.L. 0 : 40 secondes

(Les P.N. à S.A.L. 4 ont une durée de fermeture supérieure aux autres P.N. à S.A.L. : décalage de fermeture des demi-barrières de sortie).

Pour les P.N. de 2^e catégorie le temps d'interception est beaucoup plus délicat à déterminer.

Pour ces P.N., en plus de la durée d'interception proprement dite, il faut ajouter le facteur "prudence" de l'usager routier normal, qui :

- ralentira pour s'arrêter au P.N. dès qu'il y aura un train visible dans la zone d'observation de la voie ferrée,
- observera à nouveau les voies après le passage d'un train pour s'assurer, selon la formule consacrée, "qu'un train n'en cache pas un autre", s'il se trouve sur une ligne à plusieurs voies.

On a estimé que, pour ces raisons, la valeur de m à prendre en compte était de 55 à 60 secondes.

5-62 Vitesse de référence de l'itinéraire routier : V

Là encore, la détermination d'une valeur moyenne de V a posé un certain nombre de problèmes

Toutefois, l'expérience a montré qu'il existait une assez bonne corrélation entre le trafic et la vitesse.

C'est pourquoi, nous avons retenu ce critère de choix.

D'autre part, on a constaté également qu'il existait une corrélation entre le trafic moyen routier et l'accroissement de ce trafic :

Trafic routier journalier moyen	0-100	100-500	500-1.000	1.000-20.000	20.000
Vitesse de référence (V)	40	50	60	80	100
Accroissement annuel du trafic	3 %	4 %	6 %	10 %	8 %

Ces valeurs appellent les remarques suivantes :

- vitesse de référence 40 km/h pour faible trafic routier : cette estimation résulte du fait que la plupart des petites routes de campagne sont maintenant revêtues et permettent de pratiquer une vitesse relativement élevée.
- accroissement du trafic annuel : dans les calculs d'actualisation on a tenu compte que cet accroissement ne pouvait se prolonger au-delà de la saturation.

5-63 Vitesse de franchissement du P.N. : v

Elle est essentiellement fonction du type d'équipement.

- P.N. de 2^e catégorie $v = 20 - 25 \text{ km/h}$

(On a tenu compte du fait que les calculs du coût sécurité ont été faits en supposant que la plupart de ces P.N. ne possèdent que la visibilité rapprochée).

- P.N. gardés $v = 50 \text{ km/h}$

Cette vitesse peut sembler faible mais il faut considérer qu'un grand nombre de ces P.N. constituent des points singuliers (chaussée rétrécie, virage en S prononcé, cassis ou dos d'âne, etc.).

- S.A.L. 0 $v = 55 \text{ km/h}$

v légèrement supérieure à celle des P.N. gardés car l'installation d'une S.A.L. s'accompagne le plus souvent de l'amélioration des conditions de traversée (élargissement de chaussée, redressement de virage, etc.).

- S.A.L. 2 et S.A.L. 4 $v = 60 \text{ km/h}$

v supérieure à celle des P.N. à S.A.L. 0 pour tenir compte du facteur psychologique que représente la matérialisation de l'interdiction de franchissement lors de l'annonce d'un train.

5-64 Temps perdu au cours des différentes manœuvres de franchissement : $S_1 - S_2 - S_3$

- S_1 : on a considéré que le temps perdu en moyenne par véhicule pendant le passage d'un train est égal à $\frac{m}{2}$ (m : durée d'interception de l'itinéraire routier).
- S_2 et S_3 : ces quantités sont lues sur les graphiques ci-après (en fonction de V et v), graphiques établis par la Direction des Routes.

5-65 Valeur du temps

Les études de rentabilité des investissements routiers établies par la Direction des routes ont établi la valeur collective des pertes de temps à :

- 23 F l'heure pour les P.L. (Poids Lourds)
- 12 F l'heure pour les V.L. (Véhicules Légers)

La proportion de P.L. dans la circulation étant de 10 % environ, on aboutit à un coût moyen de l'heure de 13,1 F/véhicule/heure.

Remarque

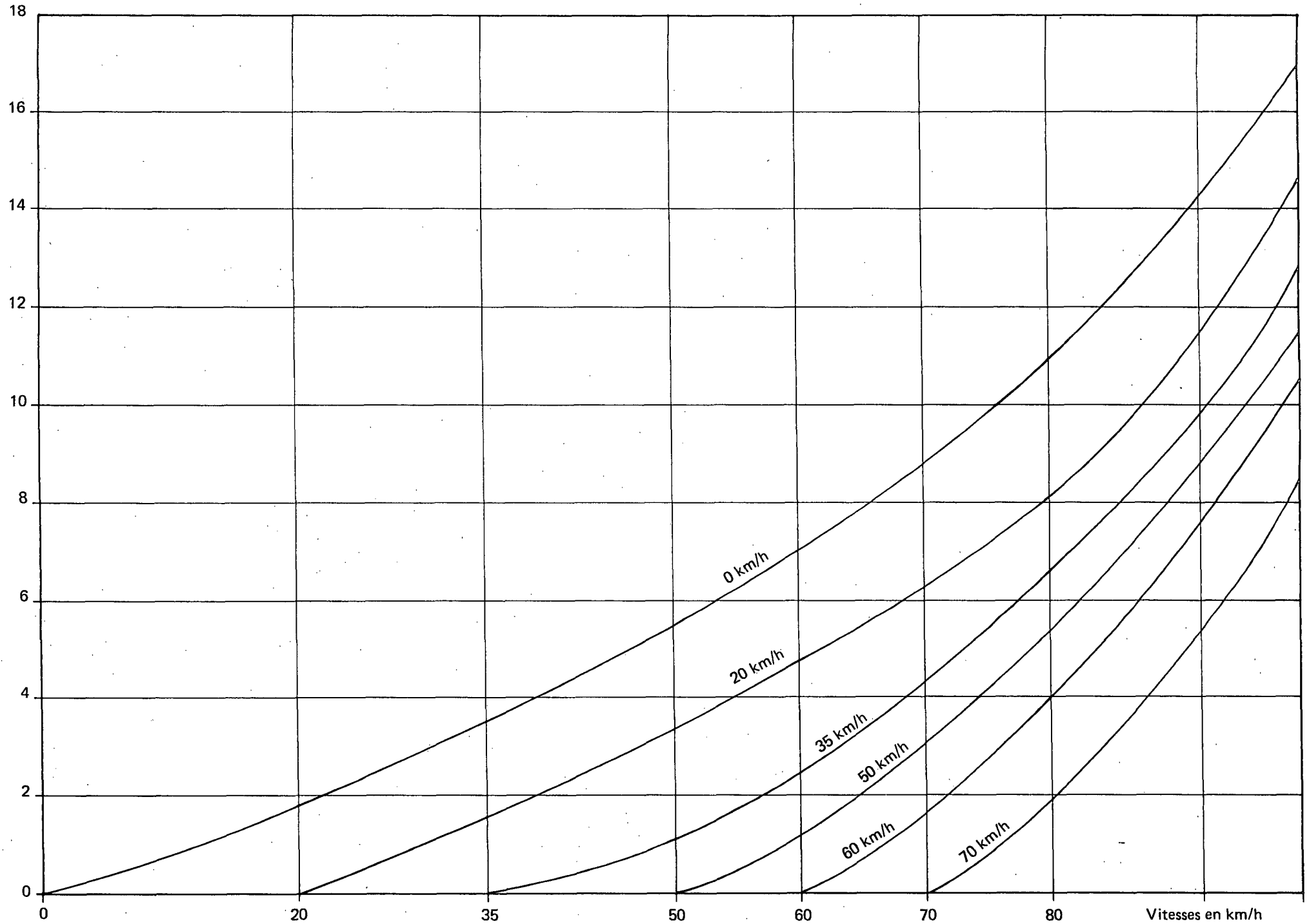
Pour des cas particuliers de P.N. ayant des conditions de circulation notablement différentes de la moyenne (par exemple, P.N. desservant une zone industrielle et étant fréquentés en quasi totalité par des P.L.), il y aura lieu de se livrer à des études spécifiques.

6. GENE CAUSEE A L'EXPLOITANT FERROVIAIRE

La présence d'un P.N. sur un itinéraire ferroviaire est dans certains cas, une gêne pour la S.N.C.F. ; gêne qui peut comporter certains des facteurs exposés ci-après :

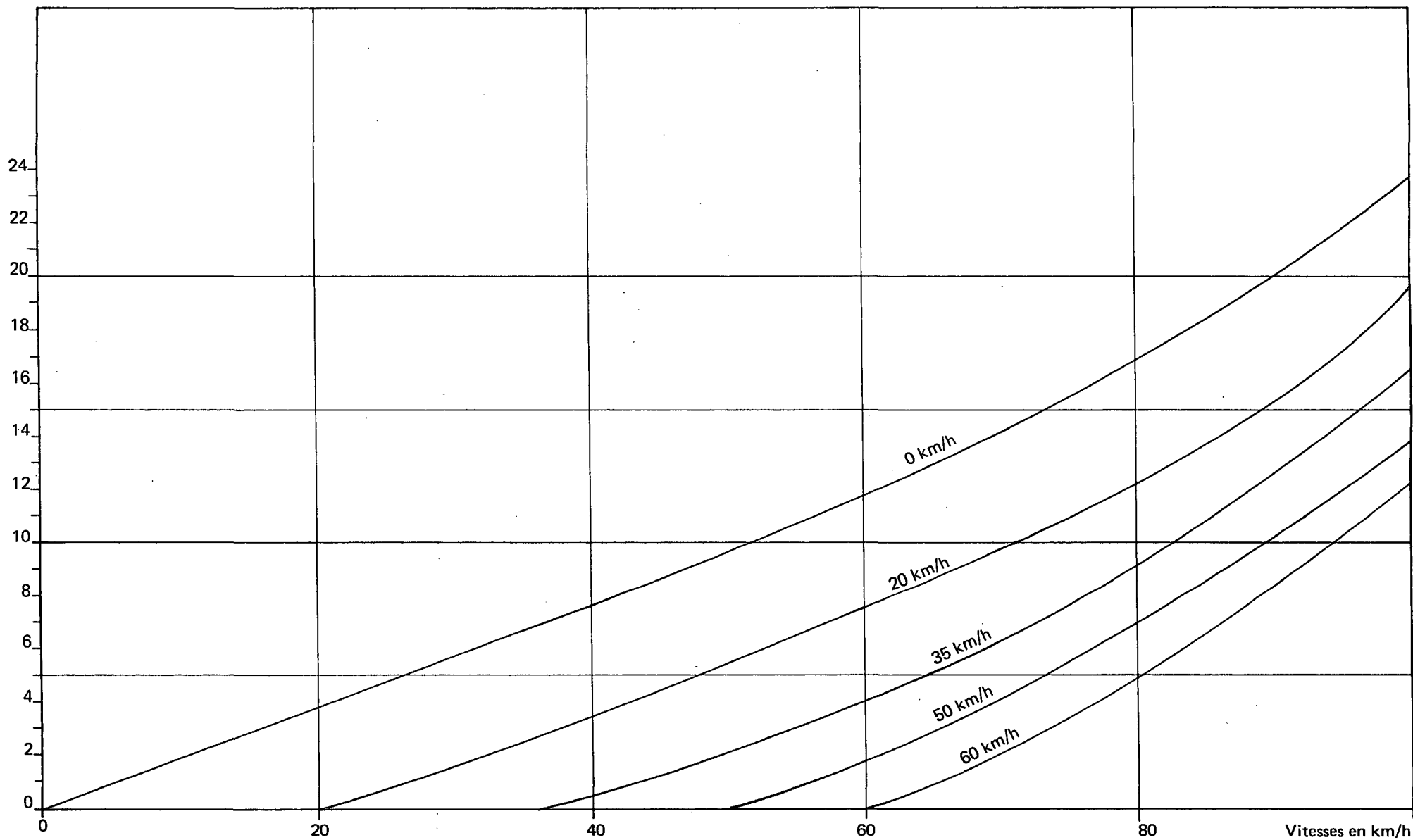
- arrêts de trains et manœuvre par agent d'accompagnement (cas du train ayant plus de 1 heure de retard sur P.N. gardé en gérance, P.N. gardé systématiquement par agent d'accompagnement) : 4,40 F/train ;
- ralentissement ferroviaire de 20 km/h sur P.N. de 2^e catégorie, pour obtention de visibilité :
3 F/train - 1 F/autorail ;
- d'autres facteurs de gêne (contraintes des préavis des circulations non régulières, dispositions spéciales à prendre en cas de détournement ou de contre-sens, manque à gagner dû à la concentration des horaires à laquelle conduit le désir de ne pas effectuer des dépenses inconsidérées de gardiennage), sont à chiffrer par cas d'espèces.

TEMPS PERDU AU COURS D'UNE MANŒUVRE D'ACCELERATION
PAR RAPPORT A UNE MARCHE A VITESSE CONSTANTE



TEMPS PERDU AU COURS D'UNE MANŒUVRE DE RALENTISSEMENT-ACCELERATION
PAR RAPPORT A UNE MARCHE A VITESSE CONSTANTE

- 40 -



CHAPITRE V

LES EQUIPEMENTS DE MOINDRE COUT POUR LA COLLECTIVITE

Les différentes réglementations qui ont régi le réseau des P.N. français, ont donné à celui-ci, une physionomie qu'il est absolument impossible de négliger dans une étude d'optimisation. En effet, il est bien évident que l'équipement de moindre coût collectif que l'on peut préconiser pour un P.N., dépend de l'équipement déjà en place à ce P.N.

D'autre part, certains des paramètres entrant en ligne de compte dans l'établissement du coût collectif d'un P.N., étant fonction de la fréquentation du P.N., l'équipement de moindre coût préconisable à ce P.N. dépend également des conditions de circulation à ce P.N.

C'est pour ces raisons que les résultats des recherches sont présentés sous forme de tableaux à 3 paramètres :

- équipement déjà en place,
- moment de circulation,
- circulation routière.

A. Equipement déjà en place

Les calculs ont été effectués en tenant compte des équipements existants suivants :

- P.N. de 2^e catégorie à croix de Saint-André (C2)
- P.N. à S.A.L. 0 (S.0)
- P.N. à S.A.L. 2 (S.2)
- P.N. à S.A.L. 4 (S.4)
- P.N. gardés en gérance (GE)
- P.N. gardés à 1 poste, 2 postes ou 3 postes. (GA)

B. Moment de circulation

On a considéré 17 classes de moment de circulation ; leurs limites ont été choisies de façon à former des classes suffisamment homogènes pour être représentatives de l'ensemble des P.N. français.

Pour les calculs, on a pris en compte dans chaque classe, le moment moyen tel qu'il ressort de l'exploitation du fichier P.N. de la S.N.C.F., pour chaque type d'équipement.

Les classes choisies et les moments moyens par classe sont les suivants :

N° de classes de Moment	Limites de classe	Moment moyen par classe				
		2 ^e CAT.	S.A.L. 0	S.A.L. 2 S.A.L. 4	GERANCE	GARDES
1	0- 300	80	100	180	110	160
2	300- 600	420	440	440	430	440
3	600- 1.000	770	790	800	740	800
4	1.000- 3.000	1.450	1.770	1.810	1.620	1.800
5	3.000- 5.000	3.670	3.850	3.800	3.750	3.890
6	5.000- 10.000	6.590	7.090	6.880	7.300	7.090
7	10.000- 20.000	13.640	14.190	14.010	14.480	14.560
8	20.000- 30.000		24.470	23.900	22.490	24.660
9	30.000- 40.000		34.690	33.840	32.880	35.010
10	40.000- 50.000		44.980	45.570		45.240
11	50.000- 60.000		54.210	54.210		53.880
12	60.000- 70.000			62.480		64.140
13	70.000- 80.000			76.230		74.730
14	80.000- 90.000			83.160		84.490
15	90.000-100.000			93.290		94.910
16	100.000-200.000			142.376		126.680
17	> 200.000			323.400		420.580

C. Circulation routière journalière

De la même manière que pour le moment on a considéré un certain nombre de classes, la moyenne de ces classes par type d'équipement ne pouvant être connue statistiquement, on a considéré la moyenne arithmétique de chaque classe.

