

Auteur ou collectivité : Dautry
Auteur : Dautry
Titre : Cours de chemins de fer

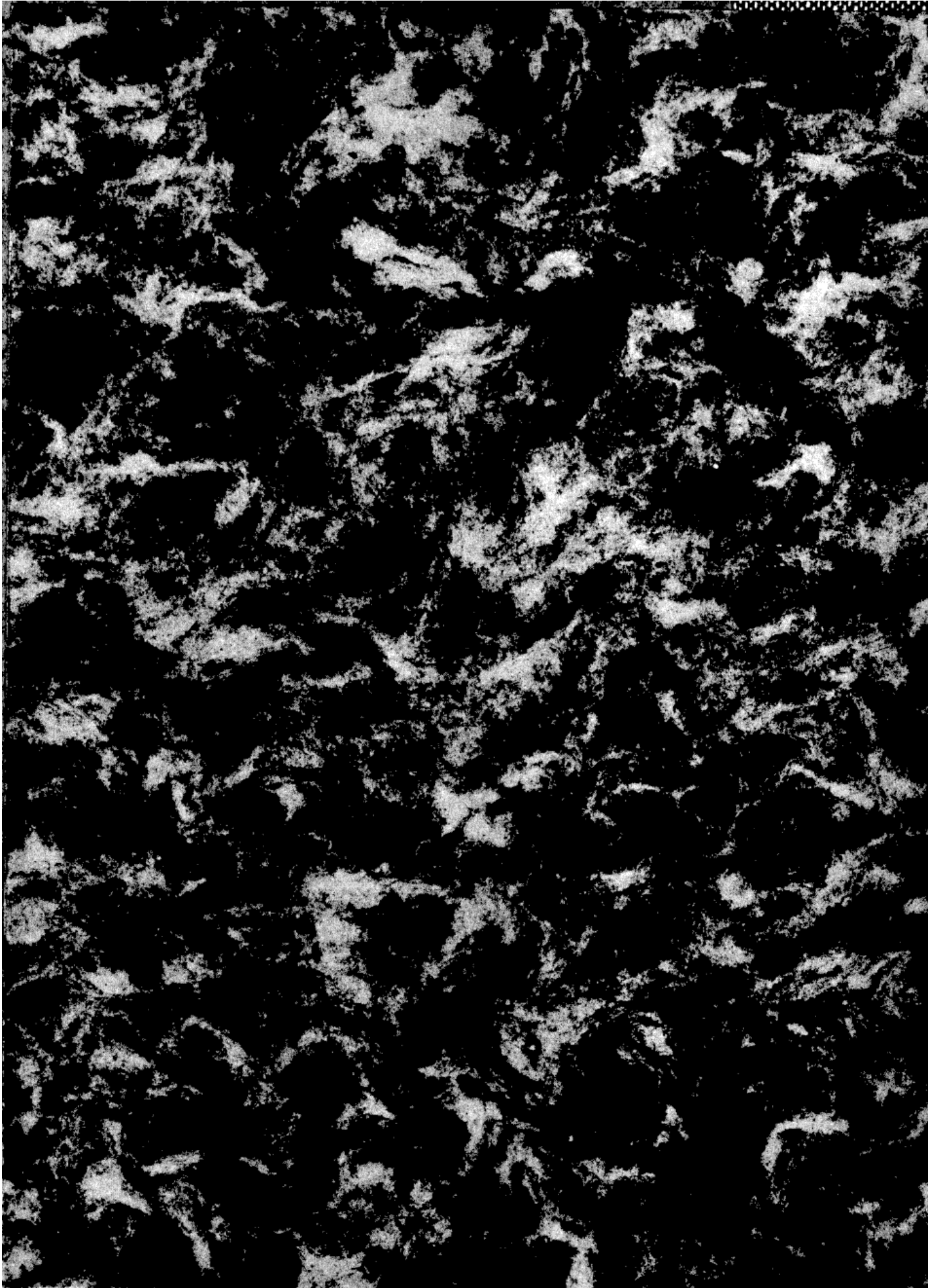
Auteur : Dautry
Titre du volume : 1re Partie. Etudes et travaux d'infrastructure

Adresse : Paris : Ecole spéciale des travaux publics, 1925
Collation : 126 p. : pl. depl. fig. ; 21 cm
Cote : CNAM-BIB 8 Le 413 (1)
Sujet(s) : Chemins de fer

Date de mise en ligne : 08/11/2016
Langue : Français

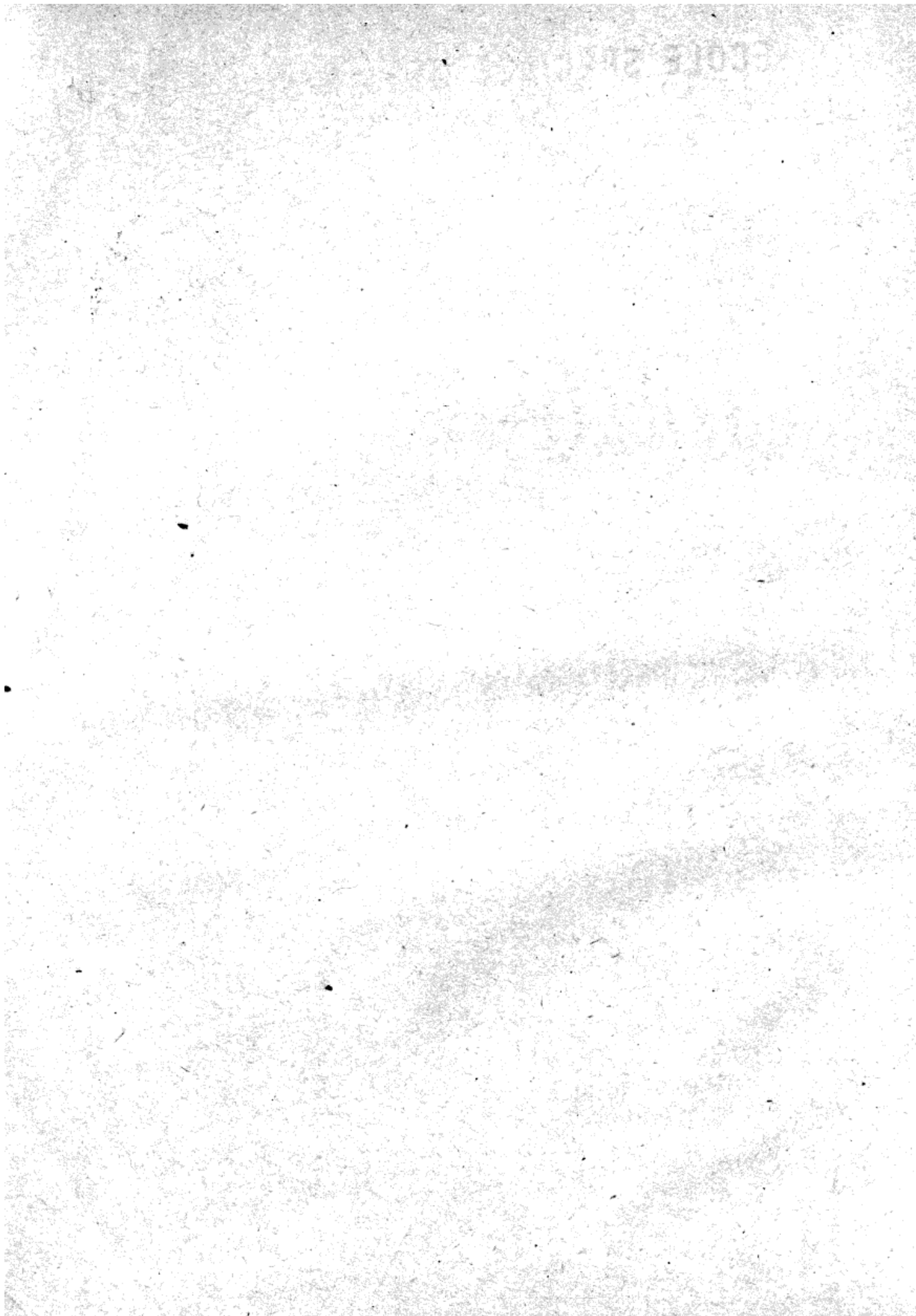
URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8LE413.1>







COURS
PAR
CHEMINS DE FER



8° Le. 413

ÉCOLE SPECIALE DES TRAVAUX PUBLICS

DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE

M. LEON EYROLLES, C. * (O I.), Ingénieur-Directeur

COURS

DE

CHEMINS DE FER

1^{re} Partie - Etudes et Travaux d'infrastructure

Professeurs : MM. DAUTRY, ancien élève de l'Ecole Polytechnique,
Ingénieur en Chef à la Compagnie du Nord.

GERVET, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur principal aux Chemins de fer de l'Etat.

MASSÉ, Inspecteur divisionnaire des services techniques de la voie à la Compagnie d'Orléans.

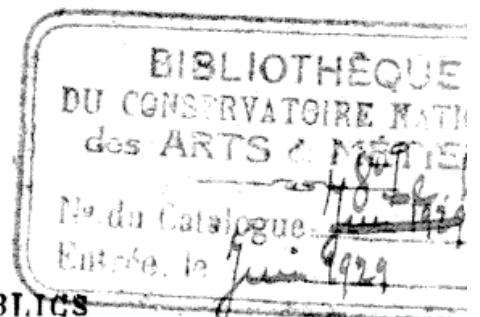
Douzième Édition

PARIS

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS
Rue Du Sommerard, Rue Thénard et Boulevard Saint-Germain

1925

PROPRIÉTÉ DU DIRECTEUR DE L'ÉCOLE
Tous droits réservés.



NOTA. — Tous les prix indiqués dans la présente édition sont ceux d'avant-guerre. Il convient donc de leur appliquer les majorations en usage au moment de la rédaction des projets que l'on aura à dresser.

COURS DE CHEMINS DE FER

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDES ET TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE

INTRODUCTION

Un chemin de fer est un instrument de transport puissant et rapide formé de la voie et du matériel roulant.

Pour remplir convenablement son rôle, une ligne de chemin de fer doit satisfaire aux conditions principales suivantes :

- 1° Donner toute garantie à la sécurité ;*
- 2° Permettre les agrandissements ultérieurs ;*
- 3° Etre établie économiquement.*

C'est la réalisation de ce programme que nous avons poursuivie en cherchant à présenter les méthodes les plus pratiques et les plus rationnelles adoptées aujourd'hui par la généralité des ingénieurs qui s'occupent des questions de chemins de fer.

ÉTUDES

Les études d'une ligne de chemin de fer peuvent se classer en deux parties distinctes : les études d'avant-projet et les études définitives.

Les études d'avant-projet sont celles qui précèdent la déclaration d'utilité publique, les études définitives sont celles qui précèdent immédiatement l'exécution des travaux.

Cette simple distinction fait comprendre que les premières sont beaucoup plus sommaires que les dernières.



CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

Les conditions d'établissement doivent évidemment varier avec la nature et l'importance des voies ferrées et le système de traction envisagé

Au point de vue légal les chemins de fer se divisent en France, en deux catégories principales :

- 1° Les chemins de fer d'intérêt général.
- 2° Les voies ferrées d'intérêt local.

Nous négligeons les chemins de fer industriels ou miniers qui ne comportent que fort rarement un service public.

On peut classer également les chemins de fer d'après la largeur normale de la voie entre bords intérieurs des rails.

Ces largeurs imposées en France sont :

- 1^m,44 pour les voies normales.
- 1^m,00 pour les voies métriques.
- 0^m,60 pour les voies étroites.

Enfin on peut prévoir pour l'exploitation d'un chemin de fer, la traction mécanique (traction à vapeur), la traction électrique ou à la fois ces deux systèmes de traction :

On ne peut étudier convenablement une ligne de chemin de fer qu'après s'être rendu compte :

- 1° Du trafic probable auquel elle sera appelée à faire face ;
- 2° Des conditions de tracé et de profil qui répondront à ce trafic ;
- 3° Des particularités relatives à la traction et à la circulation des trains.

Nous allons examiner successivement chacun de ces points.

§ 1^{er}. — ÉVALUATION DU TRAFIC PROBABLE.A). — *Lignes d'intérêt général.*

Trafic en général. — L'évaluation du trafic probable d'une ligne à construire sert à déterminer les conditions générales de son établissement (1).

On comprend en effet que ces conditions doivent varier du tout au tout suivant qu'il s'agit d'une ligne à grand trafic avec circulation de trains à marche rapide, ou d'une ligne à faible trafic destinée à donner passage à quelques trains seulement par jour. Dans ce dernier cas la question peut même se poser de savoir si la voie de la nouvelle ligne sera à grand ou à petit écartement.

L'évaluation du trafic probable doit tenir compte du *trafic local* et du *trafic de transit*.

L'appréciation du trafic local doit être basée sur l'étude des ressources agricoles, industrielles ou commerciales de la région à desservir et sur la comparaison avec les lignes similaires en cours d'exploitation.

Le trafic de transit doit être évalué chaque fois que la ligne projetée à voie large se soude, comme c'est le cas général, en un ou plusieurs de ses points, à des lignes existantes. De nouveaux courants commerciaux peuvent, en effet, s'établir du fait de la plus courte distance, ou par suite des facilités spéciales de transport que peut offrir la nouvelle ligne, mais il ne faut pas oublier, d'autre part, de tenir compte des diminutions de recette nette des lignes voisines par suite du détournement de trafic créé par la nouvelle ligne, notamment si cette dernière appartient au même réseau que les anciennes.

Il va sans dire que, si la nouvelle ligne est établie à voie étroite, tout trafic de transit lui échappe et il ne faut évaluer que le trafic local.

Dans la pratique, on se contente généralement de l'appréciation de ces deux éléments de trafic, local et transit. Si l'on se proposait d'évaluer d'une façon complète les avantages économiques d'une ligne de chemin de fer au point de vue de la richesse générale, il faudrait ajouter à la recette

(1) *La Revue générale des Chemins de Fer* a publié, il y a longtemps, des méthodes d'évaluations dues à M. Michel, d'une part, et à M. Baum, d'autre part, ainsi que de modifications apportées par M. Cossmann à la première. Ces méthodes qui ont une certaine analogie avec celle que nous exposons plus loin, sont basées sur des coefficients qui ne sont plus en rapport avec les conditions actuelles du trafic.

nette perçue par l'exploitation une série de produits indirects dont les principaux sont :

1° Les accroissements de recette nette des lignes auxquelles la nouvelle voie doit servir d'affluent qu'on peut évaluer approximativement au $\frac{1}{3}$ du produit direct de cette dernière sur une longueur moyenne totale de 40 à 50 kilomètres ;

2° Les bénéfices réalisés par le public sous forme d'économie et de rapidité dans les transports effectués (environ la moitié de la recette totale de transit).

3° Les économies réalisées par l'Etat dans les divers services publics (postes, militaires, etc...), qui usent des chemins de fer (2.500 francs environ par kilomètre et par an).

Mais ces considérations sont rarement en jeu dans l'évaluation du trafic probable parce qu'elles influent peu sur le rendement proprement dit de la ligne.

Trafic local. — Le trafic local à évaluer doit être subdivisé en trafic de grande vitesse et en trafic de petite vitesse.

Trafic de grande vitesse. — Le trafic de grande vitesse ou G. V. comprend les voyageurs, les messageries (1) et les accessoires (bagages, chiens, bestiaux, etc...). On a remarqué que le trafic voyageurs ou T_v seul formait généralement les $\frac{3}{4}$ du trafic de grande vitesse. Si donc on évalue le mouvement des voyageurs et la recette correspondante, il suffira de majorer ensuite ce résultat de $\frac{1}{3}$ pour avoir la recette totale de grande vitesse, car si $T_v = \frac{3}{4} G. V.$ il s'ensuit que $G. V. = \frac{4}{3} T_v.$

Le trafic des voyageurs se déduit du chiffre de la population des localités à desservir en comptant sur une zone de cinq à six kilomètres de part et d'autre de la ligne projetée (2) et sur un nombre de voyages par habitant variant de 8 à 10 par an, soit environ 5 allers et 5 retours, parmi lesquels les $\frac{4}{5}$ environ se font en 3^e classe. Quant à la longueur kilométrique moyenne de ces voyages, elle dépend surtout des habitudes locales et de la proximité des villes ou des lieux de foires et marchés. Le maximum des parcours se trouve aux abords de grands centres où il peut y avoir un

(1) On appelle « messageries » les marchandises et colis confiés à la grande vitesse,

(2) On prend ordinairement la totalité des habitants de la commune directement desservie les $\frac{2}{3}$ des habitants des communes situées dans un rayon de 1 à 3 kilomètres et la moitié des habitants des communes situées dans un rayon de 3 à 6 kilomètres.

service de banlieue important. Ainsi en consultant la statistique des chemins de fer français publiée par le Ministre des Travaux Publics, on trouve que le parcours moyen des voyageurs a été dans ces dernières années :

Sur le réseau de l'État, (ancien Réseau), de	42 ^k 500 à 43 ^k 000
— du Nord, de	26 355 à 26 820
— de l'Est, de	28 230 à
— de l'Etat (Ouest), de	24 800 à 25 000 (1)
— de l'Orléans, de	49 900 à 51 000
— du Midi, de	50 600 à 52 200
— du P. L. M., de	50 000 à 51 000

On voit que les Compagnies du Nord, de l'Est et de l'Ouest, qui ont un service important de banlieue sont celles qui ont le minimum de parcours par voyageur, tandis que le Midi, l'Orléans, le P. L. M et l'Etat qui ont peu de service de banlieue atteignent le chiffre le plus élevé.

Sur la petite ceinture de Paris le parcours se tient entre 6 et 7 kilomètres.

Sur les lignes à voie étroite que desservent les intérêts essentiellement locaux, la longueur du parcours par voyageur est également faible et dépend aussi de la proximité des villes desservies.

Pour obtenir d'une façon aussi approximative que possible l'importance du trafic grande vitesse d'une ligne projetée, il faut rapporter à chaque station le chiffre total des voyageurs appelés à s'en servir d'après les règles données à la page précédente et déterminer ensuite le centre de gravité général des populations desservies par l'ensemble des stations de la nouvelle ligne. On en déduit, par rapport aux extrémités de la nouvelle artère, la longueur moyenne des voyages à accomplir dans chaque sens, en laissant de côté les voyages à long parcours en dehors de la nouvelle ligne, qui composent les voyages de gare à gare de cette même ligne.

Le nombre total des voyages étant égal au nombre cumulé des voyageurs de toutes les stations nouvelles, multiplié par 10 (5 allers et 5 retours), on décompose ce nombre de voyages en deux groupes proportionnels à l'influence des localités les plus importantes, voisines des extrémités de la ligne agissant comme centres d'attraction.

On n'a plus qu'à appliquer à chacun de ces deux groupes les distances

(1) Le parcours moyen pour les grandes lignes s'élève à 47 k., tandis qu'il s'abaisse à 9^k,4 pour la banlieue.

données par la position du centre de gravité général pour avoir les parcours kilométriques accomplis dans chaque sens.

Le prix moyen kilométrique peut, à moins de circonstances spéciales, être fixé à 0 fr.05 en tenant compte d'une part des réductions de taxe résultant de la délivrance des billets d'aller et retour, ainsi que de certaines faveurs accordées à diverses catégories de voyageurs, et, d'autre part, de l'accroissement de recette dû à l'usage des premières et des deuxièmes classes. Il est dès lors facile d'établir la recette « Voyageurs » qui majorée de $\frac{1}{3}$ comme il est dit plus haut, donnera la recette totale « Grande Vitesse » de la ligne.

Ces évaluations ne sont évidemment qu'approximatives. Aussi est-il utile de contrôler les résultats obtenus en les comparant avec ceux donnés par des lignes déjà en exploitation, d'une importance similaire et établie dans des conditions identiques. Cette comparaison est facile à faire en consultant les registres de statistique tenus dans les gares et stations ouvertes au trafic.

Trafic de petite vitesse. — L'évaluation du trafic de petite vitesse ou PV est plus difficile à établir que celle du trafic de grande vitesse. Pour l'obtenir directement, il faudrait parcourir la région à desservir par la nouvelle ligne, observer son genre de culture, évaluer le tonnage des engrais chimiques qui peuvent y être employés et qui atteint dans certains pays un chiffre élevé ; apprécier l'importance de l'expédition des récoltes, ainsi que celle des bestiaux, si l'on est dans un pays d'élevage ; se renseigner sur le mode d'exploitation des forêts et carrières de la région, et s'assurer de la direction des transports des bois ou des pierres. S'il existait des usines, il faudrait les visiter, et s'efforcer de déterminer le tonnage des combustibles ou des matières premières qu'elles reçoivent ainsi que l'importance des produits ouvrés qu'elles expédient, etc., etc.... Dans toutes ces évaluations, il faut tenir compte des extensions possibles résultant des plus grandes facilités pouvant être données aux transports par l'usage de la voie ferrée, mais en se méfiant de l'exagération des intéressés. D'autre part, il faudrait se renseigner auprès des entrepreneurs de camionnage ou des batelleries, s'il en existait dans la région, et évaluer le tonnage des marchandises qui leur sont confiées et pour lesquelles il peut y avoir intérêt à accélérer le transport en le confiant au chemin de fer.

Mais il y a un moyen plus simple d'arriver à la détermination du trafic de la petite vitesse, en l'établissant proportionnellement au trafic

de grande vitesse. Il faut pour cela chercher le coefficient à appliquer à ce dernier trafic.

Or, en consultant les renseignements statistiques du Ministère des Travaux Publics, on trouve que, pour les sept grands réseaux, le rapport des recettes de petite vitesse aux recettes de grande vitesse est approximativement le suivant :

$$\begin{aligned} \text{Etat (ancien Réseau)} & \frac{111}{100}, \text{ — Nord } \frac{136}{100}, \text{ — Est } \frac{168}{100}, \text{ —} \\ \text{Etat (Ouest)} & \frac{84}{100}, \text{ — Orléans } \frac{115}{100}, \text{ — Midi } \frac{133}{100}, \text{ — P. L. M. } \frac{123}{100}. \end{aligned}$$

On peut déduire en ces chiffres qu'en général, le trafic de petite vitesse dépasse de $\frac{1}{3}$ environ de celui de grande vitesse, sauf dans les régions purement agricoles, comme dans l'Ouest où le trafic grande vitesse l'emporte sur celui de la petite vitesse.

La conclusion à tirer de cette simple constatation, au point de vue qui nous occupe, c'est que, pour l'ensemble d'un réseau, l'évaluation du trafic petite vitesse par rapport au trafic de grande vitesse peut s'obtenir en appliquant suivant le caractère du trafic de la région desservie un coefficient variant de 0,8 à 1,3. Mais ces résultats sont généraux et il faut rechercher les circonstances locales quand il s'agit d'une ligne régionale de faible longueur. Le moyen le plus exact consiste à déterminer ce coefficient en consultant les renseignements publiés par chaque Compagnie et donnant par ligne et par gare les recettes grande vitesse et petite vitesse.

On obtient ainsi un coefficient d'une approximation très suffisante pour déterminer le trafic petite vitesse, quand il n'y a pas d'industries importantes dans la région. Dans ce dernier cas, il faudrait ajouter une somme complémentaire pour tenir compte de l'accroissement du trafic petite vitesse dû à cette cause.

Trafic de transit. — L'évaluation du trafic de transit d'une ligne projetée, se rattachant à d'autres lignes existantes, exige une grande attention, car elle dépend à la fois des conditions d'établissement de la nouvelle ligne comparées à celles des lignes voisines et de la direction générale des transports.

Il est évident que, si la nouvelle ligne est établie économiquement avec de fortes rampes et de petits rayons, les vitesses des trains y seront réduites, de sorte que, même en présentant un raccourci kilométrique par rapport aux lignes voisines, il peut y avoir intérêt pour les voyageurs à

suivre les anciennes lignes où les vitesses des trains seront plus accélérées de sorte qu'une grande partie du transit voyageurs lui échappera.

De même pour le transit marchandises, les difficultés de traction peuvent être telles que, l'exploitant tout en ne percevant que le prix correspondant à l'itinéraire réduit qu'offre la nouvelle ligne pour certaines expéditions trouve moins onéreux d'adopter un itinéraire allongé en suivant les anciennes lignes et, dans ce cas encore, une partie du transit marchandises échappe à la nouvelle ligne. C'est une question d'espèce à étudier dans chaque cas.

D'autre part, en admettant que les transports par la nouvelle ligne puissent être plus rapides et moins coûteux que par les anciennes voies - il ne faut pas oublier que ces dernières perdront en recettes une bonne partie de ce que la nouvelle gagnera, de sorte que, s'il s'agit de lignes d'un même réseau, il n'y aura, en définitive, bénéfice qu'autant que les nouvelles facilités mises à la disposition du public auront pour effet d'accroître le trafic total du réseau dans une proportion suffisante pour couvrir l'intérêt et l'amortissement du capital engagé, dans la construction de la nouvelle ligne ainsi que ses dépenses d'exploitation.

On voit combien il importe d'agir avec la plus grande prudence dans ce genre d'évaluations, si l'on veut éviter de graves mécomptes.

B. — *Voies ferrées d'Intérêt local.*

Evaluation du trafic. — L'évaluation de la recette brute probable (trafic GV et PV), quoique basée aussi sur le chiffre de la population diffère de celle qui a été exposée pour la voie normale.

Le nombre de voyageurs formant la base du calcul s'apprécie comme suit :

On trace parallèlement à la ligne projetée une zone d'attraction de 5 kilomètres de part et d'autre de l'axe ; mais comme cette voie nouvelle est située en général à proximité d'autres voies ferrées, on trace également pour ces dernières une zone d'attraction semblable. Il peut arriver que ces zones : celles du chemin de fer d'intérêt local et celles des voies ferrées préexistantes se pénètrent.

Ceci établi, on prend d'abord *tous les habitants* des communes desservies se trouvant dans la zone d'attraction de la nouvelle ligne et non touchées par les zones semblables des autres artères (1^{re} zone) ; ensuite une partie seulement des habitants de chacune des autres communes existant dans le cercle d'attraction de la ligne projetée et figurant égale-

ment dans les cercles d'influence des autres lignes (2^e zone). La détermination de cette partie des habitants de la 2^e zone est assez délicate et demande une étude sérieuse de la carte et des localités. Le coefficient de proportionnalité à appliquer à chaque commune varie suivant la longueur des communications terrestres, les difficultés que les voyageurs éprouvent à se rendre à la station nouvelle et du sens de leur voyage.

Un des procédés empiriques que l'on peut employer pour faire l'évaluation des voyageurs de cette zone consiste à diviser le nombre d'habitants de la commune envisagée en parties inversement proportionnelles à la surface de la zone de pénétration et à celle correspondante de la zone d'attraction de la nouvelle ligne ; c'est-à-dire, si la zone de pénétration est la $\frac{1}{2}$, le $\frac{1}{3}$ ou le $\frac{1}{4}$ de la zone d'attraction, partie comprise entre la ligne nouvelle et celle en exploitation, le nombre de voyageurs à compter sera la $\frac{1}{2}$, le $\frac{1}{3}$ ou le $\frac{1}{4}$ du nombre d'habitants de la commune. Mais nous ne saurions trop le dire, ces résultats peuvent être complètement modifiés par les circonstances locales.

En totalisant le nombre de voyageurs de la 2^e zone et celui de la 1^{re}, on obtient le nombre total des voyageurs pour l'ensemble de ligne. On le divise par la longueur du tracé, ce qui donne le nombre de voyageurs par kilomètre. Il n'y a plus pour obtenir la recette brute kilométrique qu'à appliquer à ce résultat un coefficient « argent ».

D'après M. l'Ingénieur en chef Baum ce coefficient qui contient en entier les recettes G. V. et P. V. peut être évalué à 10 fr., impôts non compris par voyageur.

D'après M. l'Ingénieur en chef Lasne ce coefficient s'élève seulement à 7 fr. 57.

Enfin on peut obtenir la recette brute kilométrique en appliquant la méthode de M. l'Ingénieur en chef Michel. Elle consiste à prendre pour base du trafic seulement *la population directement desservie* par l'ensemble de la ligne, abstraction faite des localités ayant moins de 1000 habitants et à multiplier ce nombre par 0 fr. 60.

§ 2. — CONDITIONS GÉNÉRALES D'ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE EN PLAN ET EN PROFIL.

Nous avons dit que l'étude du trafic probable devrait servir à déterminer les conditions générales d'établissement de la ligne à construire. Nous avons maintenant à rechercher quelles sont ces conditions.

Lignes à voie normale. — Si la ligne nouvelle est appelée à assurer un trafic important, soit au local, soit en transit, en raccourcissant les distances entre des centres importants de population, et si elle doit, par suite, livrer passage à des trains de voyageurs à marche rapide et à des trains de marchandises lourdement chargés, il faut l'établir dans des conditions de plans et de profil tout autres que s'il s'agissait d'une ligne n'ayant à assurer surtout qu'un faible trafic local.

Pour des lignes de cette dernière catégorie, on admet que les rayons des courbes peuvent descendre sans inconvénient jusqu'à 300 et même 250 et 200 mètres. Si même on adoptait un matériel à bogies qui s'inscrit beaucoup plus facilement dans les courbes, on pourrait encore descendre notablement au-dessous de cette limite.

Pour une ligne à trafic important, il faut, au contraire, adopter les plus grands rayons possibles en ne descendant jamais au-dessous de 500 mètres. Encore faut-il proscrire ce minimum dans les fortes déclivités ou à la traversée des souterrains, en raison de l'humidité qui règne dans ces derniers, et diminue notablement l'adhérence des roues motrices des locomotives.

En ce qui concerne les déclivités, on peut aller jusqu'à 25 ou 30 millimètres par mètre pour les lignes tout à fait secondaires, tandis qu'il y a le plus grand intérêt à n'avoir que des rampes très adoucies dont le maximum exceptionnel ne devrait jamais dépasser 10 millimètres par mètre sur une ligne appelée à donner passage aux express.

Lignes à voie étroite. — Si, au lieu d'une ligne à voie normale, on était conduit à projeter une ligne à voie étroite, on aurait encore à apprécier s'il convient d'adopter la voie de 1^m, ou celle de 0^m,60 et s'il y a lieu de se placer sous le régime des voies ferrées d'intérêt local de rendre la ligne complètement indépendante des voies de communication existantes ou de l'établir sur l'accotement des routes et chemins. Dans tous les cas, il faudrait alors renoncer au trafic de transit et sacrifier ainsi l'avenir de la nouvelle ligne.

Avec la voie de un mètre, le rayon des courbes peut descendre sans inconvénient à 100 mètres et exceptionnellement à 75 mètres. Avec la voie de 0^m,60 les rayons peuvent être réduits à 50 mètres et même 30 mètres, mais cette dernière voie se prête mal à l'établissement du matériel roulant, notamment pour le transport des bestiaux.

On peut aussi, dans ces deux cas, augmenter un peu, mais pas dans la même proportion, le maximum des déclivités qui ne doit pas dépasser

0^m,040 si l'on veut pouvoir remorquer des trains d'un certain tonnage avec des locomotives qui ne peuvent développer qu'un effort de traction restreint.

