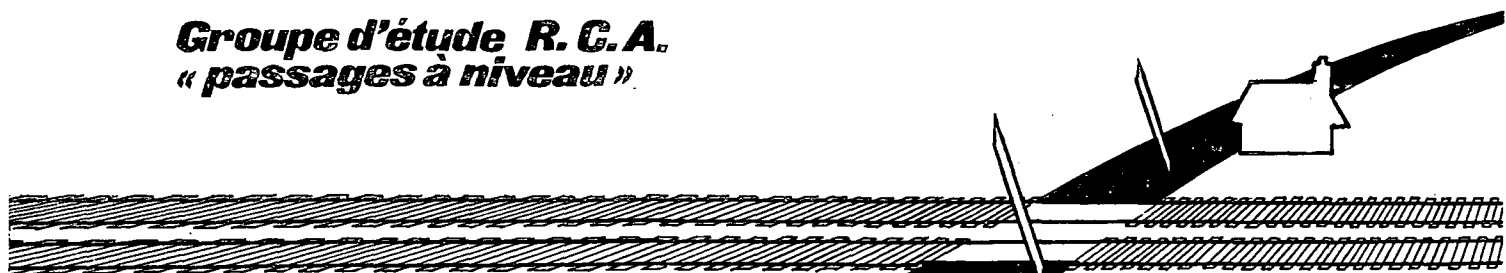


Groupe d'étude R. C. A.
« passages à niveau »

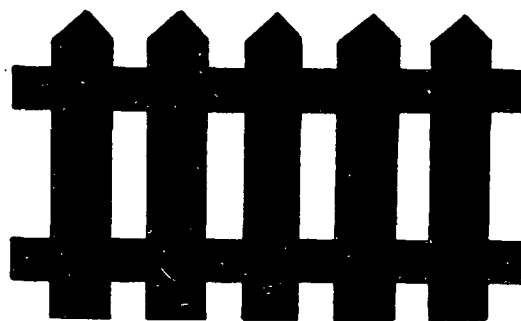


ETUDE PILOTE R. C. A.
PASSAGES A NIVEAU

**ministère de
l'équipement**

**ministère
des transports**

**société nationale des
chemins de fer français**



Rapports de Mission
Annexes

PLAN DU RAPPORT I

| | Pages |
|--|-------|
| Chapitre I – Dimension du problème aux Etats-Unis | 9 |
| 1 – Nombre de passages à niveau et densité | 9 |
| 2 – Description technique des équipements des P.N. | 9 |
| 3 – Répartition par type d'équipement | 11 |
| 4 – Les accidents aux passages à niveau | 18 |
| 5 – Choix et financement des équipements | 21 |
| | |
| Chapitre II – Les études américaines d'indice de sécurité | 25 |
| 1 – Les formules | 25 |
| 2 – L'utilisation des études de sécurité | 27 |
| | |
| Chapitre III – L'approche du problème des passages à niveau selon les méthodes du P.P.B.S. (ou R.C.B.) aux Etats-Unis | 39 |
| 1 – La méthode | 40 |
| 2 – Les valeurs prises en compte dans les calculs | 41 |
| 3 – Les résultats | 42 |
| | |
| ANNEXES | 39 |
| – Formules "d'indice de risque" utilisées par divers Etat | 61 |
| – Formule Peabody - Dimmick | 62 |
| – Renseignements nécessaires concernant les P.N. et les accidents qui s'y produisent | 65 |
| – Système d'information | 68 |

PLAN DU RAPPORT II

| | |
|---|----|
| Introduction | 73 |
| | |
| Chapitre I – Situation actuelle | 75 |
| 1 – Description de la ligne et de l'environnement | 75 |
| 2 – Les passages à niveau | 75 |
| 2.1 Circulation routière | 75 |
| 2.2 Type d'équipement des P.N. | 76 |
| 2.3 Dépenses annuelles | 76 |
| 2.4 Accidents aux P.N. | 77 |
| 2.5 Pertes de temps | 78 |

| | Pages |
|--|--------|
| Chapitre II – Situation d’avenir des passages à niveau | 79 |
| 1 – Situation d’avenir dans le cadre de la réglementation du 11.12.1967 | 79 |
| 1.1 Etude détaillée de chaque P.N. | 80 |
| 1.11. Passages à niveau gardés 3 postes | 80 |
| 1.12. Passages à niveau gardés 2 postes | 81 |
| 1.13. Passages à niveau gardés 1 poste | 82 |
| 1.14. Passages à niveau équipés en S.A.L. 2 | 85 |
| 2 – Bilan global | 85 |
| 3 – Bilan coût efficacité | 86 |
| 4 – Situation d’avenir avec introduction de la S.A.L.O | 87 |
| ANNEXE | 89 |
| 1 – Dépenses d’exploitation | 91 |
| 2 – Pertes de temps de l’usager routier | 92 |

PLAN DES ANNEXES

DETAIL DES CALCULS AUTOMATISES DE COUTS ACTUALISES

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 1 – Hypothèse centrale | 95 |
| – Situation de référence C2 | 103 - 108 |
| – Situation de référence S0 | 109 - 114 |
| – Situation de référence S2 | 115 - 120 |
| – Situation de référence S4 | 121 - 126 |
| – Situation de référence GE | 127 - 133 |
| – Situation de référence GA | 134 - 142 |
| 2 – Test 1 (coût sécurité x 2) | 143 - 149 |
| 3 – Test 2 (coût sécurité x 3) | 150 - 156 |
| 4 – Test 3 (pertes de temps x 0.5) | 157 - 163 |
| 5 – Test 4 (pertes de temps = 0) | 164 - 170 |
| 6 – Test 5 (nouveau dispositif S0) | 171 - 177 |

I - RAPPORT DE MISSION
LES PASSAGES A NIVEAU AUX ETATS-UNIS

RAPPORT

de la mission effectuée aux Etats-Unis du 25 mai 1970 au 30 mai 1970

Membres de la mission :

- M. PELLEGRIN Ministère des Transports
- M. GIETHLEN Ministère des Transports
- M. BERDUCOU S.N.C.F.
- M. BOUTET S.N.C.F.
- M. PINSON S.N.C.F.

CHAPITRE I

DIMENSION DU PROBLEME AUX ETATS-UNIS

1. NOMBRE DE PASSAGES A NIVEAU ET DENSITE

Les dernières statistiques communiquées sont au 31.12.1968. A cette date le nombre de P.N. publics aux Etats-Unis s'élève à 212.000 soit une densité de l'ordre de 1 P.N. tous les 1,57 km de ligne ferroviaire. Cette densité est légèrement inférieure à celle de la France : 1 P.N. tous les 1,28 km de ligne ferroviaire. A ces 212.000 P.N. s'ajoutent environ 12.000 P.N. situés sur les lignes de chemin de fer de classe II.

Depuis 1959, l'évolution en nombre de P.N. est identique à celle observée en France : une diminution de l'ordre de 6 % pour les Etats-Unis contre 5 % en France. Cette réduction est surtout la conséquence de la fermeture d'un certain nombre de km de ligne. Une faible partie ne serait que le fait d'une action de suppression volontaire par la construction d'ouvrages d'art, d'itinéraires de détournement ou de suppressions pures et simples.

| | | Nombre de P.N. | Densité pour 1 P.N. | Nombre de km de ligne |
|------------|------|----------------|---------------------|-----------------------|
| ETATS-UNIS | 1959 | 225.400 | 1,54 km | 348.160 |
| | 1968 | 212.000 | 1,57 km | 333.760 |
| | % | - 5,9 % | - | - 4,1 % |
| FRANCE | 1959 | 30.600 | 1,27 km | 38.850 |
| | 1968 | 29.036 | 1,28 km | 37.400 |
| | % | - 5,1 % | - | - 3,7 % |

2. DESCRIPTION TECHNIQUE DES EQUIPEMENTS DES PASSAGES A NIVEAU

- A. NOT SPECIALLY PROTECTED (non spécialement protégés). Cette catégorie comporte les passages à niveau ou aucun dispositif signalant l'arrivée des trains n'existe.

Ils sont signalés par une Croix de Saint-André (Crossbuck) comportant une indication du nombre de voies à traverser (panneaux réflectorisés). A distance, le signal routier, circulaire, comporte l'inscription R/R en noir sur fond jaune. (Ce signal est le même pour tous les types d'équipement. Le signal STOP existe sur un nombre important de P.N. (nombre estimé à 22.000) ; son extension n'est pas souhaitée ; bien au contraire les études économiques examinées plus loin, recommandent sa suppression. Le panneau STOP est du type routier courant aux U.S.A. : octogonal rouge.

Sur la voie ferrée ces P.N. sont munis du panneau "Sifflez".

Les camions chargés de matières dangereuses doivent marquer l'arrêt avant franchissement de ces P.N.

B. SPECIALLY PROTECTED. Cette catégorie comporte les P.N. où existent des dispositifs signalant l'arrivée des trains, c'est-à-dire :

- P.N. à dispositif oscillant (Wig-Wag). Dispositif sonore et optique oscillant, pratiquement abandonné (annonce automatique ou manuelle).
- P.N. à S.A.L.0 à feux seuls. (Flashing lights).
- P.N. à S.A.L.2 (Automatic gates). 2 demi-barrières d'entrée complètent les "Flashing lights".
- P.N. à barrières manuelles, manoeuvrées par un garde.

Il existe d'autres types de protection : des signaux sonores seuls ou bien une protection du P.N. par des agents du train.

a) **Dispositions communes :** La Croix de Saint-André existe à tous les P.N. (protégés ou non).

La détection des trains est faite par circuits de voie ou pédales électroniques (pas de pédales électro-mécaniques). Il n'y a pas d'enclenchements entre signaux ferroviaires et annonces aux P.N. Il n'existe pas de portillons pour piétons, les barrières interceptent le passage des piétons à l'annonce des trains.

b) **P.N. automatiques :** Les feux rouges des P.N. automatiques sont doublés. Ils comportent chacun une lampe à filament simple de 18 à 36 watts-10 volts, clignotant à 45 éclats/minute. L'alimentation en secours est prévue pour 24 ou 48 heures.

Le réflecteur et l'optique en plastique concentrent les rayons dans un plan horizontal (divergence verticale 15°) et les orientent vers la route (divergence horizontale 20°). Une ouverture est pratiquée sur le côté du boîtier pour permettre une observation éventuelle du comportement des feux par les mécaniciens.

Les barrières automatiques n'interceptent que le côté de la chaussée. Elles comportent des feux rouges sur la lisse sans filet, orientés vers la route.

Le délai d'annonce doit être supérieur à 20 secondes et peut atteindre 35 secondes. La sélection des temps d'annonce est faite sur lignes à vitesse supérieure à 100 milles (160 km/h).

Les P.N. automatiques voisins de gares comportent des dispositifs permettant la réouverture du P.N. pendant le stationnement des trains. Ces dispositifs sont de deux sortes :

- barrières se relevant automatiquement au bout d'un laps de temps déterminé et se refermant sur signal sonore du train ;
- commutateur de fermeture et pédale de confirmation.

Sonneries : elles ne sont pas obligatoires (sauf dans certaines législations d'Etat) mais en principe installées lorsque le P.N. est fréquenté par des piétons. (Le bruit des sonneries provoque de fréquentes réclamations des riverains). S'il s'agit d'un P.N. avec barrières, les sonneries s'arrêtent dès que les barrières sont fermées.

Les quatre demi-barrières, ou les deux demi-barrières allongées n'existent pas, même en zones de stationnement. Par contre, il y a presque toujours une bande continue sur la chaussée interdisant de passer à gauche.

- c) **Dispositions spéciales aux lignes à grande vitesse** (vitesse supérieure à 100 milles). Outre la sélection des temps d'annonce les P.N. de ces lignes comportent toujours des demi-barrières.

Un panneau routier "High speed Train" (Train à grande vitesse) est implanté à distance et à proximité du P.N. dans certains états (Delaware). Dans d'autres états (Maryland) un panneau "stop on red signal" (arrêt au feu rouge) est installé sur le signal automatique, mais cette disposition est en voie d'abandon. Un signal avancé lumineux jaune clignotant est présenté lorsqu'un train est annoncé (Beacon - Flash).

Il n'y a pas de dispositifs de détection d'obstacles sur le P.N.

- d) **P.N. gardés** : les barrières sont oscillantes et manoeuvrées par treuil. Elles ne comportent pas de filets. La sécurité est basée sur un tableau de passage des trains affiché dans la guérite du garde et sur les annonces arrêtées par le garde après la fermeture des barrières (mais avant passage du train).

L'annonce est matérialisée par un voyant constitué par deux lampes blanches à simple filament pour chaque voie et une sonnerie.

Sur Washington-New York (vitesse limite 120 miles) la détection est faite à 2 miles du P.N., soit 1 minute pour les trains les plus rapides (Metroliner).

Les P.N. gardés peuvent être chargés de la manoeuvre de P.N. à distance (4 à 5 P.N. sont admis).

Le coût annuel d'un P.N. gardé en 3 postes est d'environ 120.000 F. Le coût des équipements et des frais annuels d'entretien sont indiqués à la page 41.

3. REPARTITION PAR TYPES D'EQUIPEMENT

3-1 SITUATION ACTUELLE

Afin de faciliter les comparaisons avec la situation en France et compte tenu de la présentation des statistiques américaines, les P.N. ont été regroupés en trois grandes catégories :

a) Les P.N. munis de barrières automatiques ou manoeuvrés manuellement

Les statistiques américaines regroupent ces deux modes d'exploitation en une seule rubrique et ne permettent pas de différencier chacune d'elle. Néanmoins, les P.N. gardés ne représenteraient qu'au maximum 10 % des P.N. munis de barrières. Par exemple, sur le réseau de la Compagnie

Penn Central qui couvre une région particulièrement peuplée les P.N. gardés ne représentent qu'environ 10 % des P.N. munis de barrières.

b) Les P.N. sans barrières, avec dispositifs d'avertissement automatiques

Dans cette catégorie figurent essentiellement les P.N. équipés seulement des feux clignotants rouges. Certaines installations sont complétées par des avertisseurs acoustiques. Une très faible partie (moins de 5 %) est munie uniquement d'avertisseurs acoustiques.

c) Les P.N. sans dispositifs spéciaux de protection

La majorité de ces P.N. sont semblables aux P.N. français munis seulement de la Croix de Saint-André.

| | P.N. avec barrières | | | P.N. sans barrières avec dispositif d'avertissement automatique | | P.N. sans dispositif spécial de protection (Croix de St-André) | | Total |
|------------|---------------------|--------|----|---|----|--|----|---------|
| | Année | Nombre | % | Nombre | % | Nombre | % | |
| ETATS-UNIS | 1968 | 8.592 | 4 | 36.259 | 17 | 167.142 | 79 | 211.993 |
| FRANCE | 1968 | 18.301 | 63 | 15 | | 10.720 | 37 | 29.036 |

La répartition entre les différents types de P.N. est très différente de ce qui existe en France.

En effet, le nombre de P.N. munis de barrières ne représente aux Etats-Unis que 4 % de l'ensemble des P.N. contre 63 % en France. Sur ces 4 %, 10 % environ sont des P.N. gardés soit à peu près 0,4 % de l'ensemble. En France, les P.N. munis de barrières sont en grande majorité gardés. Ces P.N. gardés représentent 86 % des P.N. munis de barrières et 54 % de l'ensemble des P.N. français.

Les P.N. équipés du feu rouge clignotant sont pratiquement inexistantes en France (de l'ordre de 15 unités pour 1968). Or, ceux-ci représentent aux Etats-Unis 17 % du nombre total de P.N.

La grosse majorité des P.N. américains, près de 80 % n'a aucune installation spéciale de protection sinon le signal d'avertissement "Croix de Saint-André". En France, ce type de P.N. représente moins de 40 % des P.N.

Il est intéressant d'examiner à quel niveau de moment (produit de la circulation ferroviaire par la circulation routière en 24 heures) correspondent ces différents types de P.N. et de comparer avec la situation française.

Le tableau suivant a été établi à partir d'une extrapolation de la situation dans cinq Etats américains. Si le résultat n'a pas un caractère rigoureux, il n'en reflète pas moins une physionomie d'ensemble.

(en pourcentage)

| Moment | Total | | Demi-barrières automatiques (S.A.L.2) | | Feux rouges clignotants (S.A.L.0) | | Croix de St-André | |
|----------------|-------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|-------------------|---------------|
| | Etats-Unis (en %) | France (en %) | Etats-Unis (en %) | France (en %) | Etats-Unis (en %) | France (en %) | Etats-Unis (en %) | France (en %) |
| 1 à 1000 | 53 | 68 | 20 | 37 | 11 | 100 | 74 | 98 |
| 1000 à 3000 | 17 | 12 | 22 | 32 | 12 | 0 | 16 | 1 |
| 3000 à 20000 | 18 | 16 | 32 | 27 | 35 | 0 | 8 | 1 |
| 20000 à 40000 | 4 | 2 | 7 | 1,5 | 12 | 0 | 1 | — |
| 40000 à 100000 | 4 | 0,5 | 7 | 1 | 16 | 0 | 1 | — |
| ≥ 100000 | 4 | 1,5 | 12 | 1,5 | 14 | 0 | — | — |
| | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

La répartition moyenne de l'ensemble des P.N. en fonction de l'importance du moment reste assez voisine de la répartition française avec néanmoins un moment légèrement supérieur pour les P.N. américains. 70 % de ceux-ci ont un moment compris entre 1 et 3.000 contre 80 % en France. 12 % ont un moment supérieur à 20.000 contre 4 % en France.

D'autre part, les P.N. à moment inférieur à 1.000 sont plus nombreux en France qu'aux Etats-Unis (53 % contre 68 %).

En ce qui concerne la répartition des différents types d'équipement suivant les classes de moment nous relevons des différences sensibles par rapport à la situation française. Alors qu'en France certains équipements sont réservés à des P.N. de faible moment, il semble que la politique américaine soit plus hardie en ce domaine.

26 % des P.N. à demi-barrières automatiques ont un moment supérieur à 20.000 contre 4 % en France. Il est intéressant de souligner qu'il s'agit exclusivement de P.N. à deux demi-barrières automatiques, le système à 4 demi-barrières n'étant pas utilisé aux Etats-Unis.

En ce qui concerne les feux rouges clignotants 77 % sont utilisés sur des P.N. ayant des moments supérieurs à 3.000 et 42 % pour des moments supérieurs à 20.000. En France, le feu rouge clignotant n'est autorisé que depuis 1968 pour des moments inférieurs à 1.000 (soit $C_j < 800$) et moyennant certaines conditions de visibilité.

26 % des P.N. américains avec "Croix de Saint-André" ont des moments supérieurs à 1.000 contre 2 % en France.

Les différentes photos ci-après représentent quelques cas concrets de trois types de P.N. Ces P.N. sont situés dans les environs de Wilmington (Etat de Delaware).

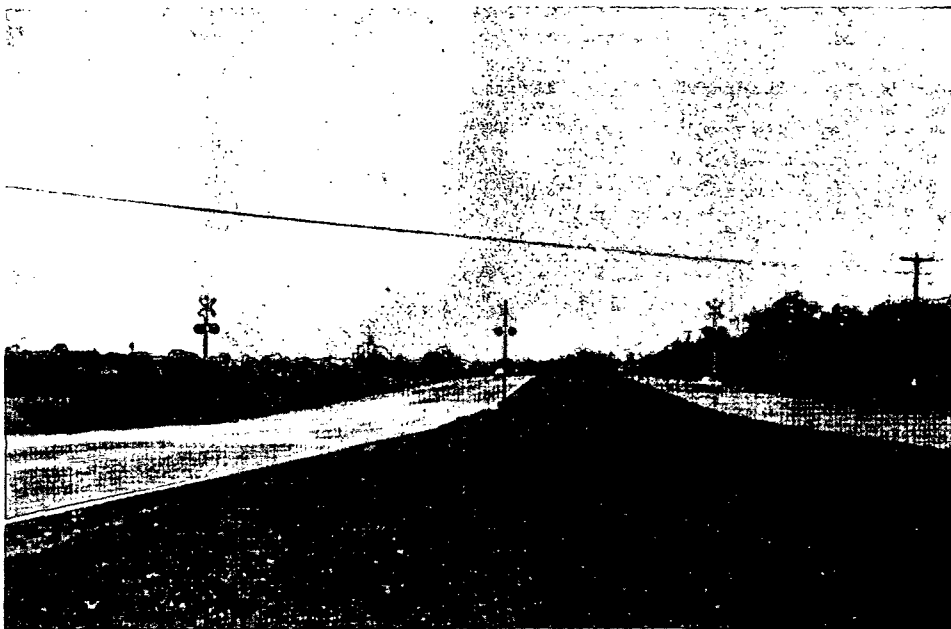
P.N. à feux rouges clignotants



Ce passage à niveau situé dans la banlieue de Wilmington, en zone industrielle connaît une circulation routière de l'ordre de 18.000 véhicules/jour dont un pourcentage important est constitué de poids lourds, la circulation ferroviaire est de 6 trains par jour et la vitesse de 50 km/h.
(moment = 108.000)



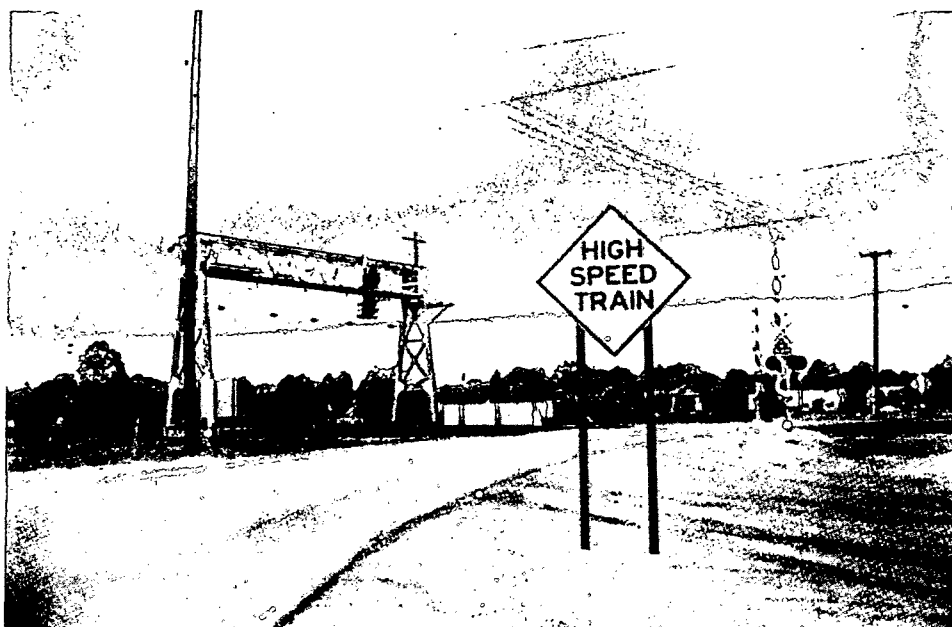
Situé sur une route à 4 voies ce P.N. à feux clignotants, avec îlot séparateur de sens, a une circulation routière de l'ordre de 100.000 véhicules/jour. Sur la ligne à voie unique circulent 2 trains par jour à la vitesse de 50 km/h.
(moment = 200.000)



Ce passage à niveau situé sur une route importante à chaussée séparée connaît une circulation de l'ordre de 30.000 véhicules/jour ; 2 trains y circulent par jour sur une ligne à voie unique à la vitesse de 30-35 km/h.