N° de classe de trafic routier	Limites de classe	Trafic routier moyen par classe
1	0- 10	5
2	10- 30	20
3	30- 50	40
4	50- 100	75
5	100- 500	300
6	500- 1.000	750
7	1.000- 5.000	3.000
8	5.000-10.000	7.500
9	10.000-20.000	15.000
10	> 20.000	30.000

LES RESULTATS

Les tableaux suivants sont la synthèse des résultats de calculs qui sont reproduits aux pages 95 à 142 du fascicule IV.

Ces tableaux font ressortir l'équipement de moindre coût pour la collectivité en fonction :

- de l'équipement existant,
- de la circulation routière,
- du moment de circulation.

Chaque case des tableaux donne 4 indications qui sont :

- a - le nombre de P.N. du réseau français qui au 1.1.70 répondait aux 3 paramètres de définition de la case considérée
- b - l'équipement de moindre coût pour la collectivité (en milliers de F. 1970)
- c - le bénéfice actualisé sur 20 ans de l'équipement de moindre coût par rapport à l'équipement

existant et pour un P.N. donné (cf. remarque 1),

d – la rentabilité immédiate à l'année zéro (en %) de l'équipement de moindre coût (cf. remarque 2).

Ces quatre indications sont réparties de la manière suivante :

Equipement de moindre coût	→	S.O.	44	←	Nb de P.N. concernés
Rentabilité immédiate	→	19 %	14	←	Bénéfice actualisé en milliers de francs

Remarques

1. **Bénéfice actualisé** : c'est la différence entre le coût actualisé (sur 20 ans) pour la collectivité de l'équipement déjà en place d'une part, et de l'équipement de moindre coût, d'autre part ;
2. **Rentabilité immédiate** : c'est le rapport entre le bénéfice actualisé procuré par l'équipement de moindre coût et l'investissement nécessaire pour mettre en place cet équipement ;
3. Lorsque l'équipement en place est l'équipement de moindre coût, le bénéfice actualisé et la rentabilité immédiate sont nuls. Dans ces cas, on n'a porté dans les cases du tableau que le nombre de P.N. concernés.

EQUIPEMENT EXISTANT : 2^e CATEGORIE

EQUIPEMENTS DE MOINDRE COUT

Classe de moment \ Classe de trafic routier	0 à 10	10 à 30	30 à 50	50 à 100	100 à 500	500 à 1000	1000 à 5000	5000 à 10000
0 - 300	480	7040	900	288	95			
300 - 600		637	190	86	78			
600 - 1000		ST 225 0 0	96	75	S 0 53 0 % 5			
1000 - 3000		ST 76 50 % 4	34	42	S 0 44 19 % 14	S 0 15 170 % 123	S 2 8 737 % 760	
3000 - 5000				2	S 0 9 47 % 34	S 0 6 200 % 144	S 2 2 763 % 786	
5000 - 10000				S 0 1 23 % 17	S 0 4 72 % 52	S 0 6 225 % 162	S 2 13 785 % 809	S 2 4 1992 % 2052
10000 - 20000				S 0 1 70 % 51	S 0 1 120 % 87	S 2 2 197 % 203	S 2 5 827 % 852	S 2 1 2033 % 2095

EQUIPEMENT EXISTANT : S.A.L. 0

EQUIPEMENTS DE MOINDRE COUT

Classe de moment \ Classe de trafic routier	0 - 10		10 - 30		30 - 50		50 - 100		100 - 500		500 - 1000		1000 - 5000		5000 - 10000	
	0 - 300	ST	1 0 0 %	3	2	1	1									
300 - 600			4	6	3	2										
600 - 1000			4	5	2	1										
1000 - 3000			5	8	1	2	S 2 3 %	2 1	S 2 27 %	1 95						
3000 - 5000			3	2	1	2	S 2 17 %	1 6	S 2 286 %	2 100						
5000 - 10000				3	1	2	S 2 29 %	2 10	S 2 297 %	1 104						
10000 - 20000					1	2	S 2 54 %	1 19	S 2 320 %	1 112	S 2 829 %	1 290				
20000 - 30000							S 2 9 %	1 3	S 2 74 %	1 26	S 2 343 %	1 120	S 2 851 %	1 298		
30000 - 40000							S 2 26 %	1 9	S 2 94 %	1 33	S 2 363 %	1 127	S 2 871 %	1 305		

EQUIPEMENT EXISTANT : S.A.L. 2
EQUIPEMENTS DE MOINDRE COUT

Classe de moment	CLASSE DE TRAFIC ROUTIER									
	0 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 500	500 - 1000	1000-5000	5000-10000	10000-20000	> 20000
0 300	ST 50 % 3 4	74	29	8	1					
300 600		97	78	33	8					
600 1000		117	91	143	21					
1000 3000		153	374	375	332	5	5			
3000 5000		3	44	136	219	14	3			
5000 10000			6	47	197	68	8			
10000 20000				3	76	49	29	2		
20000 30000					17	12	12	1		
30000 40000					1	6	5	1		
40000 50000					1	2	1	2		
50000 60000					1	1	2	1		
60000 70000						1	3	1		
70000 80000						1	1	1		
80000 90000						1	2	1		
90000 100000							1	2	1	1
100000 200000							5	2	1	1
> 200000							1	2	1	1

EQUIPEMENT EXISTANT : S.A.L. 4
EQUIPEMENTS DE MOINDRE COUT

Classe de moment	CLASSE DE TRAFIC ROUTIER									
	0 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 100	100-500	500 - 1000	1000-5000	5000-10000	10000-20000	> 20000
0 300	1	1	1	1	1					
300 600		1	1	2	1					
600 1000		1	1	1	2					
1000 3000		2	1	1	3	1	1			
3000 5000		1	2	2	2	1	1			
5000 10000			1	2	3	2	1	1		
10000 20000				1	2	1	1	1		
20000 30000					4	4	1	1		
30000 40000					1	3	5	2		
40000 50000					6	4	2	1		
50000 60000					2	2	10	2		
60000 70000						4	7	1		
70000 80000						3	6	1		
80000 90000						1	9	3		
90000 100000							4	2	1	2
100000 200000							18	5	2	1
> 200000							2	2	1	1

EQUIPEMENT EXISTANT : GERANCE

EQUIPEMENTS DE MOINDRE COUT

Classe de moment \ Classe de trafic routier	0 - 10		10 - 30		30 - 50		50 - 100		100 - 500		500 - 1000		1000 - 5000		5000 - 10000	
	0 - 300	ST 500 %	2 40	C 2 425 %	188 34	C 2 388 %	155 31	C 2 313 %	193 25	104						
300 - 600					C 2 288 %	3 23	C 2 225 %	15 18	147	S 0 6 %	1 4					
600 - 1000							C 2 188 %	1 15	92	S 0 112 %	4 8					
1000 - 3000									31	S 0 26 %	65 19	S 2 83 %	18 85			
3000 - 5000									S 0 32 %	1 23	S 0 67 %	8 48	S 2 219 %	38 226		
5000 - 10000									S 0 97 %	1 70	S 0 140 %	3 101	S 2 288 %	35 297		
10000 - 20000													S 2 430 %	7 443	S 2 741 %	5 763
20000 - 30000													S 2 588 %	1 606	S 2 899 %	2 926
30000 - 40000													S 2 793 %	1 817	S 2 1104 %	2 1137

**EQUIPEMENT EXISTANT : GARDE
EQUIPEMENTS DE MOINDRE COUT**

Classe du moment	CLASSE DE TRAFIC ROUTIER										
	0 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 500	500 - 1000	1000 - 5000	5000-10000	10000-20000	> 20000	
0 300	ST 87 3237 %	ST - C2 2032 252 3150 %	C2 223 249 3113 %	C2 165 243 3038 %	C2 81 207 2588 %						
300 600		ST 491 247 3088 %	C2 678 241 3013 %	C2 323 235 2938 %	S0 197 203 282 %						
600 1000		ST 174 243 3038 %	C2 - ST 297 234 2925 %	C2 665 229 2863 %	S0 378 202 281 %						
1000 3000		ST 58 236 2950 %	ST 87 227 2838 %	C2 627 217 2713 %	S0 1337 203 282 %						
3000 5000		ST 6 230 2875 %	ST 6 221 2763 %	S0 29 208 289 %	S0 766 208 289 %	S0 71 230 319 %	S2 71 400 388 %				
5000 10000				S0 23 219 304 %	S0 526 218 303 %	S0 339 242 336 %	S2 97 420 408 %				
10000 20000					S0 126 248 344 %	S2 329 283 275 %	S2 378 471 457 %	S2 3 791 768 %			
20000 30000					S0 10 292 406 %	S2 84 340 330 %	S2 213 542 526 %	S2 19 861 836 %			
30000 40000						S2 6 399 387 %	S2 168 614 596 %	S2 6 934 907 %			
40000 50000						S2 13 459 446 %	S2 84 686 666 %	S2 13 1006 977 %			
50000 60000						S2 3 509 494 %	S2 55 747 725 %	S2 16 1067 1036 %			
60000 70000						S2 3 569 552 %	S2 23 820 796 %	S2 19 1140 1107 %			
70000 80000						S2 3 630 611 %	S2 32 895 869 %	S2 10 1215 1180 %	S2 3 1747 1696 %		
80000 90000							S2 29 965 937 %	S2 6 1284 1247 %	S2 4 1818 1765 %		
90000 100000							S2 10 1039 1009 %	S2 26 1359 1319 %	S2 11 1891 1836 %		
100000 200000							S2 78 1265 1228 %	S2 55 1585 1539 %	S2 13 2118 2056 %	S2 7 3410 3311 %	
> 200000	N.B. - Les bénéfices actualisés sont indiqués par rapport à un P.N. gardé 1 poste. Pour les P.N. gardés 2 et 3 postes, ces bénéfices sont respectivement majorés de 565 et 714 milliers de francs.						S2 10 3376 3278 %	S2 16 3696 3588 %	S2 6 4229 4106 %	S2 3 5497 5337 %	

CHAPITRE VI

CAS PARTICULIER DES OUVRAGES D'ART

Lorsqu'on a dressé la liste des équipements optimum, la logique imposait d'y inclure la suppression de P.N. et le remplacement par ouvrages d'art (passage inférieur ou supérieur). Mais il est absolument impossible de fixer le coût moyen d'un ouvrage d'art. En effet, ce coût dépend trop des conditions locales. Dans les meilleures cas il peut descendre à 600.000 F mais dans les situations les plus défavorables, il peut monter jusqu'à 3.000.000, voire 4.000.000 F.

Aussi, plutôt que de calculer l'ouvrage d'art comme équipement optimum à l'aide d'un coût moyen, il a semblé préférable d'établir le coût de l'ouvrage d'art qui procurerait à la collectivité le même bénéfice actualisé que l'équipement optimum. Toutefois, on a supposé que le coût minimum d'un ouvrage d'art ne pourrait pas descendre en dessous de 600.000 F.

1. ELEMENTS DE CALCUL DU COUT GENERAL ACTUALISE D'UN OUVRAGE D'ART

- Coût d'investissement,
- coût d'entretien annuel : l'expérience a fait apparaître une dépense moyenne d'entretien annuel de l'ordre de 3 ‰ de la valeur de l'ouvrage,
- Pertes de temps - Risques d'accidents : on a supposé que la présence d'un ouvrage d'art (passage supérieur ou inférieur) sur un itinéraire routier n'entraînerait ni pertes de temps ni risques d'accidents supplémentaires par rapport à la section courante de la route.

2. CALCUL DU COUT LIMITE OU L'OUVRAGE D'ART EST COMPETITIF AVEC L'EQUIPEMENT DE P.N. OPTIMUM

Pour qu'un ouvrage d'art soit compétitif avec l'équipement P.N. optimum préconisé, il faut que le coût actualisé de cet ouvrage soit au plus égal au coût actualisé (sur la même période) de l'équipement P.N. optimum.

Lorsque ce coût est inférieur, l'ouvrage d'art apparaît être la solution offrant le plus grand bénéfice actualisé. Mais compte tenu du coût élevé d'un ouvrage d'art, la rentabilité d'une telle opération reste le plus souvent faible par rapport à celle obtenue par l'équipement P.N. optimum.

Le coût d'entretien d'un ouvrage d'art dans les hypothèses prises, est une fonction linéaire de l'investissement de base.

Le coût actualisé de l'ouvrage d'art dépendant de l'investissement (I) et du coût d'entretien est donc une fonction linéaire de I : il ressort pour une période de 20 ans à :

$$\bar{C} = 0,881 I$$

Prenons un exemple : un P.N. gardé, 3 postes :

- circulation routière : 8.000 véhicules/jour
- circulation ferroviaire : 20 trains/jour,

Soit Moment M = 160.000

- Equipement préconisé au chapitre 5 : S.A.L. 2
- Coût actualisé de l'équipement optimum S.A.L. 2 (sur 20 ans) = 1,88 millions de F.

Un ouvrage d'art qui aurait un coût actualisé sur 20 ans de 1,88 millions représenterait un investissement de :

$$\frac{1,88}{0,881}$$

Soit environ 2,13 millions de F.

Si donc, à ce P.N. il est possible de construire un ouvrage d'art dont le coût soit inférieur à 2,13 millions de F, c'est la solution qui procurera à la collectivité le plus grand bénéfice actualisé.

3. OBSERVATIONS

Le coût moyen d'un ouvrage d'art se situe en général entre 1 et 1,5 millions de F.

Afin de fixer les idées sur les cas où un tel ouvrage d'art apparaît être la solution la plus économique, on a figuré sur les tableaux de moindre coût des pages 45 à 50, les limites à partir desquelles un ouvrage de 1 million de F (limite rouge) et un ouvrage d'art de 1,5 million de F (limite verte) deviennent plus économiques pour la collectivité que l'équipement P.N. optimum, étant bien entendu que la solution la plus économique n'est pas forcément celle qui a la meilleure rentabilité immédiate.

2^e PARTIE

DE L'OPTIMUM ECONOMIQUE A UNE NOUVELLE REGLEMENTATION

CHAPITRE I

L'OPTIMUM ECONOMIQUE CONTRAINTES D'UTILISATION

Si l'on remet en cause la réglementation de 1967 en lui reprochant d'être trop axée sur le problème de la sécurité, il serait illogique de la remplacer par une réglementation, découlant des chapitres précédents, basée uniquement sur des critères économiques.

En effet, de nombreuses sujétions apportent des restrictions aux domaines d'emploi des équipements définis précédemment. (Ainsi, par exemple, il est aberrant de classer en 2^e catégorie un P.N. qui ne posséderait aucune visibilité même si, du point de vue économique, cet équipement est optimum).

Ces sujétions sont très variées et il est donc impossible d'en faire une étude systématique et d'y proposer des solutions absolues. C'est pourquoi, il apparaît nécessaire de définir à partir de l'optimum économique, un optimum théorique qui constituerait pour les différents décideurs une enveloppe réglementaire à l'intérieur de laquelle pourront être prises les décisions d'équipement.

L'optimum théorique est ainsi une conjugaison de 2 éléments :

- l'optimum économique
- les contraintes et restrictions d'utilisation de cet optimum.

1. SCHEMATISATION DE L'OPTIMUM ECONOMIQUE

La représentation graphique de l'optimum économique correspond aux 6 tableaux des pages 45 à 50 qui sont fonction des équipements existants. Pour servir de guide à une nouvelle réglementation, il fallait un outil plus commode et plus général. Nous avons donc résumé ces 6 tableaux dans celui de la page suivante qui donne les mêmes renseignements mais en partant d'un croisement rail-route non équipé. Il faut donc avoir à l'esprit, en lisant ce tableau, qu'il peut légèrement varier en fonction d'un équipement déjà en place.

2. REPARTITION DES P.N. DANS LE CAS OU L'OPTIMUM THEORIQUE EST EQUIVALENT A L'OPTIMUM ECONOMIQUE

Ceci correspond au cas le plus favorable, mais décrit une situation quasi utopique car elle suppose que tous les P.N. satisfont aux restrictions et sujétions d'emploi exposées ci-après.

Toutefois, il a semblé utile de calculer cette situation car elle représente une borne supérieure d'optimisation.