L'adoption de la voie étroite favorise surtout l'établissement du tracé en permettant de suivre de plus près la configuration du terrain et de réduire, par suite, l'importance des terrassements à effectuer.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que la question de l'adoption de la voie de 0^m,60 ne peut se poser que dans des cas tout à fait exceptionnels et pour les lignes courtes destinées surtout au service des voyageurs. Dans ces conditions, ces lignes devraient être plutôt classées dans la catégorie des voies ferrées d'intérêt local.

Ce n'est donc en réalité qu'entre la voie de 1^m,44 et celle de 1 mètre que le choix devra se faire pour l'établissement d'une ligne de chemin de fer (1). Nous ajouterons encore que, dans le cas où la nouvelle ligne serait appelée exceptionnellement à desservir des centres d'agglomération importants, il pourrait y avoir lieu, en raison de la difficulté des acquisitions de terrains à l'intérieur des villes, de la prévoir souterraine, et dans ce cas, il faudrait envisager l'éventualité de la traction électrique qui a déjà reçu de nombreuses applications et dont l'usage tend à se développer de plus en plus. Il faudrait alors choisir entre l'emploi du courant continu ou du courant alternatif, du trolley aérien ou du troisième rail, mais cette question sort du cadre que nous nous sommes tracé et nous ne la citerons qu'à titre de memento.

Mais quel que soit le type de voie adopté, il est toujours utile de se rendre compte des conditions auxquelles une ligne doit satisfaire pour favoriser autant que possible la traction des trains, et nous croyons nécessaire de donner quelques indications à ce sujet, avant d'aborder le détail des études d'une ligne de chemin de fer.

§ 3 — NOTIONS SUR LA TRACTION DES TRAINS.

A. — *Traction à vapeur.*

Adhérence. — Une locomotive pour se mouvoir prend son point d'appui sur le rail et il faut, pour qu'il y ait mouvement, c'est-à dire pour

(1) Une circulaire du Ministre des Travaux Publics, en date du 12 janvier 1888, a décidé que la largeur de la voie, pour les lignes d'intérêt local et les tramways à vapeur, serait uniformément fixée à 1^m00, sauf exception dûment justifiée.

que les roues motrices roulent sur le rail sans glisser ou patiner que l'effort tangentiel exercé par le moteur à la jante des roues soit inférieur à la valeur du frottement de glissement sur le rail appelés ordinairement *adhérence*.

L'adhérence varie selon l'état du rail. Elle peut atteindre $1/4$ de la partie du poids de la locomotive qui porte sur les *roues motrices* lorsque le rail est très sec ou très mouillé et elle descend à $1/9$ ou $1/10$ lorsque le rail est seulement humide ou qu'il est recouvert de matières grasses ou de feuilles mortes. Dans des conditions moyennes, on peut l'évaluer à $1/6$ ou $1/7$, soit à 0,14 de la charge portée par chaque *roue motrice*. On peut augmenter momentanément l'adhérence en répandant sur les rails en avant des roues motrices, soit à l'aide d'une vis sans fin mue à la main, soit au moyen d'un jet de vapeur, du sable très sec ou de l'eau qui s'oppose au panitage ; mais il ne faut compter sur ces moyens qu'à titre exceptionnel, pour faciliter les démarrages, ou pour franchir des points difficiles du tracé, courbes raides coïncidant avec de fortes rampes, passages de certains souterrains ou de tranchées humides, etc.

L'effort utile d'une locomotive est donc limité par l'adhérence qui est elle-même fonction de la charge sur les essieux moteurs. Il est par suite nécessaire d'augmenter le plus possible cette charge. On ne dépasse pas 18 T environ par essieu pour ne pas fatiguer la voie ou les ouvrages d'art et pour augmenter pratiquement l'adhérence d'une locomotive, on est conduit à accoupler à l'aide de bielles, et de manivelles deux ou plusieurs roues de même diamètre, montées sur des essieux voisins, qui dans certains cas portent tout le poids de la machine et des approvisionnements : machines-tenders à tous essieux accouplés.

D'autre part, l'effort moteur doit être d'autant plus grand que les résistances à vaincre sont elles-mêmes plus considérables. Celles-ci résident dans le mécanisme même de la locomotive, dans le frottement de roulement ou de glissement des bandages et des boudins des roues des véhicules, le frottement des essieux dans les boîtes à graisses, le déplacement de l'air pendant la marche et dans les conditions spéciales du tracé et du profil de la ligne le tout en rapport avec la charge à remorquer et la vitesse qu'on veut réaliser.

Ily a là des éléments complexes qui font du problème de la traction une question des plus délicates. Nous n'en parlerons ici qu'au point de vue pratique, et nous nous efforcerons de donner un moyen simple pour arriver à la détermination du poids utile pouvant être remorqué sur une ligne donnée à une vitesse donnée.

Nous avons à considérer pour cela :

- 1° La constitution du matériel roulant ;
- 2° La résistance propre des machines locomotives ;
- 3° L'effort de traction qu'elles peuvent développer ;
- 4° La résistance au roulement du train seul ;
- 5° La résistance due aux courbes ;
- 6° La résistance due aux déclivités.

Nous déduirons ensuite de ces éléments le calcul des charges remorquées.

1° *Constitution du matériel roulant.* — Le matériel roulant des chemins de fer présente cette particularité que les roues sont munies à l'intérieur de la voie, d'un mentonnet ou boudin, qu'elles sont calées sur leur essieu et que le parallélisme des essieux d'un même véhicule est inva-

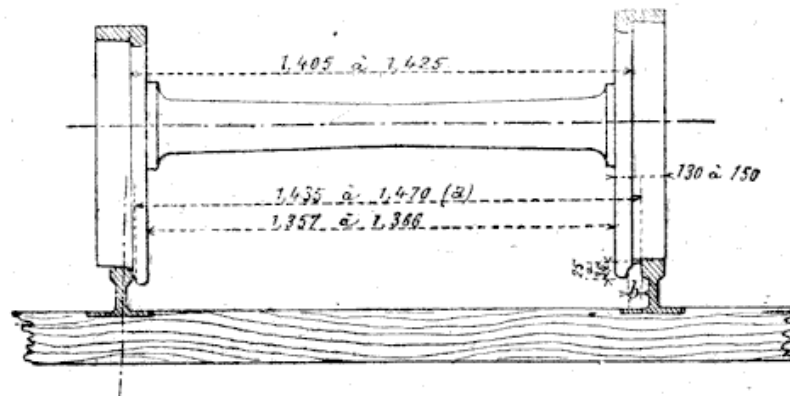


FIG. 1.

(a) Y compris le surécartement.

(b) Jeux des boudins mesuré d'après le déplacement de l'essieu, l'écartement de la voie étant supposé de $1,440 = 15$ à 35‰ .

riable, sauf un jeu de quelques millimètres (environ 0,005 de chaque côté), laissé entre les plaques de garde et la boîte à huile.

Il résulte de cette disposition que, dans une courbe, les deux roues d'un même essieu, ayant même diamètre, doivent néanmoins effectuer des parcours différents, puisque le rail de la courbe extérieure a un développement légèrement supérieur à celui de la courbe intérieure et cette différence de parcours doit être rachetée par un glissement de la roue extérieure sur le rail qui entraîne à son tour un surcroît d'effort de traction.

D'autre part le parallélisme des essieux d'un même véhicule s'oppose à ce que ces essieux prennent la position qu'ils devraient occuper dans les

courbes de faible rayon et qui serait celle de deux lignes convergeant au centre de ces courbes. Pour que le véhicule puisse néanmoins s'inscrire dans la voie sans que le frottement du boudin de la roue extérieure contre le rail soit trop grand, il faut que la voie présente un certain jeu dans son écartement et que la courbe dans l'élément correspondant à l'empallement des véhicules ne diffère pas trop de la ligne droite, puisque c'est à celle-ci que convient la disposition parallèle des essieux.

Il convient d'ailleurs de signaler ici que pour donner plus de stabilité aux véhicules sur la voie, on donne au bandage des roues, au lieu d'une forme cylindrique, une forme tronconique avec inclinaison du profil vers l'axe de la voie. En même temps, on incline les rails de $1/20$ vers ce même axe pour correspondre à la conicité du bandage. De cette façon le véhicule tend toujours à se remettre dans l'axe de la voie. Il en résulte aussi que, dans les courbes, en raison du jeu laissé dans l'écartement de la voie, la force centrifuge rejetant le véhicule vers l'extérieur de la courbe, la roue extérieure roule sur une circonférence moyenne d'un rayon un peu plus grand que la roue intérieure et atténue ainsi la différence de parcours signalée plus haut entre les deux roues. Il est facile de démontrer que cette différence serait exactement rachetée dans une courbe de 500 mètres de rayon :

Appelons J le jeu de la voie, ρ le rayon de courbure de l'axe, α l'angle de conicité représenté par sa tangente $1/20$, r le rayon moyen de la roue.

Le boudin s'appliquant contre le rail, le véhicule éprouve un déplacement $\frac{J}{2}$ par rapport à sa position moyenne. Le bandage éprouve le même déplacement, le centre de la roue se relève de $\frac{\alpha J}{2}$ par suite de la conicité et son rayon de roulement s'augmente d'autant, il devient $r + \frac{\alpha J}{2}$. Du côté intérieur c'est l'inverse, on a : $r - \frac{\alpha J}{2}$.

Pour que tout glissement disparaisse sur le rail de la part de la roue extérieure, il faut que ces deux rayons soient dans le même rapport que les chemins à parcourir. Or, les chemins à parcourir sont dans le rapport des rayons des rails extérieur et intérieur, c'est-à-dire comme : $\rho + \frac{e}{2}$ et $\rho - \frac{e}{2}$, e étant l'écartement de la voie d'axe en axe.

On a donc l'équation :

$$\frac{\rho + \frac{e}{2}}{\rho - \frac{e}{2}} = \frac{r + \frac{\alpha J}{2}}{r - \frac{\alpha J}{2}}$$

et, en effectuant :

$$\rho = \frac{er}{\alpha J}$$

Si $e = 1,50$, $r = 0,50$, $\alpha = \frac{1}{20}$, $J = 0,03$, on a :

$$\rho = \frac{15}{0,03} = 500^m.$$

Mais cela ne suffit pas. Lorsqu'un train entre dans une courbe, il se produit nécessairement un choc contre le rail extérieur, au moment où les essieux sont obligés de changer de direction. Le boudin extérieur des roues tend alors à cisailer le rail qui subit de ce fait un effort latéral exceptionnel, et l'effet peut être tel que les attaches du rail sur les traverses soient ébranlées et que la courbe soit déformée. On cherche à remédier à ces inconvénients en donnant à la voie du *dévers*, c'est-à-dire une inclinaison transversale vers le centre de la courbe. Le dévers, en rejetant vers le rail intérieur le centre de gravité des véhicules, combat l'action de la force centrifuge développée par la marche circulaire, et comme cette force est fonction à la fois de la vitesse et de la masse des trains, le dévers doit être proportionnel à la vitesse de ceux-ci. Toutefois comme il existe un très grand écart dans la vitesse des trains de voyageurs à marche rapide et des trains de marchandises circulant sur une même ligne, on ne peut qu'atténuer, dans une limite compatible avec la sécurité, l'effet de la force centrifuge développée par les premiers, attendu que, si on donnait au dévers une valeur correspondante à la vitesse maximum, il en résulterait que, pour les trains de marchandises à marche lente, le déplacement excessif du centre de gravité vers l'intérieur de la courbe produirait sur le rail intérieur l'effet qu'on veut éviter sur le rail extérieur.

Dans la pratique, on est donc amené à adopter dans le calcul du dévers une vitesse moyenne intermédiaire entre celle des trains de voyageurs et celles des trains de marchandises. La formule la plus simple que nous connaissions est $S = \frac{3V}{4R}$, dans laquelle S est le surhaussement du rail extérieur en mètres, V la vitesse moyenne en kilomètres et R le rayon de la

courbe en mètres. On commence en général par établir le dévers dans l'alignement qui précède la courbe, de manière qu'à l'origine de l'arc circulaire le dévers ait au moins la moitié de sa valeur maximum.

On emploie aussi, pour atténuer l'effet de la force centrifuge, les raccordements paraboliques des arcs de cercle et des alignements droits. Dans ce système les courbes circulaires, au lieu d'être tangentes aux alignements qui leur sont contigus, sont reportées vers le centre d'une quantité d'autant plus grande que leur rayon est plus petit ; le raccordement se fait alors au moyen d'un arc parabolique dont la longueur varie également avec le rayon de l'arc de cercle ; dans ce cas, le dévers commence à l'origine du raccordement.

Nous reparlerons du dévers et des raccordements en plan et en profil d'une manière plus détaillée quand nous traiterons de la pose de la voie.

2° *Résistance propre des machines-locomotives.* — En ce qui concerne la résistance propre des machines et tenders, il résulte des expériences faites par M. Desdouits, ancien Ingénieur en chef de la Traction des Chemins de fer de l'Etat, que la résistance des machines et tenders des trains de voyageurs peut s'exprimer par la formule :

$$R = 1^k + 0,17 V,$$

R étant la résistance en kilogrammes par tonne du poids total (machine et tender) ;

V la vitesse en kilomètres à l'heure.

Pour les machines à marchandises, la résistance augmente en raison du plus petit diamètre des roues et devient

$$R = 3^k + 0,17 V,$$

Cette dernière formule s'applique aussi aux locomotives des lignes à voie étroite.

3° *Effort de traction des machines.* — Il existe diverses formules donnant l'effort de traction d'une locomotive par rapport aux dimensions principales du mécanisme et à la pression de la vapeur dans les cylindres (1), mais

(1) La plus connue est $F = \frac{pa^2l}{D}$ dont la démonstration est donnée dans le cours du matériel roulant, et dans laquelle F est l'effort maximum théorique agissant tan-

on peut calculer plus simplement cet effort, au moins approximativement en le déduisant de la puissance de la locomotive en chevaux-vapeur et de la vitesse qu'on veut atteindre.

La puissance en chevaux-vapeur s'obtient par la formule suivante, établie récemment à la suite d'une conférence entre les ingénieurs en chef de la Traction des sept grands réseaux français.

$$T = K \sqrt{GC_r P}$$

dans laquelle K est un coefficient, variable de 18 à 22, dépendant du type de la machine (on peut admettre 20 en moyenne) ;

G est la surface de grille en mètres carrés ;

C_r est la surface de chauffe réduite, obtenue en ajoutant à la surface de chauffe du foyer, le 1/3 de celles des tubes ;

P la pression marquée par le timbre de la chaudière.

Quand on a la puissance en chevaux-vapeur, on la transforme en kilogrammètres en la multipliant par 75 qui est la valeur d'un cheval-vapeur et, en divisant le produit par la vitesse en mètres à la seconde que l'on veut atteindre, on obtient l'effort de traction :

$$F = \frac{T \times 75}{v}$$

4° *Résistance au roulement du train seul.* — Il résulte des expériences nombreuses et relativement récentes faites par M. Desdouits qu'on peut évaluer d'une façon suffisamment approchée la résistance d'un train en palier, non compris celle de la machine et du tender, en employant les deux formules suivantes :

$$\text{Jusqu'à 60 kilom. environ} \quad R = 1^{\text{k}}50 + 0,0007 V^2$$

$$\text{Au-delà de 60 kilom. environ} \quad R = 1^{\text{k}}50 + 0,04 V,$$

dans lesquelles V est la vitesse exprimée en kilomètres à l'heure, et R la résistance en kilogrammes par tonne.

Ces deux formules se raccordent exactement à la vitesse de 57 kilo-

giciellement aux roues motrices, effort dont on ne prend dans la pratique que les 65/100 pour tenir compte des frottements du mécanisme ;

p la pression en kilogrammes par centimètre carré de la vapeur sur le piston ;

d le diamètre intérieur en centimètres du cylindre dans lequel se meut le piston ;

l la longueur de la course du piston, en mètres à compter quatre fois pour un tour de roue ;

D le diamètre des roues motrices en mètres.

mètres et sont indépendantes de la composition du train. Elles ne s'appliquent qu'au matériel ordinaire. Avec les grandes voitures à bogies, la résistance est moindre et la différence augmente avec la vitesse.

Ces formules s'appliquent d'ailleurs aussi bien à la voie étroite qu'à la voie normale.

5° *Résistance due aux courbes.* — En ce qui concerne la résistance des courbes à la traction, il existe diverses formules qui en donnent la valeur approchée. — D'après les expériences de M. Desdouits, l'accroissement de résistance dû aux courbes est en rapport avec le rayon et la largeur de la voie et a pour valeur pratique.

$$S = \frac{500l}{R}$$

dans laquelle S est l'accroissement de résistance exprimée en kilogrammes par tonne du poids total du train, l la largeur de la voie et R le rayon de la courbe exprimé en mètres.

A la Compagnie P. L. M., on admet la formule suivante pour la voie normale $S = \frac{1125 + 25n}{2R}$ dans laquelle on introduit le nombre des véhicules représentés par n .

Ces deux formules donnent des résultats presque équivalents : pour les trains de voyageurs ils seraient même identiques en faisant $n = 15$.

Dans les calculs qui vont suivre nous adopterons celle de M. Desdouits parce qu'elle est plus générale et donne une approximation suffisante.

6° *Résistance due aux déclivités.* — Il est généralement admis qu'en rampe l'accroissement de résistance du train, dû à la pesanteur, est proportionnel à la déclivité, et a pour valeur pratique un kilog par tonne et par millimètre de déclivité.

Calcul des charges remorquées. Avec les éléments qui précèdent, nous pouvons maintenant nous proposer de calculer les charges qu'une locomotive donnée peut remorquer sur une ligne dont on connaît le tracé et le profil en long. On pourrait aussi se proposer de déterminer la force de la locomotive pour remorquer une charge donnée. Nous donnerons à titre d'exemple la solution du premier de ces problèmes dont le second n'est que le corollaire.

Supposons qu'il s'agisse d'une ligne à rampes de 15 millimètres avec

rayon minimum de 300 mètres sur laquelle on veut faire circuler un train de voyageurs marchant à 50 kilomètres à l'heure. Nous supposons aussi que la rampe maximum existe dans une courbe de 300 mètres de rayon afin de réunir les conditions les plus défavorables.

Admettons que le type de machine à employer soit une locomotive tender à trois essieux accouplés, pesant en service 31T,5 et dont l'adhérence moyenne calculée au 4/7 est de

$$\frac{31500^k}{7} = 4.500^k.$$

ayant pour surface de grille 1^mq20, pour surface de chauffe du foyer 6^mq,50 et pour les tubes 94^mq50, avec chaudière timbrée à 9^k (1).

La surface de chauffe réduite sera :

$$6,50 + \frac{94\ 50}{3} = 38^{\text{mq}}.$$

L'application de la formule $T = K \sqrt{GCrP}$

$$\begin{aligned} \text{donnera} \quad T &= 20 \sqrt{1,2 * 38 * 9} \\ &= 405 \text{ chevaux vapeurs,} \end{aligned}$$

soit en kilogrammètres :

$$405 \times 75 = 30.375 \text{ kilogrammètres.}$$

La vitesse à réaliser étant de 50 kilomètres à l'heure,

$$\text{soit} \quad \frac{50\ 000}{3.600} = 13^{\text{m}},88 \text{ par seconde,}$$

l'effort de traction utile produit à cette vitesse sera égal à :

$$\frac{30\ 375}{13,88} = 2\ 188 \text{ kilogrammes.}$$

Nous remarquons tout d'abord que cet effort est inférieur à l'adhérence moyenne trouvée plus haut égale à 4.500 kilogr.

La résistance de la machine et du tender est, dans ce cas d'après M. Desdouts, $1^k + 0,17 \times 50 = 9^k 5$ par tonne en palier.

(1) Ces renseignements sont donnés dans le livret du matériel roulant dressé dans chaque Compagnie.

Sur une rampe de $15^m/m$, la résistance s'accroît de 15 kilog. et dans une courbe de 300 mètres de :

$$\frac{500 \times 1,50}{300} = 2^k 5$$

C'est donc un total de résistances de $9,5 + 15 + 2,5 = 27^k$ par tonne, soit pour une machine pesant 31 tonnes $5,850^k 5$, pour la machine.

L'effort de traction disponible, comparé à celui qui a été trouvé plus haut égal à 2.188 kilog. est donc de

$$2.188 - 850,5 = 1337^k 5.$$

La résistance du train en palier donné par M. Desdouits est de $1,50 + 0,0007 \times 50^2 = 3^k 25$.

Sur une rampe de $15^m/m$ et dans une courbe de 300^m elle s'accroîtra de $15^k + 2^k 5 = 17^k 5$ et deviendra $3,25 + 17,50 = 20,75$ par tonne.

Dès lors, le poids utile remorqué s'obtiendra en divisant l'effort disponible obtenu plus haut par ce total des résistances.

$$\text{soit } \frac{1337,5}{20,75} = 64 \text{ tonnes, } 5 \text{ environ.}$$

Ce mode de calcul, indiqué dans le traité de chemins de fer de M. Humbert, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, n'est qu'approximatif, mais il a l'avantage d'être fort simple et de suffire aux besoins de la pratique.

Si on était en palier et en alignement, la même locomotive pourrait remorquer à la même vitesse de 50^k .

$$\frac{2.188 - 299}{3,25} = 581 \text{ tonnes.}$$

On voit quelle est l'influence considérable des rampes sur la charge à remorquer.

Dans la pratique, au lieu de s'imposer, sur l'ensemble de la ligne, une vitesse uniforme qui exigerait des efforts excessifs sur les rampes, on sectionne la ligne d'après son profil, on réduit dans les rampes la vitesse de la marche afin de pouvoir augmenter la charge et on accélère cette vitesse dans les paliers ou dans les pentes.

Ainsi, dans l'exemple que nous nous sommes donné, si l'on admet que la rampe de $15^m/m$ puisse être gravie à la vitesse de 30 kilomètres, on trouve que la charge remorquée peut alors être notablement augmentée.

L'effort de traction utile, produit à cette vitesse, devient, en effet

$$\frac{30.375}{8,33} = 3646 \text{ kilogrammes, encore inférieur à l'adhérence qui est } 4.500 \text{ kilog. et la charge remorquée en rampe de } 0,015 \text{ et dans un rayon de } 300^m \text{ peut atteindre}$$

$$\frac{3.646 - 850,5}{20,75} = 135 \text{ tonnes,}$$

c'est-à-dire environ le double de la charge précédente. Or, si on admet que la rampe à franchir ait trois kilomètres, le temps perdu en adoptant la vitesse de 30 kilomètres au lieu de celle de 50 ayant été de 2'24" devra être rattrapé en portant la vitesse à 60 kilomètres par exemple, sur 12^k dans les parties du profil qui se prêteront à cette accélération.

On voit donc que s'il s'agit d'une rampe accidentelle de longueur réduite, on peut, dans bien des cas, atténuer son effet sur les charges remorquées en faisant varier la vitesse, mais cela devient impossible quand on se trouve en présence des rampes continues de grande longueur.

B. — *Traction électrique.*

La traction à vapeur est employée presque exclusivement sur les lignes de chemins de fer. Seules les lignes de banlieue, les lignes de tramway comportant plus spécialement un service « voyageurs » et certaines lignes établies dans des régions où l'électricité peut être obtenue facilement et à bon compte, utilisent la traction électrique.

Tout en renvoyant aux ouvrages spéciaux, il nous apparaît indispensable de signaler ce dernier mode de traction qui semble devoir être de plus en plus généralisé.

Les grands réseaux français, le Midi, le P. L. M., le P. O. envisagent actuellement l'électrification partielle de leurs lignes. En particulier le P. O. projette la réalisation d'un ensemble de 3.000 kilomètres de lignes, soit 40 % de son réseau total. Il utiliserait à cet effet et aménagerait les chutes du plateau Central.

Comparée à la traction à vapeur, la traction électrique présente de nombreux avantages parmi lesquels on peut citer : Possibilité de gravir de fortes rampes, économie de combustibles, diminution de poids par essieu moteur, poids moindre à égalité de puissance, accélération aux démarrages, absence de fumée, augmentation de la capacité d'une voie et de la capacité de trafic d'une gare terminus. Augmentation du coefficient d'utilisation du matériel.

CHAPITRE II

PRÉPARATION DE L'AVANT-PROJET

A). — Chemins de fer d'intérêt général

§ 1^{er}. — PRESCRIPTIONS RÉGLEMENTAIRES.

Pour tout ce qui concerne les études et la construction d'une ligne de chemin de fer, on doit suivre les indications générales données par les circulaires du Ministre des Travaux publics en date des 28 juin et 30 juillet 1879. Ces circulaires indiquent l'ordre et la forme à suivre pour la production des pièces qu'exigent les opérations à entreprendre, ainsi que les formalités à accomplir. Elles donnent en même temps, pour la rédaction des projets de construction de toute nature, des types courants qui sont recommandés à l'attention et aux choix des Ingénieurs.

Ces circulaires qui ont paru au moment de l'exécution du grand programme de travaux élaboré par M. de Freycinet ont rendu de grands services en groupant et en coordonnant les instructions réglementaires contenues dans diverses lois, ordonnances ou circulaires antérieures sur les conditions d'établissement des chemins de fer et parmi lesquelles nous citerons :

L'instruction du 14 janvier 1830 sur la présentation des avant-projets ;

L'ordonnance royale du 18 février 1834 sur les enquêtes d'utilité publique ;

La loi du 3 mai 1841 relative à l'expropriation pour cause d'utilité publique ;

Les circulaires des 25 janvier 1854 et 9 août 1859, réglant la forme des enquêtes sur l'emplacement des stations ;

Le décret du 8 février 1868 relatif aux formalités à remplir pour occuper temporairement certains terrains (ce décret a été, depuis lors, abrogé et remplacé par la loi du 29 décembre 1892 sur les dommages causés à la propriété privée par l'exécution des travaux publics).

Enfin la circulaire du 21 février 1877 relative à la remise aux intéressés des travaux dont l'entretien ne doit pas rester à la charge des exploitants du chemin de fer.

La circulaire du 28 juin 1879 a donné la nomenclature et la composition des dossiers à fournir à l'Administration supérieure. Ces dossiers sont les suivants :

Dossier A — Avant-projet.

- A' — Enquête d'utilité publique.
- B — Projet de tracé et de terrassements.
- B' — Désignation des territoires traversés.
- C — Enquêtes sur le nombre et l'emplacement des gares et stations.
- D — Enquêtes parcellaires.
- E — Projet d'exécution.
- F — Arrêté de cessibilité. Expropriations.
- G — Prise de possession d'urgence des terrains non bâtis.
- H — Estimations. Cessations amiables.
- J — Offres légales. Constitution et opérations du Jury.
- K — Formalités relatives au paiement des indemnités.
- L — Occupations temporaires des travaux.
- M — Récolement, réception et remise des ouvrages aux services intéressés.

En suivant l'ordre indiqué dans cette nomenclature, nous donnerons quelques détails sur les opérations se rapportant à la confection et à la préparation des pièces entrant dans la composition de ces dossiers.

Nous commencerons par fournir quelques indications sur la préparation du dossier d'avant-projet.

2. — CONSTITUTION DU DOSSIER D'AVANT-PROJET.

(Dossier A)

Ce dossier appelé « dossier A » dans la circulaire précitée doit se composer des pièces ci-après :

1. — Carte au 1/80.000 ;
2. — Plan d'ensemble au 1/40.000 avec courbes de niveau ;
- 2^a — Plan au 1/10.000 ;
3. — Profil en long d'ensemble au 1/80.000 pour les longueurs et au 1/2.000 pour les hauteurs ;

- 3^a — Profil en long au 1/10.000 pour les longueurs et au 1/1.000 pour les hauteurs ;
4. — Profils en travers types au 1/100 pour les longueurs et les hauteurs ;
- 4^a — Profil en travers spéciaux au 1/200 pour les longueurs et les hauteurs ;
5. — Devis descriptif ;
6. — Estimation sommaire des dépenses ;
7. — Procès-verbal de Conférence avec les services intéressés ;
- 7^a — Carte au 1/80.000 destinée à M. le Ministre de la Guerre ;
8. — Rapport des Ingénieurs.

Carte au 1/80 000. — La carte au 1/80 000 est celle de l'Etat-Major. On la trouve partout dans le commerce. Elle est en feuilles demi-grand aigle et aussi en quarts de feuilles. Lorsqu'on se procure ces cartes, il importe de choisir celles des dernières éditions et c'est aux quarts de feuilles, dont le type est de création plus récente, qu'il faut recourir pour cela. On en est quitte pour avoir quelques collages de plus à faire pour les assembler.

Quand on a la carte complète de la région où la nouvelle ligne doit être établie, on peut commencer à étudier sa direction générale, soit au point de vue topographique, en se servant du relief figuré par des hachures et des quelques côtes d'altitude qui s'y trouvent, soit au point de vue de l'importance des agglomérations à desservir. A cet effet on complète la carte d'Etat-Major par l'indication des populations des communes (le Ministère de l'Intérieur publie périodiquement les résultats du dénombrement de la population), et afin de rendre cette indication plus apparente, on la représente par un cercle tracé à l'encre rouge à côté du nom du chef-lieu, et dont la surface teintée en rose est rendue proportionnelle au nombre d'habitants de la commune. On peut ainsi voir d'un coup d'œil l'importance des localités à desservir.

Il est alors facile de rechercher, au moins approximativement, la direction générale du tracé de la ligne et d'apercevoir les diverses variantes qui peuvent mériter une étude. On indique en rouge la direction supposée du tracé et en lignes de couleurs variées (bleu, vert, jaune, etc...) celles des variantes.