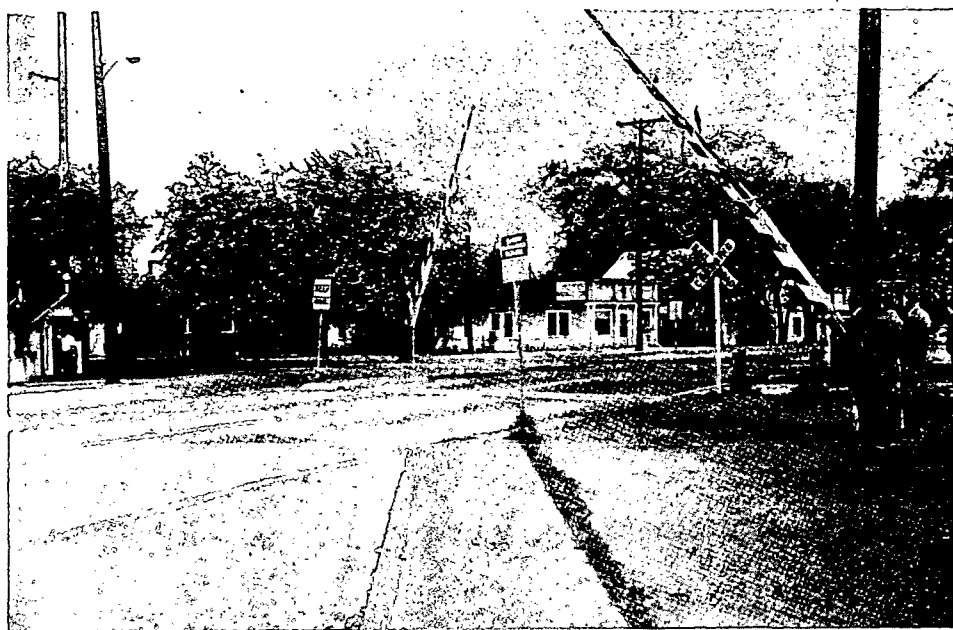
A moyenne distance et dans un sens de circulation un dos d'âne entrave la visibilité des feux. Comme l'indique le cliché ci-dessus la visibilité est inexistante à 5 mètres du rail.

P.N. à 2 demi-barrières automatiques



Ce P.N. situé sur la ligne Washington-New York est une "ligne grande vitesse". Le "Metroliner" y circule et atteint à cet endroit la vitesse de 120 miles (190 km/h). Le panneau avancé (photo du haut) avertit l'utilisateur routier de la présence de "high speed train" (trains à grande vitesse). 94 trains circulent en moyenne sur 4 voies. La circulation routière est de l'ordre de 2.550 véhicules (moment = 240.000).

P.N. gardés



Ce P.N. est également situé sur la ligne Washington-New York a une circulation routière de 12.000 véhicules/jour et une circulation ferroviaire de 100 trains (moment = 1.200.000).

3-2 EVOLUTION DE 1959 A 1968

Le tableau suivant représente l'évolution constatée entre 1959 et 1968 et reflète la politique suivie jusqu'à présent aux U.S.A. en matière d'équipement. (Nous verrons plus loin que l'approche R.C.B. du problème des P.N. aux U.S.A. conduit à proposer des modifications importantes de cette politique).

| | Nombre total de P.N. | | P.N. avec barrières | | P.N. sans barrières avec dispositif d'avertissement automatique | | P.N. dépourvu de protection spéciale (Croix de St-André) | |
|------------|----------------------|-----|---------------------|----|---|----|--|----|
| | | % | | % | | % | | % |
| ETATS-UNIS | | | | | | | | |
| 1959 | 225.394 | 100 | 6.425 | 3 | 33.657 | 15 | 185.312 | 82 |
| 1968 | 211.993 | 100 | 8.592 | 4 | 36.259 | 17 | 167.142 | 79 |
| Evolution | - 5,9 % | | + 34 % | | + 7,7 % | | - 9,8 % | |
| FRANCE | | | | | | | | |
| 1959 | 30.600 | 100 | 18.986 | 62 | - | - | 11.614 | 38 |
| 1968 | 29.036 | 100 | 18.301 | 63 | 15 | - | 10.720 | 37 |
| Evolution | - 5,1 % | | - 3,6 % | | - | | - 7,7 % | |

Durant la période considérée 18.170 P.N. non équipés ont disparu. 70 % sont le fait de suppression de P.N. ou de fermeture de ligne ; 2.600 P.N. ont été équipés en feux rouges clignotants et 2.200 en demi-barrières automatiques d'où une progression de l'ordre de 8 % du nombre de P.N. à feux clignotants et de 34 % des P.N. à demi-barrières automatiques.

En France, par contre, nous assistons à une diminution en valeur absolue de chaque catégorie de P.N. Le phénomène essentiel se situe dans le cadre des P.N. munis de barrières : une diminution de l'ordre de 85 % des P.N. gardés et une augmentation de près de 230 % des P.N. à demi-barrières automatiques.

4. LES ACCIDENTS AUX PASSAGES A NIVEAU

Avant d'examiner les statistiques américaines et de les comparer avec les statistiques françaises il paraît utile, afin de pouvoir mieux interpréter les chiffres d'indiquer la situation relative des Etats-Unis et de la France du point de vue des trafics ferroviaires et routiers aux P.N.

4-1 INTENSITE DES CIRCULATIONS FERROVIAIRES ET ROUTIERES AUX P.N.

Le moment donne une bonne évaluation de l'importance des circulations ferroviaires et routières.

Comme nous l'avons vu précédemment le moment moyen aux P.N. est légèrement plus important aux Etats-Unis.

D'autre part, l'importance du trafic ferroviaire est relativement moins grande aux Etats-Unis qu'en France.

En effet le rapport : $\frac{\text{Train km}}{\text{km de lignes ferroviaires}}$ qui donne une idée de l'importance du

trafic ferroviaire est de 4,3 pour la France contre 1 pour les Etats-Unis.

En conclusion, le trafic routier est bien plus important aux Etats-Unis. Ceci est naturel, le taux de motorisation américain en 1969 est près du double du taux français (0,33 contre 0,22). D'autre part, le parcours moyen annuel par véhicule est plus important aux Etats-Unis : 16.000 km par an contre 10.000 km en France.

4-2 NOMBRE D'ACCIDENTS

4-21 Total des accidents

| | Accidents | | Morts | | Blessés | |
|------------|-----------|-----------------|-------|-----------------|---------|-----------------|
| | Total | Pour 1.000 P.N. | Total | Pour 1.000 P.N. | Total | Pour 1.000 P.N. |
| Etats-Unis | 3.816 | 18 | 1.546 | 7,3 | 3.774 | 17,8 |
| France | 328 | 11,2 | 126 | 4,3 | 73* | 2,5* |

* Uniquement blessés graves

Ramené à 1.000 P.N. le nombre d'accidents (accidents de piétons compris) est plus important aux Etats-Unis. Les conséquences sont sensiblement identiques : 40 morts pour 100 accidents aux Etats-Unis contre 38 morts pour 100 accidents en France.

Si nous enlevons de ces chiffres les accidents de piétons la situation est encore plus favorable pour la France. En effet, le nombre de tués piétons représente en France 53 % des tués aux passages à niveau contre 5 % aux Etats-Unis. L'existence des portillons est en grande partie responsable de ce nombre important de tués piétons en France. En effet, aux Etats-Unis le portillon n'existe pas et le nombre de tués piétons est très faible par rapport à la France.

Total accidents piétons non compris

| | Accidents | | Morts | | Blessés | |
|------------|-----------|-----------------|-------|-----------------|---------|-----------------|
| | Total | Pour 1.000 P.N. | Total | Pour 1.000 P.N. | Total | Pour 1.000 P.N. |
| Etats-Unis | 3.695 | 17,4 | 1.469 | 6,9 | 3.726 | 17,5 |
| France | 232 | 8 | 59 | 2 | 59* | 2* |

* Uniquement blessés graves

Bien que le moment moyen ne soit que légèrement supérieur au moment moyen français, les accidents aux P.N. américains sont nettement plus nombreux qu'en France. Cela montre un niveau de sécurité ou un niveau d'équipement (ou de protection) inférieurs ou moins bons que le niveau français.

4-22 Répartition des accidents suivant le type d'équipement

| | | P.N. munis de barrières | | Feux rouges clignotants | | Croix Saint-André | | Total accidents | |
|--------|-----------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|
| | | Nombre | Pour 1000 PN | Nombre | Pour 1000 PN | Nombre | Pour 1000 PN | Nombre | Pour 1000 PN |
| ETATS | Accidents | 233 | 27 | 1484 | 41 | 2099 | 12,5 | 3816 | 18 |
| | Tués | 66 | 7,7 | 603 | 16,5 | 877 | 5,2 | 1546 | 7,3 |
| FRANCE | Accidents | 89 | 4,8 | — | — | 143 | 13,3 | 232 | 8 |
| | Tués | 34 | 1,9 | — | — | 25 | 2,3 | 59 | 2 |

Les P.N. équipés de feux clignotants rouges ont 2 fois plus de tués que les P.N. munis de barrières et 3 fois plus de tués que les P.N. sans équipement de protection. Cette situation peut s'expliquer en partie par les moments importants existant sur cette catégorie de P.N. : 42 % ont des moments supérieurs à 20.000 contre 26 % pour les P.N. munis de barrières et 2 % pour les P.N. sans dispositif de protection.

Aux Etats-Unis les P.N. munis de barrières ont 5 fois plus d'accidents qu'en France (26 % des P.N. munis de barrières ont un moment de circulation supérieur à 20.000 contre 4 % en France).

Par contre, les P.N. sans dispositif de protection (Croix-de-St-André) ont plus d'accidents en France qu'aux Etats-Unis : 13,3 accidents pour 1.000 P.N. contre 12,5 accidents aux Etats-Unis malgré un moment plus important des P.N. américains : 10 % ont un moment supérieur à 3.000 contre 1 % en France.

Par contre, le nombre de morts est plus important aux Etats-Unis : 5,2 pour 1.000 P.N. contre 2,3 en France.

5. CHOIX ET FINANCEMENT DES EQUIPEMENTS

L'aspect administratif, juridique (et financier d'ailleurs) est caractérisé par une grande diversité due aux législations d'Etats et à la multiplicité des Compagnies ferroviaires.

Les Chemins de fer américains semblent vivre une période de mutation profonde due à la prise en main actuellement opérée par le D.O.T. (Department of Transportation). Cette prise en main comporte une unification des règles techniques et administratives et une recherche d'orientation dans la politique générale des transports ferroviaires aux U.S.A. (comportant en particulier une réhabilitation du trafic voyageurs : projet Railpax). Certaines orientations doivent cependant être soumises au congrès avant application, et il ne peut être préjugé des décisions que celui-ci, fermement attaché à la liberté de décision des Etats, pourra en définitive prendre.

La situation actuelle est donc caractérisée par une grande diversité et une passivité générale des Compagnies ferroviaires en ce qui concerne les traversées rail-route.

5-1 LES DECISIONS D'EQUIPEMENT

Les Compagnies ferroviaires supportent les frais d'exploitation des P.N. et ne prennent de décisions d'équipement, que dans les cas les plus favorables d'amélioration du "bilan pour l'Entreprise". Elles sont donc à l'origine des automatisations simples de P.N. gardés onéreux et sont parvenues à l'heure actuelle à leur quasi-disparition (sauf cas particuliers à solution difficile).

Par contre, toutes les autres décisions d'équipement (construction d'ouvrages d'art), ayant pour but l'amélioration de la sécurité ou la réduction des délais d'attente des usagers routiers, sont prises par des organismes des Etats. Ainsi la répartition des fonds fédéraux est faite par le département des routes de l'Etat (Commission des Routes). Dans presque tous les états il existe une Commission de Service Public, chargée des problèmes du gaz, de l'électricité, des transports en commun, de la sécurité... Les membres en sont nommés ; des représentants du département des routes et du département des Chemins de fer de l'Etat, participent aux travaux de cette Commission. Cette Commission ne commande pas l'emploi des fonds alloués aux P.N., mais sur plainte du public ou après un grave accident, elle peut intervenir pour faire modifier le programme d'amélioration des P.N. établi par la Commission des Routes de l'Etat.

Il n'y a pas de règles fédérales d'équipement, mais des documents de "recommandations" (1) édités par le sous-comité de protection de P.N. de l'Association of American Railroads (A.A.R.). Les dispositifs à employer sont décrits dans le "Manuel de signalisation" édité par l'A.A.R. (1).

Le domaine d'emploi des équipements a été fixé jusqu'à présent en fonction de divers paramètres (vitesse, trafic, visibilité, largeur de chaussée...) et des résultats de nombreuses études statistiques d'indices de sécurité des différents types de P.N.

(1) *Document de recommandations pour la protection des P.N. (A.A.R., 1966).*
Manuel de Signalisation (American Railway Signaling, Principles and Practices 1962).

Les règles sont très variables suivant les Etats : ainsi, l'Illinois fixe la limite d'emploi des P.N. non spécialement protégés à un moment de 2.000, l'Indiana à 3.000, le Delaware à 10.000.

Des règles de visibilité rapprochée et à distance sont étudiées pour autoriser le maintien d'un P.N. sans protection spéciale. Un triangle de visibilité est défini pour permettre à l'automobiliste :

- a) de s'arrêter avant le P.N. si un train survient ;
- b) de franchir le P.N. avant qu'un train ne survienne.

Mais ces règles de visibilité n'ont pas pour l'instant d'application effective.

Les feux clignotants seuls seraient, en général, réservés aux voies uniques à vitesse inférieure à 70 miles (115 km/h).

Ils sont cependant admis sur double voie si les croisements de trains sont peu nombreux.

Les études statistiques de la sécurité des P.N., l'application qui en est faite, ainsi que les nouvelles approches économiques (du type R.C.B.) du problème des P.N. sont examinées aux chapitres II et III.

5-2 LE FINANCEMENT

Le financement des opérations sur traversées rail-route peut être effectué :

- a) à l'aide de fonds fournis par les Compagnies ferroviaires, soit pour financer des opérations améliorant le bilan de l'Entreprise, soit pour participer, dans la limite du bénéfice réalisé, à des opérations provoquées par d'autres communautés ;
- b) à l'aide de fonds d'Etat pour des opérations d'intérêt local déterminées par les Commissions des Routes des Etats et parfois par les Commissions de Service Public ;
- c) à l'aide de fonds fédéraux pour des opérations intéressant les grands itinéraires fédéraux.

Fonds d'Etat : Ils sont déterminés dans chaque Etat pour les opérations relatives à la protection des traversées à niveau et pour les opérations de séparation des niveaux, par des lois d'Etat.

Les règles générales sont :

- pour la protection : participation variant de 0 à 50 % des Compagnies ferroviaires (la participation selon le moment existe également) ;
- pour la séparation des niveaux : le coût est en général, supporté par l'Etat, mais les Compagnies ferroviaires participent en fonction du bénéfice (économies d'investissements et d'exploitation) réalisé (par exemple lors de la suppression d'un P.N. par construction d'un ouvrage d'art voisin).

Il y a pratiquement autant de lois de partage que d'Etats.

Fonds fédéraux : La loi publique n° 85.767 (titre 23) du 27 août 1958 définit les divers systèmes d'aide fédérale (primaire, secondaire et interétats) pour l'entretien du réseau routier.

La règle générale est que 10 % des fonds ainsi définis au maximum, doivent être employés, sur les itinéraires routiers qui en bénéficient, à l'amélioration des traversées rail-route. Lorsqu'il y a bénéfice d'une Compagnie ferroviaire et devant la difficulté d'en déterminer la valeur exacte, celle-ci doit participer à l'opération dans la limite maximum de 10 % suivant la nature de l'opération.

L'application de cette législation paraît être la principale cause du retard actuel constaté dans l'équipement des P.N. En effet, l'Etat fédéral ne peut donner de directives spéciales pour l'emploi de ces fonds, qui font partie d'un budget fédéral routier mis à la disposition des Commissions des Routes des Etats, et en pratique les Etats n'atteignent jamais le maximum de 10 % fixé pour les traversées rail-route. La moyenne se situe autour de 5 % mais les pourcentages varient entre 1 et 9 %). Le total utilisé en 1969 est de 160 millions de dollars sur un budget total des "Highways" de 4.583 millions. Il faut y ajouter des fonds d'état s'élevant à 60 millions sur un total routier (Etat et Local) de 13.487 millions.

Il faut souligner que par suite de la pression de l'opinion publique qui souhaite la suppression des P.N. par la construction d'ouvrages d'art, solution évidemment radicale, la très grande majorité des sommes ci-dessus sont affectées à des ouvrages d'art : sur les 160 millions de dollars fédéraux, 140 ont été consacrés à des ouvrages d'art et 20 seulement à des équipements de type S.A.L.

L'A.A.R. et le D.O.T. souhaiteraient que le Congrès oblige les Etats à consacrer effectivement 10 % des fonds routiers fédéraux à l'amélioration des P.N. et à modifier la répartition actuelle d'ouvrages d'art — équipement en faveur des équipements.

Il est probable que la politique d'avenir des U.S.A. en matière de P.N. s'orientera vers une unification du choix des équipements et des modes de financement. La prise en charge du problème des P.N. par le D.O.T. semble en être un indice.

Sous l'impulsion du D.O.T. un effort considérable de recueil et d'uniformisation des statistiques est d'ailleurs en cours (numérotation des P.N. à l'échelon fédéral, classement des lignes par vitesse...). L'unification autoritaire des équipements et de la signalisation des P.N. payés sur fonds fédéraux est envisagée.

Les efforts du D.O.T. commencent à porter leurs fruits : il semble que, pour la première fois, l'attention des autorités fédérales ait été attirée sur le problème des P.N. et que l'on tende maintenant à accorder aux P.N. la même attention qu'aux problèmes routiers.

Un colloque national sur la sécurité aux P.N. s'est d'ailleurs tenu récemment.

CHAPITRE II

LES ETUDES AMERICAINES D'INDICE DE SECURITE

1. LES FORMULES

Depuis 1941 de nombreuses études statistiques ont été faites aux Etats-Unis pour mesurer le risque présenté par les différents types de passages à niveau. Le nombre élevé des passages à niveau (225.000 en 1969) et l'établissement de relevés annuels détaillés des accidents se prêtent particulièrement bien à de telles analyses statistiques. Mais il faut bien remarquer l'avance prise par les américains en ce domaine : en Europe une seule étude de ce genre a été entreprise en 1965, sous l'égide de l'U.I.C., et encore sur un nombre relativement restreint de P.N.

Un rapport indique onze formules utilisées par divers Etats (voir annexe). Ces formules définissent, en fonction d'un nombre plus ou moins élevé de paramètres, soit le nombre d'accidents attendus dans une période de 5 ans à un P.N. muni d'un certain type d'équipement, soit un indice de risque "hazard index" mesurant le potentiel d'accident du P.N., sans que soit précisée la durée de la période à laquelle se rapporte ce potentiel.

Ces indices s'appliquent moins à la comparaison de deux équipements d'un P.N. particulier ou de deux P.N. donnés pour lesquels certaines conditions locales, non prises en compte dans les formules peuvent conduire à des taux d'accidents inférieurs ou supérieurs à celui de l'indice, mais plutôt à la comparaison de groupes de P.N., pour lesquels ils fournissent des valeurs moyennes acceptables de taux d'accidents.

Les paramètres intervenant le plus souvent dans les formules sont les suivants :

- trafic journalier moyen de la route ;
- trafic journalier moyen du chemin de fer ;
- coefficient de protection du P.N. (dépendant du type d'équipement seulement).

Parfois les trafics de nuit (routier et ferré) interviennent avec un poids plus grand que les trafics de jour, comme dans la formule de l'Oregon.

D'autres facteurs interviennent parfois comme :

- la vitesse des trains ;
- la pente de la route à l'approche du P.N. ;
- angle de la route et de la voie ferrée ;
- le nombre des voies ferrées et le nombre de voies routières ;
- la distance de visibilité.

Un chercheur M. Bezkorovainy a appliqué les formules à 180 P.N. du Lincoln et du Nebraska et a conclu que chacune de ces formules conduisait au même classement des P.N. en fonction de leur potentiel d'accidents ; chacune d'entre elles peut donc être utilisée pour déterminer les priorités d'équipement.