PLAGES D'EMPLOI DES EQUIPEMENTS

Moment \ Trafic routier	0	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	>
	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	20000	20000
0 - 300										
300 - 600										
600 - 1.000										
1.000 - 3.000										
3.000 - 5.000										
5.000 - 10.000										
10.000 - 20.000										
20.000 - 30.000										
30.000 - 40.000										
40.000 - 50.000										
50.000 - 60.000										
60.000 - 70.000										
70.000 - 80.000										
80.000 - 90.000										
90.000 - 100.000										
100.000 - 200.000										
> 200.000										

Type d'équipement	Situation existante au 31.8.69		Optimum théorique	
	Nombre	%	Nombre	%
2 ^e catégorie	10519	36,6	14649	51,0
STOP	0	0	2265	7,9
S.A.L. 0	88	0,3	3868	13,5
S.A.L. 2	2948	10,3	5209	18,2
S.A.L. 4	174	0,6	174	0,6
Gérance	1083	3,8	374	1,3
Gardés (1)	13885	48,4	2158	7,5
TOTAL	28697	100	28697	100

Le tableau suivant fait ressortir la décomposition du nombre de P.N. par type d'équipement et par classe de moment dans la situation optimum.

Classes de moment	2 ^e catégorie			STOP			S.A.L. 0			S.A.L. 2			S.A.L. 4			Gérance		
	Nb.	%	% cum.	Nb.	%	% cum.	Nb.	%	% cum.	Nb.	%	% cum.	Nb.	%	% cum.	Nb.	%	% cum.
0 - 300	10784	73,6	73,6	1105	48,8	48,8	8	0,2	0,2	115	2,2	2,2	5	2,9	2,9	104	27,8	27,8
300 - 600	2010	13,7	87,3	491	21,7	70,5	213	5,5	5,7	216	4,1	6,3	5	2,9	5,8	147	39,3	67,1
600 - 1000	1150	7,9	95,2	436	19,2	89,7	394	10,2	15,9	372	7,2	13,5	5	2,9	8,7	92	24,6	91,7
1000 - 3000	703	4,8	100	221	9,8	99,5	1477	38,2	54,1	1273	24,4	37,9	9	5,2	13,9	31	8,3	100
3000 - 5000	2	3	100	12	0,5	100	898	23,2	77,3	533	10,2	48,1	9	5,2	19,1			
5000 - 10000							737	19,0	96,3	650	12,5	60,6	9	5,2	24,3			
10000 - 20000							131	3,4	99,7	892	17,1	77,7	6	3,4	27,7			
20000 - 30000							10	0,3	100	365	7,0	84,7	10	5,7	32,4			
30000 - 40000										200	3,8	88,5	11	6,3	38,7			
40000 - 50000										116	2,2	90,7	13	7,5	46,2			
50000 - 60000										79	1,5	92,2	16	9,2	55,4			
60000 - 70000										50	1,0	93,2	12	6,9	62,3			
70000 - 80000										51	1,0	94,2	10	5,7	68,0			
80000 - 90000										43	0,8	95,0	13	7,5	75,5			
90000 - 100000										52	1,0	96,0	9	5,2	80,7			
100000 - 200000										162	3,2	99,2	26	14,9	95,6			
> 200000										40	0,8	100	6	3,4	100			
TOTAL	14649			2265			3868			5209			174			374		

(1) Le nombre de P.N. gardés inclut les P.N. à régimes particuliers.

3. CONTRAINTES ET RESTRICTIONS D'UTILISATION DE L'OPTIMUM ECONOMIQUE

3-1 AMBIVALENCE S.A.L. 2 – S.A.L. 4

Il n'a pas été possible de préciser le domaine d'emploi de la S.A.L. 4, l'utilisation de ce dispositif restant principalement liée à des problèmes spécifiques difficilement quantifiables dans les calculs économiques (P.N. à trafic urbain particulièrement difficile, P.N. situé aux abords d'une zone de manœuvre des trains). Ce dispositif permet, également, d'éviter le passage en chicane lors d'une attente prolongée de l'utilisateur routier. Pour des moments élevés, trancher le litige S.A.L. 2 – S.A.L. 4 ressort donc des cas d'espèces.

3-2 GARDIENNAGE EN GERANCE

Bien qu'assorti d'une durée de fermeture importante, ce mode de gardiennage est intéressant en raison du prix de revient relativement faible de la gérante. Celle-ci, contrairement au garde normal de P.N., n'a pas un emploi à temps complet mais son service partiel est limité à un nombre maximum de passages de 6 trains par jour. Ce mode de gardiennage n'est donc en fait prévisible que sur des lignes de très faible importance, souvent sans trafic voyageurs.

3-3 CONTRAINTES DE VISIBILITE

Pour les P.N. spécialement protégés, il est superflu d'imposer des contraintes de visibilité à l'automobiliste, les dispositifs en place suffisant à son information (P.N. à S.A.L. et P.N. gardés).

Par contre, sur les P.N. non spécialement protégés, la responsabilité de la traversée étant laissée à l'automobiliste, il faut lui donner la possibilité visuelle de régler sa conduite.

Les conditions nécessaires à cette manœuvre sont examinées au chapitre suivant.

3-4 AUTRES CONTRAINTES

Les contraintes précédentes sont les plus importantes. Cependant, il en existe beaucoup dont l'inventaire et la quantification sont beaucoup plus aléatoires. Ce sont autant de cas d'espèces à régler par le décideur à l'intérieur d'une enveloppe réglementaire.

Nous citerons par exemple :

- problèmes liés aux vitesses routières et ferroviaires,
- problèmes techniques rendant l'automatisation difficile et trop onéreuse,
- problèmes posés par l'automatisation des P.N. à gardiennage groupé.

4. SENSIBILITE DE L'OPTIMUM THEORIQUE AUX DIFFERENTS PARAMETRES

La méthode de calcul utilisée amène à s'interroger sur la sensibilité des résultats à la variation de certains des paramètres entrant dans le calcul.

C'est pourquoi, il a été effectué une série de tests portant sur les points suivants :

A. Coûts globaux des accidents aux P.N.

Le facteur sécurité aux P.N. étant un aspect important, on a effectué, pour le cas où on déciderait d'augmenter son importance, les deux tests :

- test 1 : coût global des accidents doublé
- test 2 : coût global des accidents triplé

B. Coût collectif des pertes de temps des usagers routiers aux P.N.

Dans certains cas, les décideurs pourraient être amenés à s'interroger sur l'importance des pertes de temps. C'est pourquoi, on affectué les tests suivants :

- test 3 : coût collectif des pertes de temps des usagers routiers réduits de moitié
- test 4 : non prise en compte des pertes de temps des usagers routiers.

C. Certains décideurs (Direction des routes, notamment) sont favorables à un dispositif S.A.L. 0 plus complexe mais supposé plus sûr ; d'autres (S.N.C.F., notamment) ne le souhaitent pas.

Afin d'éclairer le différent, nous avons procédé dans le test 5 à un essai de dispositif S.A.L. 0 plus complexe (investissement de base majoré de 10.000 F), mais supposé plus sûr (gain sécurité de 20 %).

Les tableaux suivants montrent ce que deviendraient, pour chaque test, les plages d'emploi des équipements définies dans l'optimum théorique (page 56).

(Les détails de calculs figurent en annexe aux pages 143 à 177).

PLAGES D'EMPLOI DES EQUIPEMENTS - TEST 1

Moment \ Trafic routier	0	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	>	
	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	20000	20000	
0 - 300			2 ^e catégorie								
300 - 600											
600 - 1.000		STOP									
1.000 - 3.000											
3.000 - 5.000			S.A.L. 0								
5.000 - 10.000											
10.000 - 20.000											
20.000 - 30.000											
30.000 - 40.000											
40.000 - 50.000											
50.000 - 60.000								S.A.L. 2			
60.000 - 70.000								ou			
70.000 - 80.000								S.A.L. 4			
80.000 - 90.000								Selon cas			
90.000 - 100.000								d'espèce			
100.000 - 200.000											
> 200.000											

PLAGES D'EMPLOI DES EQUIPEMENTS - TEST 2

Moment \ Trafic routier	Trafic routier										
	0 10	10 30	30 50	50 100	100 500	500 1000	1000 5000	5000 10000	10000 20000	20000 20000	> 20000
0 - 300				2 ^e cat.							
300 - 600		STOP									
600 - 1.000											
1.000 - 3.000		S.A.L. 0									
3.000 - 5.000											
5.000 - 10.000											
10.000 - 20.000											
20.000 - 30.000											
30.000 - 40.000											
40.000 - 50.000											
50.000 - 60.000							S.A.L. 2				
60.000 - 70.000							ou S.A.L. 4				
70.000 - 80.000							Selon cas				
80.000 - 90.000							d'espèce				
90.000 - 100.000											
100.000 - 200.000											
> 200.000											

PLAGES D'EMPLOI DES EQUIPEMENTS - TEST 3

Moment \ Trafic routier	0	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	>
	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	20000	20000
0 - 300										
300 - 600				2 ^e catégorie						
600 - 1.000		STOP								
1.000 - 3.000										
3.000 - 5.000										
5.000 - 10.000					S.A.L.0					
10.000 - 20.000										
20.000 - 30.000										
30.000 - 40.000										
40.000 - 50.000										
50.000 - 60.000							S.A.L. 2 ou S.A.L. 4			
60.000 - 70.000										
70.000 - 80.000										
80.000 - 90.000							Selon cas d'espèce			
90.000 - 100.000										
100.000 - 200.000										
> 200.000										

PLAGES D'EMPLOI DES EQUIPEMENTS - TEST 4

Moment \ Trafic routier	0	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	>
	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	20000	20000'
0 - 300										
300 - 600										
600 - 1.000										
1.000 - 3.000										
3.000 - 5.000										
5.000 - 10.000										
10.000 - 20.000										
20.000 - 30.000										
30.000 - 40.000										
40.000 - 50.000										
50.000 - 60.000										
60.000 - 70.000										
70.000 - 80.000										
80.000 - 90.000										
90.000 - 100.000										
100.000 - 200.000										
> 200.000										

PLAGES D'EMPLOI DES EQUIPEMENTS - TEST 5

Moment \ Trafic routier	0	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	>
	10	30	50	100	500	1000	5000	10000	20000	20000
0 - 300										
300 - 600			2 ^e catégorie							
600 - 1.000										
1.000 - 3.000			STOP							
3.000 - 5.000										
5.000 - 10.000			S.A.L. 0							
10.000 - 20.000										
20.000 - 30.000										
30.000 - 40.000										
40.000 - 50.000										
50.000 - 60.000								S.A.L. 2		
60.000 - 70.000								ou		
70.000 - 80.000								S.A.L. 4		
80.000 - 90.000								Selon cas d'espèce		
90.000 - 100.000										
100.000 - 200.000										
> 200.000										

Les résultats de ces tests appellent quelques commentaires.

- a – Du fait même qu'ils accordent davantage d'importance à la sécurité aux P.N., les tests 1 et 2 sont ceux qui sont les plus susceptibles de retenir l'attention. C'est pourquoi, nous avons examiné les répercussions qu'ils entraîneraient sur la répartition des P.N., notamment par rapport à l'optimum théorique :

Type de P.N.	Situation au 31-8-1969	Optimum théorique Hypothèse centrale	Optimum théorique Test 1	Optimum théorique Test 2
2 ^e catégorie	10519	14649	10358	8672
STOP	0	2265	5601	5915
S.A.L. 0	88	3868	4394	5119
S.A.L. 2	2948	5209	5607	6260
S.A.L. 4	174	174	174	174
Gérance	1083	374	395	399
Gardés	13885	2158	2158	2158
TOTAL	28697	28697	28697	28697

- b – Les tests 3 et 4 semblent moins réalistes en ce sens qu'ils n'accordent que peu ou pas d'importance au facteur pertes de temps de l'usager routier. Il est toutefois, intéressant de noter que si l'on considère uniquement le bilan de l'Entreprise S.N.C.F. (non prise en compte des pertes de temps), les enveloppes d'emploi des équipements changent de façon radicale.
- c – Test 5 : on s'aperçoit qu'une augmentation d'investissement en S.A.L. 0 d'environ 10 % n'entraîne que très peu de changement dans les enveloppes d'emploi.

CHAPITRE II

CONTRAINTES DE VISIBILITE AUX P.N. NON SPECIALEMENT PROTEGES : (2^e catégorie avec ou sans stop)

Pour qu'un P.N. puisse être classé en 2^e catégorie, il faut que l'utilisateur ait suffisamment de visibilité pour pouvoir franchir le P.N. en toute sécurité. Deux procédures sont possibles pour l'utilisateur routier :

- a – Dans la zone d'approche du P.N., alerté par le panneau A.8, il observe la voie pour savoir s'il doit ou non s'arrêter. S'il doit s'arrêter, son observation doit porter sur un temps de parcours des trains lui permettant de s'arrêter avant franchissement du P.N. (en pratique, avant du véhicule à 3,50 m du rail), compte tenu de la vitesse du véhicule. Cette visibilité est appelée visibilité dynamique.
- b – S'il s'agit d'un véhicule arrêté ou à très faible vitesse, l'utilisateur doit apercevoir les trains à une distance correspondant au moins au temps qu'il lui faut pour franchir le P.N. dans des conditions normales. Cette visibilité est appelée visibilité statique.

La réglementation de 1967 a défini des règles de visibilité qui correspondent aux cas les plus défavorables affectés d'un coefficient de sécurité de 1,5 à 2.

Afin de posséder des éléments pour décider d'un éventuel assouplissement de ces règles, nous nous proposons de calculer les formules donnant pour toutes les configurations possibles les distances de visibilité nécessaires.

1. NOTATIONS EMPLOYEES

- F : vitesse ferroviaire : on prend en compte la vitesse du train le plus rapide aux abords du P.N.,
- L : distance de visibilité existante sur la voie ferrée. En fait, on aura quatre distances de visibilité (une par quadrant),
- D : distance de freinage d'un véhicule routier,
- V : vitesse routière pratiquée aux abords du P.N.,
- v : vitesse routière imposée par la présence du point singulier que constitue le P.N.,
- n : nombre de voies,
- E : longueur du véhicule routier.

2. DISTANCE DE FRANCHISSEMENT

Cette distance (que nous appellerons d) est la distance sur laquelle un véhicule franchissant le P.N. risque d'être heurté par un train.

On considère que :

- la largeur d'une voie est de 1,50 m
- la distance entre les voies est de 2,20 m
- le gabarit des obstacles isolés de la voie a une largeur de 4,50 m (c'est-à-dire qu'il dépasse la largeur d'une voie de 1,50 m de part et d'autre)
- l'avant du véhicule est arrêté à 3,50 m du rail (œil du conducteur à 5 m du rail environ).

La distance d est :

$$d = 3,50 + 1,50 n + 2,20 (n - 1) + 1,50 + E$$

$$d = 2,80 + 3,70 n + E$$

3. DISTANCE DE VISIBILITE STATIQUE

C'est la distance de visibilité nécessaire sur la voie ferrée pour savoir, lorsqu'on est arrêté au P.N., si on peut le franchir en toute sécurité.

Compte tenu de la distance minima qu'il faut laisser entre le véhicule et la voie pour ne pas engager le gabarit de celle-ci, on peut considérer que c'est la distance de visibilité à 5,00 m du rail.

Les calculs ont été faits dans les 2 cas les plus défavorables :

- soit un fardier ou un véhicule hippomobile circulant à 5,4 km/h et mesurant 15,5 de long
- soit un poids lourd mesurant 15,5 m et accélérant avec une accélération de 0,10 g (soit environ 1 m/s/s).

A. Cas d'un fardier

On a
$$\frac{3,6 L}{F} = \frac{18,3 + 3,7 n}{1,5}$$

Soit

$$L = (3,39 + 0,69 n) \times F$$

B. Cas d'un poids lourd

$$\sqrt{2 \frac{(18,3 + 3,7 n)}{1}} = \frac{3,6 L}{F}$$

Soit

$$L = 0,76 F \sqrt{n + 5}$$

Dans tous les cas la distance définie en "A." est supérieure à celle définie en "B."