Il est d'usage de marquer sur ce tracé l'emplacement des kilomètres et d'y indiquer la position des stations par des petits disques, en partie

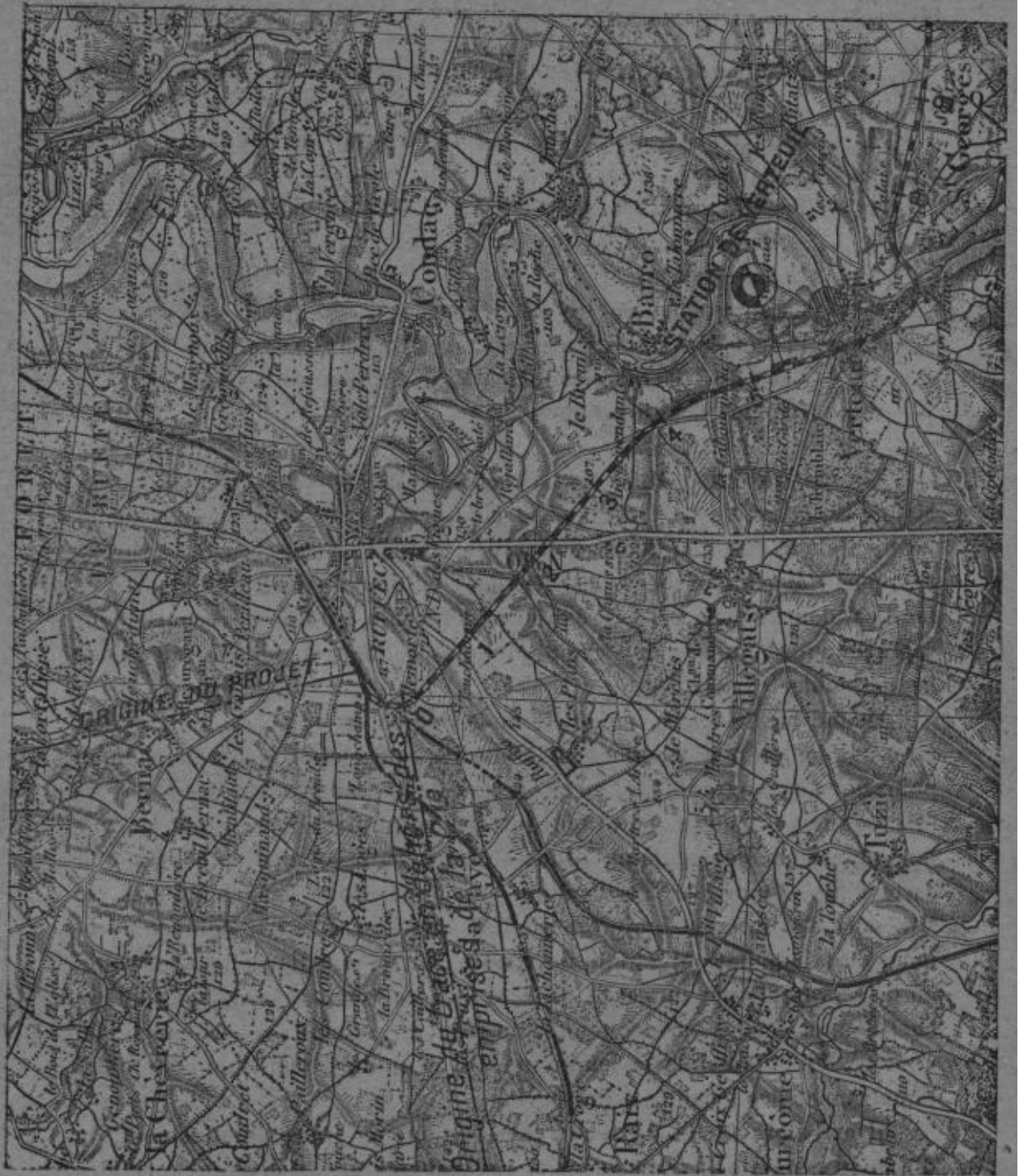



FIG. 2. — Type de carte au $\frac{1}{80.000}$.

NOTA. — Le tracé de la nouvelle ligne indiqué sur la présente carte par le trait  est figuré par un gros trait rouge sur les pièces du projet. De plus, toutes les indications relatives à ce tracé doivent être inscrites en rouge.

blanc et en partie rouge, placés au bout d'une ligne de 0,02 environ de longueur, élevée normalement au tracé au point correspondant à l'axe de la station. On surmonte ce disque de l'inscription du nom de la station, mais ces indications n'y sont portées que lorsqu'on a arrêté le plan au 1/10.000 dont il sera parlé plus loin.

Quand on a déterminé, ainsi qu'il vient d'être dit, la zone sur laquelle doivent porter les investigations ultérieures, on demande au service géographique de l'armée, détenteur de la carte au 1/40.000 avec courbes de niveau, le calque de la région utile que l'on paye au décimètre carré de calque fourni.

Carte au 1/40.000. — Une fois en possession de cette nouvelle carte, sur laquelle les courbes de niveau sont espacées de 10 mètres en 10 mètres, on peut se livrer à une étude plus approchée du tracé à suivre.

Pour faciliter l'usage de la carte, il est bon de retracer les courbes en leur donnant des couleurs différentes selon leur altitude de manière à éviter à l'œil toute confusion quand il s'agit de suivre une courbe dans les parties accidentées et à lui faciliter la lecture de l'altitude approximative des points considérés.

Si l'on se trouve dans des colonies ou des pays étrangers où il n'existe pas de cartes de ce genre, on se sert des meilleures que l'on peut obtenir. La direction des cours d'eau donne l'indication sommaire des vallées et on peut y ajouter quelques cotes relevées au baromètre, ce qui permet généralement de faire, au moins d'une façon approchée, une première étude d'avant projet. A cet effet, on peut employer le baromètre anéroïde à cadran qui donne les altitudes à 10 mètres près : on met le baromètre en station et on corrige les résultats à l'aide du baromètre Fortin à mesure qui est moins facilement transportable, mais qu'on peut mettre en station fixe en quelques points du tracé.

Sur la carte au 1/40.000 avec courbes de niveau il est aisé de rechercher les cols que l'on peut franchir, les resserrements qui se prêtent à la traversée des vallées, et, en général, la direction à suivre, d'après la configuration du sol, pour établir la ligne dans des conditions techniques et économiques satisfaisantes.

Conditions d'un bon tracé. — Il ne faut pas perdre de vue qu'un bon tracé doit toujours satisfaire aux conditions principales énumérées ci-après :

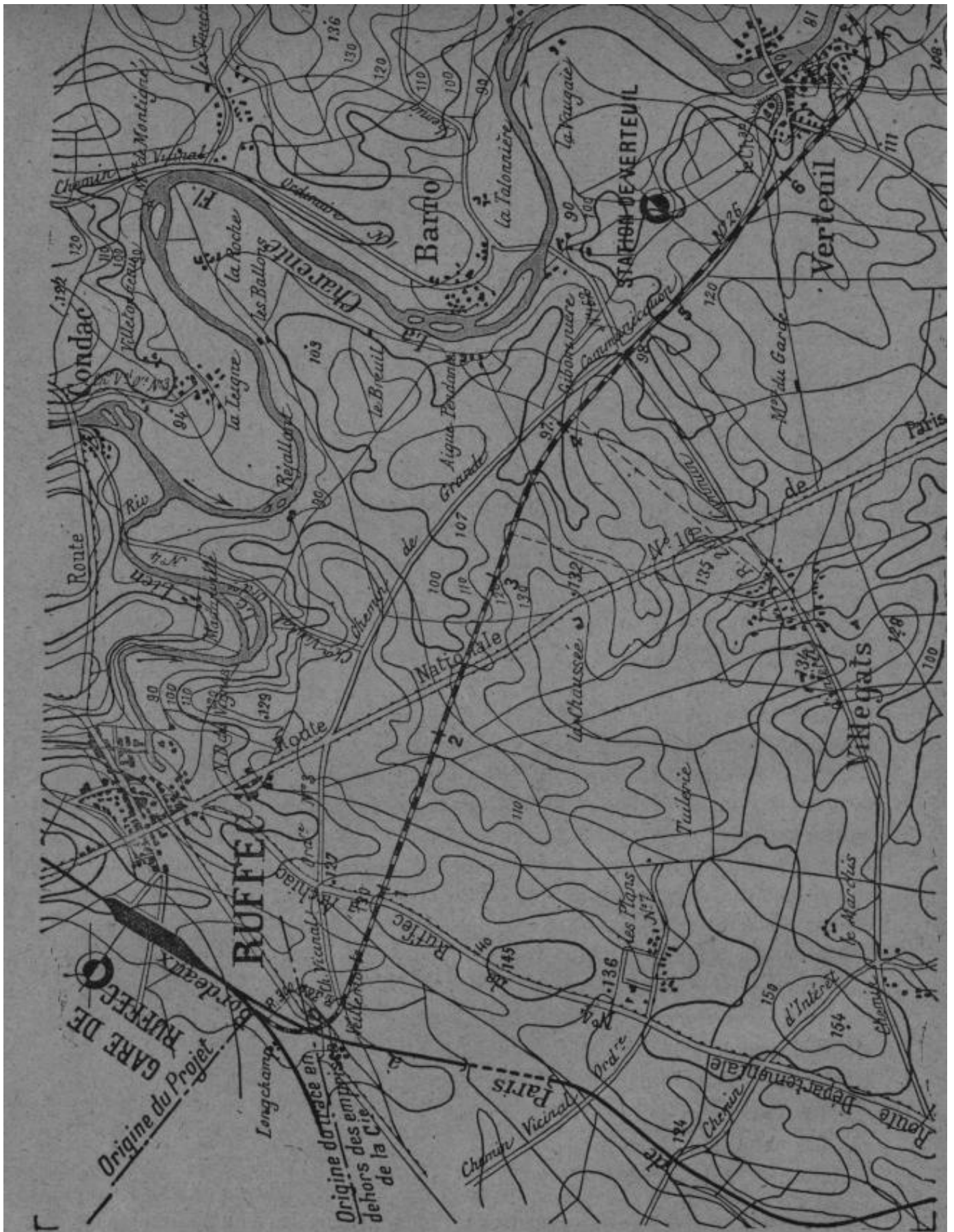



FIG. 3. — Type de carte au $\frac{1}{40.000}$.

NOTA. — Le tracé de la nouvelle ligne indiqué sur la présente carte par le trait  est figuré par un gros trait rouge sur les pièces du projet. Toutes les inscriptions relatives à ce tracé doivent également être inscrites en rouge.

1° Réduire autant que possible le cube des terrassements en épousant la forme du terrain dans la mesure compatible avec les limites de rayons et de déclivités que l'on s'est imposées, étant bien entendu que l'on ne doit arriver à ces limites que dans les cas exceptionnels, afin de faciliter l'exploitation de la ligne et réserver l'avenir ;

2° Choisir le point de traversée des cours d'eau, de manière à diminuer le plus possible les dépenses de construction des ouvrages destinés à les franchir ;

3° Eviter les traversées fréquentes des routes et cours d'eau à cause des ouvrages et des sujétions qu'elles entraînent. On doit chercher à remplacer ces traversées par des déviations ou des dérivations latérales en disposant le tracé de manière à les rendre faciles ;

4° S'écarter des propriétés bâties, surtout des propriétés de luxe ou d'industrie, des cimetières (1), etc... dont la traversée donnerait lieu à des expropriations coûteuses ou à des formalités interminables ;

5° Eviter, quand on le pourra, de traverser en déblai les terrains argileux et, si cela est facile, s'efforcer au moins de réduire l'importance des terrassements dans ces terrains pour éviter la mise en dépôt des terres inutilisables pour les remblais ainsi que les travaux toujours coûteux, et souvent difficiles d'assainissement et de consolidation ;

6° Aux abords des usines hydrauliques, se tenir en aval des roues motrices où des déservoirs ; afin de réduire l'importance des ouvrages et ne pas gêner les usiniers dans leur industrie ;

7° Prévoir, autant que possible, les souterrains en alignement droit et avec des pentes réduites, à cause de l'humidité qui y règne le plus souvent et qui diminue l'adhérence des locomotives ;

8° Ménager un alignement de plus de 100 mètres entre deux courbes consécutives de sens contraire ;

9° Ménager aussi un palier d'au moins 100 mètres entre deux déclivités consécutives de sens contraire, surtout quand le degré de déclivité atteint une certaine importance ;

10° Prévoir les gares et les stations assez loin des localités pour réserver les extensions ultérieures et dans le voisinage d'une route ou d'un chemin pouvant leur assurer un accès facile. Eviter dans leurs abords

(1) L'exécution des travaux ne peut d'ailleurs avoir lieu que cinq ans après la désaffectation du terrain servant aux inhumations (Décret du 23 prairial, an XII).

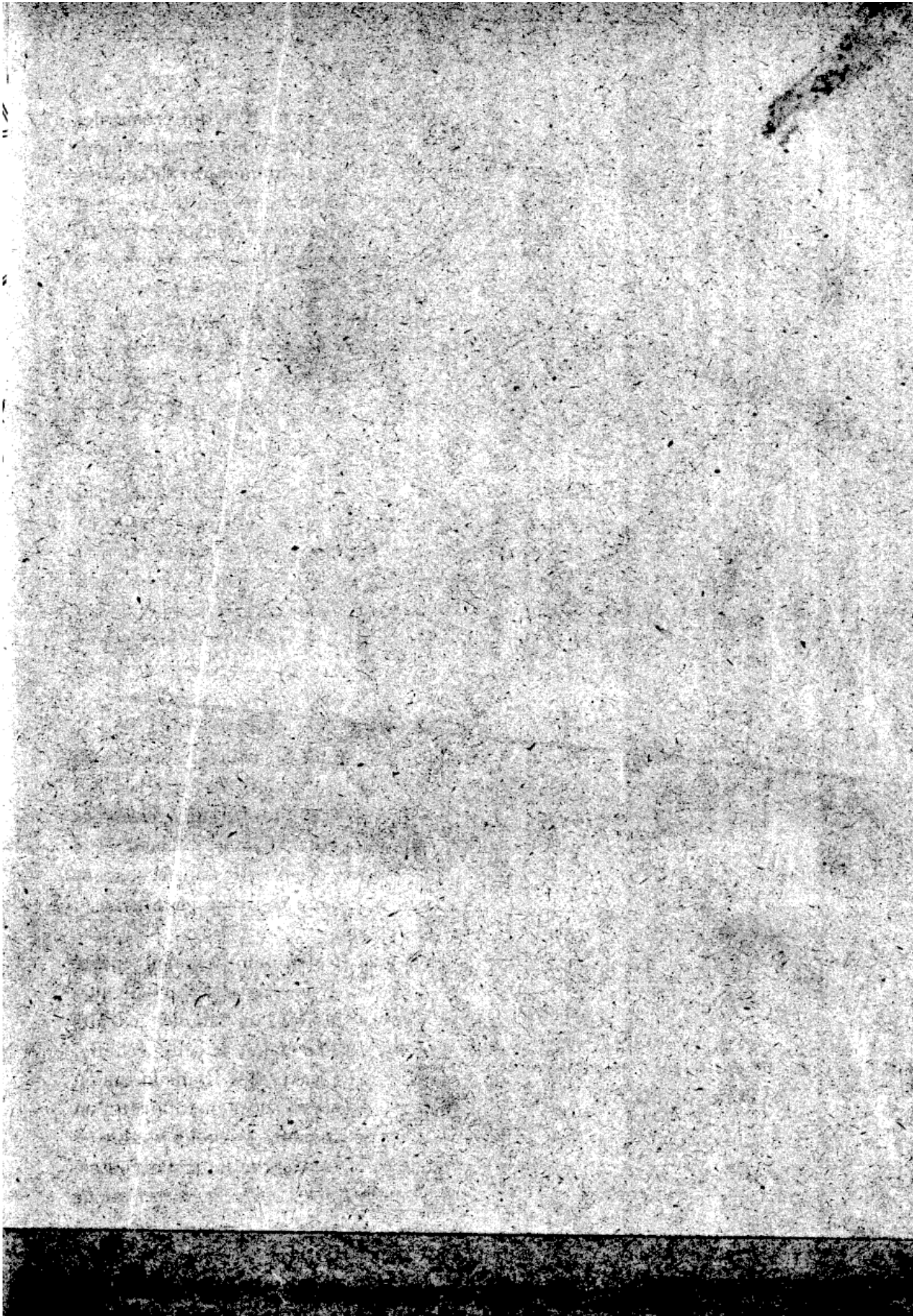
immédiats les P. S. qui diminuent la visibilité et les PN qui créent des sérieuses sujétions d'exploitation. On doit ménager à leur emplacement un palier d'au moins 500 mètres pour les petites stations et de 800 mètres pour les stations ordinaires. Pour les gares importantes, cette longueur doit être encore notamment accrue. Il convient aussi de choisir un emplacement peu accidenté pour diminuer l'importance des terrassements à effectuer qui, sur des surfaces atteignant souvent plusieurs hectares, pourraient être considérables. Il y a également un grand avantage d'établir une gare en ligne droite chaque fois que cela est possible. Pour les haltes, on peut admettre de légères déclivités dans le profil en long, mais sans dépasser 0^m,003 si l'on ne veut pas rendre les stationnements et les démarrages des trains difficiles.

Dans une étude de tracé faite sur plan coté au 1/40.000, il est rare qu'on ne se trouve pas en présence de plusieurs solutions résultant soit de la configuration du terrain, soit de la nature et de l'importance des intérêts à desservir. On devra, dans chaque cas, serrer l'étude de plus près, au point de vue économique, et mettre en parallèle les intérêts locaux à satisfaire avec l'allongement possible de la ligne et la dépense des travaux à prévoir. Il sera souvent nécessaire de se transporter sur le terrain et de pousser l'étude assez loin pour reconnaître avec certitude qu'un des tracés doit être préféré aux autres.

Comme on le fait sur la carte d'Etat Major, on porte en rouge sur le plan au 1/40.000 l'axe du tracé et en diverses couleurs celui des variantes dont l'étude paraît nécessaire. On y indique le rayon des courbes, les kilomètres et l'emplacement des stations. Toutes ces indications ne peuvent être définitivement arrêtées que lorsqu'on a établi le profil en long et le plan au 1/10.000^e dont il va être parlé ci-après et dont l'étude est susceptible de modifier assez profondément la direction du tracé primitif.

Plan au 1/10.000. — Le tracé ne doit être définitivement porté sur ce plan que lorsque le profil en long dont il sera parlé à l'article suivant aura lui-même été arrêté. Pour obtenir ce plan, on fait des extraits du plan d'assemblage du cadastre qui est ordinairement à cette échelle, et qu'on trouve dans les mairies des communes traversées. Dans le cas où l'échelle est différente, on en est quitte pour un travail supplémentaire qu'on peut faire au pantographe ou autrement pour arriver à l'échelle voulue.

On doit apporter une grande attention aux désignations des routes, chemins et cours d'eau portés sur ce plan, ainsi qu'à la direction de



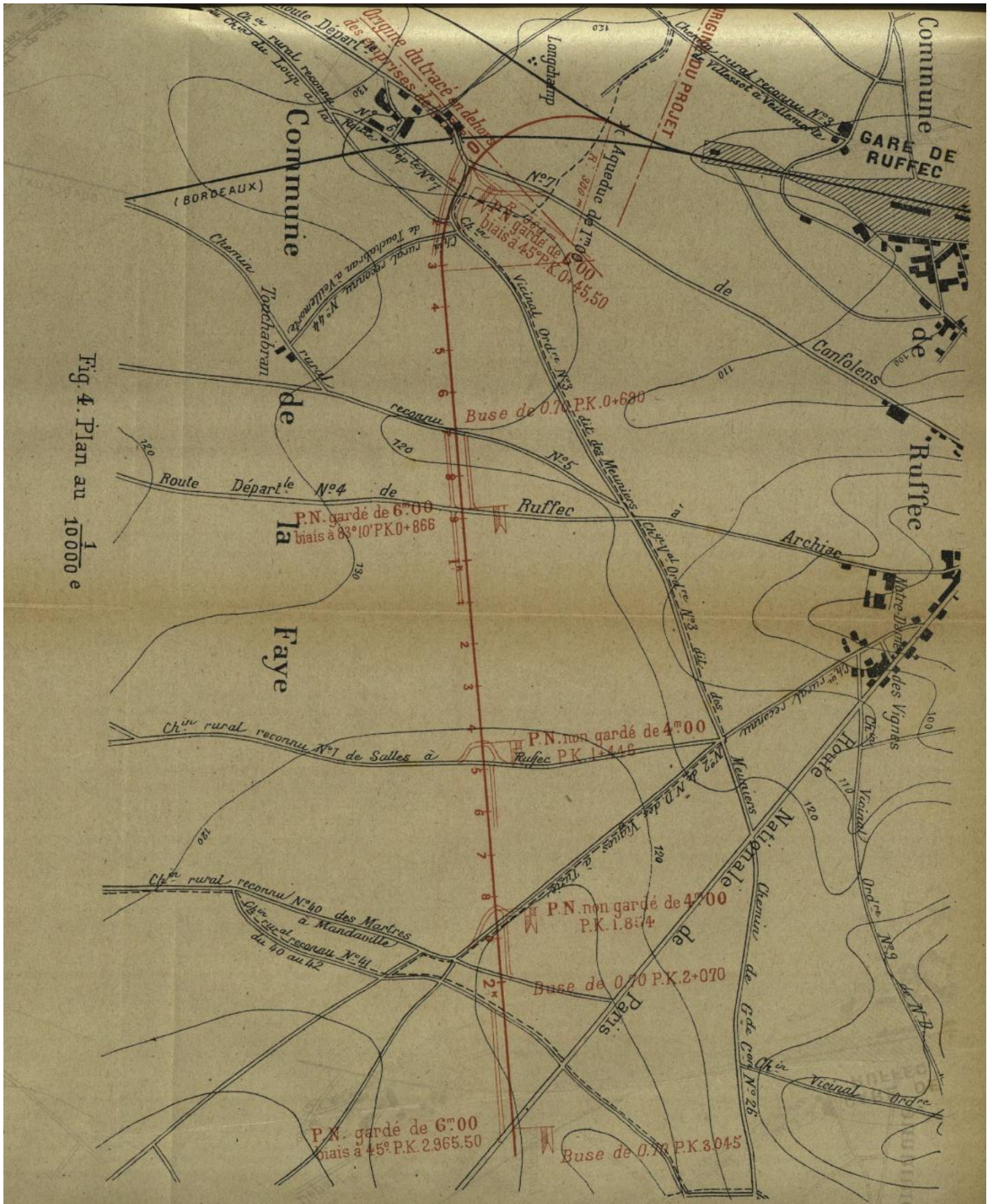


Fig. 4. Plan au $\frac{1}{10000}$ e

l'écoulement des eaux. Comme les indications nécessaires sont généralement insuffisantes sur les plans cadastraux, il y a lieu de les compléter au moyen des renseignements divers qu'on peut relever sur le terrain, ou à l'aide du tableau de classement des chemins et de celui des cours d'eau qui se trouvent dans les mairies des communes traversées.

Les divers plans ainsi obtenus dans les communes sont ensuite assemblés et il n'y a plus qu'à y reporter le tracé arrêté sur la carte au 1/40.000. On voit alors si ce tracé ne présente pas des inconvénients particuliers en raison des constructions et des propriétés qu'on peut avoir intérêt à éviter et on le modifie en conséquence, s'il a lieu, sur les deux plans. C'est alors le moment de déterminer la position et la valeur des courbes. A cet effet on prolonge les alignements jusqu'à leur point de rencontre, et en appliquant une règle courbe du rayon que l'on désire employer, on voit si le tracé se tient dans une position convenable par rapport aux courbes de niveau du plan. Si on trouve qu'on entame trop fortement ces courbes de manière à tomber dans des déblais excessifs ou si, au contraire, on est rejeté en dehors en entraînant de trop grands remblais, on prend, dans le jeu de courbes, un autre rayon, jusqu'à ce qu'on obtienne une solution satisfaisante, en se tenant toujours dans les limites qu'on s'est imposé au début de l'étude.

Dans ce genre d'études, nous supposons toujours qu'on veut arriver à déterminer aussi rapidement que possible un premier tracé *approximatif* sans recourir à des opérations géodésiques précises qui entraînent de longs délais et des dépenses importantes. Si l'on était assez certain, d'avance, que la ligne projetée dût nécessairement s'exécuter, il y aurait avantage à relever directement au tachéomètre un plan coté à une échelle de $\frac{1}{5.000}$ par mètre ou même de $\frac{1}{2.000}$ et à étudier sur ce plan d'une façon plus approchée, le tracé de la ligne, puis à faire un nivellement réel et précis de l'axe, mais tel n'est pas le point de vue auquel nous nous sommes placés. Nous reparlerons d'ailleurs des opérations exactes quand nous traiterons des études définitives.

Sur le plan au $\frac{1}{10.000}$ établi comme nous venons de l'indiquer, on porte à l'aide d'un fort trait rouge, le tracé gradué en kilomètres et en hectomètres, on inscrit la valeur des rayons des courbes et on marque la position des ouvrages d'art projetés à la rencontre des routes, chemins et cours d'eau. Les ouvrages en maçonnerie à établir en dessus ou en dessous

du chemin de fer sont indiqués par la notation PS ou PI de... mètres d'ouverture ; si ces ouvrages sont métalliques ; on fait suivre cette notation de la lettre M. Ainsi PSM indique un passage supérieur métallique et PIM un passage inférieur métallique. Les passages à niveau sont indiqués par un petit drapeau mi-rouge et blanc et par la notation PN de... mètres de largeur. Les déviations de chemins et les dérivations de cours d'eau y sont portés sommairement, au moins autant que l'échelle le permet. Les gares ou stations sont indiquées par un disque mi-rouge et blanc.

Profil en long. — Une fois la direction du tracé arrêtée sur le plan au $\frac{1}{40.000}$, on dresse à l'aide de ce plan le profil en long approximatif à l'échelle de $\frac{1}{10.000}$ pour les longueurs et de $\frac{1}{1.000}$ pour les hauteurs. Ce profil est dessiné sur une bande de papier sans fin de 0^m,31 de hauteur. On y indique tous les chemins et cours d'eau rencontrés qui figurent sur le plan au $\frac{1}{10.000}$ et, autant que possible, le niveau des plus hautes eaux dans la traversée des plaines submersibles.

On trace en rouge, sur ce profil la ligne du niveau de la plate-forme en tenant compte de toutes les circonstances de détail qui résultent de l'état des lieux et des déclivités maxima admises pour la ligne, de l'emplacement des stations et des divers points obligés provenant de la rencontre des chemins et cours d'eau. Il y a aussi à tenir compte de la bonne répartition des déblais et des remblais, en ayant soin de ne pas s'attacher d'une façon trop exclusive à la compensation, mais de rechercher plutôt à éviter les tranchées trop profondes et les remblais trop élevés. Il est souvent plus avantageux d'avoir un excédent de remblais, obligeant de recourir à des emprunts, plutôt que d'avoir des déblais à mettre en dépôt sur les terrains voisins.

Il y a dans la détermination de la ligne rouge du profil une étude qui exige le plus grand soin et sur laquelle on ne saurait trop appeler l'attention du rédacteur du projet.

On s'aperçoit souvent en étudiant le profil en long, notamment au point de vue de la traversée des chemins et cours d'eau, que les conditions du tracé doivent être remaniées pour arriver à des solutions pratiques. Il convient en conséquence de n'arrêter définitivement le tracé sur la carte au

Departement
Arrondissement
Commune

Rafte sur 910 m

Chaussée sur 5 486 mètres
Rafte sur 5 486 m

La Rafte sur 1000 m

1^k910

Fig. 5. Profil en long.

Echelle
Longueur: $\frac{1}{10000}$
Hauteur: $\frac{1}{1000}$

Plan de comparaison

Ordonnées des terrassements

Ordonnées du terrain actuel

Distances entre profils

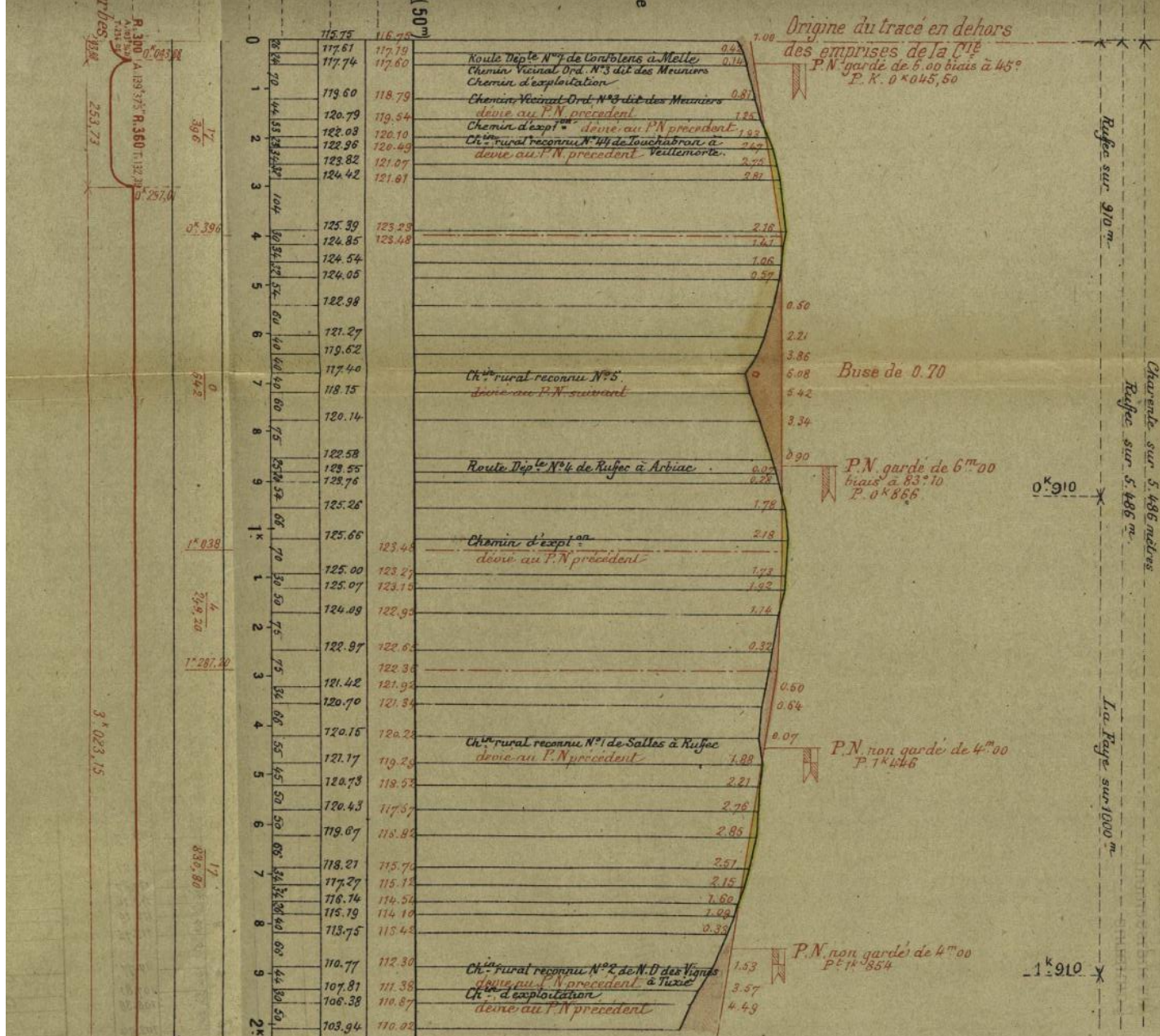
Kilométrage

Paliers, pentes et rampes

Alignements et courbes

Longueur des alignements, des courbes, des rayons, des tangentes. Angles.

Ordonnées des



1/80.000 ou sur le plan au 1/40.000 que lorsque l'étude du profil en long est complètement terminée.

Le profil en long d'ensemble au 1/80.000 pour les longueurs et au 1/2.000 pour les hauteurs à introduire dans le dossier A, n'est qu'une réduction du profil précédent

Il comporte la même nature de renseignements donnés avec les mêmes notations.

Profils en travers au $\frac{1}{100}$. Les profils en travers types à adopter ont été définis ainsi qu'il suit dans les instructions accompagnant la Circulaire du Ministre des Travaux Publics en date du 30 juillet 1879.

1° CHEMINS DE FER A UNE VOIE

La largeur de la plate-forme supposée horizontale sera fixée à six mètres (6^m) pour les profils en remblai et pour les profils en déblai dans les terrains ordinaires.

Dans les mêmes terrains, la largeur de la tranchée sera de huit mètres (1).

L'épaisseur du ballast sur l'axe sera d'au moins cinquante centimètres (2).

La largeur de six mètres (6^m) permet d'avoir au pied du talus de ballast une banquette de largeur encore suffisante dans le cas où ce talus prendrait une inclinaison inférieure à 45° et se rapprocherait de 3 de base pour 2 de hauteur.