M. Bezkorovainy conclut cependant que la formule qui lui semble traduire le mieux en moyenne le classement des P.N. est celle du New Hampshire, c'est-à-dire la suivante :

$$\text{"Hazard Index"} \text{ H.I.} = V.T. Pf$$

V = trafic journalier routier moyen

T = trafic journalier ferré moyen

Pf = facteur de protection ayant les valeurs suivantes :

| Types d'équipements | Valeurs de Pf |
|------------------------|---------------|
| barrières automatiques | 0,1 |
| feux clignotants seuls | 0,6 |
| Croix de Saint-André | 1 |

Cette formule appelle plusieurs remarques :

- a) elle est très simple d'usage et nous a semblé avoir actuellement la faveur de l'Association of American Railroads (A.A.R.) ;
- b) elle montre clairement la diminution des risques (en moyenne) en fonction de la complication (et du coût) de l'équipement des P.N. ;
- c) elle fait intervenir le moment du P.N. (produit V.T.) avec l'exposant 1, alors que l'étude de l'U.I.C., citée plus haut, établissait une formule faisant intervenir le moment du P.N. avec l'exposant 0,5 seulement.

Formule U.I.C. : $H.I. = J (V.T.)^{1/2}$
 J = facteur de protection

Il y a là une substantielle digergence. Les mesures proposées dans l'étude R.C.B. française du degré de risque des divers P.N. en fonction de leurs équipements et de leurs trafics devront permettre de trancher ou encore de déterminer l'exposant le mieux adapté.

En tout état de cause la formule du New Hampshire est plus favorable à l'équipement des P.N. de moment élevé (barrières automatiques ou séparation des niveaux par ouvrages d'art) que la formule de l'U.I.C.

- d) l'unanimité n'est pas faite aux U.S.A. sur les valeurs relatives du coefficient de protection des divers types d'équipement. Ces valeurs diffèrent également de celles retenues par l'U.I.C.

| Valeurs relatives du coefficient de protection | | | |
|--|-----------------------------|---------------------------|-------------------|
| | Formule du New Hampshire | Formule de M. VOORHEES | Formule U.I.C. |
| Croix de Saint-André | 1 | 1 | 16 |
| Stops | | 0,58 | |
| Feux clignotants seuls | 0,6 | 0,2 à 0,3 | 8 |
| Barrières automatiques | 0,1 | 0,11 | 1 à 2 |

Les barrières apparaissent, toutes choses égales par ailleurs, environ 10 fois plus sûres que les P.N. non protégés ayant une simple Croix de Saint-André ; par contre, l'efficacité des barrières apparaît tantôt deux fois, tantôt trois fois, tantôt six fois (et même parfois pour jusqu'à huit fois dans la formule de l'U.I.C.) plus grande que celle des feux clignotants.

2. L'UTILISATION DES ETUDES DE SECURITE

Nous montrerons sur deux exemples comment les formules donnant les indices de risque sont utilisées dans deux Etats pour la détermination des programmes d'équipement.

2-1 ETAT DE KENTUCKY

Cet Etat utilise pour établir ses programmes d'équipement une étude statistique faite en 1941 par MM. PEABODY et DIMMICK (1) sur 3.600 P.N. situés en zone rurale et répartis dans 29 états. Un accident au moins s'était produit à ces P.N. pendant une période de 5 ans.

L'équation utilisée est la suivante :

$$I = I_u + K$$

$$I_u = 1,28 \frac{H^{0,170} \times T^{0,151}}{p^{0,71}}$$

I = nombre probable d'accidents pendant 5 ans

H = trafic journalier moyen routier

T = trafic journalier moyen ferré

P = coefficient de protection (variable suivant le type d'équipement)

K = paramètre additionnel corrélé à I_u

(1) Accident "Hazard and Grade Crossings" - Public Roads Administration - août 1961 par MM. PEABODY et DIMMICK (voir annexe).

Les courbes donnant I en fonction du type d'équipement et des trafics routiers et ferroviaires sont reproduites en annexe.

Il ne semble pas que cette formule, qui a été très utilisée aux U.S.A., donne des résultats sur lesquels on puisse baser les études françaises.

Il est cependant intéressant de voir l'usage qui en est encore fait actuellement dans l'Etat du Kentucky.

Les 2.235 P.N., situés en zone rurale dans cet Etat, ont été répartis par classes de valeur de I comme le montre le tableau ci-contre. Ce classement est obtenu à partir d'un listing, fourni par un ordinateur, de tous les P.N. ruraux du Kentucky, qui indique :

- la localisation du P.N. ;
- le classement administratif de la route ;
- la largeur de celle-ci et son trafic moyen journalier ;
- le trafic moyen ferroviaire ;
- le nombre de voies sur la ligne de chemin de fer ;
- le nombre de trains de vitesse supérieure à 65 km/h ;
- le type d'équipement du P.N. ;
- l'indice de risque du P.N.

Le classement suivant la valeur de l'indice de risque, permet de mettre en évidence les P.N. ayant un indice très élevé et d'établir ainsi les priorités du programme d'équipement.

Ainsi l'un des P.N. les plus dangereux est équipé simplement d'une Croix de Saint-André, alors que le trafic est de 14.000 véhicules et de deux trains par jour, soit un moment de 28.000 ! Un autre P.N. dangereux est équipé de feux clignotants seulement (S.A.L.O), alors que le trafic est de 11.000 véhicules et de dix trains par jour, soit un moment de 110.000 !

Les indices de risque de ces P.N. atteignent respectivement 8 et 6, alors que 90 % des P.N. ont un indice inférieur à 3.

2-2 ETAT DE DELAWARE

L'Etat du Delaware n'avait en 1969 que 352 P.N. sur lesquels s'étaient produits au cours des cinq dernières années 57 accidents (collisions véhicule-train), entraînant 8 morts, 16 blessés graves et 30 blessés légers.

L'Etat a entrepris en 1969 une étude (1) afin de choisir les P.N. devant être améliorés et le type d'amélioration à entreprendre de façon à tirer le bénéfice maximum des dépenses à engager.

(1) *Inventory, Hazard Ratings and Recommended Improvements for all Rail-Highway grade Crossing in Delaware 1969. Delaware State Highway Department.*

RAILWAY - HIGHWAY GRADE CROSSING HAZARD RATING STUDY

SUMMARY BY HAZARD RATING GROUPS

| SYSTEMS | HAZARD RATING GROUPS | | | | | | | | | | | CROSSINGS RATED 3.0 AND ABOVE | | TOTAL NUMBER CROSSINGS |
|--------------------------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|---------|------------------------------|
| | Less Than 1.0 | 1.0 To 1.99 | 2.0 To 2.99 | 3.0 To 3.99 | 4.0 To 4.99 | 5.0 To 5.99 | 6.0 To 6.99 | 7.0 To 7.99 | 8.0 To 8.99 | 9.0 To 9.99 | 10.0 & Over | Number | Percent | |
| | Federal - aid Primary | | | | | | | | | | | | | |
| Rural (State Maintained Only) | - | 35 | 40 | 19 | 11 | 4 | 5 | 2 | - | - | - | 41 | 35.3 | 116 |
| Urban (State Maintained Only) | - | 5 | 8 | 10 | 6 | 7 | 7 | 4 | 2 | 2 | 1 | 39 | 75.0 | 52 |
| TOTAL | - | 40 | 48 | 29 | 17 | 11 | 12 | 6 | 2 | 2 | 1 | 80 | 47.6 | 168 |
| Federal - aid Secondary | | | | | | | | | | | | | | |
| Rural (State Maintained Only) | 10 | 260 | 139 | 40 | 8 | 2 | 1 | 1 | - | - | - | 52 | 11.3 | 461 |
| Urban (State Maintained Only) | - | 8 | 14 | 10 | 6 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | - | 23 | 51.1 | 45 |
| Local (Non - State Maintained) | 8 | 18 | 8 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | 3 | 8.1 | 37 |
| TOTAL | 18 | 286 | 161 | 52 | 15 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | - | 78 | 14.4 | 543 |
| Non - Federal - aid | | | | | | | | | | | | | | |
| Rural (State Maintained Only) | 16 | 143 | 44 | 15 | 6 | 4 | - | - | - | - | - | 25 | 11.0 | 228 |
| Urban (State Maintained Only) | 1 | 7 | 15 | 6 | 10 | 3 | 3 | - | 3 | 1 | 3 | 29 | 55.8 | 52 |
| Local (Non - State Maintained) | 398 | 712 | 97 | 19 | 8 | 4 | 4 | 1 | 1 | - | - | 37 | 3.0 | 1244 |
| TOTAL | 415 | 862 | 156 | 40 | 24 | 11 | 7 | 1 | 4 | 1 | 3 | 91 | 6.0 | 1524 |
| FINAL TOTAL | 433 | 1188 | 365 | 121 | 56 | 25 | 22 | 10 | 7 | 4 | 4 | 249 | 11.1 | 2235 |

Les questions posées étaient les suivantes :

- combien y-a-t-il de P.N. de chaque type dans l'Etat ?
- quel est le niveau de risque relatif de chacun d'eux ?
- sur quelles bases se fonder pour recommander un niveau de protection supérieur ?
- à quels P.N. et selon quelle priorité faut-il faire des améliorations ?
- quelle est la dépense totale nécessaire ?
- quelle amélioration sur la sécurité aux P.N. peut-on attendre ?

Pour cette étude tous les P.N. ont été inventoriés et examinés pour déterminer les besoins d'amélioration.

Sur les 352 P.N., le département des Routes de l'Etat a la responsabilité de 290 d'entre eux, les municipalités de 54, et des personnes ou entreprises privées de 8.

La répartition par types d'équipement est la suivante :

| | |
|--------------------------|-----|
| - barrières automatiques | 34 |
| - feux clignotants seuls | 75 |
| - croix de Saint-André | 180 |
| - aucune protection | 63 |

| | |
|-------|-----|
| Total | 352 |
|-------|-----|

Pour déterminer l'indice de risque des divers P.N. la formule du New Hampshire, citée plus haut, a été utilisée. Les critères suivants de recommandation des équipements ont été déduits de la comparaison du coût des équipements avec les gains valorisés de sécurité :

Critères pour l'équipement des P.N.

| Equipement existant | Si le moment est plus grand que : | Coefficient de protection | Si l'indice de risque est plus grand que : | Equipement recommandé |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|-----------------------|
| Croix de Saint-André | 10.000 | (1) | 10.000 | S.A.L.0 |
| | 17.000 | (1) | 17.000 | S.A.L.2 |
| | 200.000 | (1) | 200.000 | ouvrages d'art |
| Feux clignotants seuls (S.A.L.0) | 17.000 | (0,6) | 10.000 | S.A.L.2 |
| | 200.000 | (0,6) | 120.000 | ouvrages d'art |
| Barrières automatiques (S.A.L.2) | 200.000 | (0,1) | 20.000 | ouvrages d'art |

On ne peut manquer d'être frappé à la lecture de ce tableau par le très large domaine d'emploi recommandé pour la Croix de Saint-André seule (sur des P.N. ayant jusqu'à un moment de 10.000!) et des feux clignotants seuls (S.A.L.0 sur des P.N. dont les moments sont compris entre 10.000 et 17.000). Rappelons qu'en France ces deux types d'équipement ne sont, d'après la réglementation de 1967, utilisables que sur des P.N. dont le moment est inférieur à 1.000 (soit $C_j < 800$) et encore si certaines autres conditions restrictives sont satisfaites.

Certes, du fait de la faiblesse des crédits affectés jusqu'à présent aux P.N., les P.N. américains sont nettement moins équipés actuellement, toutes choses égales par ailleurs, que les P.N. français ; mais la faiblesse des crédits n'explique pas tout, car, comme nous le verrons plus loin, l'optimum économique, recherché dans les études de P.P.B.S., préconise des domaines d'emploi encore plus étendus pour des équipements très simples.

Le tableau ci-après montre comment se situent actuellement les P.N. par rapport à ces critères, et de déterminer aisément les besoins d'équipement qui peuvent se résumer comme suit :

Besoins d'équipement

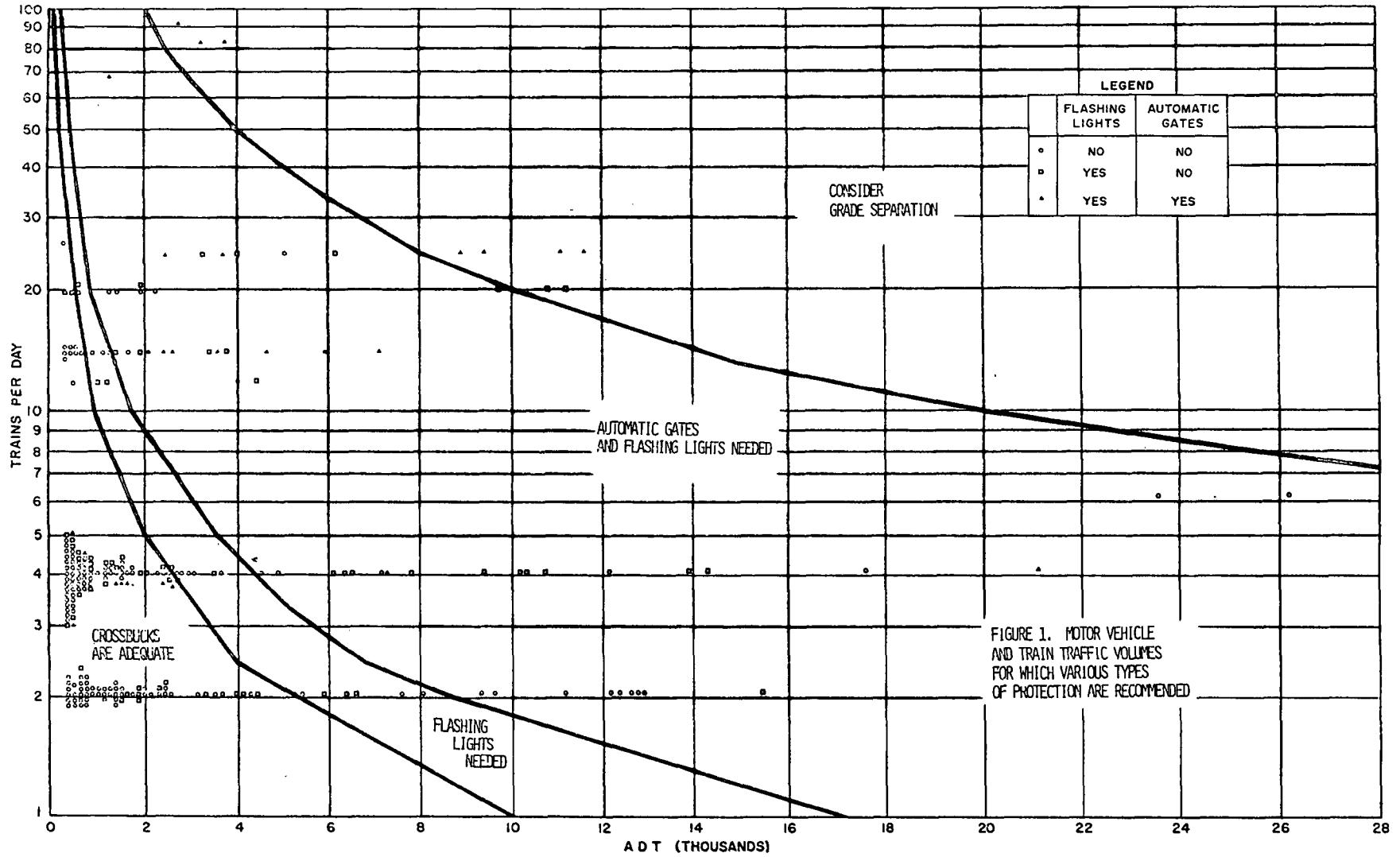
| Equipement existant | Nombre de P.N. | Equipement existant suffisant | Besoins d'équipement | | | |
|------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------|---------|-------------------|
| | | | Croix de St-André | S.A.L.0 | S.A.L.2 | Ouvrages d'art |
| S.A.L.2 | 34 | 27 | | | | 7 |
| S.A.L.0 | 75 | 51 | | | 22 | 2 |
| Croix de St-André | 180 | 159 | | 21 | 14 | |
| Rien | 63 | | 63 | 10 | 8 | |
| Total | 352 | 237 | | | | |

En plus de l'installation à 63 P.N. de Croix de Saint-André, il faut équiper 53 P.N. de S.A.L.0 ou de S.A.L.2 et construire 9 ouvrages d'art.

L'étude recommande d'affecter une somme de 4 millions de dollars (soit 22 M.F.) aux améliorations des P.N. du Delaware (en dehors du coût des 9 ouvrages d'art).

La moitié de cette somme serait consacrée aux équipements cités ci-dessus ; l'autre moitié serait affectée à des améliorations de moindre importance, telles que : rélectorisation des barrières, réalignement des routes, marquage de la chaussée, amélioration de la visibilité, etc.

Signalons enfin qu'un listing (extraits de ce listing ci-après) établi par ordinateur indique notamment pour chaque P.N., sa localisation, son numéro d'identification, les trafics moyens journaliers sur route et sur fer, l'équipement existant, l'indice de risque, l'équipement souhaité (d'après les critères décrits ci-dessus) et les améliorations locales de moindre importance dont il pourrait faire l'objet.



Ce listing et les résumés qui en sont faits constituent des outils de travail fort pratiques pour les ingénieurs chargés des P.N. pour établir notamment les priorités d'équipement.

Remarque : Dans les Etats du Kentucky et du Delaware seuls les coûts des améliorations aux P.N. et les gains à attendre sur le plan de la sécurité interviennent dans l'élaboration des programmes d'équipement. La comparaison des coûts et de ces avantages est d'ailleurs faite de façon sommaire. Les avantages apportés à la fluidité de la circulation routière (réduction des temps d'attente des usagers routiers, des coûts d'usage des véhicules) ne sont pas pris en compte.

C'est pour combler ces lacunes que des études, dans l'esprit du P.P.B.S. ou de la R.C.B. ont été entreprises récemment.

RECOMMENDATIONS

At crossings where the hazard index exceeds 20,000 even with the presence of flashing lights and automatic gates, the construction of a grade separation should be considered. At these crossings in addition to the danger of accidents, the traffic delays make the elimination of the crossing warranted. It may not be possible to construct grade separations at all of the crossings. Nevertheless, this is the recommended priority for further study.

TABLE 5
LOCATIONS WHERE GRADE SEPARATIONS SHOULD BE CONSIDERED

| PRIORITY | MAINT. ROAD NO. | ROUTE NO. OR ROAD NAME | R.R. CO. | EXISTING PROTECT. | 1967 ADT | TRAINS PER DAY | HAZARD INDEX |
|----------|-----------------------|---------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| 1 | NC 355 | Harmony Road | P-C | Auto. Gates | 3,800 | 84 | 31,920 |
| 2 | NC 333 | Del. 141, N. of GM Boxwood Road Plant | B&O | Auto. Gates | 11,500 | 26 | 29,900 |
| 3 | NC 6 | Del. 41, S. of Price's Corner | B&O | Auto. Gates | 11,000 | 26 | 28,600 |
| 4 | NC 352 | Ruthby Road | P-C | Auto. Gates | 3,060 | 84 | 25,700 |
| 5 | NC 356 | S. Chapel St., Newark | P-C | Auto. Gates | 2,590 | 94 | 24,345 |
| 6 | NC 41 | Del. 273, W. Main St., Newark | B&O | Auto. Gates | 9,300 | 26 | 24,180 |
| 7 | NC 27 | DuPont Road, Elsmere | B&O | Auto. Gates | 8,940 | 26 | 23,243 |
| 8 | NC 19 | Del. 9, New Castle Avenue, Wilm. | P-C | Flash. Lts. | 11,300 | 20 | 135,600 |
| 9 | NC 19 | Del. 9, Wilm. Rd., New Castle | P-C | Flash Lts. | 10,400 | 20 | 124,800 |

RECOMMENDATIONS

If after installing flashing lights, the Hazard Index still exceeds 10,000, automatic gates are recommended. Of the 44 crossings where gates are needed, 14 now have signs only and 8 have no protection at all.