Donc pour un P.N. de 2^e catégorie susceptible d'être emprunté par toutes sortes de circulation, on devra avoir sur la voie ferrée une distance de visibilité statique au moins égale à

$$L = (3,39 + 0,69 n) F$$

avec L en m et F en km/h.

Dans les cas où le P.N. n'est pas susceptible d'être emprunté par des véhicules très lents (fardier, véhicules hippomobiles, etc.) on pourra ramener cette visibilité à

$$L = 0,76 F \sqrt{n + 5}$$

C. Cas général

C'est le cas où on doit avoir

$$L = (3,39 + 0,69 n) \times F$$

Cela correspond à des temps de visibilité respectifs de :

- n = 1 voie : 14,7 s
- n = 2 voies : 17,2 s
- n = 3 voies : 19,6 s.

A titre indicatif on a rassemblé dans le tableau suivant différentes valeurs de L en fonction de n et F.

Vitesse ferroviaire	40	60	80	100	120	140	160
1 voie	163	245	326	408	490	571	653
2 voies	191	286	382	477	572	668	763
3 voies	218	328	437	546	655	764	874

Afin d'éviter des difficultés d'appréciation de l'approche des trains (cas de visibilité réduite par les circonstances atmosphériques, par exemple), il semble indiqué de limiter L à une distance raisonnable (600 m, par exemple).

4. DISTANCE DE VISIBILITE DYNAMIQUE

Supposons un véhicule routier circulant sur un itinéraire à la vitesse V (vitesse de base de l'itinéraire) et arrivant en vue d'un passage à niveau de 2^e catégorie à Croix Saint-André qui constitue un point singulier de l'itinéraire et qui ne peut être franchi à une vitesse supérieure à v . Le conducteur arrivé à une certaine distance D du passage à niveau en un point que nous nommerons DO (la distance D sera définie plus loin) doit avoir, sur la voie ferrée, une visibilité pour lui permettre de faire un choix entre les deux possibilités qui s'offrent à lui :

- a – ralentir à la vitesse v imposée par le P.N. et traverser celui-ci en toute sécurité
- b – freiner et arrêter l'avant de son véhicule à 3,50 m du rail pour laisser passer le train qu'il aperçu et qui l'empêche de traverser le P.N. sans danger.

Ces deux manœuvres nécessitent un certain temps d'exécution ($T1$ et $T2$) qui détermine, en fonction de la vitesse des trains, une distance de visibilité nécessaire sur la voie ferrée.

Pour qu'un usager arrivant au point DO puisse traverser en toute sécurité un P.N. de 2^e catégorie, il faut donc qu'il ait sur la voie ferrée une visibilité suffisante pour pouvoir exécuter celle des deux manœuvres possibles qui demande le plus de temps.

On pourra remarquer qu'on a négligé une manœuvre possible, celle qui consiste à s'arrêter systématiquement au P.N., de faire l'observation une fois arrêté au P.N. et de redémarrer ensuite si la voie est libre. Or, cette manœuvre est la même que celle effectuée aux P.N. équipés de STOP qui seront examinés plus loin.

Par contre, la procédure employée dans les calculs suivants suppose que l'usager prend une décision (traversée ou arrêt) à la distance D du P.N. et qu'une fois cette décision prise, il s'y tient sans refaire de nouvelles observations. Autrement dit, cela implique qu'il a, à partir de la distance D et pendant le temps nécessaire à son observation de la voie, la visibilité sur toute la partie de voie ferrée où un train constituera un obstacle au franchissement mais ensuite il n'est plus nécessaire qu'il bénéficie de la visibilité sur la voie (contrairement aux prescriptions de la réglementation de 1967).

4-1 DEFINITION DE LA DISTANCE D

La distance D à laquelle l'automobiliste fait l'observation nécessaire à sa décision doit être égale à la distance qui lui est nécessaire pour pouvoir s'arrêter au P.N. sans engager le gabarit de la voie si un train est en vue. Cette distance se compose de deux facteurs :

- la distance parcourue pendant l'observation qu'il fait sur la voie ferrée
- la distance de freinage de son véhicule.

A. Temps d'observation – Décision

L'automobiliste ayant déjà passé le signal A8 est prévenu qu'il va traverser un P.N. non protégé et il est donc non seulement en attention concentrée, mais déjà prévenu d'un obstacle possible dont la présence sera révélée par l'observation de la voie ferrée. Des études américaines ont montré que le temps nécessaire à l'observation de la voie et à la prise de décisions était dans des cas défavorables de deux secondes. Afin de garder une marge de sécurité, c'est le temps que nous prendrons en compte.

Pendant ce temps, la distance $D1$ parcourue à la vitesse V est :

$$D1 = V \times 2 \text{ (avec } D1 \text{ en m et } V \text{ en m/s)}$$

Si l'on exprime V en km/h

$$D1 \cong 0,56 V$$

B. Distance de freinage

Si l'on écrit l'équation des forces vives sur une route supposée horizontale, on obtient :

$$\frac{1}{2} \frac{P}{g} V^2 = P \times f \times D2$$

P : poids du véhicule

V : vitesse du véhicule au début du freinage

g : accélération de la pesanteur

f : coefficient de frottement (en pratique f moyen = 0,4)

$D2$: distance de freinage

Soit avec $D2$ en m et V en km/h

$$D2 \cong 0,01 V^2$$

La distance D (comptée à partir de 3,50 m du rail le plus proche) à laquelle l'automobiliste doit commencer son observation est donc :

$$D = 0,01 V^2 + 0,56 V$$

4-2 DISTANCE DE VISIBILITE NECESSAIRE A LA MANOEUVRE DE DECELERATION
ARRET A 3,50 m DU RAIL

Cette distance de visibilité (L1) doit être au minimum telle que le temps mis par le train pour parcourir L1 soit égal au temps mis par l'automobiliste pour parcourir D en s'arrêtant avant le P.N.,

soit T1

L1 et T1 sont liés par la relation

$$T1 = \frac{3,6 L1}{F} \quad \begin{matrix} T1 \text{ en s} \\ L1 \text{ en m} \end{matrix}$$

F : vitesse ferroviaire en km/h

Or pour l'automobiliste

$$T1 = \frac{0,01 V^2 \times 3,6 + 2}{V}$$

$$T1 = 0,072 V + 2$$

Connaissant T1 il est aisé à partir de F de calculer

$$L1 = (0,02 V + 0,56) F$$

A titre indicatif, on a rassemblé dans le tableau suivant les valeurs de T1 relatives à certaines Vitesses V.

V en km/h	10	20	30	40	50	60	70	80
T1 en s	2,7	3,4	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	7,8

4-3 DISTANCE DE VISIBILITE NECESSAIRE A LA TRAVERSEE DU P.N. SANS DANGER DE COLLISION

Cette distance de visibilité (L2) doit être telle que : Temps mis par le train pour parcourir L2 = Temps mis par l'automobiliste depuis le point DO jusqu'à ce qu'il soit hors de danger de l'autre côté du P.N. (en franchissant le P.N. à la vitesse v).

Pour l'automobiliste, ce temps (T2) est le temps mis pour parcourir : D + d.

Soit, si l'on considère qu'il arrive au point DO à la vitesse V et qu'il est obligé de traverser le P.N. à une vitesse ne pouvant être supérieure à v.

$$T2 = \frac{3,6 [0,01 V^2 - 0,01 [V^2 - (V - v)^2]]}{V} + 3,6 \times \frac{0,01 (V - v)^2}{V + v} + 2 + \frac{3,6 (18,3 + 3,7 n)}{v}$$

Soit (avec T2 en s et V et v en km/h)

$$T2 = \frac{0,036 (V - v)^3}{V (V + v)} + 0,036 V + 2 + \frac{65,9 + 13,3 n}{v}$$

Or, comme $T2 = \frac{3,6 L2}{F}$, il est aisé de calculer la distance de visibilité nécessaire pour le franchissement du P.N.

A titre indicatif on a rassemblé dans le tableau suivant diverses valeurs de T2 en fonction de n, V et v.

v	V	10	20	30	40	50	60	70	80
10	1 voie	10,2	10,7	11,2	11,8	12,4	13,1	13,8	14,5
	2 voies	11,6	12,1	12,6	13,2	13,8	14,5	15,2	15,9
	3 voies	12,9	13,4	13,9	14,5	15,1	15,8	16,5	17,2
15	1 voie		8,0	8,5	9,0	9,6	10,2	10,8	11,5
	2 voies		8,8	9,3	9,8	10,4	11,0	11,6	12,3
	3 voies		9,7	10,2	10,7	11,3	11,9	12,5	13,2
20	1 voie		6,7	7,1	7,6	8,1	8,6	9,2	9,8
	2 voies		7,4	7,7	8,2	8,7	9,3	9,9	10,5
	3 voies		8,0	8,4	8,9	9,4	9,9	10,5	11,1
30	1 voie			5,7	6,1	6,5	7,0	7,5	8,1
	2 voies			6,1	6,5	6,9	7,4	7,9	8,5
	3 voies			6,6	7,0	7,4	7,8	8,3	8,9
40	1 voie				5,4	5,8	6,2	6,6	7,1
	2 voies				5,7	6,1	6,5	6,9	7,4
	3 voies				6,1	6,5	6,9	7,3	7,7
50	1 voie					5,4	5,7	6,1	6,5
	2 voies					5,7	6,0	6,4	6,8
	3 voies					5,9	6,3	6,7	7,1

4-4 DISTANCE DE VISIBILITE DYNAMIQUE MINIMUM OBLIGATOIRE SUR LA VOIE

Pour qu'un automobiliste soit dans tous les cas parfaitement en sécurité lorsqu'il franchit un P.N. de 2^e catégorie à croix de Saint-André, il faut qu'il ait au point DO situé à la distance $D = 0,01 V^2 + 0,56 V$ du P.N. une visibilité sur la voie ferrée qui soit au moins égale à la plus grande des deux valeurs calculées T1 et T2.

Si l'on compare les tableaux indicatifs donnés dans ces paragraphes et que l'on ne prend en compte dans chaque cas que la plus grande des 2 valeurs de T, on obtient le tableau suivant qui donne les visibilités dynamiques minimum obligatoires : T.

v	V	10	20	30	40	50	60	70	80
10	1 voie	10,2	10,7	11,2	11,8	12,4	13,1	13,8	14,5
	2 voies	11,6	12,1	12,6	13,2	13,8	14,5	15,2	15,9
	3 voies	12,9	13,4	13,9	14,5	15,1	15,8	16,5	17,2
15	1 voie		8,0	8,5	9,0	9,6	10,2	10,8	11,5
	2 voies		8,8	9,3	9,8	10,4	11,0	11,6	12,3
	3 voies		9,7	10,2	10,7	11,3	11,9	12,5	13,2
20	1 voie		6,7	7,1	7,6	8,1	8,6	9,2	9,8
	2 voies		7,4	7,7	8,2	8,7	9,3	9,9	10,5
	3 voies		8,0	8,4	8,9	9,4	9,9	10,5	11,1
30	1 voie			5,7	6,1	6,5	7,0	7,5	8,1
	2 voies			6,1	6,5	6,9	7,4	7,9	8,5
	3 voies			6,6	7,0	7,4	7,8	8,3	8,9
40	1 voie				5,4	5,8	6,3	7,0	7,8
	2 voies				5,7	6,1	6,5	7,0	7,8
	3 voies				6,1	6,5	6,9	7,3	7,8
50	1 voie					5,6	6,3	7,0	7,8
	2 voies					5,7	6,3	7,0	7,8
	3 voies					5,9	6,3	7,0	7,8

Pour fixer les idées sur les distances de visibilité nécessaires en fonction des temps de visibilité et de la vitesse ferroviaire, on a rassemblé quelques valeurs dans le tableau suivant.

T	F	40	60	80	100	120	140	160
	5,3		59	88	118	147	177	206
5,5		61	92	122	152	183	214	244
6		67	100	133	167	200	233	267
6,5		72	108	144	180	217	253	289
7		78	117	156	194	233	272	311
7,5		83	125	167	208	250	292	333
8		89	133	178	222	267	311	356
8,5		94	142	189	236	283	331	378
9		100	150	200	250	300	350	400
9,5		106	158	211	266	317	369	422
10		111	167	222	278	333	389	444
11		122	183	244	306	367	428	489
12		133	200	267	333	400	467	533
13		144	217	289	361	433	506	578
14		156	233	311	389	467	544	622
15		167	250	333	417	500	583	667
16		178	267	356	444	533	622	711

4-5 EXEMPLE D'APPLICATION

Supposons un P.N. de 2^e catégorie à croix de Saint-André présentant les caractéristiques suivantes :

- vitesse de base de l'itinéraire routier : $V = 45 \text{ km/h}$
- vitesse maximum en franchissement du P.N. : $v = 20 \text{ km/h}$
- ligne ferroviaire à voie unique
- vitesse maximum des trains $F = 85 \text{ km/h}$

A. Détermination du point DO

$$D = 0,01 V^2 + 0,56 V = 45,5 \text{ m}$$

Le point DO se trouve donc situé à $45,5 + 3,5 = 49 \text{ m}$. du rail le plus proche.

B. Calcul de T1

$$T1 = 0,072 V + 2 = 5,21 \text{ s}$$

C. Calcul de T2

$$T2 = 7,9 \text{ s}$$

D. Calcul de la distance de visibilité dynamique nécessaire. T2 étant supérieur à T1, c'est T2 qui détermine la distance de visibilité nécessaire L

$$L = \frac{F \times T2}{3,6} = 187 \text{ m.}$$

Il faut donc qu'un automobiliste arrivant à 49 m du rail le plus proche ait à cet endroit une visibilité de 187 m au moins sur la voie ferrée (de part et d'autre du P.N.) pour pouvoir décider s'il s'arrête au P.N. ou s'il le traverse.

Si l'on applique à ce P.N. La réglementation de 1967, ce n'est pas une distance de 187 m qui est nécessaire, mais une distance de 283 m.

5. CAS OU LA VISIBILITE DYNAMIQUE N'EXISTE PAS

Il est vraisemblable que pour de très nombreux P.N., la visibilité dynamique existante est inférieure à celle déterminée par calcul.

Dans ce cas, il y a quatre possibilités :

- a - le P.N. est très peu fréquenté (2 véhicules/jour en moyenne, 10 en pointe, par exemple) et l'état du chemin ne permet pas une vitesse V supérieure à 30 km/h. Il semble que, dans ce cas, et ceci dans le seul but de ne pas déprécier par une extension abusive, le

signal "STOP" tel que nous l'envisageons ci-après, l'obtention de la visibilité statique soit suffisante.

- b – On peut rendre la visibilité dynamique existante suffisante par le biais d'une limitation de vitesse routière effective à la distance D du P.N. Cette limitation de vitesse est calculée à l'aide des formules établies précédemment en reprenant les calculs à l'envers (partir de L pour arriver à V) et se rappelant que v n'est jamais supérieure à V . Il n'est toutefois pas souhaitable d'imposer des limitations de vitesses routières inférieures à 30 km/h.
- c – Si la gêne causée à la circulation ferroviaire ne devient pas excessive, (en particulier sur lignes démunies de trafic voyageurs), on peut envisager de rendre la visibilité (dynamique ou statique) suffisante, par un ralentissement des convois ferroviaires aux abords du P.N.
- d – Il est impossible d'obtenir une visibilité dynamique suffisante. Dans ce cas, la sécurité exige d'implanter un autre équipement que la 2^e catégorie à Croix de Saint-André. Ce cas est envisagé au paragraphe suivant.

6. CAS PARTICULIERS DU "STOP"

L'arrêté du 11 décembre 1967 prévoit (Article 3 - 3^o b - 2^e alinéa), l'utilisation d'un signal d'arrêt ; or la circulaire d'application ne prévoit plus la possibilité de ce signal. Une des raisons principales à la non-application de la réglementation de 1967 est une objection émanant de la Direction des Routes. Cette dernière craignait à juste titre une trop grande vulgarisation du panneau STOP conduisant à une certaine dépréciation. Pourtant, il y a au moins deux raisons de revoir cette position :

- a – L'étude économique a montré (Cf. chapitre III - 1^{ère} partie) que dans certains cas le STOP était l'équipement qui avait le moindre coût pour la collectivité, compte tenu du gain de sécurité qu'il apporte par rapport au P.N. à croix de Saint-André.
- b – Dans le cas où pour un P.N. à croix de Saint-André il n'a pas été possible d'obtenir la visibilité dynamique mais qu'il existe une visibilité statique, il faut dans un but évident de sécurité, obliger les automobilistes à stopper au P.N. puisque c'est seulement une fois arrêtés qu'ils peuvent en toute sécurité prendre la décision : traverser ou non.