Les ingénieurs détermineront, dans chaque cas particulier, les dimensions à donner aux fossés suivant les circonstances ; la largeur de huit mètres (8^m) ci-dessus indiquée leur laisse à cet égard toute latitude.

Dans les tranchées en rocher dur, lorsque les fossés pourront être remplacés par de simples rigoles, le ballast sera contenu par une murette de 0^m,30 d'épaisseur en couronne dont le bord extérieur sera placé à 2^m,10 du milieu de la voie et dont le parement qui forme un des talus du fossé présentera un fruit de 1/5. Cette murette sera construite en maçonnerie avec mortier sur 0^m,20 à partir du couronnement et en pierres sèches sur le reste de la hauteur. De 25 mètres en 25 mètres et sur toute la longueur occupée par des dalles de recouvrement, la maçonnerie sèche sera remplacée par une maçonnerie avec mortier qui régnera sur toute la hauteur de la murette.

L'inclinaison la plus convenable à donner aux talus de déblai et de remblai fera dans chaque cas l'objet d'un examen particulier.

Sauf le cas de remblais argileux qu'une nécessité absolue seule peut autoriser à employer, l'inclinaison de 3 de base pour 2 de hauteur est toujours convenable pour les remblais.

(1) Au niveau de la plate-forme et y compris la largeur des fossés.

(2) Actuellement on arase le ballast au niveau supérieur des traverses.

Lorsque les terres sont de bonne qualité, les talus peuvent être dressés à 45° dans les parties en déblai ; mais pour peu qu'elles soient médiocres et plus ou moins mélangées d'argile, il convient d'adopter une inclinaison plus douce et de donner à celle-ci $1 + \frac{1}{4}$ de base pour 1 de hauteur. Si les terres sont de mauvaise qualité, on ne doit pas hésiter à adopter la base d'un et demi.

Dans les souterrains, on ne se dispensera de revêtir le ciel du tunnel que dans le cas où le terrain offrirait une dureté tout à fait exceptionnelle. Partout ailleurs l'épaisseur du revêtement sera réglée d'après la nature du sol et pourra varier de 0^m,22 (cas de l'emploi de la brique), à un mètre, épaisseur que l'on peut considérer comme un maximum ; mais le revêtement devra toujours être construit en maçonnerie hydraulique et protégé par une chape contre les suintements.

Cette maçonnerie pourra être supprimée pour les piédroits dans le rocher dur. Ceux-ci seront réglés avec un talus incliné à 1/20 de telle sorte qu'une retraite de 0^m,10 au maximum soit ménagée entre l'arête supérieure des piédroits et l'intrados de la voûte à sa naissance.

L'écoulement des eaux sera toujours assuré au moyen d'un aqueduc longitudinal placé dans l'axe de la voie. On fera arriver directement dans cet aqueduc, au moyen de pierrées et de branchements, les eaux que l'on pourra rencontrer en plus ou moins grande abondance dans la construction de la voûte et des piédroits. On ménagera en outre, dans ces derniers, des barbicanes en nombre suffisant pour donner issue aux suintements.

L'ouverture des puits d'aérage et de construction des souterrains sera entourée d'une margelle en maçonnerie de deux mètres (2^m) de hauteur. Cette ouverture ne pourra être établie sur aucune voie publique.

2° CHEMINS DE FER A DEUX VOIES

Pour appliquer aux chemins de fer à deux voies le type joint à la présente instruction, il suffira d'augmenter la largeur de la plate-forme de 3^m,60, dont 1^m,50 pour la seconde voie et 2^m,10 pour l'entrevoie.

Dans les souterrains à deux voies, les niches seront placées de 50 mètres en 50 mètres d'axe en axe de chaque côté et disposées en quinconce d'un côté à l'autre.

Nous donnons ci-après les croquis des profils en travers types habituellement admis.

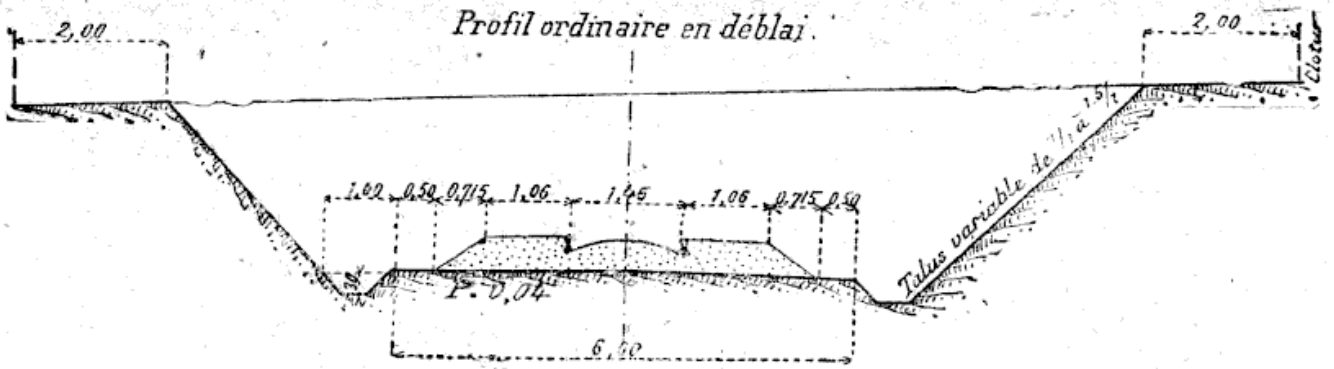


Fig. 6.

La largeur de la plateforme est portée à 9^m 60 pour les lignes à double voie.

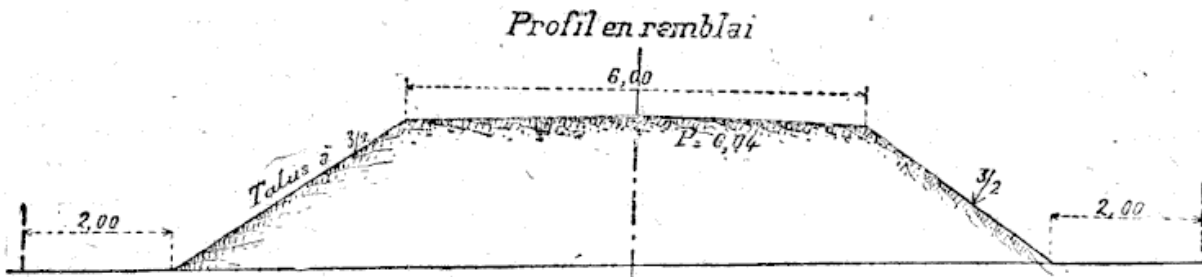


Fig. 7.

Fig. 8. Profil en déblai dans la roche décomposée. dans le rocher dur

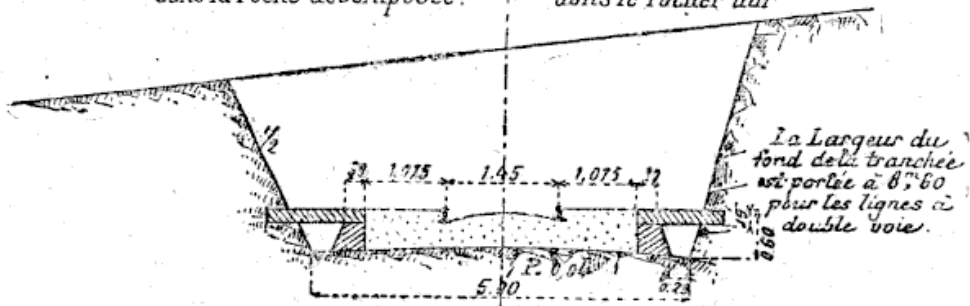


Fig. 9. Souterrain à voie unique.

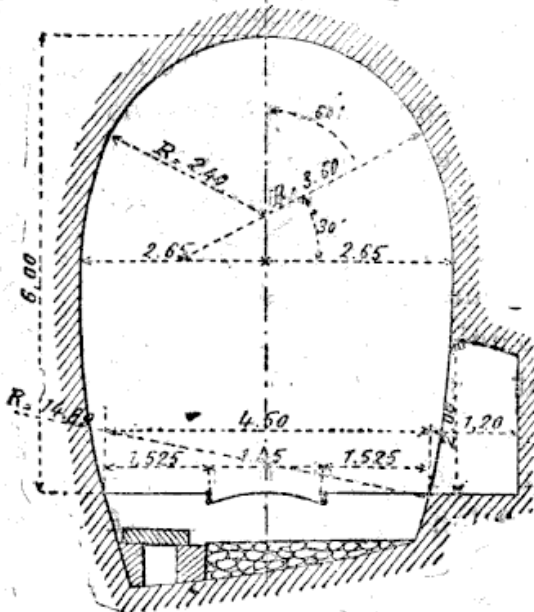
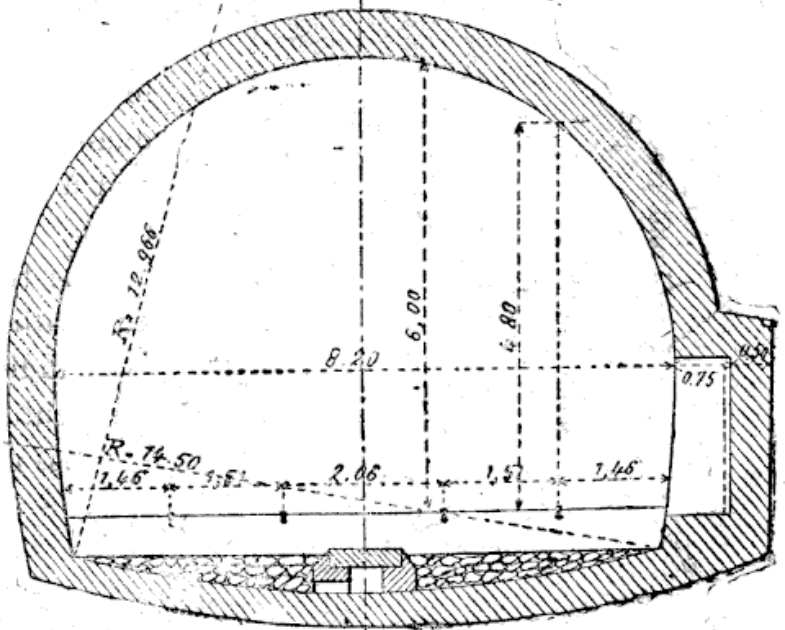


Fig. 10. Souterrain à double voie.



Profils en travers spéciaux
au $\frac{1}{200}$. — Les profils en travers spé-

ciaux sont choisis parmi ceux qui, sortant du type courant, présentent des particularités qui demandent à être signalées. Ainsi, un grand remblai avec redans, une tranchée profonde avec talus très raide ou très adouci, avec mur de pied ou fossé de crête, etc., etc... Ces profils sont en général en très petit nombre, et ne sont fournis que lorsqu'ils s'écartent notablement du type ordinaire et s'appliquent à des longueurs relativement importantes (fig. 11).

Devis descriptif. — Le devis descriptif résume en trois chapitres les dispositions de l'avant projet.

Le premier chapitre est consacré au tracé, au profil en long et au profil en travers.

Le deuxième chapitre contient l'énumération des ouvrages courants projetés pour l'écoulement des eaux et le rétablissement des voies de communication avec indication de leur ouverture totale et de leur longueur entre les têtes. Les grands ponts, les souterrains quand le tracé en comporte, donnent lieu à une description sommaire spéciale.

Le troisième chapitre se rapporte aux stations qui ne sont qu'énumérées avec indications des distances qui les séparent.

Les études sommaires qui ont précédé la rédaction du devis descriptif

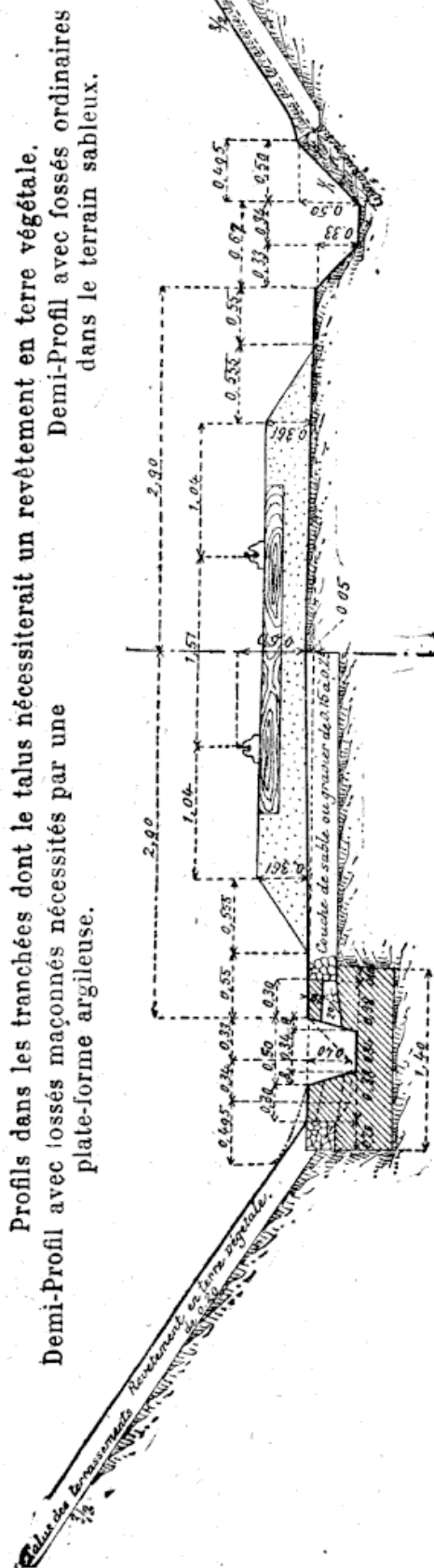


FIG. 11.

ont fourni tous les éléments à y introduire, de sorte que sa rédaction ne présente aucune difficulté.

Estimation sommaire des dépenses (1). — L'estimation sommaire des dépenses est divisée en trois parties principales : infrastructure, superstructure et matériel roulant.

Nous les prendrons en détail et nous donnerons quelques indications sur le mode d'évaluation des dépenses.

1^o EVALUATION DES DÉPENSES DE L'INFRASTRUCTURE

Terrains. — Si la ligne projetée traverse une région peu accidentée et ne pénètre pas profondément dans des centres d'agglomération importants, on peut évaluer les terrains avec un seul prix moyen appliqué à toute la surface d'emprise (2).

Cette surface se détermine facilement en admettant une zone de largeur moyenne de 30 mètres, sur toute la longueur de la ligne. Cette largeur est déterminée en vue d'une double voie et tient compte de la sur-largeur nécessaire pour l'établissement des gares et l'exécution des déviations de chemins et cours d'eau.

Si l'on avait affaire à une ligne à voie unique, cette zone pourrait être réduite à 25 mètres en tenant compte de la moindre importance des gares en même temps que de la réduction de 3^m,60 dans la largeur de la plate-forme.

Dans le cas où la ligne passe dans des agglomérations importantes, il convient de diviser l'évaluation en sections permettant d'appliquer des prix en rapport avec la valeur des terrains qui est, comme on le sait, considérablement augmentée dès qu'il s'agit des terrains à bâtir ou d'acquisitions comportant la démolition de constructions existantes.

De même, si la ligne est projetée sur une partie de sa longueur dans des régions particulièrement accidentées, il convient de faire varier en conséquence les largeurs d'emprise.

Terrassements. — Pour un avant-projet le calcul des terrassements

(1) Toutes les indications données pour l'évaluation des dépenses sont basées sur les prix d'avant-guerre ; il convient donc de leur faire subir les majorations en usage au moment de la rédaction des projets.

(2) Le prix des terrains proprement dits doit être majoré de 10 à 12 % pour frais d'actes, personnel spécial, etc...

se fait au moyen du profil en long au 1/10 000. On y relève les longueurs des parties en déblai sur l'axe et comme on a arrêté précédemment le type des profils en travers à adopter, il est aisé de faire le cube de chaque tranchée en tenant compte de la nature probable des terrains traversés de laquelle dépend l'inclinaison des talus. On peut se servir à cet effet des tables de M. Dupuy ou des tableaux graphiques de M. Lalanne. Ce mode de calcul n'est, sans doute, que très approximatif, mais il est suffisant pour une évaluation d'avant-projet.

Quant au prix à appliquer, il doit être établi en tenant compte de la nature des déblais et surtout de la proportion du rocher que l'on pense rencontrer d'après l'examen des lieux. Ce prix tient compte également de la distance moyenne de transport qu'il est toujours facile d'évaluer par tranchée à l'aide du profil en long et que l'on moyenne ensuite pour l'ensemble de la ligne ou pour les diverses sections dans lesquelles on aura cru utile de la diviser. Il est rare que ce prix s'élève beaucoup au-dessus de 2 fr. dans les cas ordinaires, mais on ne peut rien préciser d'avance.

Pour les travaux accessoires, règlements, perrés, semis, gazonnements, il est d'usage d'appliquer un prix variant de 5000 à 8000 fr. par kilomètre selon la nature des terrains rencontrés. Pour certaines lignes de montagne établies dans le rocher, ce chiffre se réduit considérablement et tend même vers zéro.

Quant aux rectifications de routes, chemins et cours d'eau, on peut les évaluer assez approximativement à raison de 6000 à 8000 fr. par kilomètre.

Ouvrages d'art ordinaires. — Les ouvrages d'art ordinaires se divisent en ouvrages pour l'écoulement des eaux et en ouvrages pour le rétablissement des voies de communication. Ces derniers peuvent être des passages inférieurs, à niveau ou supérieurs.

On détermine le prix de ces ouvrages par comparaison avec des ouvrages similaires établis pour des lignes où la main-d'œuvre et les matériaux ont à peu près la même valeur. Si l'on est dans une région où les matériaux de construction sont exceptionnellement rares, on majore les prix en conséquence.

Le mode d'évaluation le plus simple pour les ouvrages en dessous du chemin de fer consiste à compter un prix constant pour les ouvrages de même ouverture et de même nature, en supposant une longueur minimum entre les têtes et d'ajouter ensuite un prix complémentaire au mètre

linéaire correspondant à l'excédent de longueur sur le type adopté. Nous en donnons un exemple ci-après pour une ligne dont les ouvrages sont construits à voie unique (1).

Prix des ouvrages d'art.

Aqueducs voûtés de 0 ^m ,60 d'ouverture.	550 fr
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	65 »
Aqueducs voûtés de 1 ^m ,00 d'ouverture.	800 »
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	100 »
Aqueducs voûtés de 1 ^m ,50 d'ouverture.	1.400 »
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	180 »
Ponceaux de 2 ^m ,00 d'ouverture	2.400 »
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	300 »
Ponceaux de 3 ^m ,00 d'ouverture.	4.500 »
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	500 »
Passages inférieurs de 4 ^m ,00 d'ouverture	8.000 »
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	800 »
Passages inférieurs de 5 ^m ,00 d'ouverture	10.000 »
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	1.000 »
Passages inférieurs de 6 ^m ,00 d'ouverture	12.500 »
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	1.200 »
Passages inférieurs de 8 ^m ,00 d'ouverture.	18.000 »
Excédents de longueur de ces ouvrages, le m. l.	2.500 »

Pour tous ces ouvrages, le prix initial devrait être augmenté de 1/3 pour une ligne à double voie, les prix complémentaires au mètre linéaire restant d'ailleurs les mêmes (2).

Pour les passages inférieurs à tablier métallique que l'on n'emploie jamais sous remblai, il n'y a pas d'excédents de longueur à prévoir et les prix moyens à appliquer sont approximativement les suivants pour une ligne à voie unique :

Pour un pont de 2 ^m , » d'ouverture de	3.000 à 4.000 ^f »
id. 3 ^m , » id.	5.000 à 6.000 »

(1) La longueur entre têtes de ce type d'ouvrages est de 6^m,60. Il est nécessaire d'avoir entre le niveau de la plate-forme et l'extrados de la voûte un remblai de bonne terre de 0^m,30 à 0^m,50 d'épaisseur.

(2) Pour les lignes à voie de 1^m,00, on peut appliquer les prix de la voie unique normale, diminués de 1/4.

Pour un pont de 4 ^m , » d'ouverture de . . .	8 000 à 9.000 »
id. 5 ^m , » id.	10.000 à 12 000 »
id. 6 ^m , » id.	12.000 à 14 000 »
id. 8 ^m , » id.	15.000 à 18.000 »

Pour les lignes à double voie ces prix doivent être majorés d'environ $\frac{1}{3}$.

Quant aux passages supérieurs, on doit, autant que possible, les établir en vue d'une ligne à double voie, car sans cela, en cas de doublement d'une ligne à voie unique, ils ne pourraient pas être allongés comme on le fait pour les passages inférieurs et ils devraient être démolis et reconstruits. Nous les évaluerons donc en supposant la double voie établie, et leur prix dépendra uniquement de leur largeur entre parapets ou garde corps.

On peut admettre approximativement les prix suivants :

Passage supérieur en maçonnerie de 4 ^m , » de larg ^r de 12.000 à 14.000 ^f »	
id. 5 ^m , » » 14.000 à 16.000 »	
id. 6 ^m , » » 16.000 à 18.000 »	
id. 7 ^m , » » 18.000 à 20.000 »	
id. 8 ^m , » » 20.000 à 25.000 »	

Quant aux passages supérieurs métalliques, leur prix est d'environ $\frac{1}{3}$ supérieur à celui des mêmes ouvrages en maçonnerie si l'on admet le cours du fer à 0 fr. 40 le kilog. mis en œuvre.

Pour les lignes à voie unique on pourrait diminuer de $\frac{1}{4}$ environ les chiffres ci-dessus.

Il nous reste maintenant à évaluer les prix d'établissement des passages à niveau.

Nous ne parlerons que de ceux qui sont munis de barrières et d'une maison de garde, les passages à niveau laissés libres n'entraînant d'autres dépenses que la pose des contre-rails, la confection de la chaussée et quelques menus travaux pour assurer l'écoulement de l'eau.

On admet généralement qu'une maison de garde bien aménagée coûte environ 6.000 fr. C'est une constante pour tous les passages à niveau gardés et il n'y a à ajouter que les frais de barrière et les accessoires : chaussée, puits, cabinets, buses ou-aqueducs, ce qui peut porter l'ensemble des dépenses entre 8.000 et 9.000 fr. suivant les cas.

Si l'on avait à prévoir des passages à niveau avec barrières manœuvrées à distance, il faudrait admettre de 1.200 fr. à 1.500 fr. par passage.

Il va sans dire que la largeur d'ouverture des barrières doit être en rapport avec l'importance de la route ou du chemin qui traverse la voie ferrée. On donne généralement 4^m, 00 pour les chemins ruraux ou vicinaux ordinaires 5^m, 00 pour les chemins vicinaux de grande communication, 7^m, 00 pour les routes départementales et 8^m 00 pour les routes nationales.

Ouvrages d'art exceptionnels. — On appelle ouvrages d'art exceptionnels les grands ponts, les viaducs et les souterrains.

Les grands ponts sur cours d'eau peuvent être en maçonnerie ou métalliques. Les prix à leur appliquer varient nécessairement beaucoup suivant les difficultés de fondations. Dans des conditions moyennées on peut admettre ceux qui sont indiqués au tableau ci-après :

PONTS EN MAÇONNERIE

DIMENSIONS PRINCIPALES			PRIX par mètre linéaire	OBSERVATIONS
Ouverture totale	Hauteur de l'étiage au rail	Longueur entre parapets		
De 9 ^m à 50 ^m .	De 6 à 9 ^m	4.50	1.200 fr.	On suppose que pour des débouchés au-dessous de 50 ^m , on emploie des arches de 10 à 12 ^m . Pour les débouchés de 50 à 150 ^m , des arches de 15 à 20 ^m et pour les débouchés au-dessus de 150 ^m , des arches de 25 à 30 mètres.
	De 9 à 12	4.50	1.600 »	
De 50 ^m à 150 ^m .	De 6 à 9	4.50	2.000 »	
	De 9 à 12	4.50	2.400 »	
Au-dessus de 150 ^m	De 9 à 12	4.50	3.200 »	
De 9 ^m à 50 ^m .	De 6 à 9	8.00	1.500 »	
	De 9 à 12	8.00	2.000 »	
De 50 ^m à 150 ^m .	De 6 à 9	8.00	2.500 »	
	De 9 à 12	8.00	3.000 »	
Au-dessus de 150 ^m	De 9 à 12	8.00	4.000 »	

PONTS MÉTALLIQUES

Les ponts métalliques, à poutres droites, qui sont le plus ordinairement employés ont l'avantage sur les ponts en maçonnerie d'augmenter le débouché. Ils réalisent aussi une certaine économie de construction en ce qu'ils permettent d'employer de plus grandes portées et de supprimer une partie des piles. Leur prix de revient par mètre linéaire peut être considéré comme étant de 1/6 environ inférieur à celui que nous avons donné dans le tableau précédent.

PONTS EN BÉTON ARMÉ

Ces ponts dont l'emploi commencé à se répandre pour la construction de passages supérieurs ou de passerelles ont le double avantage d'être d'un établissement en général économique et d'un entretien facile.

Les passerelles de 1^m,50 de largeur en général coûtent 150'00 environ le mètre superficiel, en y comprenant les 2 escaliers d'accès de 28 à 30 marches.

La dépense des escaliers seuls peut être évaluée au $\frac{1}{4}$ de la dépense totale.

Viaducs. — Les viaducs sont destinés à franchir des vallées qu'il serait trop coûteux ou difficile de couper par un remblai. C'est en général quand la hauteur du remblai atteint environ 20 mètres qu'il devient plus économique de le remplacer par un viaduc. Mais d'autres considérations motivent souvent l'adoption des viaducs, notamment pour la traversée des lieux habités ou quand la vallée à franchir est sillonnée d'un nombre important de chemins ou de cours d'eau.

Dans les estimations d'avant-projets de chemins de fer, on a l'habitude d'évaluer le prix des viaducs au mètre superficiel en élévation, en prenant comme surface totale celle qui est comprise entre le niveau des rails et le fond de la vallée, tant vide que plein ; l'expérience ayant démontré que la dépense croît à peu près proportionnellement à cette surface.

Pour les viaducs en maçonnerie, on peut évaluer, comme il est indiqué au tableau suivant, le prix du mètre superficiel selon la nature des matériaux employés à leur construction et les difficultés de fondation.

INDICATIONS DES OUVRAGES	HAUTEUR	PRIX PAR MÈTRE SUPERFICIEL
Viaducs à une voie	20 m	De 75 à 90 francs.
	30 m	85 à 100 »
	40 m	95 à 110 »
	50 m	105 à 120 »
Viaducs à deux voies	20 m	De 100 à 120 francs.
	30 m	110 à 130 »
	40 m	120 à 140 »
	50 m	130 à 150 »

Ces prix supposent des viaducs d'eau moins 100^m de longueur. Pour les longueurs inférieures les prix devraient être légèrement majorés pour tenir compte de l'importance des culées.

On a reconnu dans la pratique que, lorsque les viaducs ont une hauteur supérieure à 30 mètres, il y a avantage, au point de vue économique, à employer le métal plutôt que la maçonnerie, quoique pour la durée et les facilités de l'entretien, le viaduc métallique offre une solution moins satisfaisante que le viaduc en maçonnerie. Mais quand on arrive aux grandes hauteurs, la maçonnerie exige des matériaux de grande dureté et les piles prennent une importance excessive, de sorte qu'on ne doit pas hésiter à employer le métal. Ainsi, le viaduc de Fribourg, en Suisse, qui a 76 mètres de hauteur, a coûté 117 francs par mètre superficiel en élévation alors qu'un ouvrage en maçonnerie aurait coûté plus du triple.

D'après M. Nordling, le prix de revient *par mètre courant* d'un viaduc métallique à deux voies peut s'obtenir approximativement par la formule :

$$p = 2170 + h \left(46 + \frac{h}{4} \right)$$

h étant la hauteur moyenne de l'ouvrage mesurée entre le niveau du rail et le sol présumé de fonction.

Pour un viaduc à une voie, la dépense devrait être diminuée d'environ 1/3.

Il va sans dire que, dans l'évaluation des ouvrages métalliques, il faut tenir compte du cours des fers qui peut varier dans de notables proportions. La formule ci-dessus, étant déjà ancienne, suppose des prix relativement élevés par rapport à ceux d'aujourd'hui et donne, de ce fait, une prévision trop large. Il convient de ramener à 1.500 la constante de 2170.

Souterrains. — D'une façon générale, le souterrain peut être employé avantageusement lorsque la profondeur des tranchées dépasse 20 mètres. Il est tout indiqué pour la traversée d'un faite ou d'un contrefort ou encore lorsqu'on rencontre des terrains tellement mauvais qu'il soit dangereux d'y faire une coupure continue. On en établit également pour passer sous les déjections de torrents et parfois sous le lit d'un fleuve. Leur usage est très répandu dans la construction des chemins de fer, surtout dans ceux du genre « Métropolitain ».

Ils doivent avoir au moins 8 mètres de largeur entre les piliers au niveau des rails sur les lignes à double voie et 4^m,50 sur les lignes à voie unique. Leur hauteur sous clef au-dessus de la surface des rails doit être

d'au moins 6 mètres et la distance verticale entre l'intrados et le dessus des rails extérieurs de chaque voie ne doit pas être inférieure à 4^m,80.

A moins qu'il soit percé dans une roche exceptionnellement dure et homogène, il est d'usage de revêtir les parois et surtout le ciel d'un souterrain d'une maçonnerie au mortier de chaux hydraulique. L'épaisseur de la voûte varie entre 0,22 (revêtement en briques) et 1 mètre suivant la consistance du terrain traversé. Les piédroits en rocher, quand ils sont suffisamment résistants, peuvent plus facilement se passer de revêtement.

Par contre, dans un terrain peu consistant le souterrain est formé d'un véritable anneau de maçonnerie auquel on donne quelquefois la forme ovoïde pour augmenter sa résistance. Dans tous les cas, la voûte est recouverte d'une chape bien étanche pour éviter les suintements.

Les prix à appliquer dans un avant-projet sont ordinairement donnés au mètre linéaire. Pour un souterrain à double voie dont la longueur ne dépasse pas 600 à 700 mètres, on peut admettre comme prix moyen de 1.300 fr. à 1.500 fr. par mètre, selon la nature du terrain rencontré.

Pour un souterrain à voie unique, cette dépense se réduit de 1/4 environ.

Quand les souterrains ont une grande longueur qui entraîne l'emploi de puits intermédiaires pour augmenter le nombre des points d'attaque, ce qui a lieu dès que la longueur dépasse 700 ou 800 mètres, la dépense s'élève de 1/5 à 1/4 à cause du travail complémentaire qu'elle entraîne et de la difficulté d'extraction des matériaux qui sont remontés par le puits. D'autre part, pour les très longs souterrains, la nécessité de la ventilation et l'usage des perforatrices mécaniques augmente encore la dépense et les prix indiqués ci-dessus ne sont plus applicables. Ils atteignent parfois 3.800 et même 4.000 fr. comme cela a eu lieu pour les tunnels de Saint-Gothard et de l'Arlberg.