TABLE 6
RECOMMENDED INSTALLATION OF AUTOMATIC GATES

| PRIORITY | MAINT. ROAD NC. | ROUTE NO. OR ROAD NAME | R.R. CO. | EXISTING PROTECT. | 1967 ADT | TRAINS PER DAY | HAZARD INDEX |
|----------|-----------------------|--------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| 1 | NC 19 | Del. 9, New Castle Ave., Wilm. | P-C | Flash. Lts. | 11,300 | 20 | 135,600 |
| 2 | NC 19 | Del. 9, Wilm. Rd., New Castle | P-C | Flash. Lts. | 10,400 | 20 | 124,800 |
| 3 | NC 55 | Del. 273, Chestnut St., New Castle | P-C | Flash. Lts. | 9,800 | 20 | 117,600 |
| 4 | NC 24 | U.S. 13, Market St., Wilmington | P-C | Crossbucks | 26,400 | 6 | 158,400 |
| 5 | NC 212 | Silverside Road | B&O | Flash. Lts. | 6,000 | 26 | 93,600 |
| 6 | NC 50 | U.S. 13A, Northeast Blvd., Wilm. | P-C | Nothing | 23,500 | 6 | 141,000 |
| 7 | NC 330 | Greenbank Road | B&O | Crossbucks | 4,840 | 26 | 125,840 |
| 8 | NC 355 | Harmony Road | B&O | Flash. Lts. | 3,800 | 26 | 59,280 |
| 9 | NC 352 | Ruthby Road | B&O | Flash. Lts. | 3,060 | 26 | 47,735 |
| 10 | NC 57 | S. Market St., Wilm. | READ | Nothing | 17,400 | 4 | 69,600 |
| 11 | NC 32 | U.S. 40, East of Glasgow | P-C | Flash. Lts. | 14,354 | 4 | 34,450 |
| 12 | NC 9 | Del. 52, Greenville | READ | Flash. Lts. | 13,600 | 4 | 32,640 |
| 13 | NC 5 | Del. 7, Bear | P-C | Flash. Lts. | 4,200 | 12 | 30,240 |
| 14 | NC 39 | Del. 896, North of Middletown | P-C | Flash. Lts. | 3,530 | 14 | 29,650 |
| 15 | NC 29 | U.S. 13, S. Walnut St., Wilm. | READ | Nothing | 12,000 | 4 | 48,000 |
| 16 | NC 28 | U.S. 13A, Heald St., Wilm. | READ | Crossbucks | 11,800 | 4 | 47,200 |
| 17 | K 73 | North St., Dover | P-C | Flash. Lts. | 3,200 | 14 | 26,880 |
| 18 | S 18 | Del. 18, East Market St., Georgetown | P-C | Flash. Lts. | 10,100 | 4 | 24,240 |
| 19 | NC 366 | Chestnut Hill Road | P-C | Flash. Lts. | 9,980 | 4 | 23,950 |
| 20 | NC 372 | Collins Park | P-C | Crossbucks | 1,960 | 20 | 39,200 |
| 21 | NC 237 | Lancaster Pike, Silverbrook | READ | Flash. Lt. | 9,340 | 4 | 22,415 |
| 22 | NC 28A | Christiana Ave., Wilm. | P-C | Crossbucks | 1,670 | 20 | 33,400 |
| 23 | NC 28A | Christiana Ave., Wilm. | P-C | Flash. Lts. | 1,670 | 20 | 20,040 |

RECOMMENDATIONS - Table 6 (Con't)

| PRIORITY | MAINT. ROAD NO. | ROUTE NO. OR ROAD NAME | R.R. CO. | EXISTING PROTECT. | 1967 ADT | TRAINS PER DAY | HAZARD INDEX |
|----------|-----------------------|---------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| 24 | K 6 | U.S. 13, S. of Harrington | P-C | Flash. Lts. | 7,700 | 4 | 18,480 |
| 25 | NC 34 | U.S. 13, N. of Wrangle Hill | P-C | Flash. Lts. | 15,300 | 2 | 18,360 |
| 26 | S 15 | Del. 14A, W. of Lewes-Rehoboth Canal | P-C | Crossbucks | 6,900 | 4 | 27,600 |
| 27 | NC 19 | Del. 9, N.C. Ave., at Eden Park Gard. | READ | Flash. Lts. | 10,700 | 4 | 25,680 |
| 28 | NC 11 | Del. 2, Delaware Ave., Newark | P-C | Crossbucks | 12,650 | 2 | 25,300 |
| 29 | NC 11 | Del. 2, Main St., Newark | P-C | Nothing | 12,650 | 2 | 25,300 |
| 30 | NC 309 | E. Cleveland Ave., Newark | P-C | Crossbucks | 12,600 | 2 | 25,200 |
| 31 | NC 359 | Terminal Ave., Wilm. | P-C | Nothing | 1,240 | 20 | 24,800 |
| 32 | S 17 | Del. 404, Market St., Bridgeville | P-C | Flash. Lts. | 6,130 | 4 | 14,710 |
| 33 | NC 225 | Del. 100, Montchanin | READ | Flash. Lts. | 6,100 | 4 | 14,640 |
| 34 | NC 29 | U.S. 13A, Walnut St., Wilm. | P-C | Nothing | 12,000 | 2 | 24,000 |
| 35 | NC 29 | U.S. 13A, Walnut St., Wilm. | P-C | Nothing | 12,000 | 2 | 24,000 |
| 36 | K 8 | U.S. 113, duPont Blvd., Milford | P-C | Flash. Lts. | 5,790 | 4 | 13,895 |
| 37 | NC 6 | Del. 41, S. of Price's Corner | B&O | Crossbucks | 11,000 | 2 | 22,000 |
| 38 | K 70 | Walker Road, Dover | P-C | Crossbucks | 1,400 | 14 | 19,600 |
| 39 | NC 370 | Pidgeon Point Road | P-C | Nothing | 970 | 20 | 19,400 |
| 40 | NC 356 | Wrangle Hill Road | P-C | Flash. Lts. | 1,360 | 14 | 11,423 |
| 41 | NC 237 | Del. 41, E. of Hockessin | B&O | Crossbucks | 9,500 | 2 | 19,000 |
| 42 | NC 378 | Del. 9, River Road | P-C | Flash. Lts. | 1,570 | 12 | 11,300 |
| 43 | NC 270 | Faulkland Road | READ | Crossbucks | 4,700 | 4 | 18,800 |
| 44 | NC 21 | Del. 41, Newport-Gap Pike | B&O | Crossbucks | 9,180 | 2 | 18,360 |
| 45 | S 18 | Del. 18, Savannah Road, Lewes | P-C | Crossbucks | 4,340 | 4 | 17,360 |
| 46 | NC 35 | U.S. 301, Kirkwood | P-C | Flash. Lts. | 1,200 | 14 | 10,080 |

RECOMMENDATIONS

Flashing lights are recommended at all crossings with a Hazard Index in excess of 10,000.

TABLE 7
RECOMMENDED INSTALLATION OF FLASHING LIGHTS

| PRIORITY | MAINT. ROAD NO. | ROUTE NO. OR ROAD NAME | R.R. CO. | EXISTING PROTECT. | 1967 ADT | TRAINS PER DAY | HAZARD INDEX |
|----------|-----------------------|--------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|-------------------|-----------------|
| 1 | NC 24 | U.S. 13, North Market St., Wilm. | P-C | Crossbucks | 26,400 | 6 | 158,400 |
| 2 | NC 50 | U.S. 13A, Northeast Blvd., Wilm. | P-C | Nothing | 23,500 | 6 | 141,000 |
| 3 | NC 330 | Greenbank Road | B&O | Crossbucks | 4,840 | 26 | 125,840 |
| 4 | NC 57 | U.S. 13, S. Market St., Wilm. | READ | Nothing | 17,400 | 4 | 69,600 |
| 5 | NC 29 | U.S. 13, S. Walnut St., Wilm. | READ | Nothing | 12,000 | 4 | 48,000 |
| 6 | NC 28 | U.S. 13A, Heald St., Wilm. | READ | Crossbucks | 11,800 | 4 | 47,200 |
| 7 | NC 372 | Collins Park | P-C | Crossbucks | 1,960 | 20 | 39,200 |
| 8 | NC 28A | Christiana Ave., Wilm. | P-C | Crossbucks | 1,670 | 20 | 33,400 |
| 9 | S 15 | Del. 14A, W. of Lewes-Rehoboth Canal | P-C | Crossbucks | 6,900 | 4 | 27,600 |
| 10 | NC 11 | Del. 2, Delaware Ave., Newark | P-C | Crossbucks | 12,650 | 2 | 25,300 |
| 11 | NC 11 | Del. 2, Main St., Newark | P-C | Nothing | 12,650 | 2 | 25,300 |
| 12 | NC 309 | E. Cleveland Ave., Newark | P-C | Crossbucks | 12,600 | 2 | 25,200 |
| 13 | NC 359 | Terminal Ave., Wilm. | P-C | Nothing | 1,240 | 20 | 24,800 |
| 14 | NC 29 | U.S. 13A, Walnut St., Wilm. | P-C | Nothing | 12,000 | 2 | 24,000 |
| 15 | NC 29 | U.S. 13A, Walnut St., Wilmington | P-C | Nothing | 12,000 | 2 | 24,000 |
| 16 | NC 6 | Del. 41, S. of Prices Corner | B&O | Crossbucks | 11,000 | 2 | 22,000 |
| 17 | K 70 | Walker Rd., Dover | P-C | Crossbucks | 1,400 | 14 | 19,600 |
| 18 | NC 370 | Pidgeon Point Road | P-C | Nothing | 970 | 20 | 19,400 |
| 19 | NC 237 | Del. 41, E. of Hockessin | B&O | Crossbucks | 9,500 | 2 | 19,000 |
| 20 | NC 270 | Faulkland Road | READ | Crossbucks | 4,700 | 4 | 18,800 |
| 21 | NC 21 | Del. 41, Newport-Gap Pike | B&O | Crossbucks | 9,180 | 2 | 18,360 |
| 22 | S 18 | Del. 18, Savannah Rd., Lewes | P-C | Crossbucks | 4,340 | 4 | 17,360 |
| 23 | NC 13 | Del. 72, N. Chapel St., Newark | P-C | Nothing | 7,900 | 2 | 15,800 |
| 24 | NC 12 | Old Capitol Trail | B&O | Crossbucks | 7,400 | 2 | 14,800 |
| 25 | K 153 | S. of Cheswold | P-C | Crossbucks | 1,000 | 14 | 14,000 |
| 26 | S 268 | Del. 18, Kings Highway Lewes | P-C | Crossbucks | 3,300 | 4 | 13,200 |
| 27 | K 99 | North of Dover | P-C | Crossbucks | 880 | 14 | 12,300 |
| 28 | S 18 | Del. 18, Cool Spring | P-C | Crossbucks | 2,670 | 4 | 10,680 |
| 29 | NC 356 | Chapel St., Newark | P-C | Crossbucks | 2,590 | 4 | 10,360 |
| 30 | NC 356 | Chapel St., Newark | P-C | Nothing | 2,590 | 4 | 10,360 |
| 31 | NC 15 | Mt. Pleasant | P-C | Crossbucks | 720 | 14 | 10,080 |

DELAWARE RAILROAD GRADE CROSSINGS INDEXED BY MAINT. ROAD NUMBER

NC- 7

| ROAD NO | MILE-AGE | RR CO | ***** NAME OF CROSSING ***** | * TYPE OF * PROTECTION* | HAZARD RATING | NUMBER ACC KIL | INJURY MAJ MIN | ***** RECOMMENDED IMPROVEMENT ***** |
|---------|----------|-------|------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|----------------|---|
| | | | | | | | | ELIM VEGETATION ALONG RR RW |
| NC 259 | 3.23 | B&O | SOUTH OF MT. CUBA | CROSSBUCKS | 1140 | 0 0 | 0 0 | RECONST 24 FT WIDE ACROSS TRACKS ELIM VEGETATION ALONG RR RW |
| NC 261 | 0.46 | B&O | MT. CUBA | CROSSBUCKS | 632 | 0 0 | 0 0 | RECONST 24 FT WIDE ACROSS TRACKS IMPROVE VISIBILITY OF SIGNALS |
| NC 261 | 2.55 | B&O | DEL 82 NW OF ASHLAND | CROSSBUCKS | 1300 | 0 0 | 0 0 | RELOCATE ADVANCE WARNING SIGNS RECONST 24 FT WIDE ACROSS TRACKS COR VERT ALIGN OF ROADWAY AT X ELIM VEGETATION ALONG RR RW |
| NC 261 | 2.85 | B&O | DEL 82 NW OF ASHLAND | CROSSBUCKS | 1300 | 0 0 | 0 0 | RECONST 24 FT WIDE ACROSS TRACKS CLEAR TREES & BANKS ALONG RR |
| NC 270 | 0.74 | B&O | FAULKLAND ROAD | NOTHING | 4660 | 0 0 | 0 0 | INSTALL FLASHING LIGHTS RECONST 24 FT WIDE ACROSS TRACKS IMPROVE VISIBILITY OF SIGNALS |
| NC 270 | 2.99 | READ | FAULKLAND ROAD | CROSSBUCKS | 18800 | 0 0 | 0 0 | INSTALL AUTOMATIC GATES INSTALL FLASHING LIGHTS PROV SIDEWALKS ON APPRS & AT X CLEAR TREES & BANKS ALONG RR |
| NC 282 | 5.42 | B&O | HOCKESSIN | CROSSBUCKS | 1660 | 0 0 | 0 0 | REPAIR PAVEMENT ACROSS TRACKS PATCH SHOULDERS REPAIR SIDEWALKS AT CROSSING |
| NC 300 | 0.38 | B&O | HOCKESSIN | CROSSBUCKS | 2720 | 0 0 | 0 0 | REPAIR PAVEMENT ACROSS TRACKS |
| NC 309 | 0.39 | P-C | E. CLEVELAND AVE., NEWARK | CROSSBUCKS | 25200 | 0 0 | 0 0 | INSTALL AUTOMATIC GATES INSTALL FLASHING LIGHTS RELOCATE ADVANCE WARNING SIGNS REPAIR CROSSBUCKS INC LENGTH OF NO PASSING ZONES |
| NC 311 | 0.11 | B&O | NORTH COLLEGE AVE., NEWARK | AUTO. GATES | 8891 | 0 0 | 0 0 | IMPROVE VISIBILITY OF CROSSING |

CHAPITRE III

L'APPROCHE DU PROBLEME DES PASSAGES A NIVEAU SELON LES METHODES DU P.P.B.S. (ou R.C.B.) AUX ETATS-UNIS

La Federal Railroad Administration (U.S. Department of Transportation) a confié en 1969 une étude (1) pour la définition d'un programme d'amélioration des P.N. s'étendant sur la période 1970-1975 à un bureau privé (M. Alan VOORHEES).

La préface indique que compte tenu des sommes importantes dépensées chaque année pour l'amélioration de la sécurité aux P.N. l'administration ressent le besoin d'une approche plus systématique et mieux définie du "problème des passages à niveau" ; que cette étude constitue le premier essai systématique pour obtenir une telle approche ; qu'elle constitue un effort très valable, mais qu'elle ne représente pas nécessairement la politique ni le programme officiels de l'Administration Fédérale des Chemins de Fer.

L'étude est ainsi entreprise dans l'esprit de la R.C.B. ; malgré les réserves faites, l'Administration Fédérale nous a indiqué que si les suggestions émises dans l'étude étaient retenues, de très grands progrès seraient obtenus dans le domaine des P.N.

La partie la plus intéressante de l'étude concerne les calculs économiques de bilans, coût, efficacité, permettant de définir l'équipement optimum des P.N.

L'étude est effectuée sur un échantillon de 15.000 P.N. à partir des inventaires dressés par cinq Etats (Minnesota, Maryland, Oregon, Tennessee, Wyoming). Les résultats en sont extrapolés à l'ensemble des 225.000 P.N. des Etats-Unis.

Les P.N. sont classés en cinq types d'équipement :

- Croix de Saint-André, seule ;
- Signal STOP ;
- S.A.L.0 (sans demi-barrières) ou dispositifs équivalents : par exemple Wig-Wag ;
- S.A.L.2 ou S.A.L.4 ;
- Autres dispositifs.

Ils sont également classés par types de localisation (zone urbaine ou zone rurale) et par classe de trafic routier et de trafic ferroviaire.

(1) F.R.A. R.P. 70-2 octobre 1969 "A program definition study for rail-highway grade crossing improvement"
Alan M. VOORHEES and associates, Inc.

Les classes de trafic sont les suivantes :

| Trafic routier (nombre de véhicules par jour) | | |
|---|-----------------------------|-------|
| Classe | Trafic moyen dans la classe | |
| 1 | 0 - 500 | 137 |
| 2 | 500 - 1000 | 699 |
| 3 | 1000 - 5000 | 2006 |
| 4 | 5000 - 10000 | 6906 |
| 5 | 10000 - 20000 | 13477 |
| 6 | plus de 20.000 | 25289 |

| Trafic ferroviaire (nombre de trains par jour) | | |
|--|------------|-----|
| 1 | 0 - 2 | 1 |
| 2 | 3 - 5 | 4 |
| 3 | 6 - 10 | 7 |
| 4 | 11 - 20 | 16 |
| 5 | 21 - 40 | 28 |
| 6 | plus de 40 | 132 |

Pour chaque type d'équipement existant, en zone rurale, comme en zone urbaine, et pour chaque case de la matrice trafic routier-traffic ferroviaire, l'étude définit l'équipement optimum.

1. LA METHODE

La méthode utilisée est dans son principe identique à celle développée en France dans l'étude de R.C.B. des P.N.

Pour chaque classe de P.N. (définie par le type d'équipement existant, la nature de la localisation, la classe de trafic routier, la classe de trafic ferroviaire) on détermine le type d'équipement qui maximise le bénéfice actualisé sur une période de 50 ans avec un taux d'actualisation pris égal à 10 %.

Les coûts concernent les coûts d'installation de nouveaux équipements, les coûts de renouvellement de ces équipements à la fin de leur durée de vie, et les coûts annuels d'entretien.

Les avantages (positifs ou négatifs) concernent la réduction valorisée du nombre annuel des accidents, la réduction valorisée des pertes de temps des usagers routiers ainsi que la diminution des coûts de fonctionnement de leurs véhicules.

La réduction de la gêne causée aux trains par l'existence des P.N. n'a pu être prise en compte faute de données suffisantes.

Les coûts annuels de gardiennage n'interviennent pas, les P.N. gardés étant très peu nombreux aux U.S.A. (environ 1.000 P.N. seulement).

2. LES VALEURS PRISES EN COMPTE DANS LES CALCULS

Coût d'équipement et d'entretien (en francs : 1 dollar = 5,5 F.F.)

| | Coût d'équipement initial | Durée de vie (année) | Coût annuel (1) |
|--|---------------------------|----------------------|-----------------|
| Croix de Saint-André | 825 | 7 | 0 |
| Stop | 275 | 7 | 0 |
| S.A.L.0 | 59.000 | 30 | 5.000 |
| S.A.L.2 après S.A.L.0 (coût supplémentaire) | 109.000 | 30 | 7.000 |
| S.A.L.2 | 133.000 | 30 | 7.000 |
| Ouvrages d'art (4 voies) | 4.800.000 | 50 | ? |
| Urbain | | | ? |
| Rural | 2.600.000 | | ? |

Valeur du tué et du blessé (2)

La valeur du tué tient compte du pourcentage d'hommes et de femmes impliqués dans les accidents corporels aux P.N.

- Valeur du tué : 530.000 F
- Valeur du blessé : 4.500 F
- Valeur des dégâts matériels : 3.000 F

(1) Les coûts annuels ne comprennent pas un coût de 660 F pour l'entretien de la chaussée à la traversée du P.N.

(2) Les valeurs prises en compte placent la sécurité aux P.N. sur le même pied que les autres programmes destinés à prolonger la vie humaine aux U.S.A.

D'après les données recueillies dans l'Illinois, chaque accident impliquant une collision avec un train entraîne 0,2 tué, 0,6 blessé et 1 dommage matériel. Ce coût moyen de l'accident avec collision train-véhicule s'établit ainsi à 110.000 F. D'après les mêmes sources, un accident sans collision avec train entraîne en moyenne 0,01 tué, 0,2 blessé et 1 dommage matériel : le coût d'un tel accident est ainsi pris égal à 9.000 F.

Quant aux fréquences d'accidents avec ou sans collision de trains, par type de P.N. et par classes de trafic routier et ferroviaire, elles sont déduites d'une étude antérieure de M. VOORHEES (1), qui, après quelques corrections, exprime à peu près, l'opinion officielle du U.D. Department of Transportation sur la sécurité des divers types de P.N. (le rapport corrigé sera adressé à la S.N.C.F. et au Ministère des Transports).

● Valeur du temps

- automobile 8,6 F/heure
(compte tenu d'une occupation moyenne de 1,56)
- camion 34 F/heure

Les proportions camions-automobiles ainsi que les valeurs du temps pour le véhicule "moyen" sont prises égales à :

| | Proportion camion-automobile | Valeur du temps |
|----------------|---------------------------------|--------------------|
| - zone urbaine | 85 - 15 | 12,3 F |
| - zone rurale | 77 - 23 | 14,3 F |

Les coûts de fonctionnement des véhicules sont tirés d'un rapport de Robley Winfrey "Motor vehicle Running Costs for Highway Economy Studies" de novembre 1963.

A la traversée d'un P.N. et si aucun train ne se présente, le ralentissement des véhicules est estimé à 8 km/h à partir d'une vitesse moyenne égale à 90 km/h en zone rurale et à 55 km/h en zone urbaine.

Il faut remarquer que dans l'étude, les coûts de fonctionnement des véhicules apparaissent de 4 à 7 fois plus élevés que les coûts d'attente dans les zones urbaines et de 5 à 13 fois dans les zones rurales.

3. LES RESULTATS

Les résultats sont indiqués dans les tableaux 12 à 21 ci-joints.

Dans chaque case de ces tableaux est indiqué :

- en haut à gauche : soit rien si l'équipement actuel est optimum ou encore surabondant l'hypothèse a été faite de ne pas proposer de réduction dans : le degré d'équipement actuel d'un P.N.)

(1) M. Alan Voorhees "facteurs influençant la sécurité aux croisements à niveau rail-route" NCHRP report 50. Highway Research Board.

Soit la nature de l'équipement recommandé :

F.L. = Flashing light signals (feux clignotants seuls S.A.L.O) ;

A.G. = Automatic gates (barrières automatiques avec feux clignotants) ;

G.S. = Grade separation (ouvrage d'art).

– en haut à droite : le nombre de P.N.

– à la seconde ligne le “benefit – cost ratio” rapport des avantages actualisés aux coûts actualisés (sur 50 ans)

– à la dernière ligne : le “net benefit” ou bénéfice actualisé sur une période de 50 ans au taux de 10 %.