CONDITIONS D'APPLICATION DU "STOP"

Dans tous les cas, l'automobiliste étant contraint de s'arrêter à 3,50 m du rail, la seule condition à exiger pour l'utilisation du STOP est une condition de visibilité statique à 5 m du rail.

Cette distance de visibilité statique sur la voie doit être suffisante pour permettre la traversée du P.N. sans danger. Cette distance est donc la même que la distance de visibilité statique des P.N. de 2^e catégorie à Croix de Saint-André, soit rappelons-le $L = (3,39 + 0,69 n) F$ avec L distance de visibilité en mètres et F vitesse ferroviaire en km/h.

CHAPITRE III

VERS UNE NOUVELLE REGLEMENTATION (1)

Sur de nombreux points, les conclusions des précédents chapitres diffèrent des prescriptions de la réglementation. Le but du présent chapitre est de dresser la liste des principaux points de divergence afin d'éclairer les choix futurs.

1. PLAGES D'EMPLOI DES EQUIPEMENTS

Les principales différences avec la réglementation de 1967 sont les suivantes :

- a – la quasi suppression du gardiennage humain qui n'est plus préconisé que dans des cas d'espèces bien particuliers.

A ce propos, il faut noter que les P.N. gardés interdits temporaires d'accès ou saisonniers n'ayant pu faire l'objet d'une étude économique rigoureuse, font partie de ces cas particuliers. En effet pour ces P.N., l'équipement optimum dépend essentiellement de la durée de service annuelle et dans chaque cas il y aura lieu de faire une étude spécifique.

- b – L'extension des P.N. de 2^e catégorie à croix de Saint-André, la limite maximum d'utilisation de ces P.N. passant de 1000 à 3000 de moment.
- c – Les P.N. de 2^e catégorie avec signal d'arrêt prévus dans la réglementation de 1967 (mais n'ayant jamais reçu d'arrêté d'application) sont largement préconisés à condition toutefois, que le moment n'excède pas 5000 et la circulation routière 50 véhicules/jour.
- d – L'extension de l'utilisation de la signalisation automatique lumineuse et sonore (S.A.L. 0), la limite extrême d'utilisation pouvant dans certains cas être portée à 40.000 de moment pour des circulations routières n'excèdent pas 500 véhicules/jour.
- e – La signalisation automatique lumineuse et sonore à 4 demi-barrières (S.A.L. 4) n'est plus préconisable que dans des cas d'espèces bien précis et pour des moments très élevés.

Il faut d'ailleurs noter que la France est le seul à utiliser d'une manière usuelle l'équipement en S.A.L. 4. Les autres pays se contentent dans la majorité des cas de la S.A.L. 2 qui semble leur donner toutes satisfactions.

(1) La nécessité et les buts d'une réglementation seront examinés dans le fascicule III (pages 21 et 22).

2. NOMBRE DE VOIES – VITESSE FERROVIAIRE ET DISTANCES DE VISIBILITE

En ce qui concerne les P.N. spécialement protégés, il semble que la fiabilité des équipements existants permettent de supprimer des restrictions concernant le nombre des voies où les conditions de visibilité.

Pour les P.N. de 2^e catégorie, la réglementation de 1967 restreint leur utilisation aux P.N. ne comportant pas plus de 2 voies et dont la vitesse des trains n'excède pas 100 km/h.

Moyennant un aménagement des règles de visibilité actuelles, le précédent chapitre propose un assouplissement de ces restrictions d'emploi. Cet aménagement porte sur les 3 points suivants :

- a – tenir compte des conditions propres à chaque P.N. (entre autres, le nombre de voies) et en fonctions de ces conditions déterminer la visibilité nécessaire qui leur correspond.
- b – Dans le cas où il n'existe pas de visibilité dynamique, mais qu'il existe la visibilité statique, obliger, en général, l'usager routier à marquer l'arrêt au P.N. afin d'observer la voie.
- c – Substituer au seuil relativement arbitraire de 100 km/h (vitesse ferroviaire maxi) une notion de distance maximum de visibilité au-delà de laquelle l'appréciation devient très aléatoire. (D'après les expériences étrangères, il semble que cette distance est de l'ordre de 600 m).

3. TRAINS A TRES GRANDE VITESSE

La réglementation de 1967 fixe à 160 km/h le seuil au-delà duquel des mesures spéciales doivent être prises. Compte tenu de la gravité des accidents affectant des trains rapides, il semble que les dispositions actuelles de la réglementation de 1967 soient à maintenir.

4. MESURE DE LA FREQUENTATION DES P.N.

La notion de C_j introduite dans la réglementation de 1967 est abandonnée dans l'étude. En plus du retour à la notion de moment, on note l'apparition d'un facteur de fréquentation des P.N. : la circulation routière journalière.

CHAPITRE IV

REFLEXIONS SUR DES POSSIBILITES D'AMELIORATION DE LA SECURITE AUX P.N.

Les deux préoccupations, qui ont guidé ces réflexions, étaient d'améliorer le système P.N. sans augmenter sensiblement le coût de son fonctionnement.

1. SIGNALISATION AVANCEE

1-1 P.N. NON SPECIALEMENT PROTEGES

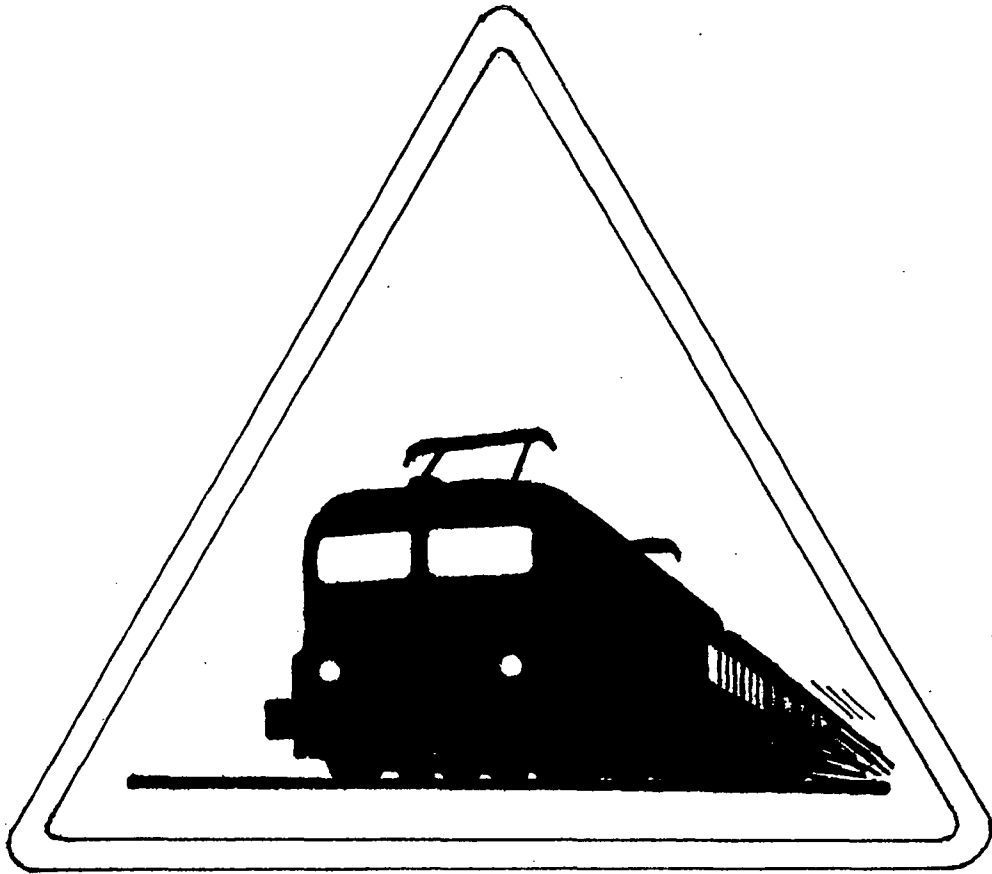
Actuellement l'approche d'un passage à niveau non gardé, est matérialisé pour l'usager routier, par un panneau A.8 complété éventuellement par un balisage.

Ce panneau représente une locomotive à vapeur dans un triangle pointe en haut.

Alors que les trains sont appelés à circuler à des vitesses de plus en plus élevées, ce panneau semble bien désuet, en tout cas il ne correspond plus du tout à la réalité puisque les locomotives à vapeur ont pratiquement disparu.

La vue de ce panneau porte plus à sourire qu'à inspirer la crainte qui est le fondement du respect de la signalisation dans bien des cas. De plus, les générations à venir ignoreront ce que représente une locomotive à vapeur.

Il semble donc qu'il y ait une première possibilité d'amélioration de la sécurité en remplaçant la vieille locomotive à vapeur par une locomotive plus moderne, dont le dessin stylisé pourrait se rapprocher de l'exemple ci-après.



1-2 P.N. SPECIALEMENT PROTEGES

Pour signaler à l'usager routier l'approche d'un P.N., il existe deux panneaux possibles :

- le panneau A.8 (locomotive) signalant à l'usager qu'il va rencontrer un P.N. démuné de dispositif de protection et qu'en conséquence, c'est vers un éventuel train que doit porter son observation (ce qui explique la locomotive sur le panneau).
- le panneau A.7 (barrières) annonçant la présence d'un P.N. avec dispositif de protection matérialisé par une entrave de la chaussée (barrières). L'observation de l'usager routier doit donc porter sur le dispositif de protection (ce qui explique les barrières sur le panneau).

Or, la S.A.L. 0 ne correspond pas aux deux cas précédents. En effet, cet équipement qui est un dispositif de protection (feu rouge et sonnerie) ne comporte pas d'entrave de la chaussée. On ne peut donc l'annoncer par le panneau A.7. D'autre part, ce type d'équipement dispensant l'usager routier de l'observation de la voie (et donc un éventuel train), on ne devrait théoriquement pas l'annoncer par le panneau A.8. C'est pourtant la solution adoptée actuellement (avec adjonction d'un panneau "feu clignotant").

Il est donc permis de penser qu'une signalisation appropriée à ces P.N. indiquant à l'usager routier que son attention doit porter sur un feu clignotant, et non pas sur un train (panneau A.8), améliorerait les conditions de sécurité à ces P.N. En tout état de cause, si l'on généralise ces P.N. comme le préconise ce rapport il serait bon d'examiner cette question plus en détail.

2. SIGNALISATION DES P.N. DE 2^e CATEGORIE

Ces P.N. sont de deux sortes :

- P.N. à croix de Saint André
- P.N. à signal d'arrêt

2-1 P.N. A CROIX DE SAINT ANDRE

La traversée d'un tel P.N. est laissée à l'entière responsabilité de l'usager routier. C'est donc à lui d'apprécier d'une part :

- la distance D à laquelle il doit faire son observation de la voie ferrée (distance d'arrêt du véhicule cf. 4-1).
- la longueur de voie ferrée sur laquelle son observation doit porter.

D'autre part, il faut noter que la plupart des usagers routiers ignorent tout ou partie de la conduite à tenir pour traverser un P.N. à croix de Saint André.

Il semble donc, que si l'on pouvait répondre au double objectif ;

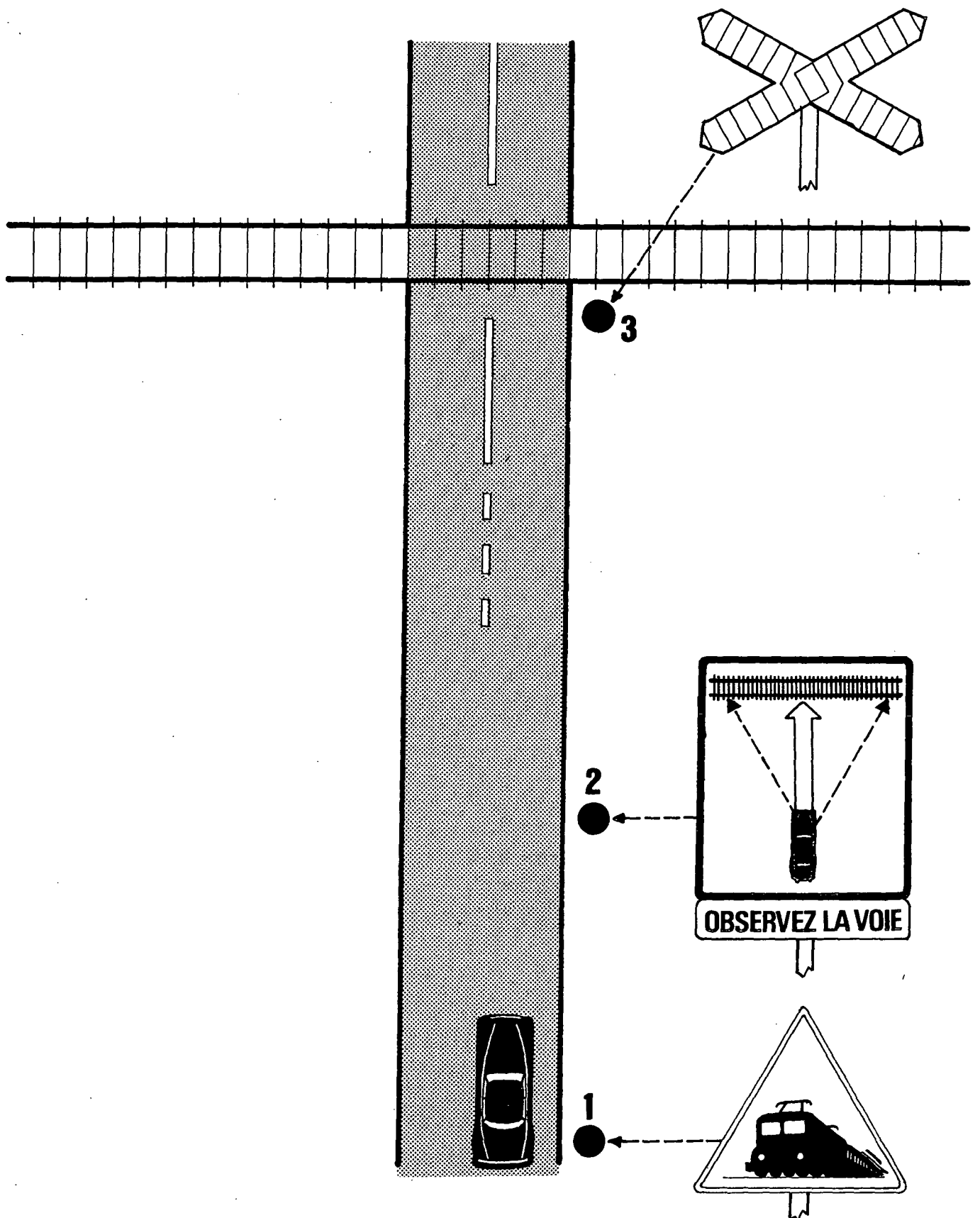
– information plus complète du comportement à tenir,

– aide à ce comportement,

on augmenterait du même coup la sécurité à ce type de P.N.

Un moyen de répondre à cette préoccupation, serait l'adjonction entre la signalisation avancée du P.N. et le P.N. proprement dit d'un panneau d'indication, dont le dessin inviterait l'usager routier à observer la voie ; ce panneau serait placé à la distance D du P.N., afin que cette observation soit faite en temps opportun.