Pour un souterrain ordinaire, attaqué simplement par ses deux extrémités à l'aide des procédés ordinaires, l'avancement est d'environ 25 à 30 mètres par mois. On comprend que, pour des souterrains de grande longueur, on soit amené à recourir aux puits intermédiaires et aux perforateurs mécaniques pour ne pas prolonger indéfiniment le travail. Au Saint-Gothard, on était arrivé à percer 4 à 5^m par jour et à d'Arlberg environ 9^m.

2° ÉVALUATION DES DÉPENSES DE LA SUPERSTRUCTURE

La superstructure d'un chemin de fer comprend les voies et appareils fixes, les aménagements des stations ou des dépôts de machines et les clôtures.

Voies. — La longueur des voies est celle de la longueur de la ligne que l'on double, s'il s'agit d'une ligne à deux voies et que l'on augmente d'une longueur additionnelle correspondant au développement des voies de gare. Ce dernier élément est très variable et dépend de l'importance des stations. Si l'on suppose une ligne à voie unique desservant des stations de moyenne importance distantes d'environ 8 kilomètres l'une de l'autre et pourvues chacune d'une voie d'évitement et de deux voies de marchandises, on peut admettre environ 1 000 mètres de longueur supplémentaire de voie par station, c'est-à-dire qu'il faut ajouter à la longueur du tracé environ $1/8$ pour avoir le nombre de mètres linéaires de voie simple à faire entrer dans l'estimation. Pour une ligne à double voie la longueur à ajouter par station peut être réduite à $1/12$, parce qu'il n'y a pas à prévoir de voies d'évitement. Au reste, il est toujours facile de faire des croquis à l'échelle des gares et stations et d'y relever les longueurs approximatives des voies.

Si la ligne comporte une ou plusieurs gares importantes et s'il y a à prévoir des aménagements pour le service de la traction (remises, parc à combustibles, etc...) il faut augmenter en conséquence les prévisions relatives aux voies.

Une fois la longueur totale obtenue, on y applique un prix au mètre linéaire qu'on établit d'après le type du matériel à employer. Il est d'usage, aujourd'hui, d'employer des rails lourds pesant de 40 à 45 kg. le mètre courant, même pour les lignes secondaires, et il convient d'appliquer au mètre courant de voie simple mise en place, ballast compris, un prix de 35 à 40 fr.

Appareils de voie et signaux. — Il faut ensuite ajouter, à l'évaluation de la voie proprement dite, la valeur des appareils de voie et des signaux dont on relève la nature et le nombre sur les croquis dont il a été parlé plus haut et auxquels on peut appliquer les prix moyens indiqués ci-après qui comprennent toutes les dépenses de fournitures, transport et mise en place.

Branchement simple à deux voies, comprenant le changement, le croisement et les voies intermédiaires suivant le type	de 2 000 à 2.500'	»
Branchement double à 3 voies	de 3.700 à 4 000	»
Traversée jonction simple.	de 3 500 à 4.000	»
id. double.	de 5.500 à 6.000	»
Plaque tournante de 4 ^m .50	de 3.000 à 3.500	»
id. de 5 ^m .25	de 4.000 à 4 500	»

Pont tournant	de 9 ^m ,00	de 6.500 à 7.000 »
id.	14 ^m ,00	de 18.000 à 20.000 »
id.	17 ^m ,00	de 22.000 à 23.000 »
id.	23 ^m ,50	de 35.000 à 40.000 »
Chariot roulant de 4 ^m ,50 avec fosse pour 2 voies.		de 2.500 à 3.000 »
Chariot sans fosse de 9 ^m ,50 (le chariot seul)		de 4.300 à 4.500 »
Voie de circulation du chariot avec ses ac- cessoires, le mètre		100 à 150 »
Pont à bascul de 20 tonnes		de 2.500 à 2.800 »
id. de 40 id.		de 3.000 à 3.200 »
Grue de chargement de 10 tonnes		de 9.000 à 10.000 »
Gabarit de chargement.		de 180 à 200 »
Signal avancé avec transmission de 1.500.		de 800 à 1.000 »
Signal carré avec transmission de 500 ^m		de 500 à 600 »
Transmission funiculaire, le m	0 ^f , 40	
Transmission rigide..., le m	12 ^f , 00	

Ligne télégraphique à 2 fils, environ 0^f,50 le mètre linéaire.

Tous ces prix sont susceptibles de variation, non seulement à cause des types divers qui peuvent être adoptés, mais aussi en raison du cours des fers et aciers qui subit parfois de grandes fluctuations.

Stations. — Ayant déjà compté dans les articles précédents la valeur des voies et appareils divers des stations, il ne nous reste qu'à indiquer les dépenses relatives aux bâtiments et accessoires.

Pour le service des voyageurs il faut une cour empierrée, un bâtiment comprenant aussi le logement du Chef de gare, des trottoirs, une traversée de voies en charpente et des cabinets d'aisance avec lampisterie. On ajoute généralement un abri sur le trottoir opposé au bâtiment des voyageurs.

La cour empierrée coûte ordinairement de 3 à 4 fr. le mètre carré.

Un bâtiment avec un étage de quatre ouvertures sur chaque façade peut s'évaluer de 15.000 fr. à 18.000 fr.

Avec six ouvertures il faudrait de 20.000 à 25.000 fr.

Pour une gare importante comportant des salles d'attente pour les trois classes et des bureaux distincts, pour le télégraphe et le sous chef de gare, on devrait édifier un pavillon central à étage, flanqué de basses ailes de chaque côté, et la dépense atteindrait de 40.000 à 50.000 francs.

Les trottoirs non asphaltés de 5^m,00 de largeur moyenne, avec bordure en pierre de taille reviennent à environ 10 fr. le mètre courant. L'asphaltage augmenterait ce prix d'environ 5 fr. par mètre carré.

Une traversée de voie en charpente revient ordinairement à 400 ou 500 fr.

Les cabinets d'aisance à deux places avec urinoirs extérieurs et lampisterie coûtent de 2.500 fr. à 3 000 fr.

Un abri simple sur trottoir vaut également de 2.500 à 3.000 francs.

Les marquises adossées au bâtiment des voyageurs peuvent être comptées à raison de 30 à 40 fr. le mètre carré.

Pour le service des marchandises, il faut une cour empierrée, une halle couverte et un quai découvert avec l'outillage nécessaire au service : grue ou ponts de chargement, ponts à bascule, chargeoirs, gabarit, etc...

L'empierrement coûte en moyenne de 3 à 4 fr. le mètre carré.

Une halle couverte de 60 à 80 fr. le mètre carré de surface couverte, soit 100 à 120 fr. le mètre carré de surface utile, et un quai découvert de 8 mètres de largeur, de 80 à 100 fr. le mètre linéaire. L'outillage 10.000 fr. environ.

Pour le service de la traction, il faut compter une alimentation d'eau tous les 25 kilomètres environ entraînant une dépense de 50.000 à 60.000 fr. pour la prise d'eau avec machine et pompes, les canalisations, le réservoir de gare, la distribution et les fosses à piquer.

En outre dans les gares de bifurcation il peut y avoir lieu de prévoir des remises à machines qu'on a l'habitude de compter approximativement à raison de 10.000 fr. par fosse, c'est-à-dire par machine couverte. Ces remises comportent ordinairement en annexe un dortoir et un réfectoire pour les mécaniciens ainsi qu'un petit atelier et un bureau.

D'après ce qui précède, on peut déduire que les bâtiments et accessoires d'une station de très faible importance, ne comprenant pas d'installations pour la traction, coûteraient de 40.000 fr. à 50.000 fr. Mais ce chiffre devrait être notablement majoré pour les stations munies de prises d'eau ou dont le service des marchandises serait un peu développé, de sorte que dans un avant-projet il faut toujours compter de 70.000 fr. à 100.000 fr. par station, si l'on ne veut pas avoir de mécomptes.

Clôtures. — La loi du 13 juillet 1845 sur la police des chemins de fer avait prescrit à son article 4, que tout chemin de fer serait clos des deux côtés et sur toute l'étendue de la voie. Une nouvelle loi, du 26 mars 1897, à

autorisé le Ministre des Travaux publics à admettre des dérogations à cette prescription dans des conditions déterminées.

La dispense de clôture ne peut pas être accordée :

1° Sur les lignes ou sections de lignes où circulent plus de trois trains en une heure ;

2° Dans la traversée des lieux habités ,

3° Dans les parties contiguës à des chemins publics, lorsque la voie ferrée est en déblai, à niveau ou en remblai de moins 2 mètres ;

4° Sur 50 mètres de longueur au mois de chaque côté des passages à niveau ;

5° Aux abords des stations, haltes ou arrêts.

C'est en se basant sur ces indications qu'on doit régler les prévisions d'établissement des clôtures d'une ligne projetée.

On doit, d'ailleurs, faire une distinction entre les clôtures de la voie courante et celles des gares.

Dans le premier cas, on peut se contenter de l'établissement de clôtures sèches ou bien prévoir en même temps la plantation de haies vives. Nous disons « en même temps » car on ne peut pas planter de haies vives sans les protéger pendant 5 ou 6 ans par de la clôture sèche, jusqu'à ce qu'elles soient suffisamment défensives. On fait des clôtures sèches soit avec du treillage mécanique formé de lattes de châtaignier maintenues par deux ou trois rangs de liens en fil de fer et fixées à des pieux espacés de 2 mètres à 3 mètres, soit simplement avec des piquets réunis par deux ou trois cours de fil de fer ; cette dernière clôture est plus économique, mais moins défensive. On ne doit prévoir des haies vives, qui sont généralement en aubépine, que dans un sol permettant leur développement.

Les clôtures sèches coûtent selon le type de 0fr,60 à 1 franc le mètre courant, mises en place, et les haies vives 0fr,75 à 1 franc y compris les frais d'entretien jusqu'à ce qu'elles soient devenues défensives. C'est la somme de ces deux prix qu'il faut compter pour les haies vives, en prenant alors le chiffre minimum, soit environ 1fr. 35 par mètre linéaire. .

Quant à la longueur à appliquer, elle doit être à peu près le double de celle de la ligne, si celle-ci est close dans toute son étendue ; si, au contraire, la clôture est discontinue, on doit en faire un relevé approximatif sur le plan au 1/10.000.

Dans les gares, il est ordinairement nécessaire d'employer des clôtures plus résistantes, en menuiserie ou en fer, pour séparer l'intérieur des gares des cours extérieures et des chemins latéraux. On tend aujourd'hui à

abandonner les clôtures en menuiserie qui sont coûteuses à entretenir et on les remplace par des clôtures métalliques, constituées à l'aide de cornières formant lisses, fixées à des montants en double T, et supportant des barreaux en fer creux demi-cylindrique. On obtient ce dernier type de clôture au prix de 8 à 10 fr. le mètre courant.

Quand l'aspect de la clôture peut être un peu sacrifié et qu'on a intérêt à avoir une clôture extérieurement défensive, on emploie souvent les clôtures en vieilles traverses.

La dépense des clôtures spéciales de gare est comprise dans celles des stations, de sorte qu'il n'y a pas à l'évaluer à l'article clôtures de l'estimation sommaire de l'avant-projet.

3° ÉVALUATION DES DÉPENSES DU MATÉRIEL ROULANT

Pour terminer cette estimation, il n'y a plus qu'à ajouter environ 20.000 fr par kilomètre pour le matériel roulant qui devra circuler sur la nouvelle ligne, si celle-ci est à voie unique, 30.000 francs si elle est projetée à double voie, et 15.000 francs seulement si la ligne doit être à voie étroite.

Procès verbal de conférence. — En présentant un avant-projet, on doit joindre au dossier l'avis des divers services publics intéressés à la construction de la ligne. A cet effet, les Ingénieurs de ces services se réunissent en conférence, discutent les dispositions proposées et résument leurs conclusions dans un procès-verbal qu'ils signent et qui reçoit ensuite l'avis des Ingénieurs en chef.

Les conférents sont ordinairement :

L'Ingénieur chargé des études de la ligne ;

L'Ingénieur chargé du contrôle de l'exploitation du Réseau auquel la ligne doit être rattachée ;

L'Ingénieur du service hydraulique et du service maritime s'il y a lieu ;

Un représentant du service vicinal.

Quand la ligne passe dans le rayon des servitudes des enceintes fortifiées ou quand elle pénètre dans la zone frontière maritime ou terrestre, les représentants des Ministères de la Guerre, de la Marine et quelquefois des Finances sont appelés à prendre part aux conférences qui prennent alors le nom de conférences mixtes. Les procès-verbaux en sont soumis à l'examen de la Commission mixte des Travaux Publics instituée par la loi du 7 avril 1851.

Il ne faut pas confondre ces conférences avec les enquêtes qui précèdent la déclaration d'utilité publique et dont il sera parlé plus loin. Les conférences ont essentiellement pour but de rechercher l'accord entre les divers services intéressés ou de préciser les réserves qui peuvent être faites ; elles constituent une consultation administrative permettant au Ministre d'apprécier, en connaissance de cause, l'avant-projet présenté, tandis que les enquêtes sont une consultation populaire imposée par le titre I de la loi du 3 mai 1844.

Rapport des Ingénieurs. — Le rapport des Ingénieurs fait un historique sommaire des circonstances qui ont amené les études et discute les considérations qui ont déterminé le choix du tracé proposé. Il donne ensuite une description de ce tracé et fait connaître les conditions caractéristiques de la ligne. L'ordre et la division du rapport se trouvent d'ailleurs indiqués dans l'énumération suivante qui a été établie par l'Administration supérieure :

Rapport de l'Ingénieur ordinaire.

- 1° Exposé ;
- 2° Tracé ;
- 3° Alignements et courbes ;
- 4° Profil en long ;
- 5° Profil en travers ;
- 6° Terrassements ;
- 7° Ouvrages d'art ;
- 8° Stations ;
- 9° Superstructure et matériel roulant ;
- 10° Base d'estimation des dépenses ;
- 11° Trafic probable et appréciation des avantages de l'entreprise ;
- 12° Conférences ;
- 13° Conclusions.

Avis de l'Ingénieur en chef

- 14° Conférences au 2° degré ;
- 15° Résumé et avis.

Le dossier d'avant-projet constitué comme il vient d'être dit est transmis par l'Ingénieur en chef chargé des études au Ministre des Travaux publics.



§ 3. — ENQUÊTE D'UTILITÉ PUBLIQUE

(Dossier A')

Sur le vu du dossier d'avant-projet, le Ministre des Travaux Publics décide s'il y a lieu d'en prescrire la mise à l'enquête.

Dans le cas de l'affirmative l'Ingénieur en chef des études fait préparer et adresser ensuite aux Préfets des départements intéressés, par lettre d'envoi spéciale, le dossier d'enquête d'utilité publique qui doit être établi en autant d'exemplaires qu'il y a de lieux d'enquête, c'est-à-dire pour chaque chef-lieu de département ou d'arrondissement traversé par la ligne.

Le dossier d'enquête se compose des pièces suivantes (1) :

- 1° Carte générale du tracé 1/80.000
- 2° Profil en long au 1/40 000 pour les longueurs et au 1/2 000 pour les hauteurs,
- 3° Profils en travers spéciaux au 1/200 pour les longueurs et les hauteurs ;
- 4° Devis descriptif ;
- 5° Notice explicative avec estimation sommaire de la dépense et appréciation des avantages de l'entreprise ;

Pièces annexes.

6° Un projet d'arrêté ordonnant le dépôt des pièces de l'avant-projet, prescrivant l'ouverture de l'enquête et nommant la Commission appelée à donner son avis.

7° Un registre d'enquête (en blanc) et un projet de procès-verbal pour la Commission d'enquête.

Tous les imprimés nécessaires, titres ou tableaux, peuvent être fournis par l'imprimerie Jousset qui les a établis d'après les modèles adoptés par l'Administration.

L'établissement des dossiers d'enquête ne demande aucune étude nouvelle, les documents à y introduire étant ceux de l'avant projet.

(1) Lorsque l'enquête d'utilité publique s'applique à l'établissement des voies sur des quais, appontements, ports maritimes ou fluviaux, il faut joindre à ce dossier une autre pièce appelée. « Tarif des taxes à prévoir en cas de concession » en vertu de la loi du 31 juillet 1913 qui assimile ces voies à celles des voies ferrées d'intérêt local

Le Préfet y ajoute un exemplaire de l'affiche de publication de son arrêté et un numéro du journal où a été inséré cet arrêté.

Lorsque l'enquête a eu lieu, le Préfet ajoute encore au dossier la délibération de la Chambre de Commerce ou de la Chambre consultative des Arts et Manufactures et renvoie le tout à l'Ingénieur en Chef chargé des études de la ligne.

Celui-ci fait procéder à l'examen des résultats de l'enquête qui donne lieu à la rédaction d'un rapport spécial de la part des Ingénieurs du service d'études et c'est sur cet avis ainsi que sur celui du Préfet et du Conseil Général des Ponts et Chaussées que le Ministre des Travaux Publics peut, s'il le juge convenable, provoquer la loi ou le décret déclarant la ligne d'utilité publique (1).

C'est alors que les Ingénieurs doivent procéder aux études définitives.

B). — Voies ferrées d'intérêt local (2).

§ 1^{er} PRESCRIPTIONS RÉGLEMENTAIRES.

Généralités. — Les conditions techniques d'établissement des voies ferrées d'intérêt local, qu'il s'agisse de voies posées sur une plateforme spéciale, ou empruntant en tout ou en partie des voies publiques préexistantes : nationales, départementales ou communes, sont régies par

(1) Il faut une loi pour déclarer l'utilité publique d'une ligne de chemin de fer lorsque la longueur de cette ligne est d'au moins 20 kilomètres, il faut un décret pour les lignes d'une longueur inférieure à 20 kilomètres. Pour les chemins de fer d'intérêt local une loi est nécessaire lorsqu'il est fait appel à l'intervention de l'Etat ; dans le cas contraire c'est un décret qui intervient.

(2) Il était difficile de distinguer une voie de tramway d'un chemin de fer d'intérêt local. Cependant d'après M. C. Colson inspecteur général des Ponts et Chaussées, légalement sont : *tramways* les lignes établies sur les voies publiques et sont *chemins de fer* celles qui occupent une plateforme spéciale. Mais après cette définition il « ajoute : « la plupart des lignes que l'on construit aujourd'hui pour relier les localités « rurales aux grands réseaux sont établies partie sur les routes et chemins, partie en « déviation, et les circonstances locales qui ont donné la prépondérance tantôt à l'un, « tantôt à l'autre de ces deux modes de construction ne répondent à aucune différence « essentielle dans les caractères techniques et économiques des lignes : toutes trans- « portent à la fois des voyageurs et des marchandises, ont un faible trafic, une exploi- « tation simple et ne peuvent qu'exceptionnellement se créer et vivre sans le con- « cours financier des pouvoirs publics. »

La loi du 31 juillet 1913 a tranché cette question en réunissant sous la dénomination de « voies ferrées d'intérêt local » les lignes d'intérêt local et les tramways et en leur appliquant le même régime.

la loi du 31 juillet 1913 qui abroge par son article 49 la loi du 11 juin 1880.

La nouvelle loi stipule que lorsque l'établissement d'une ligne est décidé par le Conseil général du Département, une instruction sommaire est effectuée par le Préfet (dossier d'avant-projet) qui transmet ce dossier au Ministre des Travaux Publics. Ce dernier, après avoir pris l'avis du Ministre de l'Intérieur et du Ministre des Finances, autorise ou non la mise à l'enquête.

Le Conseil général d'un département peut poursuivre l'exécution d'un tronçon de ligne situé dans le département voisin, si ce dernier département refuse de participer aux frais d'établissement.

L'établissement d'une ligne s'étendant sur plusieurs communes peut être poursuivi également par un Syndicat constitué conformément à la loi du 22 mars 1890.

Le Conseil municipal d'une commune peut assumer seul les charges de l'établissement d'une section de ligne sur une commune voisine, qu'elle appartienne ou non au même Département.

L'utilité publique de ces voies ferrées (art. 10) est déclarée et l'exécution est autorisée par une loi lorsqu'il est fait appel à la subvention de l'Etat ; dans les autres cas par un décret délibéré en Conseil d'Etat sur le rapport du Ministre des Travaux Publics, après avis du Ministre de l'Intérieur.

La loi du 31 juillet 1913 stipule également par son art. 47 que des règlements d'administration déterminent les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire tant pour la construction que pour l'exploitation les voies ferrées établies sur les voies publiques.

L'établissement des voies ferrées d'intérêt local sur le sol des voies publiques n'étant pas sans présenter de sérieux inconvénients, M. le Ministre des Travaux Publics a appelé l'attention des Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées à ce sujet et il leur a recommandé de n'accepter l'emprunt des voies publiques et notamment des routes nationales par les voies ferrées, que dans des cas exceptionnels.

L'Etat accorde des **subventions** soit en capital, soit en annuités. L'importance de ces subventions est calculée d'après les charges annuelles du département de la commune et du syndicat de communes correspondant aux dépenses de 1^{er} établissement, augmentées des dépenses faites pour les travaux complémentaires pendant les dix premières années de l'exploitation.

Un tableau (art. 14 de la loi du 31 juillet 1913) indique les maxima que la subvention ne pourra en aucun cas dépasser.

L'art. 15 indique le mode de calcul des subventions à adopter pour les voies ferrées qui en reçoivent déjà en vertu de la loi du 11 juin 1880.

Ces modes de calcul des subventions ont été modifiés par les lois des 28 avril et 13 août 1920.

Cahier des charges types. — Les indications pour la préparation du dossier d'avant projet sont données par le cahier des charges types annexé au décret du 20 novembre 1917 relatif à la concession de ces voies.

Elles sont résumées ci-après.

Largeur de la voie. — Cette largeur est fixée à 1^m,44, 1 m. ou 0^m,60.

Gabarit du matériel roulant. — La largeur de caisses des véhicules ainsi que de leur chargement, ne dépassera pas pour les voies de 1^m,44, celle admise pour le matériel des lignes d'intérêt général dans la même région et dans aucun cas 3^m,20,

pour les voies de 1 m. cette largeur ne dépassera pas 2^m,50,

pour les voies de 0^m 60 la largeur maximum sera 1^m,80.

La largeur du matériel roulant toutes saillies comprises et notamment celles des marchepieds latéraux ne dépassera pas 3^m,20 pour les voies de 1^m,44, 2^m,80 pour les voies de 1 m. et 2^m,10 pour les voies de 0^m,60.

La hauteur autorisée pour les locomotives et automotrices au dessus des rails y compris toutes saillies sera au plus de 4^m,20 pour les voies de 1^m,44, 3^m,50 pour les voies de 1 m. et 3 m. pour les voies de 0^m,60.

Celle relative aux autres véhicules ainsi qu'à leurs chargements sera de 4^m,20 pour les voies de 1^m,44, de 3^m,30 pour les voies de 1 m. et de 2^m,40 pour les voies de 0^m,60.

Entrevoies. — Dans les parties à deux voies, la largeur de l'entrevoie sera réglée de telle façon qu'entre les parties les plus saillantes de deux véhicules qui se croisent, il y ait un intervalle libre d'au moins 50 centimètres, en alignement droit, augmenté en conséquence dans les parties en courbes.

Alignements, courbes et déclivités. — Les alignements seront raccordés entre eux par des courbes dont le rayon ne pourra être inférieur en général à :

Pour les voies ferrées sur plate-forme indépendante et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié : 150 mètres pour les lignes à voie de 1^m,44, 75 mètres pour les lignes à voie de 1 mètre et 40 mètres pour les lignes à voie de 60 centimètres.

Le maximum des déclivités est fixé généralement à 40 millimètres et dans une voie bien établie les déclivités ne doivent pas coïncider avec la courbe de rayons maximum.

Dans les sections de la voie ferrée établie en dehors de la voie publique un alignement droit devra être ménagé entre deux courbes consécutives. La longueur d'alignement droit généralement admise est de 60 mètres pour la voie de 1^m,44, 40 mètres pour la voie de 1 mètre et 30 mètres pour la voie de 60 centimètres.

Dans les sections de la voie ferrée établies sur plate-forme indépendante, une partie horizontale sera ménagée entre deux parties déclivités par correspondant puissent réunir leurs eaux au même point. Cette partie horizontale mesure généralement 60 mètres pour la voie de 1^m,44, 40 mètres pour la voie de 1 mètre et 30 mètres pour la voie de 60 centimètres.

Voie sur chaussées. — Dans les sections où la voie ferrée sera établie sur une partie de la voie publique accessible à la circulation ordinaire, les voies de fer seront posées au niveau du sol, sans saillie ni dépression, suivant le profil normal de la voie publique, sans altération de ce profil, soit dans le sens longitudinal, soit dans le sens transversal à moins d'une autorisation spéciale de l'autorité compétente.

Rails noyés. — Suivant la nature de la chaussée, les rails seront noyés dans un pavage ou un empièchement qui occupe l'entreraile et une largeur latérale telle que la largeur totale pavée ou empièchée corresponde à la largeur maximum adoptée pour le matériel roulant.

Zones franches. — La chaussée de la voie publique devra être conservée ou établie à des dimensions telles qu'en dehors de l'espace occupé par le matériel roulant, il reste une largeur libre de chaussée d'au moins 2^m,60 permettant à une voiture ordinaire de se ranger pour laisser passer le matériel de la voie ferrée avec le jeu nécessaire. Cette chaussée sera accompagnée d'un accotement ou d'un trottoir de largeur fixée d'après les circonstances locales et dans tous les cas suffisante pour assurer la sécurité de la circulation des piétons. En outre, des gares sont réservées de

distance en distance pour les dépôts des matériaux d'entretien de la voie publique.

Un intervalle libre d'au moins 1^m,40 de largeur sera réservé, d'autre part, entre le gabarit du matériel roulant et les limites des propriétés riveraines ou des alignements approuvés s'ils passent en avant de ces propriétés.

Accotements. — La voie ferrée doit être établie de telle sorte que la verticale passant par les parties les plus saillantes du matériel roulant ne dépasse pas l'arête extérieure de l'accotement. Dans les parties où la voie sera établie soit sur le bord d'un remblai de plus de 0,50 de hauteur, soit le long d'un talus de déblai ou d'un obstacle continu dépassant le niveau des marchepieds, il sera ménagé un espace libre d'au moins 0,75 de largeur entre la partie la plus saillante du matériel roulant et la crête du remblai ; le pied du déblai ou l'obstacle continu. Pour les obstacles isolés cet intervalle est réduit à 0,60.

Voie sur accotements. — En outre, si la voie ferrée est établie sur un accotement interdit aux voitures ordinaires, elle devra reposer sur une couche de ballast ayant généralement comme largeur celle de la voie augmentée de 80 centimètres et une épaisseur telle qu'il y ait au moins 0,15 sous les traverses sans que la différence de niveau entre le dessus du rail et la plate-forme pouvant être inférieure à 30 centimètres. Le ballast devra être arasé de niveau avec la surface de l'accotement relevé en forme de trottoir avec bordure d'au moins 0,12 de saill. en pierre ou terre gazonnées d'une solidité suffisante. Enfin, un demi caniveau pavé peut être prescrit le long des bordures en pierre. Dans ce cas, un intervalle libre de 0,30 est réservé entre la verticale de l'arête de cette bordure et le gabarit du matériel roulant, un autre intervalle libre de 1^m,40 devant exister entre cette même bordure et les limites des propriétés riveraines.

Traversée des lieux habités. — Dans les traverses des villes et villages, les voies ferrées seront établies en rails noyés dans la chaussée entre les deux trottoirs ou, à défaut de trottoirs, entre les deux zones à réserver pour l'établissement du trottoir.

Le minimum des largeurs à réserver est fixé d'après les côtés suivants :

Pour un trottoir ou pour l'emplacement à ménager en vue de l'établissement d'un trottoir : 1^m,40 ; cette largeur sera mesurée à partir des

limites des propriétés riveraines, bâties ou non bâties ou des alignements approuvés lorsque ceux-ci passeront en avant de ces limites ;

2° Entre le matériel de la voie ferrée (partie la plus saillante) et le bord d'un trottoir :

a) Quand on réservera le stationnement des voitures ordinaires : 2^m,60 ;

b) Quand on supprimera ce stationnement : 30 centimètres ;

c) Le long des refuges pour piétons placés dans l'entrevoie : 20 centimètres ;

d) Le long des trottoirs ou des refuges servant pour l'embarquement des voyageurs : 10 centimètres.

Lorsque l'établissement de la voie ferrée sur de larges trottoirs existant dans les traverses aura été autorisé, il sera fait application de prescriptions relatives aux parties de voies ferrées établies sur accotement interdit aux voitures ordinaires.

Voie en déviation. — Dans les sections où la voie ferrée sera établie en dehors de la voie publique, la largeur des accotements, c'est-à-dire des parties comprises de chaque côté entre le bord extérieur du rail et l'arête supérieure du ballast sera en général et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié, d'au moins 75 centimètres pour la voie de 1^m,44, 60 centimètres pour la voie de 1 mètre, et 50 centimètres pour la voie de 60 centimètres.

L'épaisseur de la couche de ballast devra être déterminée de telle sorte qu'il existe au moins une épaisseur de ballast de 15 centimètres sans que la différence de niveau entre le dessus du rail et la plate forme puisse être inférieure à 30 centimètres.

L'on ménagera au pied de chaque talus de ballast une banquette de largeur telle que l'arête de cette banquette se trouve à 90 centimètres au moins de la verticale de la partie la plus saillante du matériel roulant.

Il sera établi le long de la voie ferrée des fossés et rigoles nécessaires pour l'assèchement de la voie et pour l'écoulement des eaux.

Souterrains. — Les souterrains à établir pour le passage de la voie ferrée auront en général entre piédroits au niveau du rail, dans le cas de la voie unique 4^m,50 pour la voie de 1^m,44, 4 mètres pour la voie de 1 mètre et 3^m,60 pour la voie de 60 centimètres ; dans le cas d'une ligne à double voie, cette largeur sera portée à 8 mètres pour la voie de 1^m,44, à 7^m,30 pour la voie dit mètre et à 6,30 pour la voie de 60 centimètres. Ces largeurs régneront jusqu'à 2 mètres au moins au-dessus du niveau des rails. Des

garages seront établis à 50 mètres de distance de chaque côté et seront disposés en quinconce d'un côté à l'autre.

La hauteur sous clef au-dessus de la surface des rails sera égale à la hauteur maximum du gabarit du matériel roulant augmentée d'un intervalle libre, nécessaire pour l'aérage, d'au moins 1^m,20, quel que soit le nombre des voies.

La distance verticale qui sera ménagée entre l'intrados et le dessus des rails pour le passage des trains, dans une largeur égale à celle qui est occupée par les caisses des voitures, ne sera pas inférieure à 4^m,80 pour la voie de 1^m44 ; pour les autres voies cette distance verticale sera égale à la plus grande hauteur du matériel roulant augmentée, en général et à moins de circonstances exceptionnelles, dont il devra être justifié, de 60 centimètres.

Profils en travers types. — Nous donnons ci-après, à titre de simple renseignement, les profils en travers types qui ont été appliqués à diverses lignes, en supposant une largeur de matériel roulant de 2^m,60 pour les voies ferrées établies en dehors des voies publiques (fig 12 à 14) et une largeur de 2^m,20 pour les voies ferrées empruntant les voies publiques ou leurs dépendances (fig 15 à 19).