TABLE 12
NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
URBAN CROSSINGS WITH CROSS BUCK SIGNS
AS THE EXISTING DEVICE

| | | HIGHWAY VOLUME CLASS | | | | | |
|--------------------|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | 12,640 | 2,850 | 6,030 | 2,180 | 1,390 | FL 160 1.54 10,810 |
| | 2 | 1,830 | 430 | 710 | FL 190 1.87 17,270 | FL 180 3.52 49,930 | FL 50 6.18 102,740 |
| | 3 | 2,000 | 230 | 800 | FL 190 3.27 45,100 | FL 170 6.15 102,260 | FL 50 10.81 194,680 |
| | 4 | 1,080 | 230 | FL 740 2.24 24,510 | FL 110 7.48 128,600 | FL 140 14.07 259,240 | FL 50 24.72 470,490 |
| | 5 | 220 | FL 70 1.37 7,410 | FL 120 3.91 57,770 | FL 20 13.09 239,930 | FL 20 24.62 468,550 | AG 0 1.97 8,462,50 |
| | 6 | FL 20 1.70 13,810 | FL 0 6.48 108,610 | AG 0 10.27 346,280 | AG 0 34.38 1,246,350 | AG 0 64.61 2,375,150 | GS 0 6.59 4,858,160 |
| | | 17,790 | 3,810 | 8,400 | 2,690 | 1,900 | 310 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 32,620
F. L. - 2,280
A. G. - 0
G. S. - 0
TOTAL 34,900

TABLE 13
NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
URBAN CROSSINGS WITH STOP SIGNS
AS THE EXISTING DEVICE

| | | HIGHWAY VOLUME CLASS | | | | | |
|--------------------|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | FL 1310 1.02 290 | FL 560 5.06 76,160 | FL 1360 14.52 253,650 | FL 480 49.98 918,970 | FL 240 97.52 1,811,000 | FL 20 182.95 3,414,050 |
| | 2 | FL 560 1.09 1,770 | FL 220 5.10 76,880 | FL 510 14.63 255,690 | FL 160 50.34 925,749 | FL 50 98.19 1,823,600 | FL 10 184.10 3,435,690 |
| | 3 | FL 810 1.17 3,260 | FL 390 5.14 77,600 | FL 530 14.74 257,730 | FL 90 50.70 932,929 | FL 90 98.86 1,836,190 | FL 50 185.26 3,457,330 |
| | 4 | FL 560 1.41 7,710 | FL 260 5.25 79,760 | FL 480 15.06 263,861 | FL 200 51.78 952,368 | FL 170 100.87 1,873,980 | FL 60 188.72 3,522,250 |
| | 5 | FL 290 1.73 13,640 | FL 150 5.40 82,631 | FL 140 15.50 272,032 | FL 50 53.23 979,987 | FL 30 103.56 1,924,370 | GS 0 5.16 3,616,830 |
| | 6 | FL 70 4.47 65,083 | FL 10 6.73 107,551 | AG 80 10.46 343,111 | AG 70 35.65 1,256,590 | AG 10 68.66 2,453,640 | GS 0 6.98 5,191,810 |
| | | 3,600 | 1,590 | 3,100 | 1,050 | 590 | 140 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 0
F. L. - 9,910
A. G. 160
G. S. 0
TOTAL 10,070

TABLL 14

NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
URBAN CROSSINGS WITH "OTHER" DEVICES
AS THE EXISTING DEVICE

HIGHWAY VOLUME CLASS

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|---|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | 2,620 | 1,130 | 2,710 | 960 | 470 | 40 |
| | 2 | 1,130 | 460 | 1,020 | 320 | FL 110 1.19 3,510 | FL 20 2.09 20,370 |
| | 3 | 1,610 | 780 | 1,080 | FL 200 1.11 1,970 | FL 190 2.08 23,210 | FL 110 3.65 49,710 |
| | 4 | 1,130 | 530 | 970 | FL 400 2.53 28,620 | FL 350 4.75 70,320 | FL 120 8.34 137,760 |
| | 5 | 580 | 310 | FL 300 1.32 6,010 | FL 110 4.42 64,160 | FL 70 8.31 137,140 | GS 0 1.30 263,170 |
| | 6 | FL 150 3.58 48,360 | FL 30 2.19 22,240 | AG 100 3.71 98,280 | AG 150 12.41 413,730 | AG 40 23.30 808,800 | GS 0 3.42 2,105,340 |
| | | 7,220 | 3,240 | 6,180 | 2,140 | 1,230 | 290 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS N. C. - 17,850
F. L. - 2,160
A. G. - 290
G. S. - 0
TOTAL 20,300

TABLE 15

NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
 BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
URBAN CROSSINGS WITH FLASHING LIGHT SIGNALS
 AS THE EXISTING DEVICE
 HIGHWAY VOLUME CLASS

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 650 | 160 | 1450 | 1250 | 120 | 40 |
| 2 | 790 | 430 | 1170 | 1050 | 680 | 150 |
| 3 | 190 | 700 | 2890 | 1660 | 800 | 70 |
| 4 | 610 | 830 | 2660 | 1290 | 580 | 90 |
| 5 | 580 | 500 | 1170 | 370 | 160 | 0 |
| 6 | 130 | 320 | 980 | AG 300 | AG 100 | GS 30 |
| | | | | 2.27 | 4.23 | 1.96 |
| | | | | 33,070 | 84,100 | 824,310 |
| | 2,950 | 2,940 | 10,320 | 5,920 | 2,440 | 380 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 24,520
 F. L. - 0
 A. G. - 400
 G. S. - 30
 TOTAL 24,950

TABLE 16

NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
 BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
URBAN CROSSINGS WITH AUTOMATIC GATES
 AS THE EXISTING DEVICE

| | | HIGHWAY VOLUME CLASS | | | | | |
|--------------------|---|----------------------|-----|-------|-----|-----|-----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | 130 | 60 | 380 | 280 | 100 | 10 |
| | 2 | 80 | 30 | 260 | 120 | 50 | 30 |
| | 3 | 140 | 50 | 310 | 110 | 120 | 30 |
| | 4 | 90 | 40 | 290 | 50 | 20 | 0 |
| | 5 | 50 | 0 | 160 | 50 | 50 | GS 1.00 4,240 |
| | 6 | 100 | 20 | 240 | 150 | 150 | GS 1.75 640,760 |
| | | 590 | 200 | 1,640 | 760 | 490 | 70 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 3,750
 F. L. - 0
 A. G. - 0
 G. S. - 0
 TOTAL 3,750

TABLE 17

NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
RURAL CROSSINGS WITH CROSS BUCK SIGNS
AS THE EXISTING DEVICE

| | | HIGHWAY VOLUME CLASS | | | | | |
|--------------------|--------|----------------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | 39,880 | 3,020 | 4,110 | 270 | GS 10 | GS 30 |
| | | | | | | 1.27 | 2.38 |
| | | | | | | 130,250 | 666,960 |
| | 2 | 11,870 | 310 | 420 | FL 90 | GS 0 | GS 0 |
| | | | | | 1.29 | 1.40 | 2.61 |
| | | | | | 5,620 | 194,590 | 781,510 |
| 3 | 8,810 | 440 | 970 | FL 0 | GS 0 | GS 0 | |
| | | | | 2.25 | 1.53 | 2.85 | |
| | | | | 24,710 | 258,930 | 896,060 | |
| 4 | 6,510 | 220 | FL 210 | AG 0 | GS 0 | GS 0 | |
| | | | 1.53 | 3.36 | 1.93 | 3.56 | |
| | | | 10,580 | 89,980 | 451,950 | 1,239,700 | |
| 5 | 690 | 0 | FL 180 | AG 0 | GS 0 | GS 0 | |
| | | | 2.68 | 6.12 | 2.46 | 4.50 | |
| | | | 33,400 | 191,080 | 709,320 | 1,697,890 | |
| 6 | FL 320 | AG 30 | AG 90 | GS 0 | GS 0 | GS 0 | |
| | 1.27 | 3.15 | 8.98 | 3.71 | 7.07 | 12.70 | |
| | 5,350 | 80,390 | 297,450 | 1,314,540 | 2,939,790 | 5,668,900 | |
| | | 68,080 | 4,020 | 5,980 | 360 | 10 | 30 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 77,520
 F. L. - 800
 A. G. - 120
 G. S. - 40
 TOTAL 78,480

TABLE 18

NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
RURAL CROSSINGS WITH STOP SIGNS
AS THE EXISTING DEVICE

HIGHWAY VOLUME CLASS

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | FL 2,880 2.09 20,390 | FL 390 10.65 181,000 | FL 800 30.55 554,510 | FL 60 105.19 1,954,110 | GS 40 9.22 3,971,170 | GS 0 17.29 7,875,410 |
| | 2 | FL 1,610 2.07 20,130 | FL 180 10.57 179,670 | FL 220 30.35 550,700 | FL 30 104.50 1,942,030 | GS 10 9.22 3,975,080 | GS 0 17.31 7,882,740 |
| | 3 | FL 2,050 2.06 19,860 | FL 190 10.50 178,320 | FL 560 30.15 546,890 | FL 10 103.81 1,929,140 | GS 0 9.23 3,978,990 | GS 0 17.32 7,890,060 |
| | 4 | FL 1,560 2.02 10,080 | FL 310 10.29 174,320 | FL 270 29.53 535,450 | AG 50 53.30 1,896,480 | GS 10 9.26 3,990,700 | GS 0 17.37 7,912,050 |
| | 5 | FL 570 1.96 18,030 | FL 60 10.00 168,980 | FL 60 28.72 520,200 | AG 0 52.61 1,871,680 | GS 0 9.29 4,006,320 | GS 0 17.43 7,941,360 |
| | 6 | FL 340 1.48 8,940 | AG 70 4.72 134,810 | AG 50 13.54 454,860 | GS 0 4.90 1,886,640 | GS 0 9.57 4,141,710 | GS 0 17.95 8,195,410 |
| | | 9,010 | 1,200 | 1,960 | 150 | 60 | 0 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 0
F. L. - 12,150
A. G. - 170
G. S. - 60
TOTAL 12,380

TABLE 19
NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
RURAL CROSSINGS WITH "OTHER" DEVICES
AS THE EXISTING DEVICE
HIGHWAY VOLUME CLASS

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|---|--------|-------|-------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | 5,760 | 800 | 1,610 | 140 | GS 100 1.24 114,070 | GS 0 2.32 637,730 |
| | 2 | 3,220 | 360 | 440 | 50 | GS 20 1.26 126,660 | GS 0 2.37 661,350 |
| | 3 | 4,120 | 390 | 1,120 | 30 | GS 0 1.29 139,260 | GS 0 2.42 684,980 |
| | 4 | 3,120 | 630 | 560 | 100 | GS 20 1.37 177,030 | GS 0 2.56 755,860 |
| | 5 | 1,150 | 130 | 120 | 0 | GS 10 1.47 227,390 | GS 0 2.76 830,360 |
| | 6 | 700 | 140 | 120 | GS 0 1.22 104,440 | GS 0 2.37 663,860 | GS 0 4.45 1,669,370 |
| | | 18,070 | 2,450 | 3,970 | 320 | 150 | 0 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 24,810
F. L. - 0
A. G. - 0
G. S. - 150
TOTAL 24,960

TABLE 20

NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
 BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
RURAL CROSSINGS WITH FLASHING LIGHT SIGNALS
 AS THE EXISTING DEVICE

| | | HIGHWAY VOLUME CLASS | | | | | |
|--------------------|---|----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | 770 | 290 | 840 | 240 | GS 10 1.27 129,620 | GS 0 2.39 657,280 |
| | 2 | 680 | 210 | 930 | 60 | GS 0 1.33 158,070 | GS 0 2.50 708,760 |
| | 3 | 310 | 300 | 890 | 200 | GS 90 1.39 186,520 | GS 0 2.61 760,250 |
| | 4 | 930 | 350 | 660 | 80 | GS 10 1.57 271,860 | GS 0 2.93 914,710 |
| | 5 | 280 | 190 | 370 | AG 30 1.93 24,230 | GS 0 1.82 385,650 | GS 0 3.37 1,120,650 |
| | 6 | 1,110 | AG 370 1.14 3,620 | AG 740 3.24 58,330 | GS 50 2.03 485,870 | GS 10 3.90 1,371,850 | GS 0 7.14 2,905,520 |
| | | 4,080 | 1,710 | 4,430 | 660 | 120 | 0 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 9,690
 F. L. - 0
 A. G. - 1,140
 G. S. - 170
 TOTAL 11,000

TABLE 21
NET BENEFITS AND NUMBER OF CROSSINGS
BY TRAIN AND HIGHWAY VOLUME CLASS FOR
RURAL CROSSINGS WITH AUTOMATIC GATES
AS THE EXISTING DEVICE

| | | HIGHWAY VOLUME CLASS | | | | | |
|--------------------|---|----------------------|-------|-------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TRAIN VOLUME CLASS | 1 | 270 | 240 | 610 | 80 | GS 10 1.33 155,950 | GS 0 2.50 701,230 |
| | 2 | 390 | 280 | 350 | 0 | GS 0 1.37 171,830 | GS 0 2.57 730,630 |
| | 3 | 230 | 220 | 350 | 30 | GS 0 1.40 187,710 | GS 0 2.63 760,040 |
| | 4 | 370 | 210 | 160 | 80 | GS 0 1.50 235,360 | GS 0 2.82 850,260 |
| | 5 | 70 | 20 | 30 | 0 | GS 0 1.64 298,880 | GS 0 3.07 965,890 |
| | 6 | 40 | 30 | 90 | GS 10 1.45 210,720 | GS 0 2.82 849,430 | GS 0 5.26 1,985,340 |
| | | 1,370 | 1,000 | 1,590 | 200 | 10 | 0 |

SUMMARY: NO. OF CROSSINGS: N. C. - 4,150
F. L. - 0
A. G. - 0
G. S. - 20
TOTAL 4,170

Ces différents résultats peuvent se résumer comme suit :

A. Domaine d'emploi "optimum" de la Croix de Saint-André seule

Si les équipements préconisés étaient tous réalisés, la Croix de Saint-André seule équiperait 110.000 P.N. soit 49 % des P.N. américains (au lieu de 80 % actuellement).

Les moments de ces P.N. pourraient atteindre jusqu'à 14.000 ! (Ce résultat est cohérent avec les critères particuliers utilisés dans l'Etat de Delaware). Le moment moyen de ces P.N. serait de 1.350; les P.N. se répartiraient ainsi par classes de moment :

| Classes de moment | % du nombre des P.N. Croix de Saint-André |
|-------------------|--|
| 0 - 500 | 48 |
| 500 - 1000 | 28 |
| 1000 - 2500 | 16 |
| > 2500 | 8 |
| Total | 100 % |

Près de 80 % de ces P.N. auraient ainsi un moment inférieur ou égal à 1000, et moins de 10 % un moment supérieur à 2500.

Il faut remarquer, que la plupart des P.N., munis seulement d'une Croix de Saint-André et ayant un moment supérieur à 2500, se situent soit dans la classe la plus faible du trafic ferroviaire – de 0 à 2 trains par jour, la circulation routière pouvant alors atteindre 20.000 véhicules par jour – soit dans la classe la plus faible de trafic routier – de 0 à 500 véhicules par jour, le trafic ferroviaire pouvant alors atteindre 40 trains par jour.

La notion de moment ne rend ainsi compte qu'insuffisamment des critères proposés : il faut plutôt considérer les 2 chiffres de la circulation ferroviaire et de la circulation routière.

B. Domaine d'emploi "optimum" des feux clignotants seuls ou S.A.L.O

Si les équipements préconisés étaient tous réalisés, la S.A.L.O équiperait 61.500 P.N. soit 27 % des P.N. américains (au lieu de 16 % actuellement).

Les moments de ces P.N. pourraient atteindre des valeurs très élevées allant jusqu'à 200.000 ou même 400.000 ! Le moment moyen de ces P.N. serait de 33.000, mais la répartition par classe de moment donne une idée plus exacte du domaine d'emploi préconisé pour la S.A.L.0 :

| Classes de moment | % du nombre de P.N. à S.A.L.0 |
|-------------------|----------------------------------|
| 0 - 5000 | 43 |
| 5000 - 10000 | 8 |
| 10000 - 20000 | 16 |
| 20000 - 40000 | 11 |
| > 40000 | 22 |
| Total | 100 % |

Près de 80 % de ces P.N. auraient ainsi un moment inférieur à 40.000 ; les 2/3 de ces P.N. auraient un moment inférieur à 20.000 (limite comparable à celle de 17.000 utilisée dans l'Etat du Delaware).

Le fait qu'une proportion notable des P.N. à équiper de S.A.L.0 ait des moments très élevés (supérieurs à 40.000 par exemple) peut s'expliquer par la relativité des coûts de la S.A.L.2 avec barrières automatiques et de la S.A.L.0 aux U.S.A. le coût de la S.A.L.2 (pris en compte dans l'étude) apparaît plus de deux fois plus élevé que celui de la S.A.L.0, alors qu'en France le coût de la S.A.L.2 ne dépasse en moyenne celui de la S.A.L.0 que de 30 à 50 %.

Il faut donc, aux U.S.A., que les gains de sécurité à attendre des barrières automatiques deviennent élevés — c'est-à-dire que le moment du P.N. devienne très, très important — pour que l'équipement en S.A.L.2 soit économiquement justifié. Il n'en sera pas de même en France.

C. Volume des équipements recommandés

L'étude d'optimum recommande d'équiper immédiatement 30.000 P.N. avec un dispositif de protection supérieur ; ces 30.000 équipements se répartiraient ainsi :

| | | | |
|------------------------------------|--------|---------------|-------|
| — feux clignotants seuls (S.A.L.0) | 27.300 | soit | 91 % |
| — barrières automatiques (S.A.L.2) | 2.300 | soit moins de | 8 % |
| — ouvrages d'art | 470 | soit moins de | 2 % |
| Total | 30.070 | | 100 % |

La plupart des équipements à réaliser concerne ainsi l'installation de feux clignotants seuls S.A.L.O. Son coût nettement plus faible par rapport à celui de la S.A.L.2, et son degré de sécurité nettement supérieur à celui de la Croix de Saint-André seule, explique la faveur des milieux américains pour ce type d'équipement.

Il faut aussi remarquer le très faible nombre d'ouvrages d'art, dont la construction est préconisée (1 ouvrage d'art par 63 équipements en S.A.L.O ou S.A.L.2), alors qu'au cours des cinq dernières années la proportion était de 2 équipements de P.N. pour l'ouvrage d'art. Le rapport recommande pour les années à venir de trancher à une proportion intermédiaire : 1 séparation des niveaux par ouvrage d'art pour dix autres équipements de P.N.

L'amélioration des 30.000 P.N. coûterait 3,2 milliards de francs et apporterait un bénéfice total actualisé pour la collectivité de 33 milliards de francs. Le nombre des accidents serait réduit de moitié (par rapport à celui qu'on peut prévoir si aucun des équipements prévus n'était réalisé).

Le rapport souligne que ce renversement des tendances actuelles en matière d'accidents aux P.N. ne peut être obtenu que par un net accroissement des programmes antérieurs d'équipement des P.N.

D. Situation actuelle et situation recommandée de l'ensemble des P.N.

| Type d'équipement | Situation actuelle | | Situation recommandée (après amélioration des 30.000 P.N.) | | Taux d'accroissement |
|-----------------------------------|--------------------|------------|---|-----------|-------------------------|
| | Nombre | % | Nombre | % | |
| Croix de St-André | 113.400 | 50 | 110.440 | 49 | - 3 % |
| S.A.L.O | 35.970 | 16 | 61.510 | 27 | + 71 % |
| S.A.L.2 | 7.900 | 4 | 10.180 | 5 | + 29 % |
| Autres équipements (dont STOP) | 67.710 (22.450) | 30 (10) | 42.660 (0) | 19 (0) | - 37 % (- 100 %) |
| Ouvrages d'art | 0 | | 470 | | |
| Total | 225.000 | 100 % | 225.000 | 100 % | |

Il resterait ainsi près de 50 % des P.N. qui n'auraient pour seul équipement qu'une simple Croix de Saint-André.

L'étude d'optimum montre en effet que ces P.N. n'ont pas de trafics routier ou ferroviaire suffisants pour justifier l'installation de S.A.L.O ou de S.A.L.2. Le seul espoir d'améliorer la protection des circulations à ces P.N. serait de trouver un dispositif plus sûr que la Croix de Saint-André et ne coûtant que 1.000 dollars environ (soit 5.000 à 6.000 F) ainsi que nous l'a précisé l'U.S.

Department of Transportation. L'installation d'un tel équipement peu coûteux serait alors économiquement justifiée.

Il faut également noter dans ce tableau le très fort accroissement du nombre de S.A.L.0 et la suppression recommandée de tous les signaux STOP aux P.N. (du fait des pertes de temps importantes entraînées par ce signal).

E. Autres recommandations de l'étude

Le rapport recommande de consacrer aux études concernant les passages à niveau durant les cinq ans à venir environ 0,7 % des dépenses en capital affectées aux équipements.

Examinons deux de ces propositions d'études :

a) Recherche d'équipements techniques moins coûteux

Cette recherche doit porter aussi bien sur des équipements nouveaux moins coûteux que la S.A.L.0 ou la S.A.L.2 mais aussi sur la diminution des coûts des équipements S.A.L. : l'étude signale que si le coût des S.A.L. diminuait seulement de 10 %, il serait économiquement justifié d'équiper dès maintenant un nombre nettement plus important de P.N. avec des S.A.L.

b) Système d'information

L'étude souligne à plusieurs reprises l'insuffisance actuelle des données statistiques aussi bien en ce qui concerne les P.N. eux-mêmes (leur nombre, leur localisation, leurs caractéristiques), que les accidents qui s'y produisent. Du fait de ces insuffisances l'étude n'a d'ailleurs pu être faite que sur un échantillon de cinq Etats. Or, l'existence de ces données conditionne la validité des résultats de l'étude et des décisions d'équipement.