**ESSAI DE
SIGNALISATION
D'UN P.N. DE 2ème CATEGORIE**



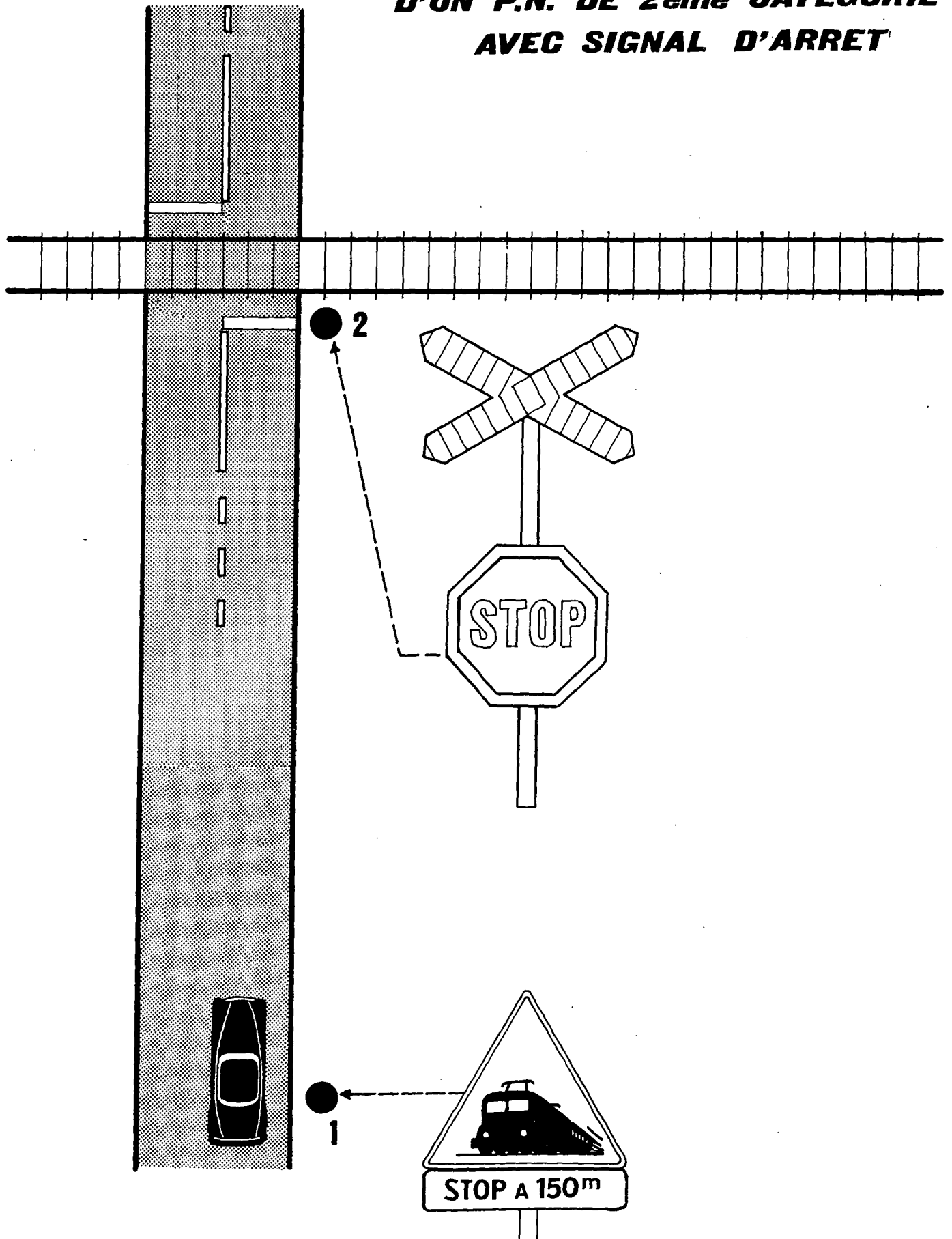
2-2 P.N. A SIGNAL D'ARRET

Un tel type de dispositif est actuellement inconnu en France. Il faut donc dans le cas où on envisage de l'installer, créer une signalisation qui lui soit appropriée. Afin de ne pas augmenter la panoplie des panneaux de signalisation (et du même coup l'effort de mémoire de l'utilisateur routier), il semble qu'on pourrait obtenir le même résultat avec une combinaison de panneaux existants. :

- signalisation avancée : signalisation identique à celle des P.N. à croix de Saint André, avec en plus l'adjonction du panneau "STOP à n mètres".
- signalisation de position également la même que pour les P.N. à croix de Saint André, avec en plus le panneau routier "STOP".

Le dessin suivant répond à cette définition. On y a adopté le nouveau panneau "STOP", qui va bientôt remplacer en France l'actuel panneau A.10.

**ESSAI DE
SIGNALISATION
D'UN P.N. DE 2^{ème} CATEGORIE
AVEC SIGNAL D'ARRET**



3. AUTRES REFLEXIONS

- A. Un certain nombre d'accidents aux P.N. sont dus à la méconnaissance de la conduite à tenir pour le franchissement d'un tel obstacle, particulièrement dans le cas des P.N. de 2^e catégorie. Nous pensons donc qu'il est nécessaire d'entreprendre à l'échelon national une campagne d'information massive (tracts, films, flashes télévisés, etc.) qui entrerait parfaitement dans le cadre des campagnes entreprises par la prévention routière. Nous insistons sur le fait que si le comportement de l'utilisateur routier était plus rationnel, la sécurité aux P.N. s'en trouverait améliorée. Cette amélioration du comportement de l'utilisateur, passe d'abord par une meilleure information.
- B. L'étude des statistiques accidents a montré que bon nombre d'accidents corporels graves, étaient dus à des poids lourds immobilisés sur la voie (panne, heurts de barrières ou de caténaires, etc.).

Un grand nombre de ces accidents pourraient être évités (ou tout au moins les conséquences en seraient beaucoup moins graves), si le conducteur du poids lourd pouvait donner l'alarme dès que son véhicule est bloqué sur le P.N. C'est pourquoi, il serait bon de rendre obligatoire, sur tous les poids lourds, la présence d'une torche d'alarme telle qu'en possèdent les gardes-barrières.

CHAPITRE V

LE CAS PARTICULIER DES PIETONS

La sécurité des piétons aux P.N. constitue un problème très particulier, qui n'a été abordé par aucune réglementation ; en effet, il est encore admis aujourd'hui que le piéton doit veiller seul sur sa sécurité lorsqu'il traverse un P.N. La validité de ce principe est facilement remise en cause, par un examen des statistiques accidents de la S.N.C.F. ; 28 % des accidents de P.N. sont des accidents de piétons. De plus, si l'on considère les accidents mortels dans chacun des cas, on constate que 66 % des accidents de piétons sont mortels alors que sur les autres accidents de P.N., 24 % seulement ont de telles conséquences.

Types de P.N.	Nombre d'accidents		Nombre de tués	
	piétons	autres	piétons	autres
2 ^e catégorie	2	102	1	24
S.A.L. 0 S.A.L. 2 S.A.L. 4	4	36	4	9
P.N. gardés	80	83	52	21
TOTAL	86	221	57	54

Ce tableau est tiré du fichier accidents de P.N. 1969, il souligne l'importance du nombre des accidents de piétons aux P.N. gardés par rapport aux P.N. à S.A.L. et aux P.N. de 2^e catégorie.

Les P.N. gardés semblent beaucoup plus dangereux pour les piétons que les autres P.N. ; cette particularité pourrait être due au fait que ces P.N. sont toujours équipés de portillons dont les piétons ont le libre usage, même à l'approche d'un train.

Les statistiques annuelles des accidents de P.N. confirment cette idée.

Années	Nombre Accidents de piétons			Total des accidents
	P.N. à S.A.L.	P.N. 2 ^e catégorie	Portillon	
1964	2	10	101	346
1965	3	4	125	335
1966	2	3	88	282
1967	2	5	113	356
1968	1	4	91	328
TOTAL	10	26	518	1647

Années	Nombre Piétons tués			Total des tués
	P.N. à S.A.L.	P.N. 2 ^e catégorie	Portillon	
1964	1	7	72	110
1965	4	4	78	125
1966	2	3	53	124
1967	1	3	66	119
1968	0	4	63	126
TOTAL	8	21	232	604

Des tableaux ci-après, il ressort que 94 % des accidents de piétons se produisent aux portillons, et que 89 % des piétons tués aux P.N. avaient utilisé un portillon.

Quelles que soient les améliorations apportées aux conditions de traversées des P.N. par les véhicules routiers, il ne semble pas que le problème des piétons puisse en être modifié tant que l'appréciation du danger sera laissée à leur initiative. Une opération devra être entreprise pour remédier à cet état de fait : il semble que l'extension de la S.A.L. apporte une amélioration ; on ne constate en 1969 que 10 % d'accidents de piétons aux P.N. à S.A.L. contre 49 % aux P.N. gardés.

D'autres actions pourraient être envisagées : suppression de portillons aux P.N. gardés à régime ouvert, réduction du nombre de P.N. de 3^e catégorie, construction de passerelles.

Des constatations qui précèdent, il résulte qu'un programme important d'automatisation devrait logiquement réduire dans une proportion considérable le nombre d'accidents de piétons. L'examen du tableau récapitulatif des différentes hypothèses d'équipement des P.N., représente une réduction moyenne escomptée, de 77 % du nombre de ces accidents.

CHAPITRE VI

LE PROBLEME DE L'INFORMATION STATISTIQUE

Les calculs effectués dans le présent fascicule ont fait ressortir de nombreuses lacunes dans les informations de base. Il y a deux causes principales à ces lacunes.

- A. Aucune étude de ce genre n'ayant été effectuée à ce jour, la nature des informations nécessaires n'avait pu être déterminée avec toute la précision désirable.
- B. Le travail considérable de mise à jour et d'entretien de l'information existante était, jusqu'à ce jour, sans rapport avec le peu de renseignements qu'on en tirait.

C'est pourquoi il semble nécessaire de revoir le problème de l'information dans le fond et dans la forme.

1. INFORMATION EXISTANTE ET INFORMATION NECESSAIRE

Actuellement, toute l'information existante est détenue par la S.N.C.F. :

- une partie d'un fichier du Service Electrique qui mentionne les interventions sur les installations automatiques,
- le fichier P.N. de la Direction des Installations Fixes, dont la dernière édition date de 1965 et qui est actuellement en cours de révision,
- le fichier accident qui est relativement récent (2 ans) contient tous les accidents survenus aux P.N. depuis cette date,
- un certain nombre de renseignements détenus par les régions S.N.C.F. et qui ne sont pas rassemblés sous forme de fichier.

Or, toute cette information est rassemblée par les services intéressés de la S.N.C.F. pour des utilisations bien précises et très limitées.

D'autre part, un certain nombre de statistiques sont encore établies manuellement sans avoir recours à une collecte systématique et mémorisable des informations.

L'idéal serait de rassembler dans un service extérieur, (Direction des Transports Terrestres par exemple) tous les renseignements nécessaires sur les P.N.

Ces renseignements seraient composés de :

- une grande partie de l'information existante à la S.N.C.F. sous réserve d'une mise à jour constante et homogène.

o un grand nombre d'informations actuellement inexistantes et où la S.N.C.F. ne peut intervenir.

Nous pensons particulièrement à tout ce qui concerne la partie routière d'un P.N. et où seul, le service intéressé est compétent (direction départementale de l'équipement, génie rural, etc.).

Ce deuxième point nécessite donc la collaboration indispensable de services qui, dans l'ensemble, se sentaient jusqu'à maintenant peu concernés par le problème des P.N.

Le but de ces démarches est d'arriver à constituer pour les P.N., une véritable banque de données où chaque partie intéressée pourrait puiser les renseignements qui l'intéressent.

2. TRAITEMENT SYSTEMATIQUE DE L'INFORMATION

En plus d'une source d'information permanente, cette banque de données serait étudiée pour établir, à date fixe des états de renseignements :

- sur le réseau de P.N.,
- sur les statistiques accidents,
- sur les dépenses d'entretien, de gardiennage et d'investissement.

D'autre part, une information particulière permettrait de suivre d'une manière très précise, les opérations pilotes en cours et de déterminer leur efficacité.

Enfin, un traitement particulier permettrait de déterminer dans chaque cas de P.N. les aménagements souhaitables, l'équipement optimum, les possibilités de suppression, de détournement, etc., tout un ensemble d'éléments qui seront nécessaires aux commissions P.N.

CHAPITRE VII

OPERATIONS PILOTE

1. L'OPERATION S.A.L. 0

1-1 CADRE REGLEMENTAIRE

En France :

Sur le réseau ferroviaire français, l'installation à un passage à niveau de la S.A.L. 0 seule est soumise à des conditions réglementaires assez strictes qui sont relatives à trois facteurs :

- la vitesse ferroviaire ; elle ne doit pas dépasser 160 km/h ;
- le volume des circulations ; les circulations ferroviaires et routières doivent être telles que la C_j soit inférieure à 800 (1) ;
- la visibilité ; l'usager routier placé à 5 m du rail doit avoir une visibilité sur la voie ferrée équivalente à 20 secondes (12 secondes dans certains cas particuliers). Une condition de visibilité "dynamique" est ajoutée à la précédente.

Au Pays-Bas :

Les chemins de fer des Pays-Bas (NS), n'envisagent pas sur leur réseau des vitesses supérieures à 160 km/h (les distances à parcourir ne sont pas assez importantes pour que ces vitesses soient rentables). Il n'y a donc pas aux P.N. de conditions de vitesse ferroviaire.

La condition relative au volume des circulations est beaucoup plus souple, les P.N. équipés de S.A.L. 0 ont un moment de l'ordre de 3.000 à 6.000, il existe même quelques P.N. de ce type dont le moment atteint 50.000.

Quant à la visibilité, les responsables de l'équipement des P.N. admettent qu'elle devait exister avant la mise en place de la S.A.L. Il n'y a donc pas lieu de s'en préoccuper si ce n'est pour éviter qu'elle ne se détériore.

Une seule condition semble influencer la décision : la largeur des chaussées. On n'installe pas de S.A.L. 0 sur des routes de largeur supérieure à 5 m.

(1) Ce qui correspond sensiblement à un moment de 1.000.

En Allemagne :

Aucune indication légale ne prescrit l'emploi de la S.A.L. 0. La D.B. prévoit de l'installer sur les P.N. à voie ferrée unique sans restrictions de circulation routière, ni de visibilité et sur P.N. à double voie à "trafic moyen" (100 à 2.500 véhicules par jour) à condition que les croisements de trains soient peu fréquents. (Un P.N. visité sur voie unique, vitesse ferroviaire 80 km/h, a un moment de 360.000, il est ainsi équipé depuis 10 ans).

En Italie :

La S.A.L. 0 est autorisée aux P.N. dont le moment ne dépasse pas 20.000 à condition que ces P.N. soient situés sur des routes secondaires, et sur des voies ferrées à voie unique.

Il semble qu'il n'y ait pas de condition de visibilité.

1-2 BUT DE L'OPERATION PILOTE

Les prescriptions réglementaires actuelles ne permettent d'équiper de la S.A.L. 0 à titre définitif qu'une centaine de P.N. Cet équipement, plus économique que la S.A.L. 2 (la différence de coût est d'environ 30.000 F par P.N.) ne connaîtrait ainsi qu'une application très limitée, alors qu'il est largement répandu à l'étranger où il donne satisfaction. La S.A.L. 0 équipe 25 % des P.N. hollandais (soit près de 50 % des P.N. spécialement protégés dans ce pays).

Le but de l'opération pilote sera donc principalement de donner à ce dispositif de protection, la diffusion qui semble lui être due de façon à harmoniser les critères de sécurité des différents réseaux routiers européens et surtout à limiter le volume des dépenses imposées par une application stricte de la réglementation de décembre 1967. En effet, la diffusion de la S.A.L. 0 ne peut se faire que par dérogation à cette règle des P.N. à croix de Saint André.

Il importe par ailleurs, comme suite à l'étude R.C.B., de tenter en vraie grandeur certaines conclusions de cette étude qui prévoit dans une situation optimum du parc des P.N. français environ 1.650 P.N. à S.A.L. 0 (ce nombre pourrait être sensiblement augmenté si les P.N. à signal STOP n'étaient pas acceptés).

1-3 ETENDUE DE L'EXPERIENCE ET DUREE

L'étude prévoit qu'il serait possible dans une situation optimum d'équiper 3.868 P.N. de la S.A.L. 0. L'expérience porterait sur 2.000 à raison de 200 P.N./an.