Passages inférieurs. — Lorsque la voie ferrée devra passer au-dessus des routes et chemins, l'ouverture de l'ouvrage sera fixée en tenant compte des circonstances locales. Cette ouverture ne pourra être inférieure à 8 mètres pour une route nationale, à 6 mètres pour une route départementale ou un chemin vicinal de grande communication et à 4 mètres pour tous les autres chemins.

Ces largeurs devront être augmentées suivant les besoins, notamment aux abords des grands centres de populations et dans les pays où l'on peut prévoir l'emploi de machines agricoles.

La hauteur libre à partir du sol au dessus de la chaussée et dans toute sa largeur ne sera pas inférieure à 4^m,30.

La largeur des ouvrages entre parapets sera en général dans le cas de la voie unique, 4^m,50 pour la voie de 1^m,44, 4 mètres pour la voie de 1 mètre et 3^m,60 pour la voie de 60 centimètres dans le cas d'une ligne à double voie, 8 mètres pour la voie de 1^m,44, 7^m,30 pour la voie de 1 mètre et 6^m,30 pour la voie de 60 centimètres.

La hauteur des parapets ne pourra dans aucun cas être inférieure à 1 mètre.

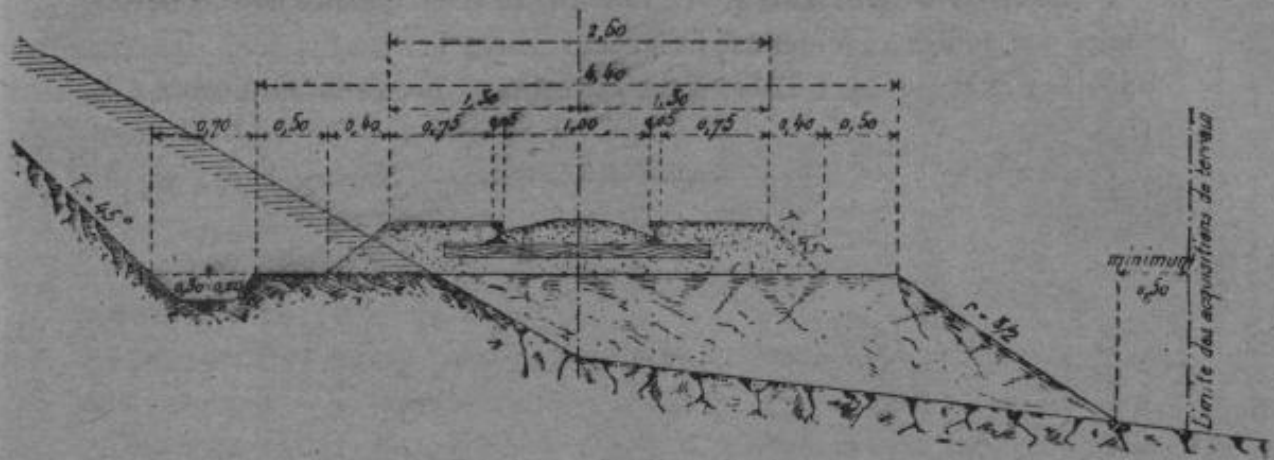


FIG. 12. — Profils ordinaires.

En déblai dans la terre,

En remblai.

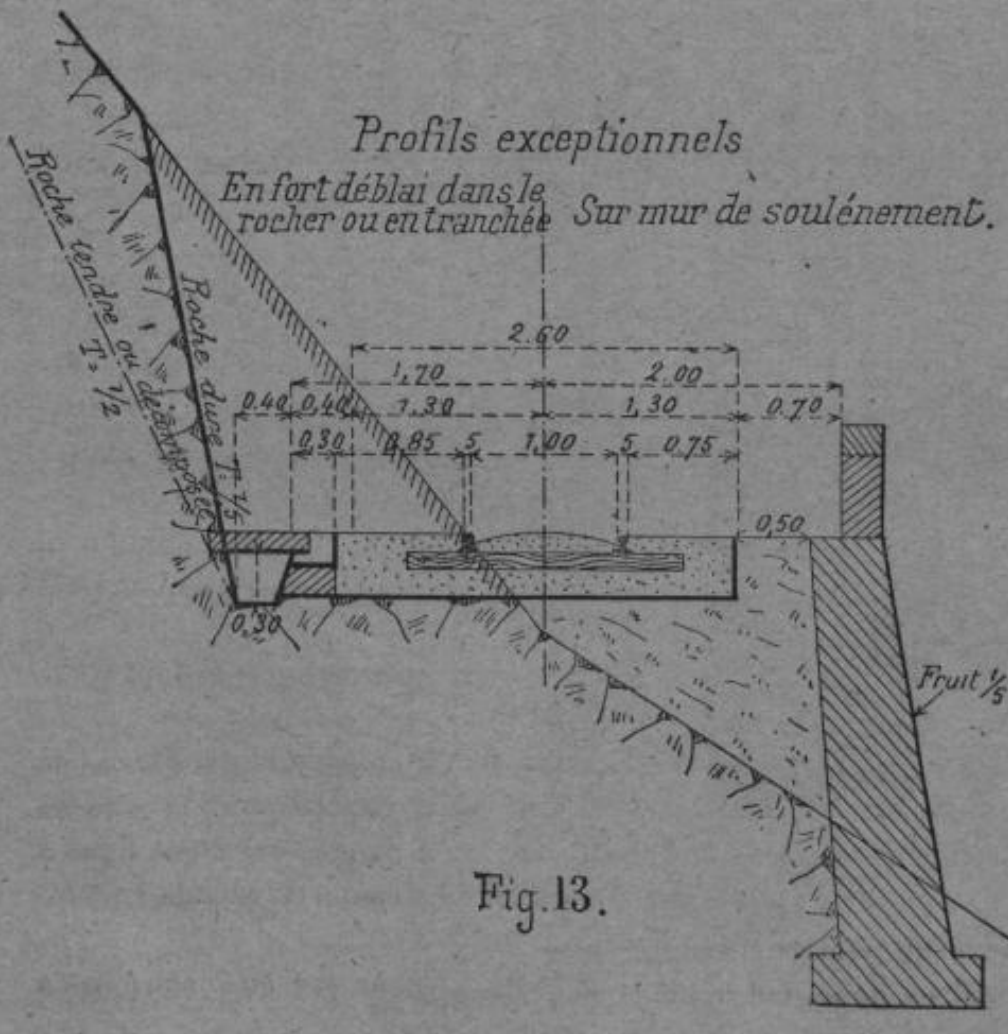


Fig. 13.

Passages supérieurs. — Lorsque la voie ferrée devra passer au-dessous des routes et chemins, la largeur entre les parapets du pont qui supportera la route sera fixée en tenant compte des circonstances locales.

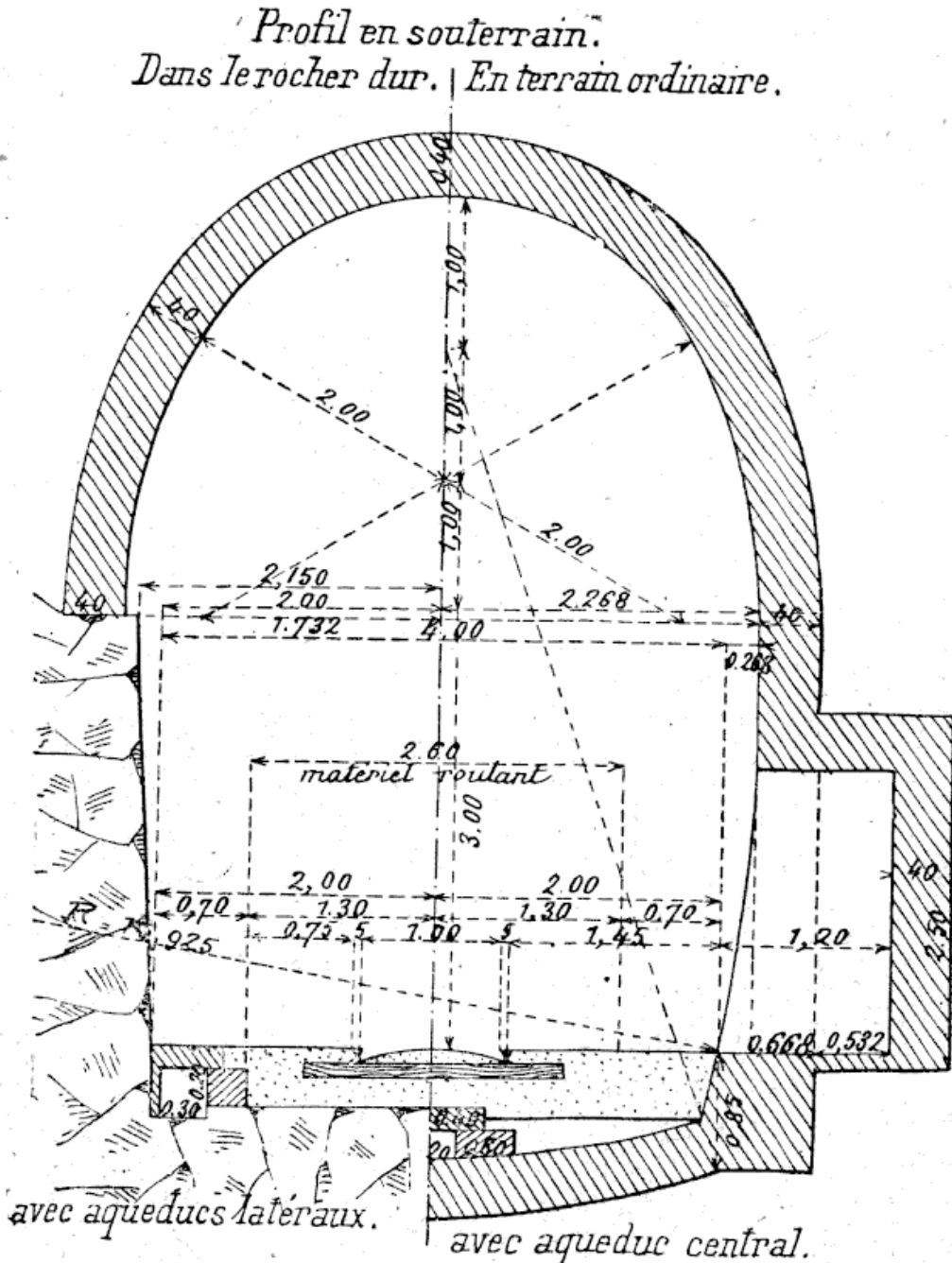


Fig. 14.

Cette largeur ne pourra être inférieure à 8 mètres pour une route nationale, à 6 mètres pour une route départementale ou un chemin vicinal de grande communication et à 4 mètres pour tous les autres chemins. Ces

Gabarit du matériel roulant toutes saillies comprises = 2.20

Rails noyés dans la chaussée.

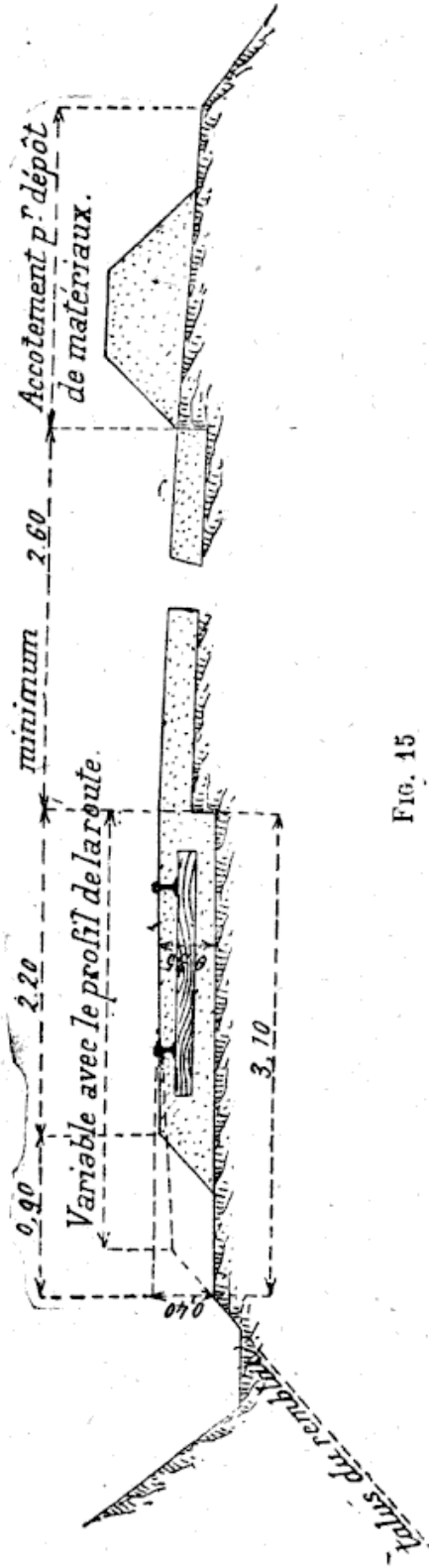


FIG. 15

Voie en accotement.

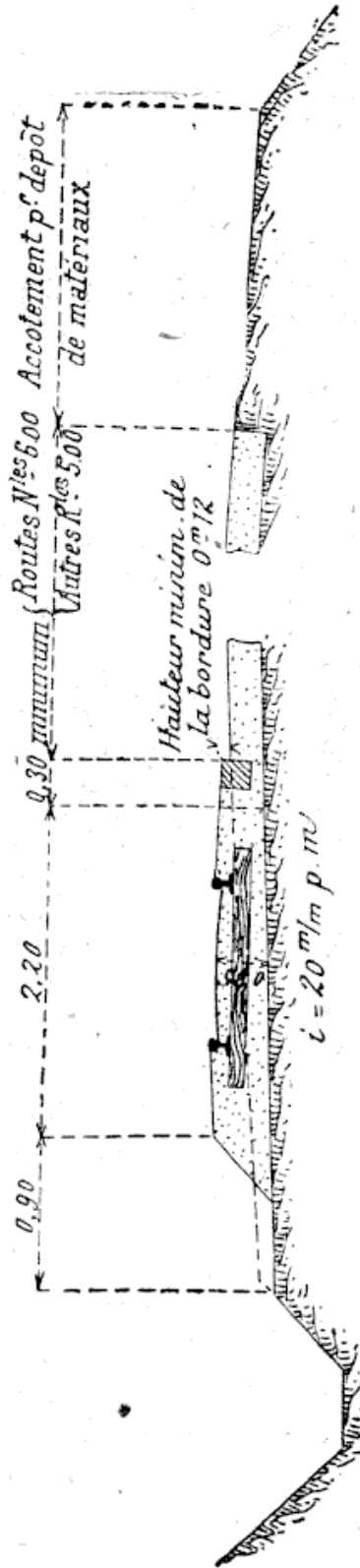


FIG. 16

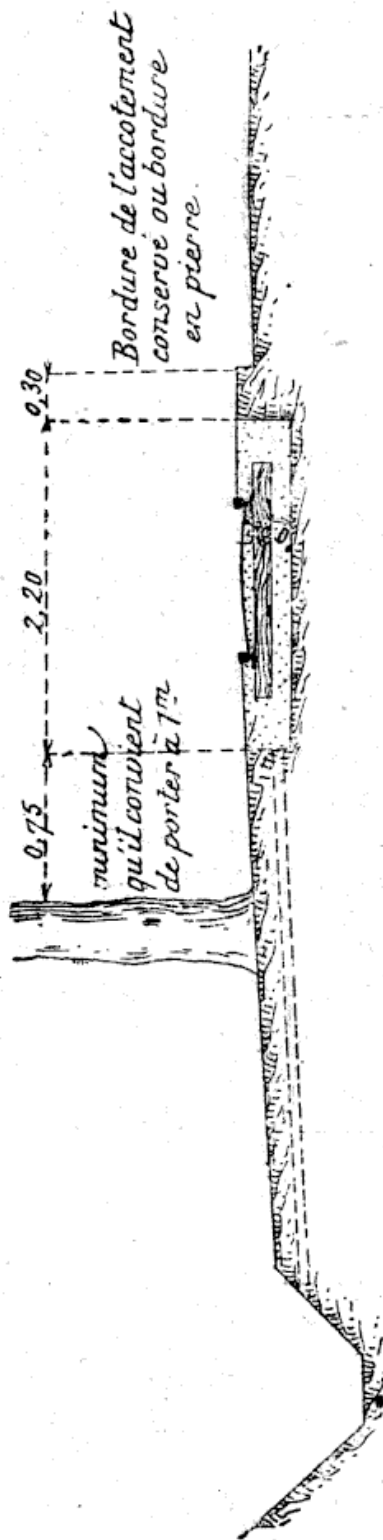
Voie en accotement (Fig. N^o 10)

FIG. 17.

N.B. — Ce profil n'est pas à recommander. Il est toujours préférable d'établir le niveau de la plateforme de la voie, au niveau de l'accotement. Lorsqu'on ne peut faire différemment, on doit compléter ce profil par des drains d'assainissement *a*.

Traverses des villes et villages.

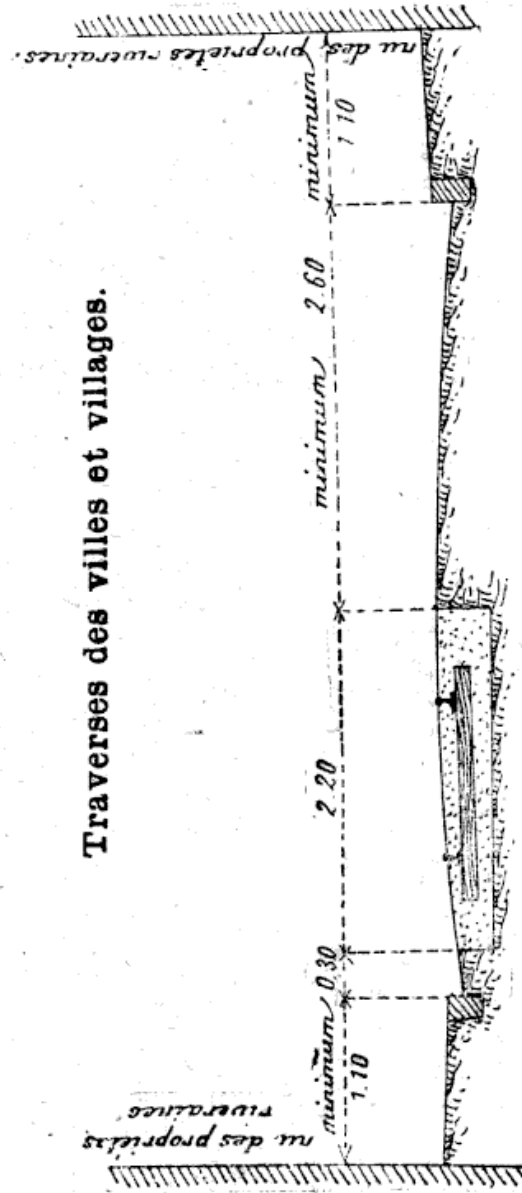


FIG. 18.

NOTA. — Quand la largeur de la chaussée le permet il y a avantage à mettre la voie dans l'axe pour que le roulage puisse accoster au droit des trottoirs. Dans ces traversées on impose parfois la pose d'un contre-rail. Dans ce cas le contre-rail est formé par un rail de même type que celui de la voie, il est posé parallèlement de façon à laisser une ornière de 0,03.

largeurs devront être augmentées suivant les besoins, notamment aux abords des grands centres de population et dans les pays où l'on peut prévoir l'emploi de machines agricoles.

L'ouverture de l'ouvrage entre culées sera égale à la largeur fixée ci-dessus pour les passages inférieurs.

Cette largeur règnera jusqu'à 2 mètres au moins au-dessus du niveau des rails. La distance verticale qui sera ménagée au-dessus des rails pour le passage des trains, dans une largeur égale à celle qui est occupée par

Etablissement de la voie dans une chaussée

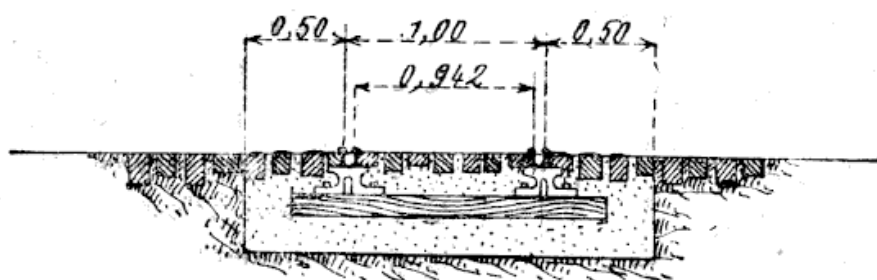


FIG. 19.

les caisses des voitures, ne sera pas inférieure à 4^m,80 pour la voie de 1^m,44 ; pour les autres voies, cette distance verticale sera égale à la plus grande hauteur du matériel roulant augmentée en général et à moins de circonstances exceptionnelles dont il devra être justifié, de 60 centimètres.

Passage à niveau. — Dans le cas où les routes ou chemins sont traversés à niveau par la voie ferrée, les rails ou contre-rails sont établis sans saillies ni dépressions sur le sol des chaussées et le croisement de la voie de terre et de la voie de fer ne peut s'effectuer sous un angle inférieur à 45°. L'ouverture libre des passages à niveau ne peut être inférieure à 6 mètres pour une route nationale et à 4 mètres pour tous les autres chemins. Les passages peu importants peuvent être établis sans barrières ni maison ou guérite de garde. Aux abords immédiats des passages à niveau, la déclivité des routes et chemins qui y aboutissent doit être réduite à 20 millimètres au plus, sur 10 mètres de longueur de part et d'autre de chaque passage.

Clôtures. — Le chemin de fer peut ne pas être pourvu de clôtures continues, sauf : à la traversée des lieux habités, dans les parties contiguës à des chemins publics, sur 10 mètres de chaque côté des passages à niveau et dans les stations.

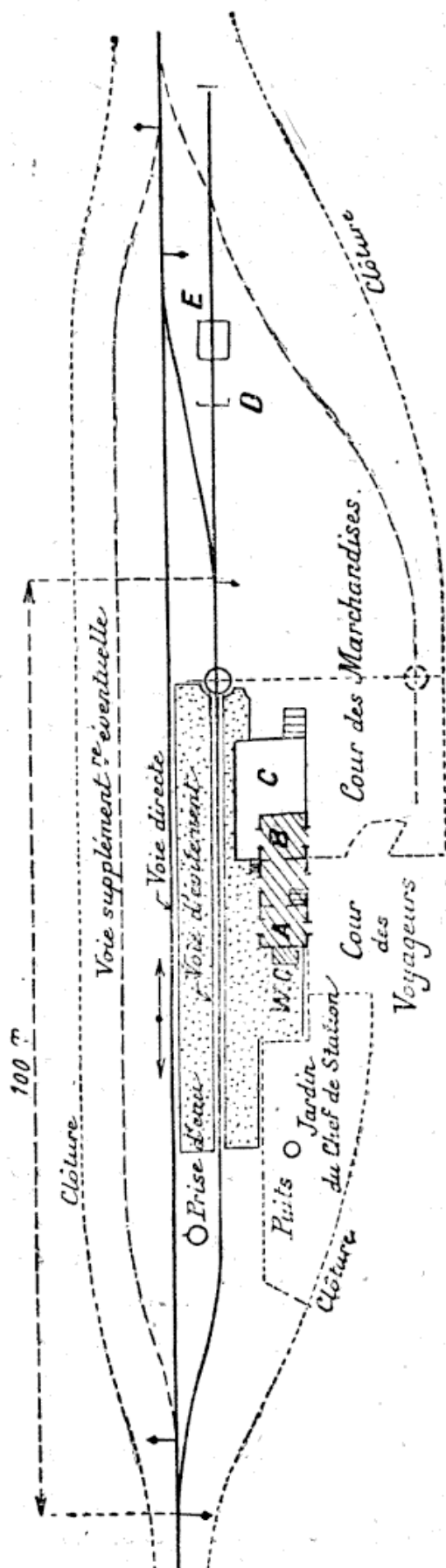


FIG. 20.

A. Bâtiment des voyageurs à deux ouvertures avec logement du chef à l'étage. — B. Halle à marchandises. — C. Quai découvert. — D. Gabarit de chargement. — E. Pont à bascules.

Aménagement des stations. — Pour assurer la simplification du service dans les stations, il faut d'abord que les stations soient aménagées en vue de cette simplification.

A cet effet, il est d'usage de grouper les installations destinées aux voyageurs et aux marchandises de manière à permettre au chef de station d'assurer facilement, à lui seul, le service de grande et petite vitesse. On accole au bâtiment des voyageurs une petite halle couverte installée sur le quai découvert et les voies de la station se réduisent souvent à deux, savoir : la voie directe et une voie adjacente reliée par aiguilles à la première à ses deux extrémités, et longeant le quai découvert. Cette voie est généralement prolongée en cul de sac d'un côté, au moyen d'un branchement, pour permettre le garage de quelques wagons et on installe sur ce bout de voie, quand l'utilité en est reconnue, un pont à bascule et, dans tous les cas, un gabarit de chargement. La voie d'évitement peut ainsi servir à la fois au croisement des trains et au service local des marchandises de détail, la

voie en cul-de-sac permettant de son côté le chargement et le déchargement par wagons complets. Un trottoir en terre, avec bordure en gazon,

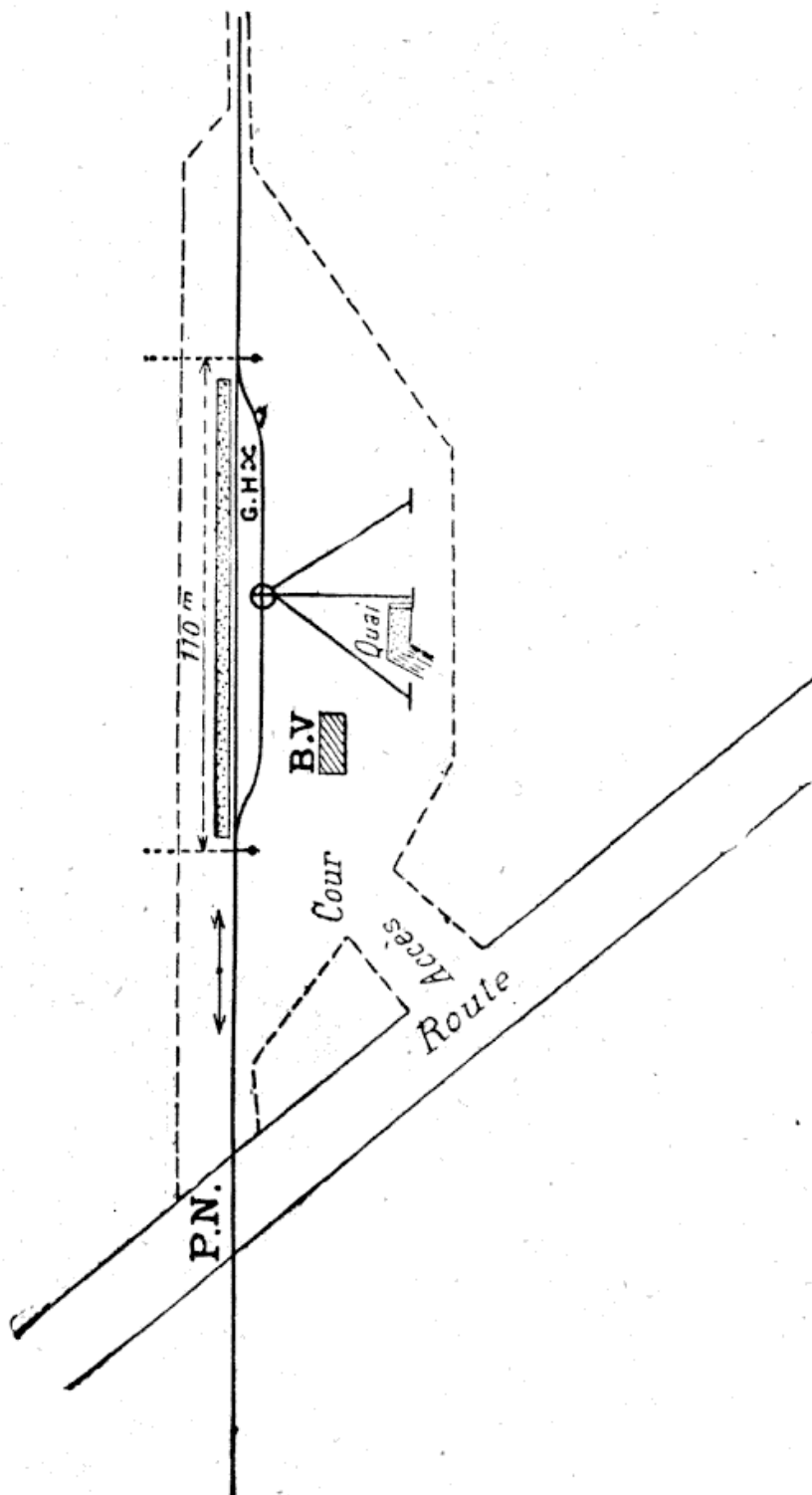


FIG. 21.

est établi entre les deux voies parallèles ainsi qu'au droit du bâtiment des voyageurs et, si le trafic de la station le demande, on peut établir

une voie d'évitement spéciale, rattachée par aiguilles à la voie directe, du

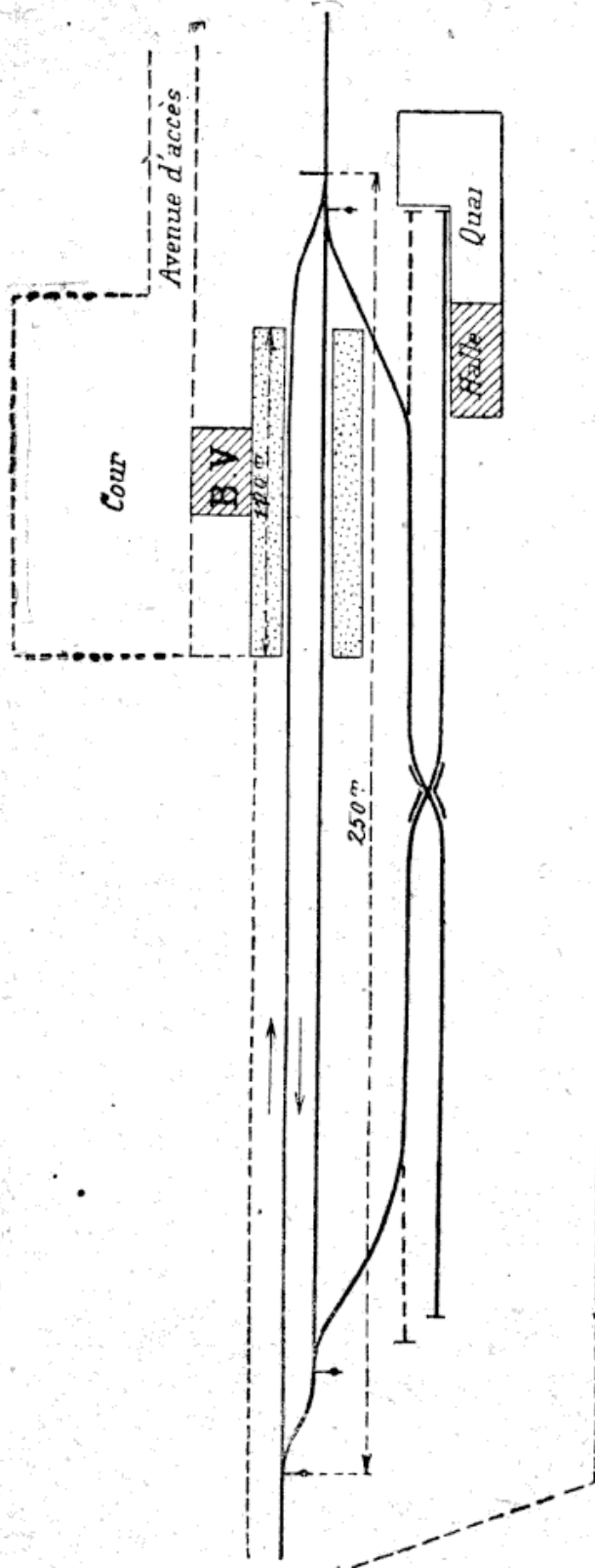


FIG. 22.

côté opposé au bâtiment et laisser celle qui est devant le bâtiment affectée spécialement au service des marchandises. Ces voies sont relativement courtes, puisque les trains ne peuvent avoir sur ces lignes une grande longueur et les manœuvres à la machine s'y font rapidement sans perte de temps. Le croquis schématique de la page 68 donne l'ensemble de ces dispositions (fig. 20).