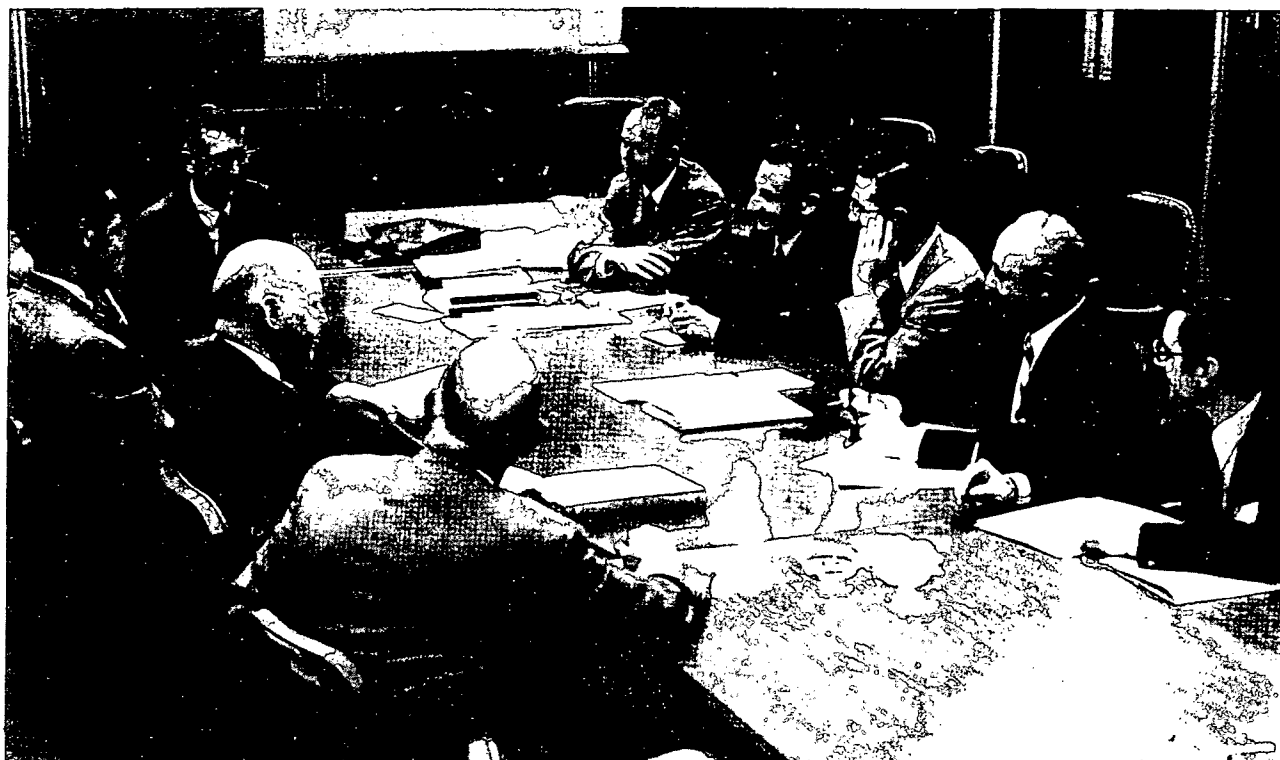
L'étude demande que soit dressé un inventaire complet des P.N. et que soient recueillies systématiquement les données concernant les accidents de P.N. La liste des renseignements qu'il paraît souhaitable d'obtenir est indiquée en annexe.

L'étude propose que soit modifiée la façon dont les données sont recueillies, centralisées et utilisées. L'Administration Fédérale des Chemins de Fer et l'Administration Fédérale des Routes devront assumer conjointement la responsabilité de la collecte des données. Une banque de données centrale serait instituée pour rassembler les données concernant les P.N. et leurs accidents, les maintenir constamment à jour et permettre leur utilisation par les différents "décideurs".

L'étude mentionne le cas des lignes à grande vitesse où la construction de nouveaux ouvrages d'art et l'installation de nouveaux équipements seront nécessaires (la politique officielle du D.O.T. est d'arriver à supprimer tous les P.N. sur ces lignes).

Réunion de travail au Department of Transportation (Ministère des Transports) à Washington.

Réception de la Mission française par Monsieur C. LYON, Administrateur Fédéral au D.O.T.



ANNEXE

FORMULES "D'INDICE DE RISQUE" UTILISEES PAR DIVERS ETATS

SELECTED HAZARD INDEX FORMULAS

Peabody and Dimmick Formula (63)

$$A_5 = 1.28 \frac{V^{0.170} \times T^{0.151}}{P_c^{0.171}} + K$$

Mississippi Formula (25)

$$H.I. = \frac{SDR}{\frac{8}{2} + A_5}$$

New Hampshire Formula (54)

$$H.I. = VTP_f$$

The Ohio Method (59)

$$H.I. = A_f + B_f + G_f + L_f + N_f + SDR$$

Wisconsin Method (87)

$$H.I. = \frac{T \left(\frac{V}{20} + \frac{P^1}{50} \right)}{5} + SDR + A_e$$

Contra Costa County Method (23)

$$H.I. = TZ \left(1 - 2.718^{\frac{-vt}{1400Z}} \right)$$

The Oregon Method (62)

$$H.I. = [V_1 T_1 P_f + 1.4 V_2 T_2 P_f] \frac{A_e}{A_5}$$

North Dakota Rating System (58)

$$H.I. = [N_f + L_f] + [P_f + D_f + G_f + X_f] + (VT_f) + SDR$$

Idaho Formula (33)

$$H.I. = V_f \times T_f (CB_f + SDR + N_f + Y_f)$$

Utah Formula (89)

$$H.I. = \frac{T}{1000} \left[\left(\frac{P}{10} + \frac{F}{20} + \frac{S}{30} \right) + SDR + N_f + X_f + R_f \right] + 2A_e + \frac{P^1}{100,000} \left(\frac{P}{10} + \frac{F}{20} + \frac{S}{30} \right) - P_f$$

City of Detroit Formula (50)

$$H.I. = \frac{T}{1000} \left[\left(\frac{P}{10} + \frac{F}{20} + \frac{S}{30} \right) SDR + N_f + X_f + R_f \right] (100\% - \%P_f) + 2A_e$$

SYMBOLS

A₅ = Expected number of accidents in 5 years.

A_e = Accident experience.

A_f = Accident probability factor.

B_f = Train speed factor.

CB_f = Type and speed of train factor.

D_f = Alignment of track and highway factor.

F = Number of freight trains in 24 hours.

G_f = Approach gradient factor.

H.I. = Hazard index.

K = Additional parameter.

L_f = Angle of crossing factor.

N_f = Number of tracks factor.

P = Number of passenger trains in 24 hours.

P¹ = Number of pedestrians in 24 hours.

P_c = Protection coefficient.

P_f = Protection factor.

R_f = Road approach factor.

S = Number of switch trains in 24 hours.

SDR = Sight distance rating.

t = Time crossing is blocked.

T = Average 24-hour train volume.

T₁ = Average daylight train volume.

T₂ = Average train volume during dark hours.

T_f = Train volume factor.

V = Average 24-hour traffic volume.

V₁ = Average daylight traffic volume.

V₂ = Average traffic volume during dark hours.

V_f = Traffic volume factor.

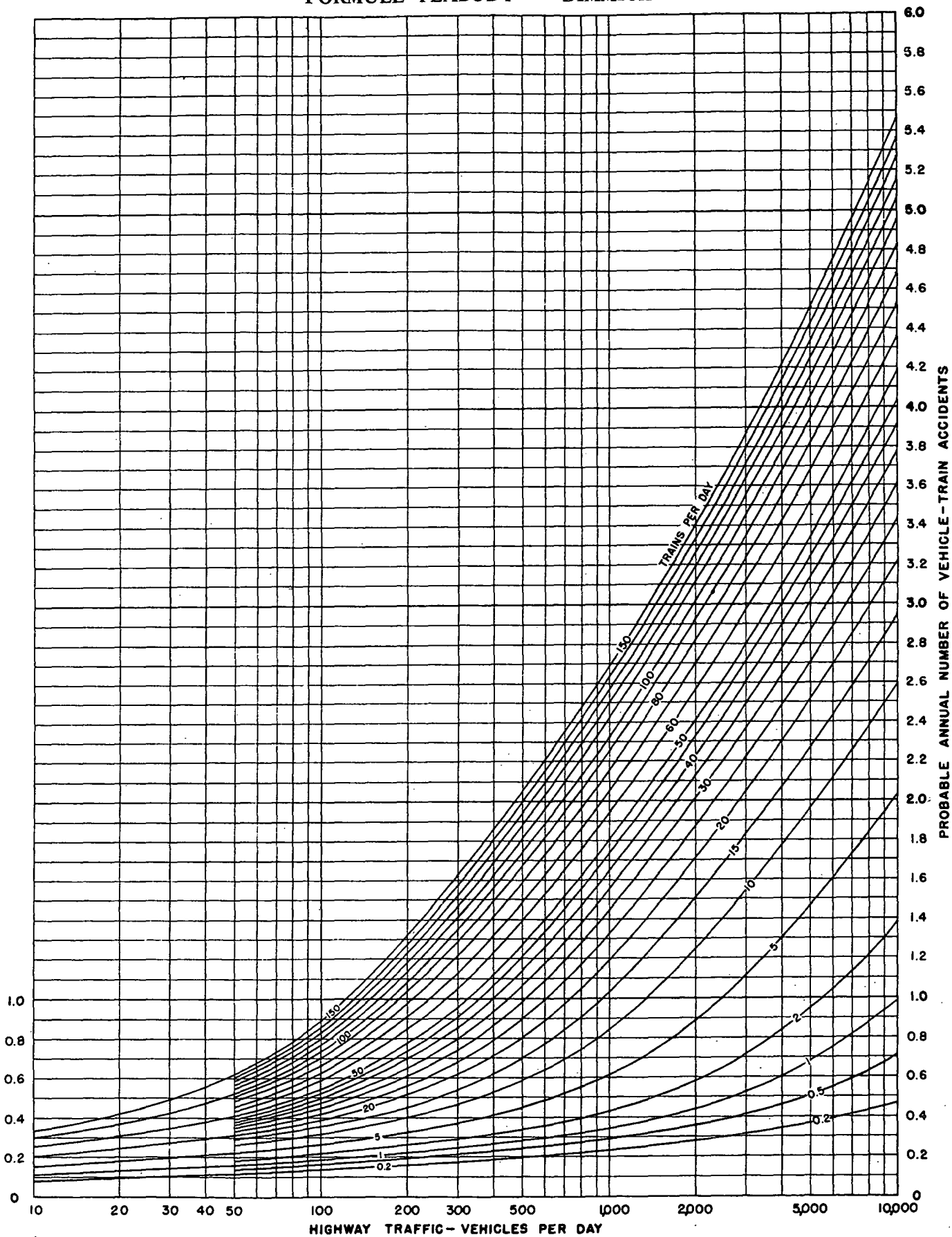
VT_f = Exposure factor.

X_f = Condition of crossing factor.

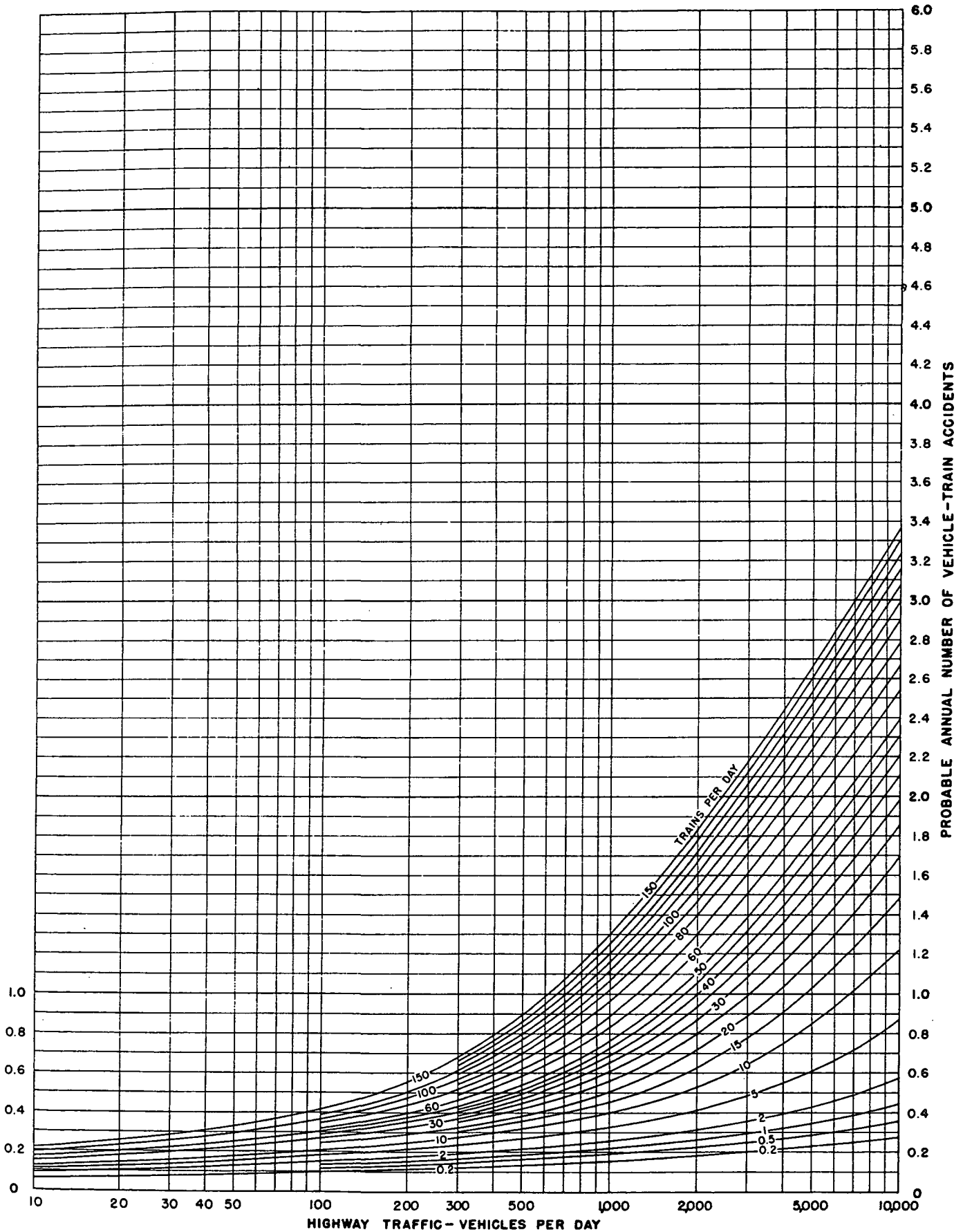
Y_f = Severity factor.

Z = Number of traffic lanes.

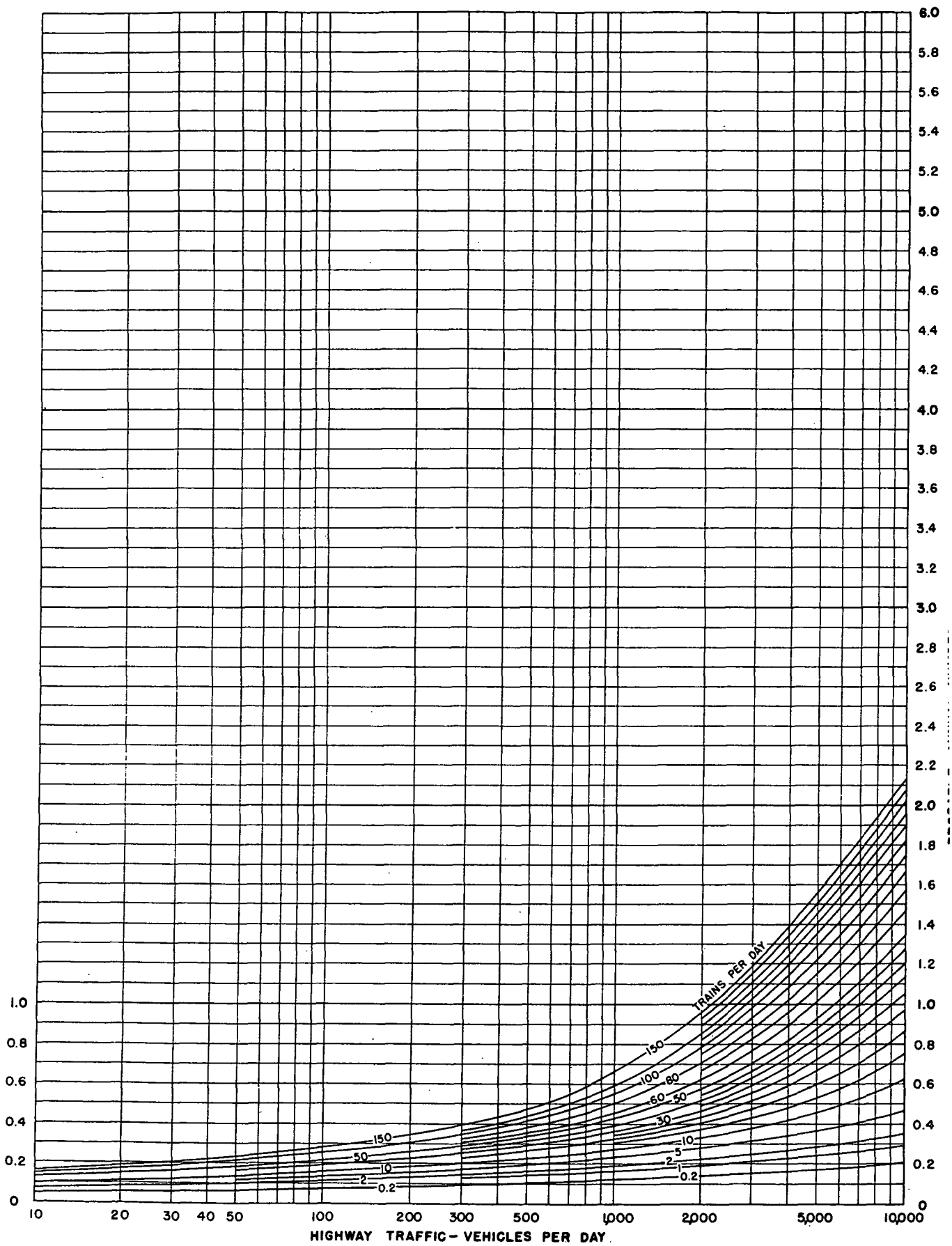
FORMULE PEABODY - DIMMICK



PROBABLE ANNUAL NUMBER OF VEHICLE-TRAIN ACCIDENTS AT GRADE CROSSINGS PROTECTED BY SIGNS ONLY



PROBABLE ANNUAL NUMBER OF VEHICLE-TRAIN ACCIDENTS
AT GRADE CROSSINGS PROTECTED BY FLASHING LIGHTS



PROBABLE ANNUAL NUMBER OF VEHICLE - TRAIN ACCIDENTS
AT GRADE CROSSINGS PROTECTED BY AUTOMATIC GATES

**LISTE DES RENSEIGNEMENTS NECESSAIRES
CONCERNANT LES P.N. ET LES ACCIDENTS QUI S'Y PRODUISENT**

Facteurs physiques du P.N.

- Localisation par le numéro d'identification du P.N.
- Classification administrative : Etat, comté, commune ; existence et type d'aide fédérale.
- Type d'équipement : rien, stop, Croix de Saint-André, autres signaux "passifs", S.A.L.O, S.A.L.2.
- Voies ferrées
 - nombre des voies principales
 - nombre des autres voies et usage
- Route
 - nombre de voies
 - largeur
 - type et largeur des accotements
 - type de la surface
 - existence d'un marquage
 - angle du croisement
 - vitesse d'approche de sécurité, par quadrant
 - distance de visibilité d'arrêt
 - profil en long
- Longueur et largeur du P.N.
 - type et condition de la surface
- Caractéristiques du pays environnant
 - industriel
 - commercial
 - résidentiel
 - rural
- Distractions du conducteur
- Eclairage
 - au P.N.
 - près du P.N.