Dans le cadre de l'expérience, il est proposé dans un premier temps d'équiper 200 P.N. en 1971. Ces P.N. sont répartis de la façon suivante :

Région S.N.C.F.	Département	Nombre de P.N.
EST	Vosges	7
	Bas Rhin	7
	Moselle	6
	Marne	4
	Meuse	10
NORD	Nord	6
OUEST	Ile et Vilaine	28
	Côtes du Nord	8
	Maine et Loire	8
SUD - OUEST	Puy de Dôme	37
	Allier	3
	Creuse	7
	Corrèze	4
	Haute Vienne	4
SUD - EST	Nièvre	21
	Saône et Loire	20
	Allier	6
MEDITERRANNEE	Lozère	8
	Cantal	6

Dans les différentes régions, les P.N. de l'expérience ont été autant que possible groupés de façon que la densité de P.N. équipés de ce dispositif, soit suffisante pour que l'utilisateur de la route puisse s'accoutumer rapidement à ce dispositif de signalisation peu répandu.

1-4 CARACTERISTIQUES DES P.N. DE L'EXPERIENCE

Actuellement, les P.N. à S.A.L. 0 doivent avoir des caractéristiques conformes aux prescriptions de la réglementation de décembre 1967 (Cf. 1-1).

Dans le cadre de l'expérience, les caractéristiques de ces P.N. ont été choisies, de façon à assouplir les contraintes imposées par le règlement.

Le moment des 200 P.N. proposés par la S.N.C.F. est généralement inférieur à 4.000. Il peut atteindre 8.000 à condition que la circulation routière reste inférieure à 250 véhicules par jour.

Les conclusions du premier chapitre indiquent qu'il serait possible de repousser le seuil de moment de circulation jusqu'à 40.000 et celui de la circulation routière jusqu'à 500 véhicules par jour.

Compte tenu de ces conclusions et de l'examen de ce qui existe dans les autres pays européens il serait possible d'envisager une extension plus importante encore de ce dispositif.

1-5 DISPOSITIF DE PROTECTION DES P.N. DE L'EXPERIENCE

Les dispositifs de protection installés aux P.N. à S.A.L. 0 présentent des aspects différents suivant les pays sans que l'on puisse se prononcer avec certitude en faveur de l'un ou de l'autre système.

La sécurité de ce dispositif repose, outre la prudence des automobilistes sur deux points précis :

- la fiabilité du dispositif d'annonce et la fiabilité des lampes destinées à signaler aux usagers de la route l'approche d'un train.
- la fiabilité du dispositif d'annonce : ce dispositif est identique à celui utilisé pour les S.A.L. 2 et les S.A.L. 4. La fiabilité n'a jamais été mise en cause à propos de ces deux équipements, il y a donc tout lieu de croire qu'elle est satisfaisante.
- la fiabilité des lampes des feux rouges clignotants : Il y a deux façons de pallier le risque de non-présentation d'un feu : doubler les lampes ou concevoir une lampe à 2 filaments. C'est cette dernière solution qu'a adoptée la S.N.C.F.

Pendant les trois années 1967 - 68 - 69, sur une moyenne de plus de 10.000 lampes en service aucune extinction totale n'a été observée.

Toutefois, lors des visites techniques périodiques, un certain nombre d'extinctions partielles a été constaté.

On dit qu'il y a extinction partielle lorsque l'un des deux filaments de la lampe est cassé. Une extinction partielle n'engage pas la sécurité du dispositif lumineux, car le filament qui subsiste assure à la lampe un fonctionnement normal. Il convient de souligner en outre, que ces extinctions partielles sont très rares, comme l'indique le tableau ci-après.

Année	Nombre de lampes testées	Extinctions partielles	%
1967	9.462	17	0,18
1968	10.815	10	0,09
1969	12.940	26	0,2

Il est intéressant d'examiner parallèlement le nombre d'accidents survenus aux passages à niveau du fait d'une défaillance du garde.

Année	Nombre de P.N. gardés	Nombre d'accidents	%
1966	16.500	22	0,13
1967	16.200	31	0,19
1968	15.710	33	0,21

Il semble donc possible de conclure que dans des conditions normales de fonctionnement et d'entretien, les lampes qui équipent les passages à niveau à S.A.L. ont une fiabilité satisfaisante.

Cependant la Direction des Routes n'est pas favorable à l'utilisation et à la généralisation du dispositif S.A.L. 0 actuellement en service en raison notamment de la mauvaise compréhension du feu rouge clignotant de la part de l'utilisateur routier. La Direction des Routes propose donc à la place du feu rouge clignotant, un ensemble de feux tricolores identiques aux feux tricolores routiers, mais dont le vert resterait factice (borgne). En l'absence de train, tous les feux seraient éteints, l'annonce du train déclencherait l'allumage d'un feu jaune, puis du rouge fixe (et non plus clignotant). A la présignalisation déjà utilisée pour le dispositif S.A.L. 0 en service un panneau A.17 devrait être ajouté annonçant la présence de feux tricolores.

Cette installation entraînerait une majoration de coût de la S.A.L. 0 de 3.700 F par P.N., et imposerait en principe, la modification d'environ 170 P.N. actuellement équipés en S.A.L. 0.

Nous rappellerons que tous les calculs effectués recommandant l'extension de la S.A.L. 0 ont été faits à partir du dispositif actuellement en service (prix, coefficient de sécurité).

La vérification de certains paramètres, telle que variation du coefficient de sécurité en fonction du moment serait difficile à effectuer. En effet, l'utilisation du nouveau dispositif permettrait difficilement d'attribuer les gains ou pertes de sécurité soit à la nouvelle signalisation, soit à l'importance de la circulation routière et ferroviaire.

La S.N.C.F. sans être totalement hostile à ce nouveau dispositif souhaiterait cependant le maintien du dispositif actuellement en service. Elle attire l'attention sur les points suivants :

● Le dispositif

La présentation d'un feu jaune déclenché par l'approche d'un train risque de ne pas avoir l'efficacité souhaitable. En effet, si le feu est fixe, il est le plus souvent considéré par les automobilistes comme une invitation à passer rapidement avant que le feu rouge fixe soit présenté. Si le feu jaune était clignotant, sa signification de "prudence - ralentir" serait interprétée encore plus abusivement. Il y a tout lieu de craindre que l'utilisation de l'un ou l'autre de ces feux aux P.N. à signalisation automatique lumineuse sans demi-barrières, surtout hors agglomération, ne soit pas plus impérative qu'aux carrefours routiers et que ces feux n'apportent pas un gain de sécurité par rapport à la situation actuelle.

D'autre part la durée de présentation du feu jaune amputerait le délai minimal de 25 secondes pendant lequel le feu rouge, dont la signification est "arrêt absolu", est présenté avant le passage d'une circulation ferroviaire.

Cela conduirait les conducteurs routiers qui ne respecteraient pas les indications du feu jaune à traverser jusqu'au moment où le feu rouge serait substitué au feu jaune, c'est-à-dire moins de 20 secondes, en général, avant l'arrivée d'un train circulant à la vitesse maximale autorisée.

- Problèmes internationaux

Il est permis de penser que l'adjonction du feu tricolore aux passages à niveau, sur le plan international, se heurtera à des difficultés, en particulier de la part des U.S.A qui ont actuellement plus de 36.000 P.N. sans barrières équipés de feux rouges clignotants, certains ayant un moment de circulation atteignant 100.000. On peut noter en incidence que les spécialistes américains, recherchent un dispositif encore moins onéreux que les feux rouges, qui pourrait être économiquement justifié, alors que la Direction des Routes semble au contraire disposée à mettre en place une signalisation plus complexe donc plus coûteuse.

Compte tenu des différents arguments exposés ci-dessus le choix entre les deux dispositifs reste à faire.

1-6 CONDUITE DE L'EXPERIENCE

Dès la mise en place du nouvel équipement, les P.N. de l'expérience feront l'objet de comptages de circulation et de campagnes de surveillance approfondies, de façon à obtenir un maximum de renseignements sur le comportement des usagers au franchissement du P.N. et sur les circonstances d'éventuels accidents. La surveillance des P.N. pourrait être effectuée par les anciens gardiens ou gérants maintenus au début de l'expérience.

Les premiers résultats statistiques pourront être obtenus au plus tôt, un an après le début de l'expérience étant bien entendu que la représentativité de l'échantillon ira en s'améliorant au fur et à mesure que les équipements en S.A.L. 0 se multiplieront.

2. EXPERIENCE "STOP"

La réglementation de 1967 autoriserait l'utilisation d'un signal d'arrêt à certains P.N. de 2^e catégorie. Les conclusions de ce rapport aboutissent à une généralisation de l'emploi de ce dispositif.

Nous proposons donc dans le but de tester l'efficacité de ce dispositif, de procéder à une expérience qui comme l'expérience S.A.L. 0 porterait sur 400 P.N. répartis sur 2 ans.

Il serait mis en place un système de contrôle afin de suivre le déroulement de l'opération.

En accord avec la S.N.C.F., les P.N. que l'on équiperait de ce dispositif, seraient des P.N. actuellement gardés dont le moment n'excède pas 5.000 et la circulation routière journalière 50. Tous ces P.N. devraient posséder la visibilité statique au moins égale à celle définie au chapitre 2.

3. EXPERIENCE 2^e CATEGORIE A CROIX DE SAINT ANDRE

Cette expérience consisterait à laisser en l'état des P.N. de 2^e catégorie à croix de Saint André, que la réglementation actuellement en vigueur oblige à équiper au moins en S.A.L. 0 sinon en S.A.L. 2.

Les P.N. expérimentés doivent répondre au moins aux conditions suivantes :

- visibilité statique existante ;
- visibilité dynamique existante ;
- moment inférieur à 3.000.
- circulation routière inférieure à 100 véhicules par jour si le moment excède 300.

4. EXPERIENCE S.A.L. 2

Cette expérience consisterait à équiper en S.A.L. 2 des P.N. que la réglementation de 1967 oblige à équiper en S.A.L. 4, compte tenu du critère du moment.

3^e PARTIE
CONSEQUENCES D'UNE NOUVELLE POLITIQUE
EN MATIERE DE P.N.

CHAPITRE I

EVOLUTION DES DEPENSES

Cette partie du rapport dégage les principaux éléments d'un bilan coût-efficacité, dans le cadre des recommandations de la présente étude.

En ce qui concerne tout d'abord l'évolution des coûts budgétaires, nous avons admis arbitrairement qu'au 31 décembre 1975 la situation des P.N. serait conforme aux recommandations.

Ont été successivement étudiés :

- les moyens nécessaires en investissement,
- le niveau des dépenses du compte exploitation fin 1975 (1).

La situation "optimum" du point de vue économique définie dans la 2^e partie reste théorique. Afin de cerner de plus près une évolution prévisible dans ce cadre nous avons introduit différentes hypothèses tenant compte d'une part de cas particuliers imposant d'autres équipements que ceux recommandés (problèmes techniques liés aux P.N. situés près des zones de manoeuvre par exemple) et d'autre part de différentes dispositions réglementaires péjorant la situation "optimum", notamment en ce qui concerne les conditions de visibilité nécessaires et suffisantes qui seraient imposées aux P.N. de 2^e catégorie.

1. HYPOTHESE I

	Situation actuelle au 31.12.1969	Situation au 31.12.1975
2 ^e catégorie	10.519	14.649
STOP	0	2.265
S.A.L. 0	88	3.868
S.A.L. 2	2.948	4.909
S.A.L. 4	174	474
gardés et gérances	14.967	1.000 gardés 1.530 gérances

(1) Les calculs ont été effectués à prix constants aux conditions économiques au 1.1.1970. Dans chacune des hypothèses retenues, il n'a pas été tenu compte des variations des frais d'exploitation du chemin de fer causés par les suites contentieuses des accidents et incidents de P.N.

Dans cette première hypothèse il n'a pas été introduit de conditions réglementaires limitant le domaine "optimum" d'emploi des différents équipements. Cependant nous avons admis que pour un certain nombre de P.N. gardés (1.000) le gardiennage humain ne pourrait être totalement supprimé pour des raisons d'ordre technique.

D'autre part, bien que la S.A.L. 4 ne soit plus recommandée nous avons supposé l'équipement de ce dispositif de protection à 300 P.N., ceci pour des raisons spécifiques dues à la situation de certains P.N. (P.N. situé en agglomération à fort trafic notamment).

● Résultats :

a – Investissements : 648 MF dont :

327 MF pour équipement en S.A.L. 0
 234 MF pour équipement en S.A.L. 2
 65 MF pour équipement en S.A.L. 4
 22 MF pour équipement en STOP

b – Charges d'exploitation au 31 décembre 1975 :

241 MF dont :

40 MF pour le gardiennage
 54 MF pour l'entretien
 24 MF pour les frais généraux
 123 MF pour les charges financières

2. HYPOTHESE II

	Situation actuelle au 31.12.1969	Situation au 31.12.1975
2 ^e catégorie	10.519	12.429
STOP	0	2.265
S.A.L. 0	88	6.088
S.A.L. 2	2.948	4.909
S.A.L. 4	174	474
gardés et gérances	14.967	1.000 gardés 1.530 gérances

En plus des hypothèses retenues dans "I" nous avons admis que 50 % des P.N. actuellement gardés dont la situation "optimum" est la 2^e catégorie, n'auraient pas les conditions de visibilité nécessaires et suffisantes. Ceux-ci seraient donc équipés en S.A.L. 0.

○ Résultats :

a – Investissements : 837 MF dont :

516 MF pour équipement en S.A.L. 0
234 MF pour équipement en S.A.L. 2
65 MF pour équipement en S.A.L. 4
22 MF pour équipement en STOP

b – Charges d'exploitation au 31 décembre 1975 :

274 MF dont :

40 MF pour le gardiennage
58 MF pour l'entretien
25 MF pour les frais généraux
151 MF pour les charges financières

3. HYPOTHESE III

	Situation actuelle au 31.12.1969	Situation au 31.12.1975
2 ^e catégorie	10.519	10.208
STOP	0	2.265
S.A.L. 0	88	8.309
S.A.L. 2	2.948	4.909
S.A.L. 4	174	474
Gardés et gérances	14.967	1.000 gardés 1.530 gérances

Les mêmes hypothèses que dans "I" ont été retenues. Nous avons admis en outre que la totalité des P.N. actuellement gardés dont la situation "optimum" est la 2^e catégorie n'aurait pas les conditions de visibilité nécessaires et suffisantes.

● Résultats :

a – Investissements : 1.028 MF dont :

707 MF pour équipement en S.A.L. 0
234 MF pour équipement en S.A.L. 2
65 MF pour équipement en S.A.L. 4
22 MF pour équipement en STOP

b – Charges d'exploitation au 31 décembre 1975 :

313 MF dont :

- 40 MF pour le gardiennage
- 62 MF pour l'entretien
- 26 MF pour les frais généraux
- 185 MF pour les charges financières

4. HYPOTHESE IV

	Situation actuelle au 31.12.1969	Situation au 31.12.1975
2 ^e catégorie	10.519	10.208
STOP	0	2.265
S.A.L. 0	88	7.431
S.A.L. 2	2.948	5.787
S.A.L. 4	174	474
Gardés et gérances	14.967	1.000 gardés 1.530 gérances

Les hypothèses retenues dans "I" et "III" ont été conservées. De plus la limite d'emploi de la S.A.L. 0 a été ramenée à un moment maximum de 5.000 (contre 30.000 en situation "optimum").

● Résultats :

a – Investissements : 1.058 MF dont :

- 632 MF pour équipement en S.A.L. 0
- 339 MF pour équipement en S.A.L. 2
- 65 MF pour équipement en S.A.L. 4
- 22 MF pour équipement en STOP

b – Charges d'exploitation au 31 décembre 1975 :

319 MF dont :

- 40 MF pour le gardiennage
- 63 MF pour l'entretien
- 26 MF pour les frais généraux
- 190 MF pour les charges financières

5. HYPOTHESE V

	Situation actuelle au 31.12.1969	Situation au 31.12.1975
2 ^e catégorie	10.519	10.130
STOP	0	2.032
S.A.L. 0	88	7.742
S.A.L. 2	2.948	5.787
S.A.L. 4	174	474
Gardés et gérances	14.967	1.000 gardés 1.530 gérances

Les hypothèses retenues dans "I", "III" et "IV" ont été conservées. La limite d'emploi des passages à niveau de 2^e catégorie, ainsi que du STOP a été ramenée à un moment maximum de 1.000 (contre 3.000 en situation "optimum").