Pour une station plus importante, on peut compléter les installations en établissant une voie de débord reliée par plaques à la voie des marchandises. Nous donnons ci-après trois types différents de stations (fig. 16-17-18).

Prises d'eau. — Dans les stations où les prises d'eau doivent être installées (en moyenne tous les 20 kilomètres), on creuse généralement un puits au-dessus duquel on monte une cuve cylindrique en tôle de 20 m³ environ de capacité, munie à sa partie inférieure de deux tubulures diamétralement op-

posées, donnant sur les deux voies adjacentes, et pourvues d'un système de robinet-vanne manœuvrable par un volant qui se présente à la portée des mécaniciens quand les locomotives stationnent au droit du réservoir

pour effectuer leur prise d'eau. L'approvisionnement d'eau, dans les cuves, est obtenu le plus souvent au moyen d'éjecteurs ou par un pulsomètre à grand débit mis en action par la vapeur empruntée aux locomotives de passage. Des stationnements suffisants sont prévus à certains trains pour leur permettre de faire quotidiennement le plein du réservoir. Cela ne prend d'ailleurs que peu de temps, les pulsomètres ou les éjecteurs pouvant débiter jusqu'à 45 mètres cubes à l'heure et les cuves n'étant jamais complètement vides. Les machines employées sur les lignes à voie étroite sont des locomotives tender contenant tout au plus 3 mètres cubes d'eau et le nombre des trains journaliers étant au maximum de 3 ou 4, on voit qu'il est facile d'assurer dans ces conditions leur approvisionnement d'eau. Bien que les éjecteurs et les pulsomètres dépendent relativement beaucoup de vapeur, leur emploi est cependant bien plus économique que l'établissement de machines fixes et de pompes élévatoires qui n'auraient à fonctionner que quelques minutes par jour. Dans des cas particuliers, on peut d'ailleurs augmenter la capacité des réservoirs et recourir alors à des moteurs fixes, de systèmes appropriés, pour actionner des pompes.

Avec des stations ainsi aménagées le service est facile et rapide.

Arrêts. — En outre des stations proprement dites, on établit, pour desservir des agglomérations de moindre importance, de simples arrêts gérés quelquefois par une receveuse ou même complètement dépourvus de personnel, dans lesquels un trottoir sommaire est établi le long de la voie principale ainsi qu'un abri rudimentaire et, quand il n'y a pas de receveuse, le chef de train est chargé de donner aux voyageurs les billets qui leur sont nécessaires en les détachant d'un carnet à souches mis à sa disposition.

Stations terminales. — Dans les stations terminales ou de bifurcation où les trains meurent et se forment, il convient d'avoir en outre des installations indiquées plus haut pour les stations, une remise à machines, aussi simple que possible, avec dortoir et réfectoire annexe, une plaque tournante et un certain approvisionnement de combustible.

Ateliers. — Enfin, dans une station centrale, on doit avoir des ateliers de réparation pour les voitures et wagons ainsi que pour les locomotives, sous la direction d'un chef de dépôt qui est, en même temps, le chef de traction réglant et surveillant le service des mécaniciens et chauffeurs.

Bureaux. — C'est en général dans cette station centrale que réside le Chef de l'exploitation qui dirige l'ensemble des services, assisté, pour l'exploitation proprement dite d'un certain nombre d'inspecteurs suivant l'importance du groupe de lignes à exploiter. C'est aussi dans cette station centrale que se trouve le service de la répartition du matériel qui joue un rôle particulièrement important au point de vue de la bonne utilisation du matériel roulant. Il doit donc y avoir, dans cette station centrale, une série d'installations spéciales : ateliers, bureaux, voies de remisage, etc... dont l'importance est proportionnée à celle du groupe à exploiter.

Gares communes. — Dans les gares où les lignes d'intérêt local viennent en contact avec les lignes d'intérêt général, les installations nécessaires pour faciliter l'échange des voyageurs et des marchandises, telles que quais de transbordement, voies en estacade, en fosses, etc., sont établies, après entente avec les administrations intéressées et les conditions techniques et financières de construction et d'exploitation sont réglées par des traités de communauté.

Lorsqu'un chemin de fer à voie étroite emprunte le sol des voies publiques, il est astreint aux mêmes obligations que les tramways sur route dont il est parlé plus loin, sans préjudice de l'application de l'ordonnance du 15 novembre 1846, modifiée par le décret du 1^{er} mars 1901.

Matériel de voie. — Quant au matériel de voie, c'est ordinairement le rail Vignole en acier qui est employé en proportionnant son poids par mètre courant à la charge par essieu des locomotives devant circuler sur la ligne. Ce poids varie de 18 à 22 kg. et la tendance est aujourd'hui de recourir aux rails lourds. Ils sont assemblés actuellement par des éclisses cornières avec 4 boulons.

Dans les villes, on emploie de préférence un rail à gorge et à patin de 0,175 à 0,180 de hauteur et de 12 m. à 15 m. de longueur dont la partie supérieure présente à la fois une surface de roulement pour les bandages des roues et une gorge ou ornière pour le boudin de ces mêmes roues.

Ces rails pèsent de 42 à 45 kg., le mètre courant. Posés sur sable ou béton, ils sont noyés dans la chaussée, et reliés entre eux de distance en distance (de 1^m,50 à 2^m,00) par des entretoises métalliques qui s'opposent à leur écartement, tandis que le pavage des entreraills s'oppose au resserrement.

CHAPITRE III

ÉTUDES DÉFINITIVES (1).

§ 1^{er}. — ÉTUDES DU TRACÉ.

Levé du plan coté. — Les études d'avant-projet ayant déterminé sur toute la longueur du tracé et sur les variantes qui ont pu être retenues, la direction générale à suivre et la largeur de la zone à étudier, on commence par lever le plan coté du terrain dans cette zone.

Cette opération peut se faire soit au tachéomètre, soit au moyen d'une ligne de base et de profil en travers.

Le choix de la méthode dépend du terrain et des habitudes des opérateurs. Le levé au tachéomètre est plus particulièrement indiqué en pays plat et très cultivé. On y gagne en rapidité surtout si l'on emploie le tachéomètre auto réducteur Sanguet ou le tachéographe Schrader avec lequel on relève simultanément le plan et le relief du terrain. En pays accidenté, il vaut mieux employer la méthode des profils en travers. Dans les deux cas, il faut apporter la plus grande précision au nivellement de la ligne de base, appelée aussi polygonale et le vérifier jusqu'à ce qu'on soit absolument sûr qu'il ne s'y est glissé aucune erreur.

Le levé du plan coté, comprenant les opérations sur le terrain et le rapport du plan, peut être fait à l'entreprise, notamment lorsqu'il s'agit d'un plan au tachéomètre qui est presque une spécialité et qui exige une grande habitude de la part des opérateurs, mais on doit avoir le moyen de s'assurer que le travail est fait consciencieusement et avec précision. Le rapport du plan se fait généralement à l'échelle de 1/2.000 et les courbes de niveau y sont tracées de 2 m. en 2 m. On indique sur le plan, les constructions, les clôtures, les cours d'eau, etc..., et on y inscrit toutes les cotes d'altitude réellement levées. Il convient de multiplier ces cotes

(1) Les indications qui vont suivre s'appliquent d'une façon presque exclusive aux lignes d'intérêt général.

dans les parties accidentées et notamment dans les ravins et au droit des dénivellations brusques pour en bien définir la forme et permettre d'étudier les dispositions principales des ouvrages d'art ainsi que les déviations des chemins et les dérivations des cours d'eau. Au moment de la rédaction du projet d'exécution, il faudra d'ailleurs relever spécialement le plan des abords de ces ouvrages et le rapporter à une plus grande échelle avec tous les détails nécessaires pour permettre l'étude complète des dispositions à adopter.

Rapport du tracé sur le plan. — Une fois le plan coté relevé et rapporté avec ses courbes de niveau, on y apporte le tracé de l'avant-projet qu'on serre alors de plus près de manière à obtenir la meilleure répartition des pentes et des rampes, la meilleure position pour les ouvrages d'art et les traversées de chemins, le minimum du cube des terrassements, etc.

Traversée des faites. — Pour la traversée des faites, on s'efforce de passer aux points les plus déprimés, c'est-à-dire aux cols, mais à la condition toutefois que la ligne de faite puisse être franchie à l'aide d'une tranchée. Quand les limites de pente et de courbure ne le permettent pas et qu'on est obligé de recourir à un souterrain, il ne faut plus se préoccuper de chercher à passer par le col, mais simplement de trouver le point où la montagne présente la moindre épaisseur. Il en est de même de la traversée des contreforts que l'on ne peut contourner et où l'exécution d'une tranchée profonde serait quelquefois une très mauvaise solution, la nature du terrain pouvant rendre une coupure dangereuse par la rupture d'équilibre de la masse des terres.

Les souterrains doivent, autant que possible, être établis en ligne droite et leur profil en long doit permettre l'évaluation facile des eaux. Il convient d'ailleurs de réduire au passage des souterrains, le maximum de déclivité adopté pour le reste de la ligne, en raison de l'humidité qui y règne généralement et qui diminue l'adhérence des locomotives. Cette réduction varie ordinairement entre le $\frac{1}{3}$ et le $\frac{1}{4}$ des déclivités maximales admises pour le reste de la ligne. Cependant on doit remarquer que les déclivités atteignent : 22 m/m au Mont-Cenis, $5,82$ au Gothard, 15 à l'Arberg, 7 au Simplon.

Traversée des vallées. — A la traversée des vallées, on recherche en général, les parties étranglées ; notamment lorsque la ligne doit fran-

chir la vallée à une grande hauteur, afin de diminuer l'importance des terrassements ou la longueur des viaducs, mais quand il s'agit de vallées plates au-dessus desquelles la ligne est établie à une faible hauteur, il n'y a aucun inconvénient à franchir la vallée dans sa partie large, à la condition toutefois que la ligne soit maintenue au-dessus du niveau des hautes eaux et qu'on ait prévu des débouchés suffisants aux ouvrages pour l'écoulement des eaux d'inondation, et en créant au besoin des ponts de décharge.

Dans certains cas exceptionnels et pour les lignes d'importance secondaire, on peut laisser la ligne au-dessus du niveau des hautes eaux en perreyant le talus et la plate-forme de manière à ce que le remblai forme déversoir. C'est ce qu'on a fait sur la ligne de Tours à Sargé, à la traversée de la vallée de la Loire aux abords de Vouvray, où un remblai de grande hauteur aurait créé une digue que les fortes inondations auraient pu emporter. Le pire qui pourrait arriver, dans ce cas, serait que le ballast fut enlevé et la circulation interrompue, mais le remblai resterait intact et, pendant l'interruption, les communications seraient assurées par les lignes voisines. Depuis 1894, époque où la ligne a été livrée à l'exploitation, la voie a, en effet, été submergée une ou deux fois et la circulation interrompue, notamment en 1907, pendant deux jours, mais sans avarie notable à la voie.

Traversée des routes et chemins. — L'étude de la traversée des routes et chemins doit être faite avec une grande attention, notamment en ce qui concerne les traversées à niveau. Celles-ci créent, en effet, une grande sujétion d'exploitation qu'on doit s'efforcer de réduire au strict minimum. Chaque fois qu'une traversée peut se faire, sans trop de complications, à l'aide d'un passage supérieur, il ne faut pas craindre d'adopter cette solution au même prix d'un excédent sensible de dépenses. Si, en effet, le passage à niveau est d'un établissement plus économique, il entraîne le plus souvent à un gardiennage coûteux, sans parler des chances d'accident qu'il multiplie dans la circulation des trains et des indemnités parfois considérables qui peuvent en être la conséquence. Cette considération acquiert une valeur d'autant plus grande que la ligne à établir est elle-même plus importante. C'est ainsi que, dans la traversée des villes, on est conduit aujourd'hui à supprimer les passages à niveau existants, ce qui ne se fait souvent qu'au prix d'énormes sacrifices.

Sur les lignes à faible trafic où les règlements permettent de laisser

libres un certain nombre de passages à niveau, la question paraît moins grave, mais on ne doit jamais perdre de vue qu'avec le développement progressif des voies ferrées, telle ligne qui n'avait qu'un rôle très secondaire à l'origine peut devenir importante et il est toujours sage de réserver l'avenir. Il ne manque pas d'exemples de lignes construites économiquement à titre de lignes d'intérêt local qui sont ensuite non seulement passées dans le réseau d'intérêt général, mais qui ont même été introduites dans les grandes artères de ce réseau. Les dépenses de transformation de ces lignes ont été alors beaucoup plus considérables qu'elles ne l'eussent été au début et leur appropriation a dû être laissée incomplète en bien des points.

Passages à niveau. — En général il est bon de ne pas avoir en tout plus d'un passage à niveau par kilomètre, et même moins si c'est possible.

Le cahier des charges de concession, joint à la loi du 4 décembre 1875 interdit les traversées à niveau sous un angle inférieur à 45°, enfin d'éviter que les voitures ou les animaux n'aient la tendance de s'engager sur la voie ferrée au lieu de suivre la route.

En outre, aux abords immédiats des P. N., la déclivité des routes et chemins qui y aboutissent doit être réduite d'après le cahier des charges général qui régit les concessions de chemins de fer annexé à la circulaire ministérielle du 28 juin 1879, à 20 millimètres au plus sur 10 mètres de longueur de part et d'autre de chaque passage.

Parmi les passages à niveau, on distingue, selon leur importance, les passages gardés sur place, les passages gardés à distance au moyen de barrières à bascule manœuvrés par transmissions funiculaires et les passages libres (1).

Les passages à niveau gardés sur place doivent être munis d'une maison de garde et de barrières et, en outre, pour les passages très fréquentés, placés sur des lignes où les trains circulent la nuit, d'une guérite suffisamment spacieuse pour y abriter le garde de nuit et y tenir son outillage, lanternes, signaux, appareils de chauffage, etc... Si on capitalise les frais de gardiennage, on ne tarde pas à s'apercevoir que tel passage qui a paru être établi économiquement est, en somme, plus coûteux que ne l'aurait été un ouvrage supérieur ou inférieur, alors même que ce dernier aurait nécessité la déviation des chemins intéressés.

(1) La loi du 26 mars 1897 autorise M. le Ministre des Travaux Publics à admettre, exceptionnellement et dans des conditions déterminées, l'absence de barrières à certains passages à niveau.

Les passages à niveau manœuvrés à distance ne peuvent être prévus qu'à la rencontre de chemins de faible importance. Les passants demandent l'ouverture des barrières à l'aide d'une sonnerie à transmission mécanique

Plan général des dispositions d'un P. N. transformé en arrêt

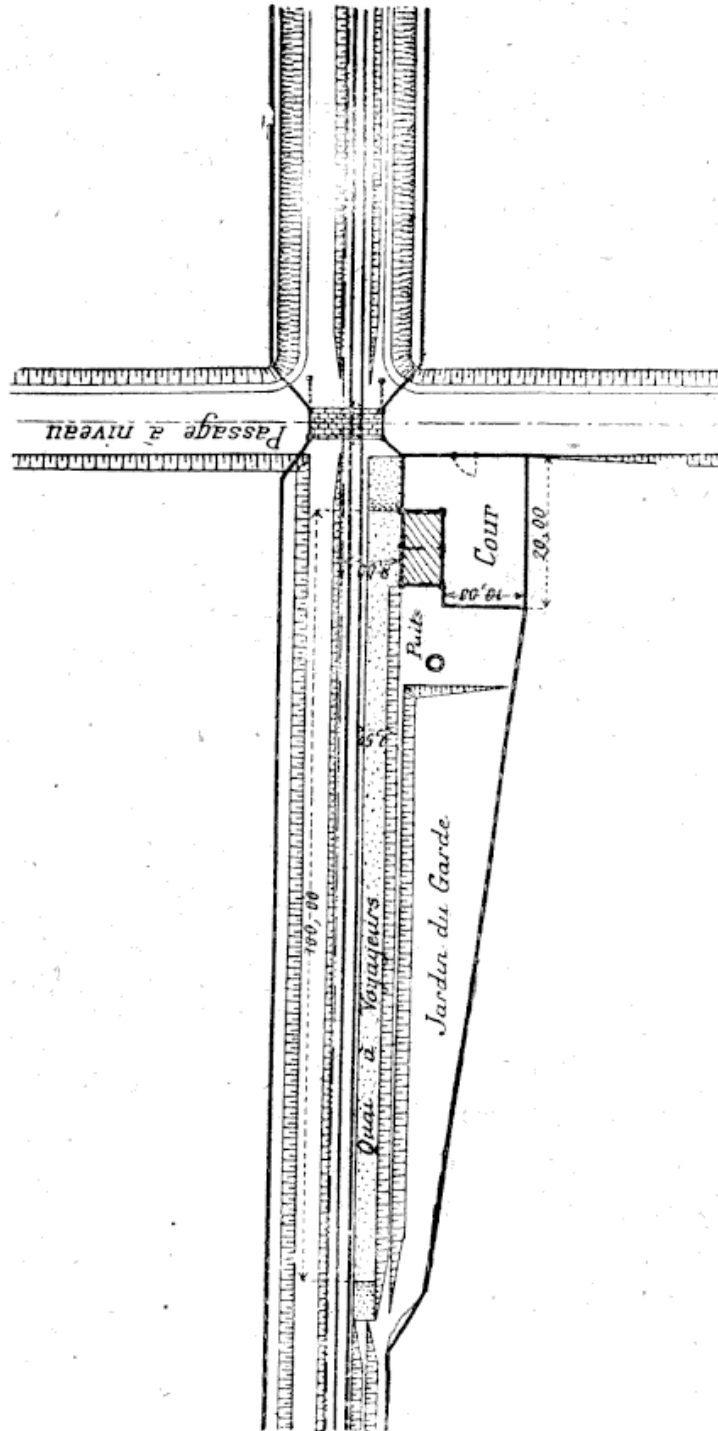


FIG. 23.

ou électrique et le garde avertit, de son côté, qu'il va ouvrir ou fermer la barrière, en faisant retentir, à plusieurs reprises, une sonnerie analogue placée auprès du passage. Avec ce système un seul agent peut assurer le

gardiennage de 2 ou 3 passages, celui où il est logé et quelquefois un passage de part et d'autre de ce dernier. On augmente alors en conséquence l'allocation qui lui est attribuée pour ce service. La longueur des transmissions des barrières à bascule ne doit pas dépasser 600 à 800 mètres au maximum, et il y a avantage à la réduire autant que possible surtout avec un tracé sinueux ou quand la vue n'est pas dégagée aux abords des passages.

Il est avantageux de réunir, quand on le peut, plusieurs traversées en un même point à l'aide de déviations latérales au chemin de fer. D'autre part, il faut autant que possible, assurer la desserte des propriétés coupées par la ligne en établissant des chemins latéraux chaque fois que cela paraît utile. Cela ne constitue pas une obligation légale, mais si on sup-

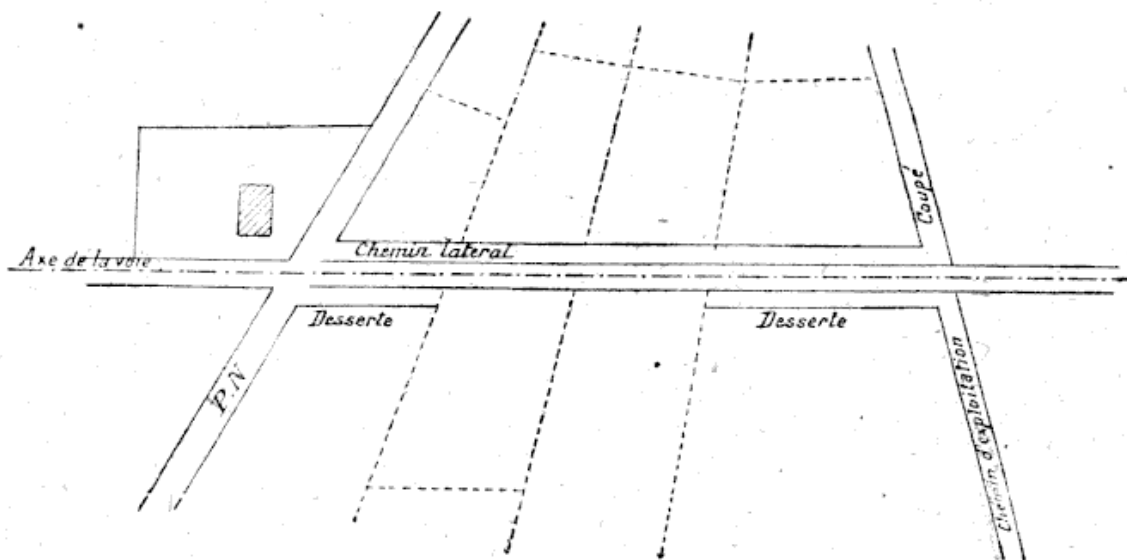


FIG. 24.

prime tout moyen de communication entre les deux parties d'une grande propriété ou si on laisse une partie de champ enclavée, il en résulte un dommage dont il sera tenu compte par le Jury d'expropriation et qui coûtera, en général, beaucoup plus cher que l'établissement rudimentaire de chemins latéraux.

Le croquis suivant indique sommairement les dispositions à prendre.

Passages supérieurs et inférieurs. — En principe, on doit chercher à faire des ponts voûtés en maçonnerie pour tous les ouvrages d'art courants d'une ligne de chemin de fer, mais il faut pour cela qu'on puisse disposer d'une hauteur suffisante sous rail lorsqu'il s'agit de passages inférieurs. Or, dans la pratique on est souvent gêné par l'insuffisance de hauteur, et l'on est alors conduit à projeter des ouvrages à tablier métal-

lique et à accepter les sujétions toujours importantes que présente l'emploi du métal.

Passages supérieurs. — D'après l'article 12 du cahier des charges type, joint à la loi du 4 décembre 1875, lorsqu'on fait passer un chemin de fer

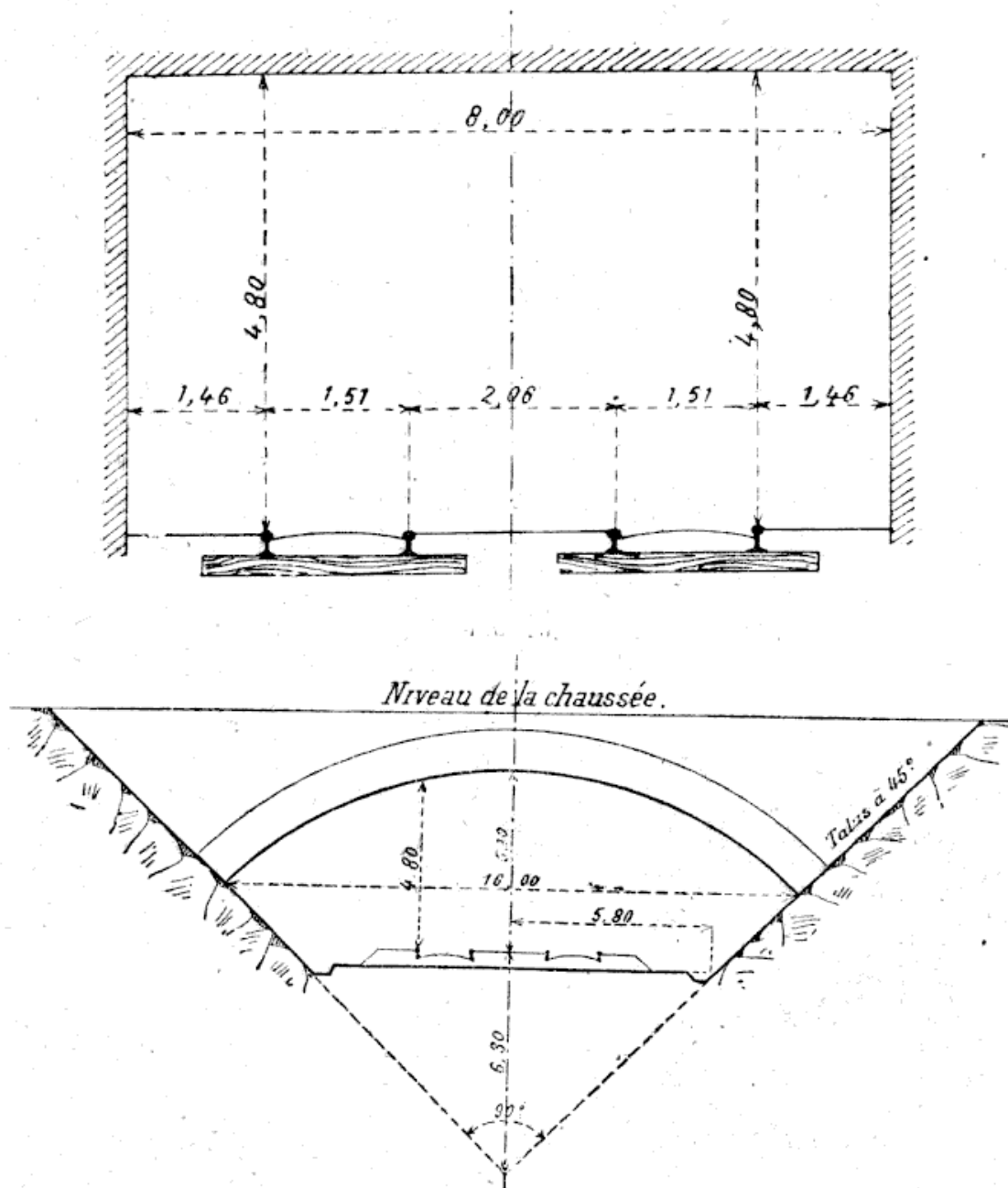


FIG. 26,

au-dessous d'une voie de communication, la largeur du pont, entre parapets, ne doit jamais être inférieure à 8 m. pour une route nationale, à 7 m. pour une route départementale, à 5 m pour un chemin vicinal de grande communication, et à 4 m. pour un simple chemin vicinal.

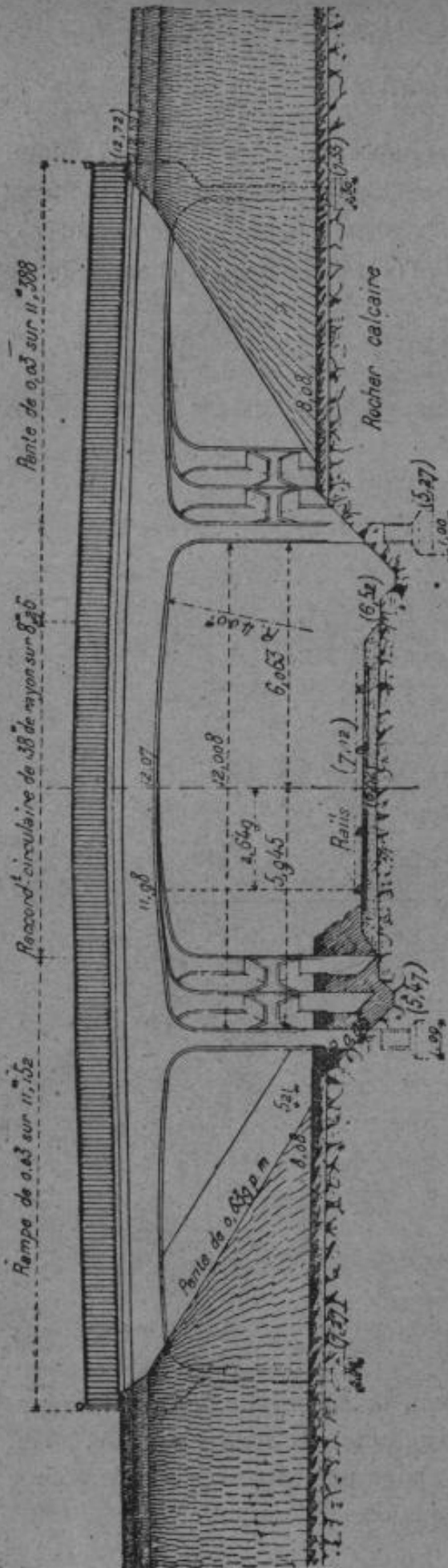


Fig. 27. — Elevation

L'ouverture du pont entre les culées doit être d'au moins $8^{\text{m}},00$ et la distance verticale ménagée au-dessus des rails extérieurs de chaque voie pour le passage des trains ne doit pas être inférieure à $4^{\text{m}},80$.

Dans le cas d'une ligne à voie unique, la distance entre les culées peut être réduite à $4^{\text{m}}50$.

Si l'on applique ces dispositions à un chemin de fer à deux voies, on trouve que le gabarit minimum d'ouverture d'un passage supérieur est le suivant :

Avec une poutre métallique droite, on peut épouser exactement la forme de ce gabarit. En lui donnant $4^{\text{m}},00$ de hauteur avec entretoises distantes de $1^{\text{m}},30$ à $1^{\text{m}},40$ soutenant des voûtes en briques, on peut établir la chaussée et les trottoirs, si l'on dispose d'une hauteur totale de $5^{\text{m}},70$ entre le niveau de la chaussée et le dessus du rail.

Mais la solution la plus employée pour les passages pardessus est celle de la voûte à culées perdues. Les fondations peuvent généralement être établies à une faible profondeur sous les talus de la tranchée qui restent intacts et la vue est particulièrement dégagée.

Le croquis fig. 26 indique comment ce type de pont peut être établi.

Le centre de la courbe d'intrados est le pont de rencontre des talus à 45° et cette courbe passe à $4^{\text{m}},80$ au-dessus du rail extérieur.

On voit que la hauteur nécessaire pour l'établissement de ce type de pont est de $6^{\text{m}},60$ en admettant $0^{\text{m}},50$ de chaussée et une voûte de 1 mètre d'épaisseur à la clef comprenant $0^{\text{m}},40$ de chape. Cette hauteur est un peu supérieure à celle du pont à poutre métallique droite, mais il est bien rare qu'on ne puisse pas gagner dans l'étude du profil en long les quelques centimètres nécessaires pour l'application de ce type.