Données sur le trafic ferroviaire et routier

- Nombre moyen de mouvements de trains par jour, réguliers et non réguliers, et par période (par heure de la journée)
- Vitesse des trains
 - vitesse moyenne
 - nombre de trains (par jour) de vitesse inférieure à 70 miles/h soit 113 km/h.
 - nombre de trains (par jour) de vitesse supérieure à 70 miles/h soit 113 km/h.
- Longueur moyenne des trains
- Trafic moyen journalier de la route de jour et de nuit

- composition de ce trafic
 - autos
 - camions
 - bus
 - proportion de transport de matières dangereuses
 - autres
- Vitesse autorisée et moyenne sur la route (répartition par vitesse)

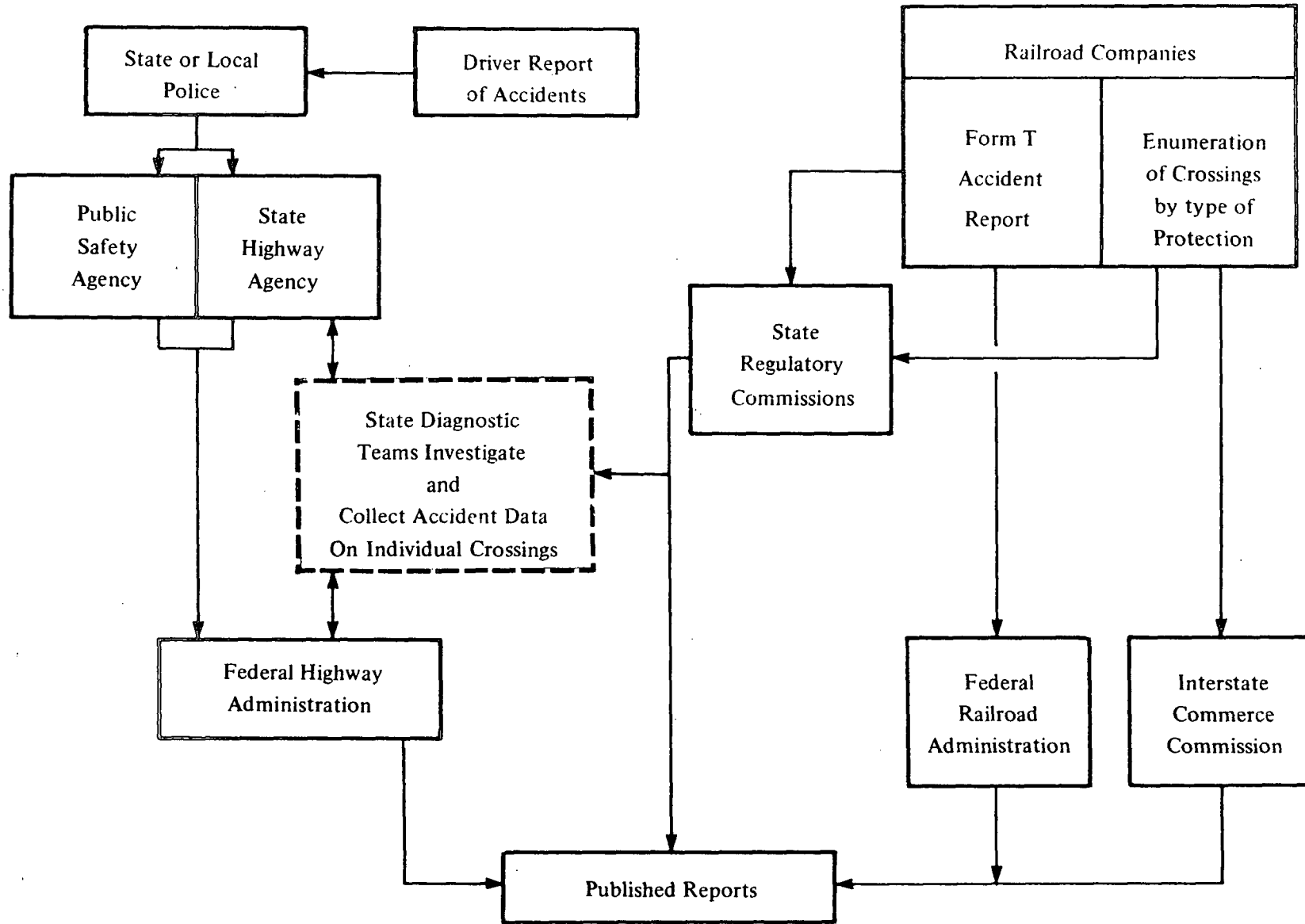
Données sur les accidents

- Numéro d'identification du P.N.
- Type d'accident
 - collision véhicule-train
 - sans collision avec train
 - autre
- Si collision au train : caractéristiques du train
 - nombre de trains impliqués (1, 2 ou plus)
 - vitesse
 - longueur
 - direction
 - type (voyageur, marchandises, travaux)
 - lumière de la locomotive
 - type de mouvement (direct, arrêt, marche arrière, aiguillage...)
 - endroit du heurt avec le véhicule ou le piéton
 - train régulier
 - étendue des dommages
- Caractéristiques du véhicule impliqué
 - nombre des véhicules (1, 2 ou plusieurs)
 - type
 - âge
 - vitesse, sinon indiquer si le véhicule était calé ou arrêté au P.N.
 - défectuosité
 - fenêtres ouvertes ou fermées
 - étendue des dommages
- Personnes
 - conducteur
 - défauts physiques
 - accidents antérieurs
 - alcoolémie
 - passagers et piétons
 - nombre
 - membres blessés de l'équipage du train

- pour chaque personne impliquée
 - âge
 - circonstances spéciales
 - facteurs de fatigue
 - sexe
 - sévérité de la blessure
 - nombre de jours de travail perdus
 - profession

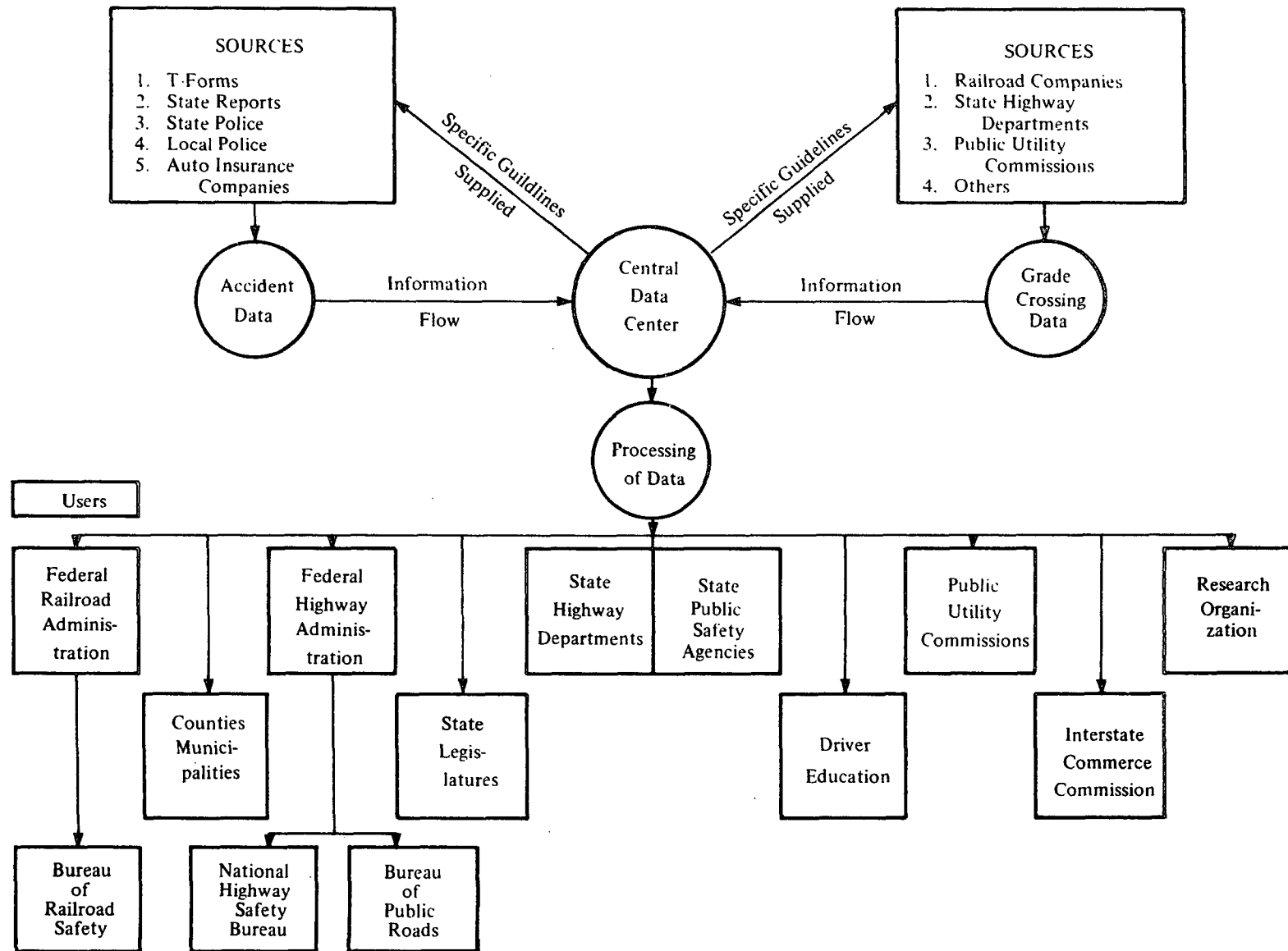
Circonstances physiques

- Direction d'approche sur la route
- Type et emplacement d'objets fixes et coût des réparations ou remplacement
- Usage des signaux sonores
- Date et heure de l'accident
- Temps
- Eléments de distraction
- Condition du dispositif de protection



EXISTING ACCIDENT DATA FLOW

SYSTEME D' INFORMATION



RECOMMENDED DATA FLOW

II - ETUDE D'UN CAS CONCRET
LES PASSAGES A NIVEAU DE LA LIGNE RENNES - SAINT-BRIEUC

INTRODUCTION

Afin d'étudier les aménagements possibles et les suppressions éventuelles de passages à niveau sur un certain nombre de cas concrets, le groupe de travail chargé de l'étude de rationalisation des choix budgétaires (R.C.B.) concernant les passages à niveau a effectué un examen de la situation actuelle et de l'évolution souhaitable des passages à niveau de la ligne RENNES – SAINT-BRIEUC.

Des contacts ont été pris à ce sujet au mois de mars 1970 avec l'arrondissement S.N.C.F., Voies et Bâtiments de RENNES et avec les Directions Départementales de l'Équipement d'Ille-et-Vilaine et des Côtes-du-Nord.

Le présent rapport expose les premières conclusions de l'étude des passages à niveau de la ligne RENNES – SAINT-BRIEUC. Cependant certaines de ses conclusions peuvent sembler différentes des recommandations du fascicule II, Choix des Equipements Optimaux. A cette époque en effet le groupe de travail n'avait pas encore tous les éléments permettant une appréciation objective des différentes solutions qui peuvent être généralisées sur le plan national. Cette entreprise a néanmoins constitué une étape dans le déroulement de l'étude, étape permettant, par la concertation de tous les intéressés et par l'examen de cas concrets, de recueillir le maximum d'informations et de faire un travail d'approche en ce qui concerne le choix des équipements et les suppressions des passages à niveau.

Au cours d'une réunion qui s'est tenue courant juin 1970 à la Préfecture de RENNES ce rapport a été présenté et discuté devant les principaux responsables et intéressés en matière de P.N, (S.N.C.F., D.D.E., Conseillers Généraux, Maires...).

A l'issue de cette réunion et devant l'accueil favorable recueilli par l'ensemble des intéressés, il a été décidé de créer et ceci à titre expérimental, une commission des passages à niveau dans les départements de l'Ille-et-Vilaine et des Côtes-du-Nord. Celle-ci placée sous la direction du Préfet du département comprend les représentants de la S.N.C.F., de la Direction Départementale de l'Équipement de la Direction Départementale de l'Agriculture, du Conseil Général et des Collectivités locales, doit permettre de mieux établir les contacts entre tous les intéressés par les problèmes des passages à niveau et de faciliter l'adoption des solutions les plus conformes à l'intérêt général notamment en ce qui concerne les suppressions de P.N. dont l'existence ne se justifie plus et l'installation de dispositifs automatiques de protection.

CHAPITRE I

SITUATION ACTUELLE

1. DESCRIPTION DE LA LIGNE ET DE L'ENVIRONNEMENT

La section de ligne étudiée entre RENNES et SAINT-BRIEUC s'étend sur 99 km. 98 trains environ y circulent par 24 heures. La vitesse maximum permise est de 140 km/h. Celle-ci pourrait être portée à moyen terme à 160 km/h et même au-delà.

En dehors des agglomérations de RENNES-LAMBALLE et SAINT-BRIEUC la région traversée présente un caractère essentiellement agricole. L'exploitation agricole familiale de faible dimension reste prédominante.

2. LES PASSAGES A NIVEAU

Actuellement 48 passages à niveau subsistent sur cette section de ligne. La densité de 0,5 P.N. au km reste voisine des autres lignes françaises d'importance comparable.

2-1 CIRCULATION ROUTIERE

Comme l'indique le tableau ci-dessous la circulation routière aux passages à niveau en 1969 est dans l'ensemble faible : 50 % ont une circulation journalière inférieure à 50 véhicules/jour.

| Circulation routière moyenne journalière | Moyenne des moments * | Nombre de P.N. |
|--|-----------------------|----------------|
| > 1000 | 310.000 | 5 |
| > 500 à ≤ 1000 | 76.000 | 1 |
| > 100 à ≤ 500 | 16.000 | 6 |
| > 50 à ≤ 100 | 7.600 | 12 |
| > 25 à ≤ 50 | 3.800 | 7 |
| ≤ 25 | 1.250 | 17 |
| | | 48 |

* *moment = produit de la circulation ferroviaire journalière par la circulation routière journalière.*

2-2 TYPE D'EQUIPEMENT DES PASSAGES A NIVEAU

La section de ligne RENNES-SAINT-BRIEUC compte 41 passages à niveau équipés de barrières complètes (obstruant en totalité la chaussée) manoeuvrés manuellement. Les sept autres P.N. sont équipés d'une signalisation automatique lumineuse et sonore complétée par deux demi-barrières ne nécessitant aucune intervention humaine.

Les effectifs annuels nécessaires à la garde des P.N. de la section considérée s'élèvent à 55 agents, titulaires et à un volume de remplacement équivalent à 21 agents (congrés repos, maladies, blessures, maternités, etc.).

| | | Nombre de P.N. | Moyenne des circulations routières journalières | Moyenne des moments |
|-------------|----------|----------------|---|---------------------|
| P.N. gardés | 3 postes | 5 | 3.000 | 340.000 |
| | 2 postes | 3 | 190 | 18.000 |
| | 1 poste | 33 | 46 | 4.400 |
| S.A.L. 2 | | 7 | 390 | 37.000 |

2-3 DEPENSES ANNUELLES

Bases de calcul : annexe I

Les dépenses annuelles d'exploitation (hors frais généraux) des passages à niveau de la section de ligne se montent à 1.189.000 F (conditions économiques au 1.1.70) dont 92 % représentent les frais de gardiennage. (En milliers de francs).

| | | Gardiennage | Entretien | Total | par P.N. |
|-------------|----------|-------------|-----------|-------|----------|
| P.N. gardés | 3 postes | 415 | 10 | 425 | 85 |
| | 2 postes | 150 | 6 | 156 | 52 |
| | 1 poste | 528 | 66 | 594 | 18 |
| S.A.L. 2 | | — | 14 | 14 | 2 |
| | | 1.093 | 96 | 1.189 | — |

Si les dépenses annuelles d'exploitation sont rapportées au nombre de véhicules franchissant les P.N., les coûts par véhicule sont les suivants :

(en francs)

| | | Moyenne des circulations routières | Dépenses par véhicule |
|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------------|
| P.N. gardé - 3 postes | | 3.000 | 0,078 |
| P.N. gardé - 2 postes | | 190 | 0,75 |
| P.N. gardé 1 poste | Classe de circulation | | |
| | > 100 | 135 | 0,365 |
| | > 50 à ≤ 100 | 81 | 0,61 |
| | > 25 à ≤ 50 | 41 | 1,20 |
| | ≤ 25 | 12 | 4,10 |

2-4 ACCIDENTS AUX PASSAGES A NIVEAU

Le tableau ci-dessous représente les accidents recensés entre le 1.1.1964 et le 1.1.1969.

| | Total | Heurt véhicule/ train | Sans heurt du train | Accident de piéton au portillon | Moyenne annuelle | Moyenne p/10 P.N. |
|--------------------------|-------|-----------------------------|---------------------------|--|---------------------|----------------------|
| Accidents corporels | 5 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0,2 |
| Morts | 2 | 1 | — | 1 | 0,4 | 0,08 |
| Blessés graves | 1 | — | 1 | — | 0,2 | 0,04 |
| Blessés légers | 2 | — | 2 | — | 0,4 | 0,08 |
| Enfoncement de barrières | 48 | — | — | — | 9,6 | 2 |

La direction des routes évalue en 1969 le coût du mort à 230.000 F, du blessé à 10.000 F, de l'accident matériel à 4.000 F. A partir de ces données le coût moyen annuel des accidents sur cette section de ligne peut être chiffré :

| | | |
|---|----------------|----------|
| - mort | 92.000 | F |
| - blessé | 6.000 | F |
| - coût matériel des accidents corporels | 4.000 | F |
| - coût des enfoncements de barrières | 19.200 | F |
| Total | 121.200 | F |

2-5 PERTES DE TEMPS

Le coût des pertes de temps de l'utilisateur routier aux passages à niveau s'élève globalement à 490.000 francs par an (bases de calcul annexe I paragraphe 2). Il se répartit comme suit :

(En milliers de francs)

| Circulation routière aux P.N. | Coût annuel des pertes de temps | Coût moyen annuel par P.N. |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| > 1000 véhicules/jour | 432 | 86 |
| > 500 à ≤ 1000 | 26 | 26 |
| > 100 à ≤ 500 | 18 | 3 |
| > 80 à ≤ 100 | 14 | 2 |

(les P.N. où la circulation routière est inférieure à 80 véhicules/jour n'ont pas été pris en compte).

CHAPITRE II

SITUATION D'AVENIR DES PASSAGES A NIVEAU

En collaboration avec les responsables locaux de la S.N.C.F. et de la Direction Départementale de l'Équipement, le groupe chargé de l'étude a essayé de définir la situation d'avenir des passages à niveau de la section de ligne comprise entre RENNES et SAINT-BRIEUC.

Cette situation a été définie, tout d'abord dans le cadre de la réglementation en vigueur concernant les passages à niveau (arrêtés ministériels du 11 et 12 décembre 1967) puis, dans un second temps, dans le cadre de modifications proposées par le groupe de travail à cette réglementation.

1. SITUATION D'AVENIR DANS LE CADRE DE LA REGLEMENTATION DU 11.12.1967

Les passages à niveau gardés en raison du poids important des salaires représentent des charges de plus en plus lourdes pour la S.N.C.F.

Le métier de gardes-barrières est un travail ingrat de moins en moins adapté au monde moderne.

Des difficultés de recrutement existent, notamment sur cette section de ligne.

Les progrès de la technique permettent actuellement de remplacer les barrières manoeuvrées manuellement par des dispositifs automatiques très sûrs.

Dans le cas de la ligne RENNES-SAINT-BRIEUC, la réglementation permet pour la quasi-totalité des passages à niveau actuellement gardés, la dispense de barrières complètes et de gardiennage moyennant l'installation d'une signalisation automatique lumineuse et sonore complétée par des demi-barrières automatiques (S.A.L. 2 ou S.A.L. 4).

D'autre part, l'avantage des S.A.L. au point de vue de la collectivité sont appréciables (diminution des pertes de temps de l'usager routier).

En effet, la durée de fermeture des barrières manoeuvrées manuellement est de **3 minutes minimum** sur cette ligne. Le temps de fermeture des demi-barrières automatiques est au maximum de **1 minute**.

Ainsi sur cette ligne le temps total de fermeture d'un passage à niveau gardé est de l'ordre de **4 h 30** contre **1 h 20** pour le P.N. équipé d'une S.A.L. à deux demi-barrières.

Ces avantages seront chiffrés dans quelques cas concrets étudiés dans le chapitre suivant.

Par ailleurs le dépouillement des statistiques existantes permet de penser que le niveau de sécurité d'une S.A.L. 2 est comparable à celui du gardiennage humain.

1-1 ETUDE DETAILLEE DE CHAQUE PASSAGE A NIVEAU

1-11 Passages à niveau gardés – 3 postes

- P.N. 192 : Circulation routière 3.300 véhicules/jour.

Ce passage à niveau situé en pleine agglomération rennaise est actuellement gardé: 3 postes. L'importance de la circulation routière provoque une paralysie prolongée du trafic aux heures de pointe.

Divers projets d'urbanisme sont en préparation notamment la construction d'un passage supérieur qui supprimerait de façon définitive ce point noir. Néanmoins les dates de réalisation ne sont pas encore arrêtées et une solution intermédiaire dépendant de la date de réalisation de l'ouvrage pourrait être envisagée : l'installation d'une signalisation automatique lumineuse à quatre demi-barrières. Les difficultés d'ordre technique qui existaient en raison de la proximité de la gare de RENNES ne posent plus actuellement de problèmes majeurs, mais en majoreront le prix normal de 25 à 30 %.

Cet investissement serait amorti par la S.N.C.F. en moins de 3 ans (taux de rentabilité immédiat : 38 %).

Du point de vue de la collectivité l'amortissement serait encore plus rapide, de l'ordre de 14 mois. En effet les gains annuels obtenus sur les temps d'attente de l'usager routier par l'installation de quatre demi-barrières automatiques s'élèvent à 89.000 francs (base de calcul annexe 1, chapitre 2) le taux de rentabilité obtenu est alors de l'ordre de 81 %).

La construction de l'ouvrage d'art est étudié en programme du 6ème Plan. Des dates de réalisation retenues devraient dépendre l'installation ou non d'une S.A.L. à quatre demi-barrières.

- P.N. 193 : Circulation routière 7.000 véhicules/jour.

Ce passage à niveau (gardé : 3 postes) situé également en agglomération présente les mêmes difficultés d'exploitation que le P.N. 192, difficultés aggravées par une circulation routière plus importante, de l'ordre de 7.000 véhicules/jour. Un projet d'ouvrage d'art existe mais des problèmes difficiles d'implantation subsistent.

Une solution intermédiaire dépendant de la date de réalisation de l'ouvrage d'art est également envisageable : l'installation d'une S.A.L. 4.

Cette opération présenterait un taux de rentabilité immédiate pour la S.N.C.F. de l'ordre de 38 % et, en raison de l'importance du trafic routier, le taux de rentabilité immédiat pour la collectivité s'élèverait à environ 107 % (amortissement en moins d'une année).

- P.N. 214 : Circulation routière 800 véhicules/jour.

Ce passage à niveau gardé 3 postes connaît une circulation relativement importante : 800 véhicules/jour. Sa transformation en S.A.L. 2 est très rentable pour la S.N.C.F. En effet, l'investissement est amorti au bout d'un an et demi (taux de rentabilité immédiat 69 %).

En raison de l'amélioration sensible des conditions de circulation l'amortissement est obtenu en moins de 14 mois pour la collectivité (taux de rentabilité immédiat 85 %).

o P.N. 215 : Circulation routière 2.100 véhicules/jour.

Le Plan Breton prévoit la construction d'un ouvrage d'art dans un avenir relativement proche qui permettrait la suppression de ce passage à niveau gardé 3 postes.

Néanmoins l'installation d'une S.A.L. 4 serait amortie par la S.N.C.F. en 2 ans (taux de rentabilité immédiat 51 %). Du point de vue de la collectivité l'investissement est amorti en 1 an 1/2 (taux de rentabilité immédiat 79 %).

Des dates de réalisation retenues devraient également dépendre de l'installation ou non d'une S.A.L. à quatre demi-barrières.

● P.N. 240 : Circulation routière 1.520 véhicules/jour.

La construction d'un ouvrage d'art actuellement en projet permettra de supprimer ce passage à niveau gardé 3 postes.

Néanmoins si la date de réalisation de l'ouvrage tardait il serait profitable d'installer une S.A.L. 4. Celle-ci serait amortie par la S.N.C.F. en deux ans (taux de rentabilité immédiat 50 %). Sur le plan de la collectivité l'amortissement serait réalisé en 18 mois (taux de rentabilité immédiat 66 %).