• Résultats :

a - Investissements : 1.081 MF dont :

- 658 MF pour équipement en S.A.L. 0
- 339 MF pour équipement en S.A.L. 2
- 65 MF pour équipement en S.A.L. 4
- 19 MF pour équipement en STOP

b - Charges d'exploitation au 31 décembre 1975 :

324 MF dont :

- 40 MF pour le gardiennage
- 63 MF pour l'entretien
- 26 MF pour les frais généraux
- 195 MF pour les charges financières

6. LIMITE ET PRECISION DES CALCULS

Dans les différentes hypothèses étudiées le nombre total de P.N. au 31 décembre 1975 reste identique au nombre total de P.N. en 1969. Or un certain nombre de suppressions de P.N. relatives soit aux fermetures de lignes S.N.C.F. au trafic, soit aux actions volontaires de suppression de P.N. sur lignes en service vont intervenir durant cette période (voir fascicule III chapitre Commissions Départementales des P.N.).

De ce point de vue, le montant des charges d'exploitation au 31 décembre 1975 dans les différentes hypothèses étudiées peut être considéré comme à un **niveau maximum**.

Cependant, le nombre d'automatisations ou d'équipements de P.N. à effectuer et les besoins nécessaires en investissements ont été calculés à partir d'une répartition des différents types de P.N. au 31 décembre 1969. Or, cette situation s'est modifiée et continue à se modifier ; plus de 1.100 automatisations environ seront réalisées en 1970 (1). Des investissements non conformes aux recommandations d'équipement du présent rapport peuvent augmenter les charges d'exploitation prévues à l'horizon 1975.

Tout effort de suppression de P.N. aura tendance à diminuer les charges d'exploitation ; en sens inverse, tout retard dans la "mise en situation optimum" des différents types de P.N. aura tendance à augmenter les charges d'exploitation.

Compte tenu de ces deux facteurs les différents résultats exposés dans le chapitre précédent ne peuvent être considérés que comme des estimations ; celles-ci se situant néanmoins dans une fourchette supérieure.

7. CONTRIBUTION DE L'ETAT AUX CHARGES DES P.N. DANS LE CADRE D'UNE NOUVELLE REGLEMENTATION

	Investissements du 1.1.70 au 31.12.75	Charges d'exploitation au 31.12.1975	Contribution de l'Etat au 31.12.1975	En conformité avec le règlement du 11.12.1967
Evolution (2) dans le cadre de la réglementation du 11 décembre 1967 selon différentes cadences d'investissement	160	671	336	NON
	700	706	353	NON
	850	725	363	NON
	964	754	377	OUI
	1350	669	335	OUI
Evolution dans le cadre d'une nouvelle réglementation	I 648	241	121	
	II 837	274	137	
	III 1028	313	157	
	IV 1058	319	160	
	V 1081	324	162	

(1) La S.N.C.F. prévoit l'équipement de près de 1.350 P.N. en S.A.L. 2 entre le 1.1.1970 et le 1.7.1971, ce qui porterait le nombre total de P.N. S.A.L. 2 à 4.200.

(2) Voir fascicule I - Perspectives d'évolution horizon 1975 - 1980.

RAPPEL : Prévision S.N.C.F. du montant des investissements destinés au P.N. au cours du VI^e Plan : 1.100 – 1.200 MF. (Conditions économiques de 1970).

Contribution de l'Etat aux charges de P.N. pour 1970 : 294 MF (prévision).

Dans le cadre d'une nouvelle réglementation, on peut constater que quelque soit l'hypothèse retenue, la contribution de l'Etat aux charges de P.N. baisse très sensiblement. Dans le cas le plus défavorable les économies pour l'Etat s'élèvent à 173 MF pour l'année 1975. Dans le cas le plus favorable elles s'élèvent à 256 MF. Il en est bien sûr de même pour la part restant à la charge de la S.N.C.F.

Il convient cependant d'attirer l'attention sur les points suivants :

- a – la suppression quasi totale et à bref délai du gardiennage humain aux P.N. reste l'un des facteurs déterminant dans ces économies. En effet, dans le cadre de la réglementation en vigueur (11 décembre 1967), la part du gardiennage se situe en 1975 entre 47 et 66 % du total des charges d'exploitation. Cette part reste en général inférieure à 15 % dans le cadre d'une nouvelle réglementation ; seuls subsistent fin 1975, 2.530 P.N. gardés dont 1.530 en gérance. Ceci signifie que la S.N.C.F. va se trouver confrontée à un problème de main-d'œuvre assez considérable ;
- b – une partie de ces économies s'obtient également par une "aggravation du risque" à certains P.N. ou tout au moins en maintenant la sécurité à son niveau actuel. En effet l'harmonisation des critères de sécurité utilisés aux P.N. par rapport aux critères utilisés dans le secteur routier, conduit à l'abandon de certains investissements prescrits par la réglementation du 11 décembre 1967, dont le coût s'avère hors de proportion avec ce que la collectivité dépense dans d'autres secteurs pour sauvegarder les vies humaines et notamment dans le secteur routier.

Ceci revient à dire que les réductions de dépenses que l'on peut envisager dans une approche plus globale des problèmes de sécurité aux P.N. pourraient être reportées de façon beaucoup plus efficace dans les opérations de sécurité routière (aménagement de points noirs, marquage horizontal, élargissement . . .).

CHAPITRE II

PROLONGEMENTS SOCIAUX DE CETTE NOUVELLE POLITIQUE

La mise en "situation optimum" des différents P.N. conduit à la suppression quasi-totale des P.N. gardés autrement qu'en gérance. Seuls subsisteraient à terme environ 1.000 P.N. gardés soit moins de 8 % du nombre actuel, et environ 1.500 à 2.000 P.N. gardés en gérance.

Les conséquences sociales de cette politique sont cependant préoccupantes.

En effet, tout recrutement étant arrêté, la diminution "naturelle" des effectifs de gardiennage des P.N. (mise à la retraite, départs volontaires, décès . . .) atteint 4 % du personnel chaque année, soit environ 500 à 600 personnes par an. Or 1.900 emplois de gardes-barrières seraient supprimés en moyenne, tous les ans (1). Un problème de reconversion se pose donc pour 1.300 à 1.400 personnes tous les ans.

La S.N.C.F. devra donc développer au mieux ses quelques possibilités internes de reclassement, méthode qu'elle utilise d'ailleurs avec succès depuis quelques années :

- a – Accès aux examens pour emplois administratifs ; les personnes intéressées sont invitées à parfaire leur formation dans ce but en utilisant gratuitement les cours par correspondance de formation générale mis à leur disposition.
- b – Priorité d'accès aux emplois du service intérieur ; par exemple : entretien des locaux, femme de ménage.
- c – Emplois non spécialisés divers.

Cependant toutes ces possibilités de reclassement au sein de la S.N.C.F. restent limitées, celle-ci poursuivant simultanément une politique de modernisation de l'ensemble de ses activités. En outre, des difficultés supplémentaires peuvent surgir dans ces opérations de reclassement lorsque l'emploi est offert en d'autres lieux, notamment si le mari de la garde-barrière à un emploi près du P.N. supprimé.

Néanmoins l'accord cadre sur "les prolongements sociaux de la modernisation" conclu entre la direction générale de la S.N.C.F. et les organisations syndicales de cheminots, permet d'en atténuer les conséquences.

Toutefois devant l'insuffisance des mesures qui pourraient être prises à l'intérieur de l'entreprise, trois actions pourraient être développées, d'une part dans le cadre de la législation sur la Sécurité Sociale, d'autre part dans l'attribution des Commissions départementales des P.N. (cf. fascicule III) et dans les attributions des inspecteurs du travail et de la main d'oeuvre des transports.

a – Législation sur la Sécurité Sociale.

Possibilité d'affiliation à la Sécurité Sociale des gérantes contractuelles dont l'emploi antérieur de garde-barrières a été déclassé. (L'emploi de gérante ne permet pas en raison de la faible durée journalière de travail, l'affiliation au régime normal de sécurité sociale).

(1) 1,4 agents en moyenne par P.N. gardé supprimé.

b – Commissions Départementales des P.N.

Il appartiendrait au Directeur de la région S.N.C.F. d'informer le Préfet, Président de la Commission des P.N., des disponibilités de personnel prévisibles, ceci dès l'établissement du plan d'équipement d'avenir de chaque ligne. Le Préfet pourrait alors informer de ces disponibilités les Collectivités (Administrations, Municipalités, Services publics, . . .) placées sous son autorité et les organismes chargés de l'emploi et du placement (Agence nationale ou régionale de l'emploi, Service de main d'oeuvre, Commission paritaire de l'emploi . . .). Le nombre de personnes à placer par département se situant en moyenne entre 15 et 20 par an.

c – L'Inspection du Travail et la main d'oeuvre des transports.

L'Inspection du travail et de la main d'oeuvre des transports informée directement et en temps utile par les Services en cause de la S.N.C.F. pourrait intervenir directement et utilement auprès des services de main d'oeuvre en vue d'un placement "prioritaire" des intéressés.

CHAPITRE III

LA SECURITE AUX P.N. DANS LE CADRE D'UNE NOUVELLE REGLEMENTATION

En appliquant la loi de probabilité d'accidents, $A = (\alpha J_1 + \beta J_2) \sqrt{M}$ (voir chapitre IV – 1ère partie), on peut calculer le nombre d'accidents probables et leurs conséquences pour chacune des hypothèses retenues précédemment.

Les résultats de ces calculs figurent dans le tableau ci-après.

Le nombre d'accidents avec collision de trains augmenterait par rapport à la situation actuelle. Le nombre de morts suivrait une progression moins forte en raison de la forte diminution des décès dus aux enfoncements de barrières suivis de collision avec trains et aux accidents de piétons aux P.N. Ces conséquences bénéfiques de l'automatisation des P.N. étant dues d'une part à la substitution de barrières légères aux barrières lourdes des P.N. gardés, d'autre part à la suppression des portillons pour piétons (Cf, chapitre V). Ces facteurs ramèneraient le nombre total de morts à un niveau légèrement inférieur à celui de 1969.

Il s'agit là d'un calcul théorique à égalité de comportement. Mais on doit escompter une amélioration de ce comportement, qui pourra être obtenue par des campagnes d'informations (affiches, télévision, etc.) plus étendues que celles auxquelles la S.N.C.F. a pu se livrer jusqu'ici avec ses seuls moyens. C'est pourquoi, les expériences préconisées (cf. chapitre VII) doivent être groupées géographiquement pour favoriser l'information de l'utilisateur. Il y a lieu d'ajouter que :

- d'une part, sur les lignes ferroviaires à très grande vitesse, l'objectif final reste la suppression quasi-totale des passages à niveau,
- d'autre part, les collisions aux P.N. entraînent dans les convois ferroviaires des dommages corporels dont le caractère est trop aléatoire pour qu'il soit possible d'en faire une étude statistique séparée. Des mesures spécifiques telles qu'une campagne de sensibilisation des conducteurs de poids lourds ou telles que les dispositions concernant le matériel ferroviaire (peintures voyantes, etc.) pourraient permettre d'avoir un effet plus important dans ce cas particulier, que la modification de la réglementation des P.N.

Il n'en reste pas moins que l'opinion publique reste plus fortement sensibilisée par les accidents aux P.N. que par les accidents routiers proprement dits de même importance. Un accroissement de ce type d'accident risque donc d'avoir certaines répercussions dans l'opinion publique. D'autre part, la S.N.C.F. est sensibilisée sur le fait que les accidents avec collisions de trains vont à l'encontre du critère de 'sécurité maximum', qui est un des principaux atouts des transports ferroviaires.

Aussi, compte tenu de toutes ces observations et pour rester dans l'esprit de cette étude, il nous apparaît nécessaire de recommander que les crédits de l'Etat, qui seraient dégagés à la suite de certaines mesures que nous préconisons, restent affectés à des opérations de sécurité dans des actions plus efficaces et notamment dans les opérations de sécurité routière.

Hypothèses	Accident avec collision du train	Accident sans collision du train	Morts	Blessés graves	Blessés légers	Accident de piéton	Morts piétons	Blessés graves piétons	Total morts	Total blessés graves
I	479	1.222	107	132	243	20	13	7	120	139
II	458	1.223	102	129	238	20	13	7	115	136
III	436	1.224	98	124	233	20	13	7	111	131
IV	413	1.310	91	119	237	20	13	7	104	126
V	410	1.311	90	119	236	20	13	7	103	126
Situation actuelle (1969)	273	2.801	65	158	425	88	57	12	122	170

ECONOMIES AUX P.N. ET OPERATIONS DE SECURITE ROUTIERE

Nous avons vu qu'une nouvelle politique en matière de P.N. pouvait conduire pour l'année 1975 à des économies d'exploitation de 345 à 513 MF dont 50 % au bénéfice de l'Etat, sans dégradation sensible de la sécurité aux P.N. Examinons l'"impact" d'un transfert des dépenses économisées par l'Etat dans des opérations de sécurité routière.

Les quelques exemples d'opérations types donnés dans le tableau ci-après, démontrent la **haute rentabilité** des opérations de sécurité routière. En moyenne **10 MF** dépensés dans une telle opération économisent **10 morts et 122 blessés par an**.

Or, pour l'année 1975, les économies apportées sans la contribution de l'Etat par une politique plus rationnelle en matière de P.N., par rapport à ce qu'il est prévu de dépenser à cette date, sont estimés entre 173 MF et 256 MF.

Le transfert de ces crédits à des opérations de sécurité routière et sur la base des estimations les **plus faibles (170 MF)** devrait réduire les pertes en vies humaines et les dommages corporels dans les conditions suivantes :

- au bout d'un an : **170 morts, 2.074 blessés,**
- au bout de la 5^e année, sur la base de 170 MF par an : **850 morts, 10.370 blessés,**
- durant ces 5 années : **2.550 morts, 31.110 blessés.**

(Extrait du rapport général : Table ronde de la Sécurité Routière 1970)

	Type d'action	Investissements sur 5 ans (en MF)	Investissements annuels (en MF)	Economie 1 ^e année		Economie pendant la 5 ^e année		Gain de la 5 ^e année	Rentabilité immédiate (sécurité)	Gains en morts par an pour 10 MF. investis.
				Tués	Blessés	Tués	Blessés			
ACTIONS A RENOUVELER CHAQUE ANNEE	Marquage horizontal	50 x 5	50	200	2.500	200	2.500	93 MF	185 %	8
	Aménagement de carrefour	400	8 80	100	2.200	500	11.000	300 MF	75 %	13
ACTIONS	Suppression d'obstacles latéraux	250	50	100		500		150 MF	60 %	20
DEFINITIVES	Routes à priorité	60	12	6	130	30	650	20 MF	33 %	5
	Elargissement à 10,50 m des routes de 9 m	630	126	50	60	250	300	70 MF	11 %	4

(1) Ce taux correspond au fait que l'investissement entraîne une économie pour la collectivité telle que son coût est récupéré en 16 mois.

CONCLUSION

En 1969, le nombre de morts aux P.N. s'élève à 122 morts (dont 57 piétons) et à 595 blessés. Pour la même année, le nombre de morts par accidents de la route s'élève à 14.705 et à 318.832 blessés.

La réglementation du 11 décembre 1967, base de la politique actuelle en matière de P.N., conduit à des investissements importants tendant à accroître le niveau de sécurité des P.N. et à une augmentation sensible des dépenses annuelles d'exploitation (dont la moitié est à la charge de l'Etat).

Or, il apparaît clairement que ces dépenses affectées à des aménagements de sécurité routière, aménagements concourant aux mêmes objectifs que les P.N. seront beaucoup plus efficaces : Sauver des vies humaines, oui, mais en sauver bien davantage avec les mêmes moyens.