1-12 Passages à niveau gardés 2 postes

● P.N. 194 : Circulation routière 60 véhicules/jour.

Ce passage à niveau gardé 2 postes est situé dans la périphérie de l'agglomération rennaise. La circulation routière journalière est faible, de l'ordre de 60 véhicules.

Un projet de la ville de Rennes, assez avancé prévoit la construction d'un passage supérieur qui éliminerait ce passage à niveau. L'opération se situe dans le contexte d'urbanisation actuellement en cours d'exécution dans ce secteur. En raison des facilités d'implantation le prix de revient prévisionnel de l'ouvrage ne s'élève qu'à 500.000 francs environ.

Il convient néanmoins pour ce cas précis d'attirer l'attention sur les règles de participation de la S.N.C.F. aux travaux d'ouvrages d'art entraînant la suppression d'un P.N. gardé.

En effet, si l'initiative appartient aux services routiers, le montant de la participation de la S.N.C.F. au financement de l'ouvrage s'élève à une somme égale à 10 fois les frais de gardiennage annuels dont elle sera de ce fait exemptée. Or dans le cas du P.N. 194, les frais de gardiennage se montent à 50.000 francs et de ce fait la S.N.C.F. financerait en quasi-totalité la construction de l'ouvrage d'art.

Par contre l'installation d'une S.A.L. à deux demi-barrières serait amortie par la S.N.C.F. en un peu plus de 2 ans (taux de rentabilité immédiat 45 %).

○ P.N. 218 : Circulation routière 260 véhicules/jour.

En raison de la présence de 3 voies principales, ce passage à niveau gardé 2 postes ne peut pas être automatisé. En effet, la réglementation du 11.12.1967 limite l'automatisation aux P.N. à 2 voies principales maximum.

Néanmoins l'installation d'une S.A.L. 4 serait amortie en un peu plus de 3 ans (taux de rentabilité immédiat 30 %).

● P.N. 220 : Circulation routière 250 véhicules/jour.

L'amortissement de l'automatisation de ce passage à niveau serait réalisé en un peu plus de 2 ans (taux de rentabilité immédiat de 45 % pour la S.N.C.F. et de 47 % pour la collectivité).

1-13 Passages à niveau gardés 1 poste

● P.N. 196 : Circulation routière 16 véhicules/jour.

Ce passage à niveau gardé 1 poste est situé en zone rurale sur une voie communale à très faible circulation routière : de l'ordre de 16 véhicules par jour en moyenne. Les frais d'exploitation de ce passage à niveau s'élèvent à 18.000 francs par an environ.

Dans le cadre de la réglementation au 11.12.1967 la suppression du gardiennage oblige la mise en place d'une S.A.L. à deux demi-barrières.

L'investissement imposé par cette contrainte réglementaire est trop important en regard de la circulation routière ; il n'en présente pas moins un taux de rentabilité immédiat de 15 %.

● P.N. 198 : Circulation routière 12 véhicules/jour.

● P.N. 199 : Circulation routière 25 véhicules/jour.

Ces deux passages à niveau actuellement gardés (1 poste chacun) ne desservent qu'un seul utilisateur : l'Ecole d'Agriculture. Les premiers contacts établis par la S.N.C.F. devraient aboutir à la suppression pure et simple du P.N. 198 et à l'installation d'une S.A.L. 2 au P.N. 199, l'amortissement de cette opération serait obtenu en 3 ans (taux de rentabilité immédiat 30 %).

● P.N. 200 : Circulation routière 12 véhicules/jour.

Ce passage à niveau gardé 1 poste, fréquenté presque exclusivement par un seul utilisateur sera transformé en P.N. privé avec maintien des annonces. La S.N.C.F. conservera les frais d'entretien des barrières et des dispositifs d'annonce.

A titre d'indemnité la maison du garde serait cédée à l'utilisateur du P.N.

Il s'agit là d'une opération très rentable ne nécessitant pratiquement aucun investissement.

- ◉ P.N. 201 : Circulation routière 60 véhicules/jour
- ◉ P.N. 202 : Circulation routière 85 véhicules/jour
- ◉ P.N. 203 : Circulation routière 48 véhicules/jour
- ◉ P.N. 204 : Circulation routière 130 véhicules/jour
- ◉ P.N. 205 : Circulation routière 100 véhicules/jour
- ◉ P.N. 206 : Circulation routière 46 véhicules/jour
- ◉ P.N. 207 : Circulation routière 100 véhicules/jour
- ◉ P.N. 208 : Circulation routière 65 véhicules/jour

Il s'agit là de passages à niveau gardés 1 poste à circulation routière peu importante. L'installation à chacun de ces P.N. d'une S.A.L. 2 apporte une rentabilité de l'ordre de 15 % pour la S.N.C.F.

Les gains sur les pertes de temps de l'usager routier s'élèvent à 1.344 francs par an pour le P.N. 205 et à 784 francs pour le P.N. 208.

- ◉ P.N. 211 : Circulation routière 7 véhicules/jour

Ce passage à niveau actuellement gardé est très peu fréquenté : 7 véhicules/jour. L'existence d'un passage inférieur à 400 mètres environ et la construction d'un chemin de détournement d'une largeur de 4 mètres devraient permettre sa suppression.

L'opération serait rentable pour la S.N.C.F. (taux de rentabilité immédiat 23 %) dans la mesure où la commune concernée n'exige pas la construction d'une route revêtue.

Il convient de préciser que le chemin franchissant le P.N. est actuellement un chemin de terre.

Néanmoins, cette solution qui sur le plan théorique est justifiée, présente sur le plan pratique quelques difficultés en raison de l'existence de mouvement de troupeaux à ce P.N. En effet, l'allongement de l'itinéraire de l'ordre de 800 mètres est difficilement accepté par les agriculteurs.

Ce problème pourrait être résolu par un remembrement judicieux de propriétés décrété par le Ministère de l'Agriculture.

D'une façon plus générale la S.N.C.F. souhaiterait participer activement à toute action de remembrement qui souvent devrait faciliter les solutions en matière d'équipement et de suppression de P.N.

- ◉ P.N. 212 : Circulation routière 10 véhicules/jour

Ce passage à niveau gardé 1 poste dessert 2 fermes — La suppression de celui-ci pourrait également aboutir dans le contexte d'un remembrement de propriétés.

- ◉ P.N. 213 : Circulation routière 25 véhicules/jour

Ce passage à niveau gardé 1 poste à faible circulation routière serait automatisé en S.A.L. 2 (taux de rentabilité immédiat de l'ordre de 15 %).

- P.N. 216 : Circulation routière 46 véhicules/jour
- P.N. 217 : Circulation routière 40 véhicules/jour

Un passage supérieur en cours d'exécution supprimera ces 2 passages à niveau.

- P.N. 219 : Circulation routière 94 véhicules/jour
- P.N. 221 : Circulation routière 35 véhicules/jour
- P.N. 223 : Circulation routière 51 véhicules/jour

Le taux de rentabilité obtenu par l'installation d'une S.A.L. 2 à chacun de ces P.N. est de 15 %.

- P.N. 224 : Circulation routière 3 véhicules/jour.

Ce passage à niveau gardé 1 poste est très peu fréquenté environ 3 véhicules par jour. Le respect de la réglementation oblige le maintien du gardiennage, coût annuel 16.000 francs ou l'installation d'une S.A.L. à deux demi-barrières automatiques : investissement 110.000 francs (1). Dans le cadre de la réglementation actuelle sa suppression s'impose. Mais l'existence de troupeaux rend cette suppression difficile. Une solution pourrait être trouvée par la construction d'un "boviduc" dans la mesure où le coût de celui-ci ne serait pas prohibitif. Le groupe d'étude a chargé la S.N.C.F. d'étudier le coût d'une telle installation.

- P.N. 227 : Circulation routière 97 véhicules/jour
- P.N. 228 : Circulation routière 20 véhicules/jour
- P.N. 229 : Circulation routière 6 véhicules/jour
- P.N. 230 : Circulation routière 35 véhicules/jour
- P.N. 231 : Circulation routière 6 véhicules/jour
- P.N. 232 : Circulation routière 60 véhicules/jour
- P.N. 233 : Circulation routière 6 véhicules/jour
- P.N. 235 : Circulation routière 25 véhicules/jour
- P.N. 237 : Circulation routière 96 véhicules/jour
- P.N. 238 : Circulation routière 141 véhicules/jour

Dans le cadre de la réglementation actuellement en vigueur la solution d'avenir de ces 10 passages à niveaux est l'installation de S.A.L. 2 (taux de rentabilité immédiat : 15 %).

- P.N. 234 : Circulation routière 4 véhicules/jour

En raison de sa très faible fréquentation la S.N.C.F. envisage à très bref délai sa suppression pure et simple.

(1) Bien que l'installation d'une S.A.L. 2 soit économiquement rentable (taux de rentabilité immédiate 15 %) il semble grotesque de procéder à un tel investissement pour un P.N. qui n'est franchi que trois fois par jour.

o P.N.239 : Circulation routière 1 véhicule/jour

Ce passage à niveau gardé 1 poste n'est pratiquement plus utilisé et devrait être transformé en passage à niveau privé dans les mêmes conditions que le P.N. 200.

Mais cette décision se heurte à l'opposition de la municipalité en raison de la construction à proximité d'un ensemble d'habitations et d'un centre commercial qui rétablirait une circulation à ce passage à niveau.

La S.N.C.F. s'interroge sur le bien fondé de ce refus notamment en raison de l'existence à proximité de ces lotissements d'un ouvrage d'art.

D'une façon plus générale la S.N.C.F. souhaiterait être consultée pour tout projet d'urbanisme où elle est directement concernée.

1-14 P.N. équipés en S.A.L. 2

- P.N. 197 : Circulation routière 90 véhicules/jour
- P.N. 209 : Circulation routière 15 véhicules/jour
- P.N. 210 : Circulation routière 109 véhicules/jour
- P.N. 222 : Circulation routière 24 véhicules/jour
- P.N. 225 : Circulation routière 90 véhicules/jour
- P.N. 226 : Circulation routière 2400 véhicules/jour
- P.N. 236 : Circulation routière 18 véhicules/jour

Ces 7 passages à niveau sont tous automatisés.

2. BILAN GLOBAL

Après examen et sous réserve de l'aboutissement des différents projets et procédures en cours la situation d'avenir des passages à niveau de la section de ligne RENNES – SAINT-BRIEUC, pourrait être la suivante :

– 7 P.N. actuellement équipés en S.A.L. 2 ne subiraient évidemment aucun changement d'équipement :

– sur les 41 P.N. gardés restant :

- 2 P.N. : suppression pure et simple ;
- 6 P.N. : suppression par la construction de 5 ouvrages d'art ;
- 1 P.N. : suppression par la construction d'un chemin de détournement ;
- 1 P.N. : suppression par la construction d'un boviduc ;
- 1 P.N. : suppression par remembrement ;
- 2 P.N. : transformés en P.N. privés

Il subsisterait donc :

- 27 P.N. : équipés en S.A.L. 2 ;
- 1 P.N. : équipé en S.A.L. 4.

3. BILAN COUT EFFICACITE

Parallèlement il a été étudié le bilan d'une automatisation complète des P.N. de la ligne exception faite de 7 P.N. qui devraient être supprimés dans un bref délai compte tenu des contacts déjà pris par la S.N.C.F. (P.N. 198, 216, 217, 234, 239, 211, 200).

Les calculs ont donc porté sur 34 passages à niveau gardés :

| | Situation actuelle | | | Automatisation | | | Situation actuelle | | | Automatisation | |
|----------|--------------------|----------|-----------|----------------|-----------|----------|--------------------|----------|-----------|----------------|-----------|
| | 3 postes | 2 postes | 1 poste | SAL 4 | SAL 2 | | 3 postes | 2 postes | 1 poste | SAL 4 | SAL 2 |
| P.N. 192 | x | | | x | | P.N. 218 | | x | | x | |
| P.N. 193 | x | | | x | | P.N. 219 | | | x | | x |
| P.N. 194 | | x | | | x | P.N. 220 | | x | | | x |
| P.N. 196 | | | x | | x | P.N. 221 | | | x | | x |
| P.N. 199 | | | x | | x | P.N. 223 | | | x | | x |
| P.N. 200 | | | x | | x | P.N. 224 | | | x | | x |
| P.N. 201 | | | x | | x | P.N. 227 | | | x | | x |
| P.N. 203 | | | x | | x | P.N. 228 | | | x | | x |
| P.N. 204 | | | x | | x | P.N. 229 | | | x | | x |
| P.N. 205 | | | x | | x | P.N. 230 | | | x | | x |
| P.N. 206 | | | x | | x | P.N. 231 | | | x | | x |
| P.N. 207 | | | x | | x | P.N. 232 | | | x | | x |
| P.N. 208 | | | x | | x | P.N. 233 | | | x | | x |
| P.N. 212 | | | x | | x | P.N. 235 | | | x | | x |
| P.N. 213 | | | x | | x | P.N. 237 | | | x | | x |
| P.N. 214 | x | | | | x | P.N. 238 | | | x | | x |
| P.N. 215 | x | | | x | | P.N. 240 | x | | | x | |
| | 4 | 1 | 12 | 3 | 14 | | 1 | 2 | 14 | 2 | 15 |

L'investissement total nécessaire s'élève à 4.100.000 francs.

L'automatisation de ces 34 passages à niveau apporte à la S.N.C.F. une économie de première année de 971.000 francs.

L'opération "automatisation" serait donc amortie en un peu plus de 4 ans (taux de rentabilité immédiat ; 24 %).

Les améliorations sur les temps d'attente de l'utilisateur routier peuvent être chiffrées à 336.000 francs. Pour la collectivité l'opération serait amortie en un peu plus de 3 ans (taux de rentabilité immédiat : 32 %).

Pour la S.N.C.F. le bénéfice actualisé (I = 10 %) tenant compte de l'accroissement des charges annuelles de salaire s'élève au bout de 20 ans à 6.816.000 francs.

Le taux de rentabilité moyen pour la S.N.C.F. est de 25 % contre 27 % pour la collectivité.

Bien qu'il s'agisse là d'un calcul théorique supposant des disponibilités d'investissement très importantes et immédiates pour la S.N.C.F., il est néanmoins possible de dégager un calendrier prioritaire orienté vers une rentabilisation maximum des sommes investies.

En moyenne l'automatisation d'un P.N. gardé 3 postes serait amortie par la S.N.C.F. en 2 ans et 2 mois (taux de rentabilité immédiat 45 %) l'automatisation d'un P.N. gardé 2 postes serait amortie en 2 ans 1/2 (taux de rentabilité immédiat 40 %), l'automatisation d'un P.N. gardé 1 poste serait amortie en 6 ans 1/2 (taux de rentabilité immédiat 15 %).

Pour chacune des trois opérations le rapport :

$$\frac{B}{I} \text{ est en moyenne :}$$

$$\text{— gardé 3 postes : } \frac{773.000}{180.000} = 4,29$$

$$\text{— gardé 2 postes : } \frac{482.000}{110.000} = 4,38$$

$$\text{— gardé 1 poste : } \frac{91.000}{105.000} = 0,86$$

4. SITUATION D'AVENIR AVEC INTRODUCTION DE PASSAGES A NIVEAU EQUIPES DE S.A.L. A FEUX CLIGNOTANTS SEULS

L'existence de nombreux passages à niveau à très faible circulation routière (moins de 40 véhicules/jour) a amené le groupe d'étude à examiner une variante qui sans répondre exactement à la réglementation actuellement en vigueur tiendrait compte de l'intérêt général. A cet effet l'installation d'une signalisation automatique lumineuse sans 1/2 barrières à 10 P.N. actuellement gardés a été étudiée.

Un dossier détaillé actuellement en préparation, justifiant la nécessité d'introduire ce type d'équipement dans un cadre plus large, devrait permettre par mesure dérogatoire d'installer les S.A.L. à feux seuls à certains passages à niveau de la section de ligne considérée. Ainsi, les passages à niveau : 196, 199, 212, 213, 221, 228, 229, 230, 233, 235 seraient susceptibles d'être automatisés à l'aide de ce type d'équipement. La circulation routière journalière est en moyenne de 20 véhicules et au maximum de 40 véhicules. Ils sont gardés 1 poste.

Le bénéfice actualisé sur 20 ans pour ces 10 passages à niveau par rapport à la situation d'origine s'élève à 1.130.000 F (I = 10 %).

Le taux de rentabilité immédiat s'élève à 23 %.

$$\text{Le rapport } \frac{B}{I} \text{ est le suivant : } \frac{1.130.000}{690.000} = 1,64$$

Par rapport à la solution S.A.L. 2 le bénéfice actualisé est de 370.000 F.

Conclusion

Des économies appréciables offrant des possibilités d'investissement supplémentaires dans des secteurs plus productifs peuvent être apportées par une action déterminée en matière d'aménagement ou de suppression de passages à niveau.

Des exemples concrets ont permis de montrer les difficultés qui se posent et les différentes solutions qui peuvent être trouvées. Il importe que toutes les collectivités concernées par cet important problème, apportent leur concours dans la recherche des solutions et que celles-ci convergent dans l'intérêt de tous.

ANNEXE

A N N E X E

1. DEPENSES D'EXPLOITATION

CONDITIONS ECONOMIQUES AU 1.1.1970

a) **Frais de gardiennage** Source : S.N.C.F. – I.F.
Charges patronales normalisées

- P.N. gardé 3 postes : 83.000 francs/an
- P.N. gardé 2 postes : 50.000 francs/an
- P.N. gardé 1 poste : 16.000 francs/an

b) **Entretien**

Prix moyen valable sur la ligne RENNES – SAINT-BRIEUC

| ● P.N. gardés | | | Main-d'oeuvre | Matière |
|------------------------------|------------|------|---------------|---------|
| – Barrières et installations | 1.100 F/an | dont | 300 F | 800 F |
| – Bâtiment | 700 F/an | dont | 450 F | 250 F |
| – Chaussée + voie | 460 F/an | dont | 360 F | 100 F |
| ● S.A.L. feux seuls | | | | |
| – Installations | 1.600 F/an | dont | 800 F | 800 F |
| – Chaussée + voie | 460 F/an | dont | 360 F | 100 F |
| ● S.A.L. 2 | | | | |
| – Installations | 2.100 F/an | dont | 1.050 F | 1.050 F |
| – Chaussée + voie | 460 F/an | dont | 360 F | 100 F |
| ● S.A.L. 4 | | | | |
| – Installations | 3.300 F/an | dont | 1.650 F | 1.650 F |
| – Chaussée + voie | 460 F/an | dont | 360 F | 100 F |

c) **Coût des différentes installations**

Prix moyen valable sur ligne RENNES – SAINT-BRIEUC

| | |
|---|-----------|
| – S. A. L. feux seuls (avec feux blancs sans secours) | 69.000 F |
| – S. A. L. 2 | 110.000 F |
| – S. A. L. 4 (sauf : P.N. 192, 193 : 210.000 F) ... | 160.000 F |

d) Coût du mort, du blessé...

- source : Direction des Routes, valeur au 1.7.1969
- mort : 230.000 F
- blessé : 10.000 F
- coût matériel de l'accident corporel : 4.000 F
- coût de l'enfoncement de barrières : 2.000 F

2. PERTES DE TEMPS DE L'USAGER ROUTIER

a) Méthode de calcul

I. Données générales

N = nombre de trains/jour (retenir 25 % des trains irréguliers)

T = circulation routière/jour

V1 = vitesse moyenne habituellement pratiquée sur la route hors du passage à niveau

S = temps perdu au cours d'une manoeuvre d'arrêt et d'accélération

S' = temps perdu lors d'une manoeuvre de ralentissement et d'accélération.

II. Passages à niveau équipés de barrières

1) Pertes de temps journalières

a) Attente des véhicules arrêtés

- m1 = durée moyenne de fermeture du P.N. (en minutes)

- $\frac{m1}{2}$ = attente moyenne des véhicules (en minutes)

Nombre de véhicules arrêtés à chaque fermeture :

- $2n = \frac{T \times m1}{60 \times 24} = n$ véhicules arrêtés de chaque côté de la barrière

Perte de temps journalière par attente des véhicules arrêtés (en heures)

- $T1 = \frac{2n \times Nm1}{60 \times 24} = \frac{Tm2 N}{172.800} =$ Heures

b) Démarrage des véhicules arrêtés

- durée d'attente moyenne par véhicule (en secondes) (n-1) = perte de temps supplémentaire pour une file de n véhicules par suite de l'échelonnement des démarrages (2 secondes entre 2 démarrages) - remplacer (n-1) par 0 Si $n \leq 1$.

S + (n-1) = secondes

– démarrage des véhicules arrêtés (en heures)

$$T2 = \frac{N2n (S + (n-1))}{3600} = \text{Heures}$$

c) Ralentissement lors du franchissement du P.N. (barrières ouvertes) (en heures)

$$T3 = \frac{S'}{3600} (T-2 n N)$$

2) Pertes de temps annuelles

$$365 (T1 + T2 + T3) = \text{Heures}$$

b) Valeur du temps

Les valeurs horaires appliquées sont celles retenues par la Direction des Routes : 13 francs pour la voiture particulière, 23 francs pour le poids lourd (P.N. 215, 214). Certaines corrections de ces valeurs ont été apportées notamment en ce qui concerne les passages à niveau situés en agglomération.

En effet, les études de l'I.A.U.R.P. ont montré que l'on pouvait considérer des valeurs différentes pour les migrants (relation domicile-travail). Les valeurs retenues dans ce cas sont de 10 francs pour la voiture particulière et 23 francs pour le poids lourd (P.N. 192, 193, 194, 240).

En ce qui concerne les passages à niveau situés sur route départementale il a été choisi arbitrairement la valeur horaire de 8 francs pour tous les véhicules (P.N. 204, 205, 207, 208, 218, 219, 220, 237).

Les pertes de temps aux passages à niveau à circulation routière inférieure à 80 véhicules/jour n'ont pas été prises en compte.