Dans le cas où la distance entre la chaussée et le rail est de beaucoup inférieure à $6^{\text{m}},60$, il faut généralement avoir recours aux ouvrages métalliques ou aux ponts en maçonnerie à plusieurs arches. Les ponts en ciment

P. I. MÉTALLIQUE

Coupe transversale d'une poutre à caisson.

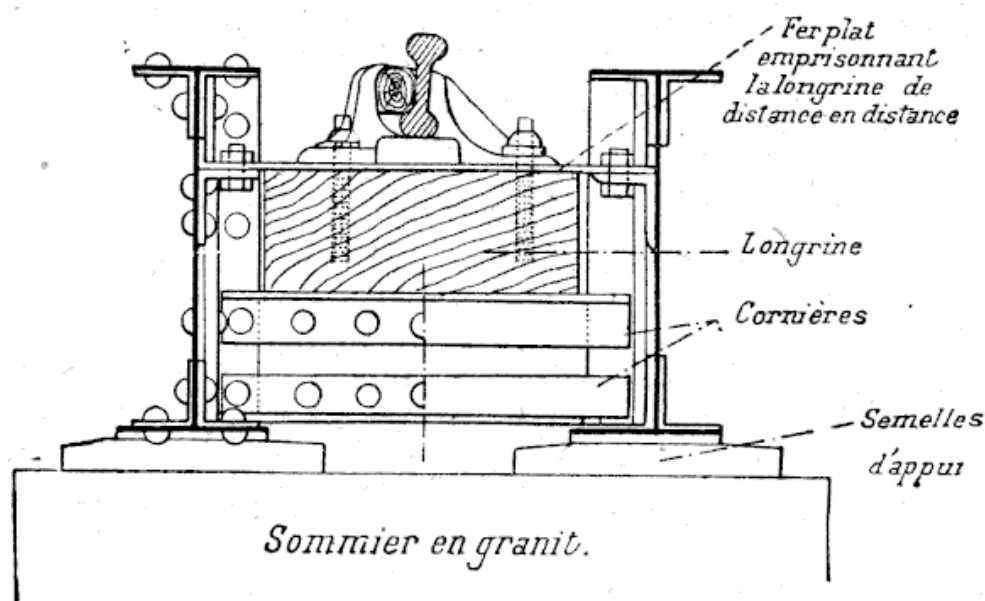


FIG. 28.

armé, qui sont d'un entretien facile, sont dans ce cas tout particulièrement indiqués. Dans ce dernier cas les dispositions le plus généralement adoptées sont représentées en élévation par la fig. 27.

Passages inférieurs. — L'article 11 du Cahier des Charges stipule que lorsqu'on fait passer un chemin de fer au-dessus d'une route ou d'un chemin l'ouverture du pont entre les culées ne doit pas être inférieure à 8 mètres pour une route nationale, à 7 mètres pour une route départementale, à 5 mètres pour un chemin vicinal de grande communication et à 4 mètres pour un simple chemin vicinal.

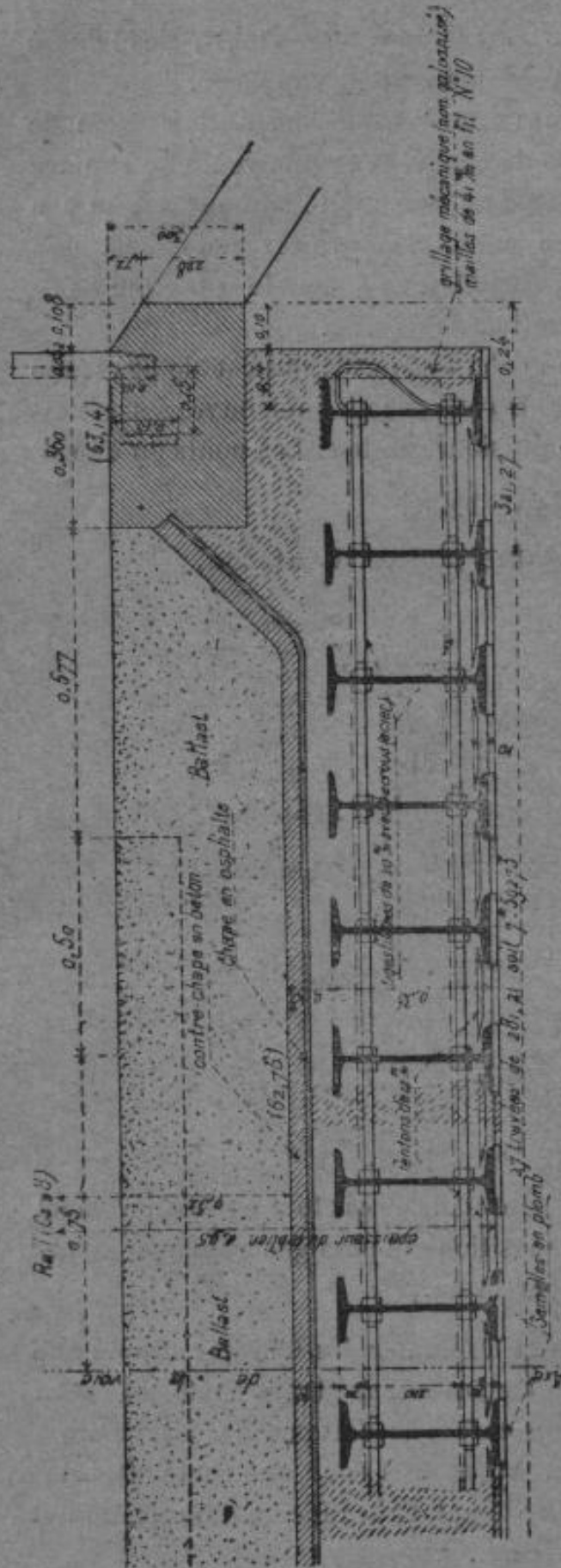


FIG. 29 — Coupe.

Pour les ouvrages de forme cintrée, la hauteur sous-clef à partir du sol de la route doit être d'au moins 5 mètres. Pour les ouvrages avec poutres droites, la hauteur sous poutres doit être d'au moins 4^m,30.

La largeur de la voie ferrée, entre parapets, doit être de 8 mètres au moins pour une ligne à deux voies et de 4^m,50 pour une ligne à voie unique.

Il résulte de ces prescriptions réglementaires que l'établissement d'un passage inférieur voûté exige une plus grande hauteur disponible entre le niveau du rail et le sol du chemin que celui d'un ouvrage métallique à poutre droite. Il faut, en effet, non seulement 5 mètres sous-clef au lieu de 4^m,30 sous poutres, mais l'épaisseur de la voûte (chape comprise) et celle du ballast augmentent encore beaucoup cette cote, tandis qu'avec un ouvrage à tablier métallique on peut employer les poutres dites à caisson qui permettent d'établir la voie à une très faible hauteur au-dessus de la semelle inférieure de la poutre (voir croquis ci-après). C'est là une grande facilité qui explique l'usage très

répandu des passages inférieurs métalliques sur les chemins de fer.

Cependant ce type d'ouvrage tend de plus en plus à disparaître parce qu'il ne permet aucun déplacement ultérieur de la voie, inconvénient sérieux aux abords des stations.

On lui substitue un type dit « à poutrelles enrobées » qui comprend une série de fers profilés de hauteur variable suivant la partie. Ces profilés espacés de 30 centimètres environ sont réunis par des tiges filetées qui en fixent l'écartement. L'intervalle entre profilés est garni de béton ordinaire recouvert d'une chape en asphalte avec contre-chape en béton.

La pose de la voie sur ces tabliers se fait sur traverses sans aucune sujétion et dans les mêmes conditions qu'en voie courante.

Le tablier dans toute sa largeur étant constitué d'une façon uniforme, il est évident que la voie y peut occuper, sans aucun inconvénient au point de vue résistance, une position quelconque.

Avec ce type d'ouvrage le poids du métal employé est assez élevé, mais les frais de mise en œuvre sont des plus réduits.

Le croquis ci-après (fig. 29) montre une coupe du tablier pour ouvrage de 5^m,00 d'ouverture.

On distingue deux types principaux de passages inférieurs, le type avec murs en retour et le type avec murs en aile. Ces deux types peuvent se faire indifféremment tout en maçonnerie ou avec tablier métallique.

A première inspection, on voit que le dernier type présente sur le premier l'avantage d'épauler plus solidement les culées dans le sens transversal au chemin de fer. D'autre part, il accompagne beaucoup mieux la circulation de véhicules auxquels il n'offre aucun angle saillant et il permet l'établissement facile des trottoirs pour piétons. Le premier type est plus ramassé et dans le cas de fondations difficiles il présenterait des avantages ; il est, en outre, tout indiqué quand les remblais sont retenus sur une certaine longueur par des murs de soutènement, mais nous croyons que le dernier doit lui être préféré chaque fois que l'ouvrage est isolé et que les fondations ne présentent rien d'anormal.

On emploie aussi quelquefois pour les passages inférieurs le type de pont à culées perdues dont il a été parlé plus haut pour les passages supérieurs, mais c'est l'exception.

Traversée des cours d'eau. — C'est encore le type avec mur en aile que nous croyons devoir recommander pour les cours d'eau de quelque importance. Les remblais sont mieux protégés et les affouillements moins

à craindre. En outre, pour les ruisseaux torrentiels où il peut être nécessaire de prévoir un radier général, celui-ci peut être plus étendu et donner une bien plus grande garantie.

Le type à culées perdues peut être avantageusement employé quand

Type avec murs en aile.

PLAN AU NIVEAU DES FONDATIONS

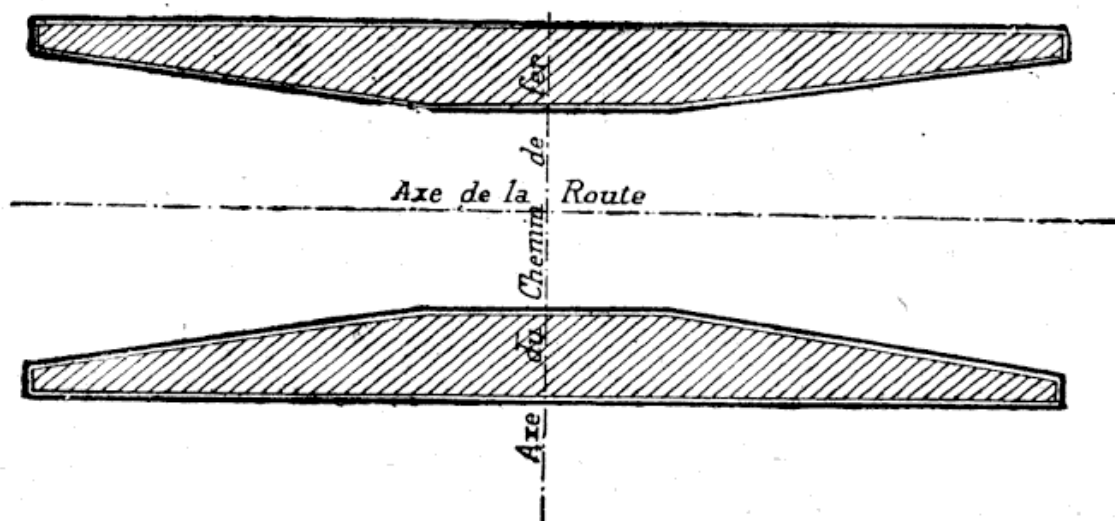


FIG. 30.

Type avec murs en retour.

1/2 PLAN AU NIVEAU
DES FONDATIONS.

1/2 PLAN DES MAÇONNERIES DÉCOUVERTES.



FIG. 31.

on a à franchir à la fois un ruisseau et un chemin accolé à cause de la plus grande ouverture qu'il permet de donner au débouché.

Emplacement des stations. — L'étude de l'emplacement des stations exige un grand soin ; autant que possible, les stations doivent être en ligne droite et en palier ; il faut tâcher de leur donner un accès facile

et de les établir de manière à permettre, au besoin, des agrandissements en longueur et en largeur. A cet effet, malgré l'intérêt que présente la proximité des gares des centres d'agglomération, il est avantageux de les tenir à une certaine distance pour ne pas être trop gêné par des constructions voisines. La tendance des villes étant de s'étendre du côté de la gare, il arrivera toujours assez tôt qu'on sera limité, pour les agrandissements ultérieurs, par les établissements qui se seront groupés autour de la gare. D'autre part il faut se souvenir que le développement des voies d'une station peut être singulièrement contrarié par le voisinage immédiat de ponts supérieurs qui forment un étranglement qu'on ne peut faire disparaître que par la démolition de ces ouvrages. La présence, aux abords des gares, de courbes de faible rayon est aussi une gêne considérable pour la pose des appareils de voie, surtout quand ils doivent se détacher à l'intérieur de ces courbes, il faut aussi éviter les rampes trop rapprochées de la sortie des gares, afin de ne pas nuire à la facilité de démarrage des trains ou rendre leur arrêt plus difficile quand ils circulent en sens inverse. Enfin, les surfaces occupées par les gares pouvant être parfois considérables (1), il convient que l'emplacement choisi n'entraîne pas de terrassements exceptionnels.

Pour tenir compte de ces diverses conditions, il faut étudier le plan de superstructure d'une gare en même temps que le tracé afin de pouvoir apporter à ce dernier, s'il y a lieu, les modifications nécessaires.

Etablissement des voies principales des gares. — Nous donnons ci-après, en nous inspirant des études de M. l'Ingénieur en chef M. Bricka, les principes d'après lesquels doivent être établies les voies principales des gares :

Disposition des aiguilles. — Dans les voies des gares et stations on distingue les *voies principales* sur lesquelles se fait la circulation des trains et les *voies accessoires* qui servent aux garages, aux manœuvres, aux opérations de chargement, de déchargement, de triage, de remisage du matériel, etc.

(1) La superficie des gares et stations est variable. On peut cependant admettre les surfaces suivantes comprises entre clôtures :

Station de 4 ^e classe	1 ^h 50 ^e
— 3 ^e —	2 30
— 2 ^e —	3 50
— 1 ^e — ou de bifurcation	7 "

Les voies principales sont reliées entre elles et aux voies accessoires par des changements de voie ou des traversées jonctions. Dans certaines grandes gares où les trains s'arrêtent, des communications sont aussi établies au moyen de batteries de plaques tournantes ou de chariots roulants à niveau. Sur les lignes à double voie il est de règle que, sauf aux bifurcations et à l'entrée des gares importantes, où tous les trains s'arrêtent, toutes les aiguilles doivent être prises en talon par les trains marchant dans le sens normal ; on évite ainsi les dangers de fausses directions. Il résulte de cette disposition des aiguilles, que toutes les manœuvres se font dans les gares par refoulement. Sur les lignes à simple voie, il n'est pas possible d'éviter la prise en pointe des aiguilles, partout où la voie doit se diviser en deux branches pour permettre le croisement des trains, c'est-à-dire à peu près à toutes les stations. Comme d'ailleurs les lignes à simple voie sur lesquelles circulent des trains-express sont l'exception, on se préoccupe en général assez peu d'éviter les aiguilles prises en pointe ; toutefois il est bon d'en réduire le nombre autant que possible (1).

Voies d'évitement. -- Sur les lignes à simple voie il est nécessaire de ménager, de distance en distance, des voies *d'évitement*, pour le croisement des trains ; ces voies sont placées dans les stations. La longueur des voies d'évitement doit être au moins égale à celle des trains les plus longs qui circulent sur la ligne ; mais elle peut-être plus grande, soit par suite de la disposition des voies accessoires qui viennent de souder sur elles, soit par suite de la nécessité de permettre aux trains de voyageurs de s'arrêter au droit des trottoirs. On admet généralement sur les lignes en palier ou à faibles rampes, que les voies d'évitement doivent avoir une longueur suffisante pour le croisement des trains de 60 à 70 véhicules, ce qui correspond à 450 ou 500 mètres de garage libre (2). Sur les lignes dont la déclivité dépasse 10 millimètres, la charge qui peut être remorquée est moindre et il en est de même du nombre des wagons qui composent les trains. On peut alors réduire la longueur de garage libre à 300 mètres sans inconvénient.

(1) La longueur des voies principales, de pointe en pointe des aiguilles extrêmes, varie de 600^m pour les stations de 4^e classe à 1000 et 1100^m pour celles de 1^{re} classe ou de bifurcation.

(2) Le garage libre ou utile commence là où l'entrevoie atteint 1^m, 80 au moins de largeur. Ce point se trouve avec un croisement tg. 100 à 45^m environ de la pointe de l'aiguille.

Les voies d'évitement sont raccordées par leurs deux extrémités à la voie directe au moyen d'appareils de changement de voie. Les dispositions adoptées à cet effet varient selon les conditions de l'exploitation ; elles peuvent se ramener aux trois types suivants :

Dans le premier type, on place simplement la voie d'évitement à côté de la voie directe ; elle ne sert alors qu'en cas de croisement.

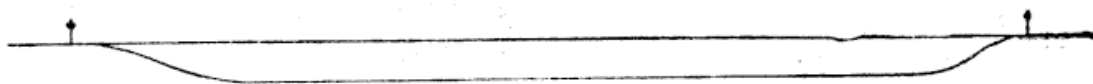


FIG. 32.

Cette disposition est indispensable dans des stations où des express passent sans s'arrêter, parce que, les appareils de changement de voie étant généralement posés sans dévers, il est important pour la sécurité que les trains ne s'arrêtant pas ne soient pas déviés.

Dans le second type, chacune des deux voies de la station est directe d'un côté et déviée de l'autre ; aucune des deux n'est donc, à proprement parler, une voie d'évitement.

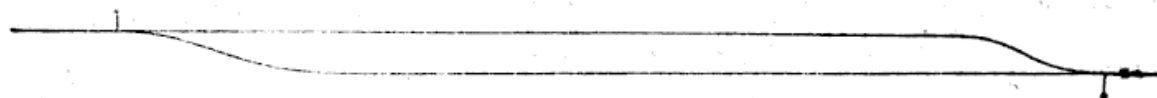


FIG. 33.

Lorsqu'on adopte cette disposition, on reçoit toujours les trains sur la voie de gauche dans le sens de leur marche ; chacun d'eux ne rencontre qu'un seul appareil placé en déviation et il ne franchit qu'au moment de sa sortie de la station alors qu'il n'a pris encore qu'une faible vitesse. Ce type est applicable dans les stations où tous les trains s'arrêtent.

Dans le troisième type, la voie principale se dédouble symétriquement à la traversée de la station, l'angle de déviation de chacune des voies

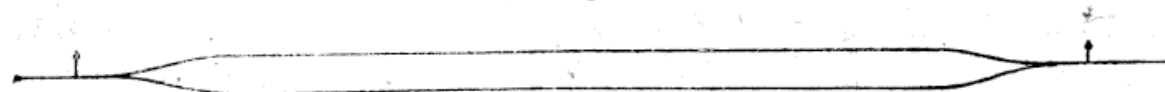


FIG. 34.

est alors seulement la moitié de l'angle total, tandis que, dans les autres dispositions, la déviation est totale pour l'une des voies, nulle pour l'autre.

Le premier type est le plus couramment employé.

Voies de garage. — Pour qu'un train soit dépassé par un autre, il faut qu'il soit garé en dehors de la voie sur laquelle passe le second.

Sur les lignes à double voie, on peut adopter les deux solutions indiquées aux croquis ci-après :

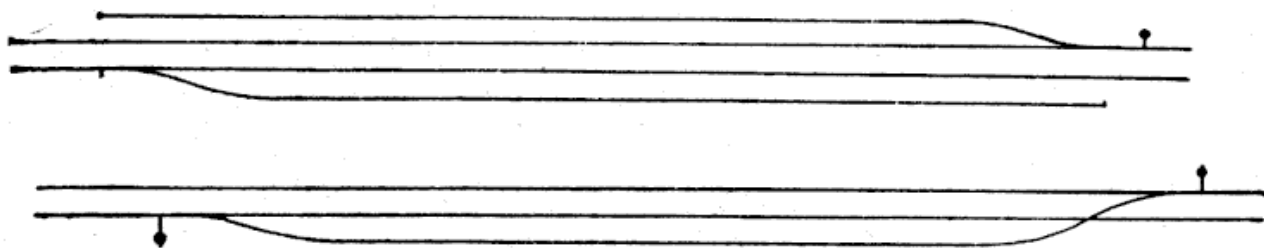


FIG. 35.

La dernière solution est plus économique, mais une des deux voies principales est engagée dans les manœuvres de garage, ce qui constitue un danger pour la sécurité.

Sur les lignes à voie unique, on peut se servir des voies d'évitement comme voies de dépassement ; mais si l'on doit assurer à la fois dans la même station, un croisement et un dépassement de trains, il faut une voie supplémentaire. Celle-ci, en général, est reliée à la voie principale ou à

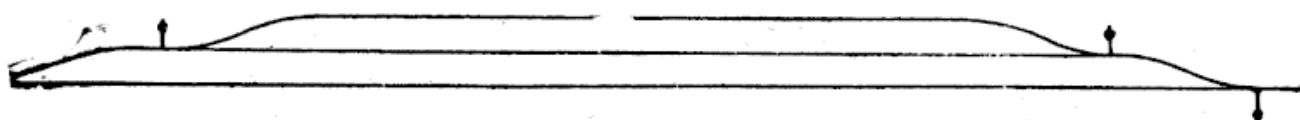


FIG. 36.

la voie d'évitement par ses deux extrémités et les trains peuvent y entrer ou en sortir directement.

Quelquefois, cependant, on fait des voies de garage en cul-de-sac mais elles présentent l'inconvénient d'exiger des rebroussements dans les manœuvres de garage.

La longueur de ces voies atteint souvent 600 mètres de garage utile.

Diagonales. — Sur les lignes à double voie il n'y a théoriquement aucune communication à établir entre les deux voies principales, puisque les trains ne doivent jamais circuler à contre-voie, cependant on établit

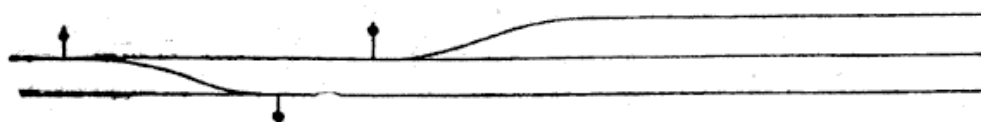


FIG. 37.

presque toujours dans les stations des diagonales pour donner les moyens de faire passer tous les trains sur une des deux voies dans le cas où l'autre serait interceptée.

On le fait aussi sur les lignes à simple voie, dans les gares un peu

importantes lorsque les aiguilles extrêmes, par lesquelles deux voies parallèles sont réunies, se trouvent à une trop grande distance.

Bifurcations. — Lorsque deux lignes se réunissent en un tronc commun, elles forment ce qu'on appelle une bifurcation. La bifurcation peut être placée en pleine voie ou dans une gare.

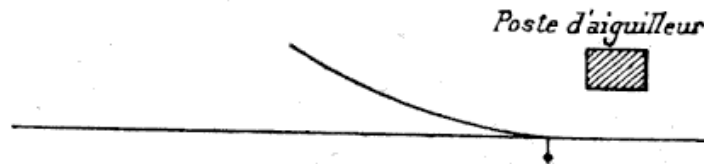


FIG. 38.

En pleine voie, la bifurcation comprend seulement les appareils de jonction. S'il s'agit de deux lignes à voie unique, elle est formée simplement d'un branchement de voie qui les réunit et permet de diriger à volonté sur l'une ou sur l'autre des trains qui viennent du tronc commun.

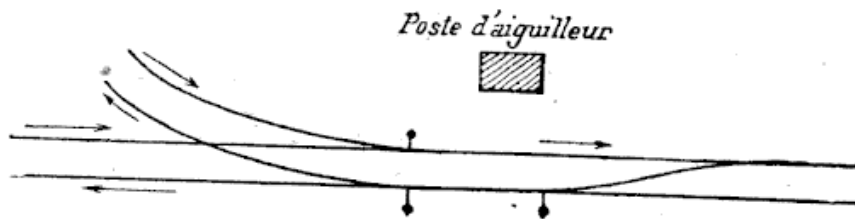


FIG. 39.

S'il s'agit de deux lignes à double voie, on réunit deux à deux les voies de chaque sens comme dans le cas précédent, mais il y a forcément traversée d'une voie de l'une des lignes par la voie de sens contraire de

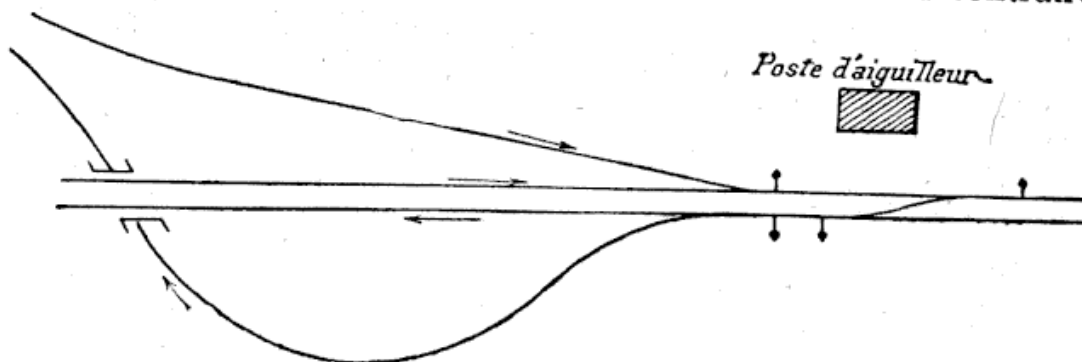


FIG. 40.

l'autre. Si les trains sont nombreux, cette traversée constitue un danger et une gêne ; on la supprime dans certains cas en déviant une des voies de manière à la faire passer par-dessus ou par-dessous la ligne avec laquelle elle doit se raccorder.

Cette solution existe notamment sur le réseau du Nord et sur la ligne de la Grande-Ceinture et elle est de plus en plus adoptée. On place généralement, avant les bifurcations à double voie, une diagonale en vue du cas où l'une des voies du tronc commun serait interceptée.

Lorsqu'une voie unique vient se souder sur une ligne à double voie, il y a plusieurs solutions. On peut réunir la voie unique à la première des

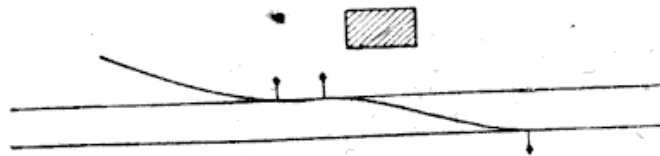


FIG. 41.

deux voies qu'elle rencontre, puis établir une communication entre celles-ci au moyen d'une diagonale ; cette disposition exige la manœuvre de trois changements de voies, elle augmente sans nécessité le nombre des aiguilles prises en pointes ; enfin, les appareils occupent une grande longueur.

Au lieu d'établir une diagonale on peut réunir la voie unique à la

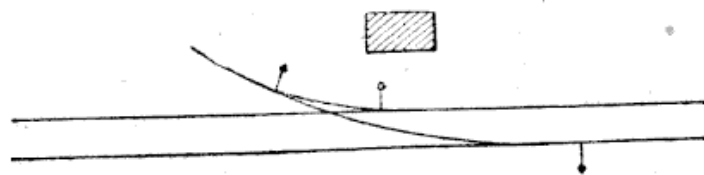


FIG. 42.

première des deux voies qu'elle rencontre par une traversée-jonction simple et à la seconde par un changement de voie ; les trains de la bifurcation ne prennent alors en pointe qu'une seule aiguille dans tous les cas et l'espace occupé par les appareils est plus court.

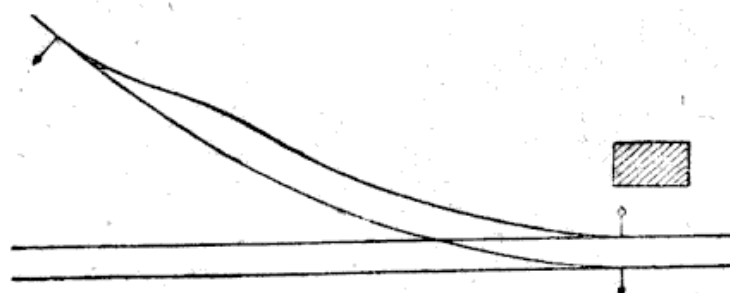


FIG. 43.

Une troisième disposition, très usitée, consiste à dédoubler la voie unique avant sa rencontre avec la double voie. On n'a alors sur celle-ci que deux branchements et une traversée.

On peut encore améliorer la situation en reportant à la station suivante

le **dédoublément** de la voie unique. L'avantage qu'on y trouve est de ne pas placer *la tête de la voie unique* dans une station commune à plusieurs lignes, où les erreurs dans les ordres d'expédition et de réception des trains sont plus à craindre que dans une station de passage. Aussi ce dernier système est-il appliqué dans plusieurs compagnies.

Entrée des gares. — Le plus souvent, c'est à l'entrée des gares que les lignes se réunissent. On peut faire les entrées des gares de bifurcation en voies indépendantes ou en faisceaux. Le premier système est le plus sûr, mais il exige plus d'espace et rend les manœuvres plus longues. Le second système permet de recevoir chaque train sur la voie de la gare où le service est le plus commode au moment de son stationnement ; il exige un espace moindre et l'emploi d'un moins grand nombre d'appareils ; en revanche, il concentre tous les mouvements et toutes les manœuvres

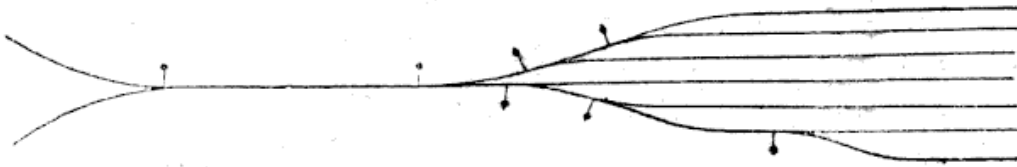


FIG. 44.

sur un même défilé ; le nombre des chances de collision par suite de fausses directions est ainsi augmenté et l'interruption complète des communications est inévitable si un accident se produit sur le tronc commun ou aux abords.

Quelle que soit la disposition adoptée, si la gare comporte des changements dans la composition des trains, il est nécessaire d'établir des



FIG. 45.

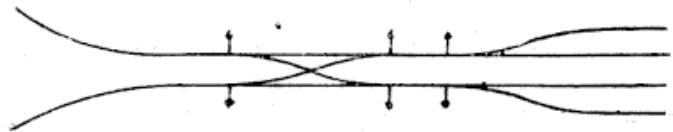


FIG. 46.

jonctions entre les différentes voies de manière à les faire communiquer entre elles et avec les voies accessoires. Lorsque les lignes qui aboutissent à la gare sont à voie unique, la communication existe naturellement si l'entrée est en faisceau.

Si l'entrée est en voies indépendantes, il suffit de réunir celles-ci soit par une seule diagonale si on a seulement en vue de permettre les manœuvres d'échange des wagons entre les voies, soit par deux diagonales successives en sens inverse ou en forme de bretelle si on veut avoir la

faculté de diriger les trains sur une quelconque des voies de la gare, on peut, au besoin, gagner de l'espace par l'emploi de traversées-jonctions, comme l'indique le croquis ci après :

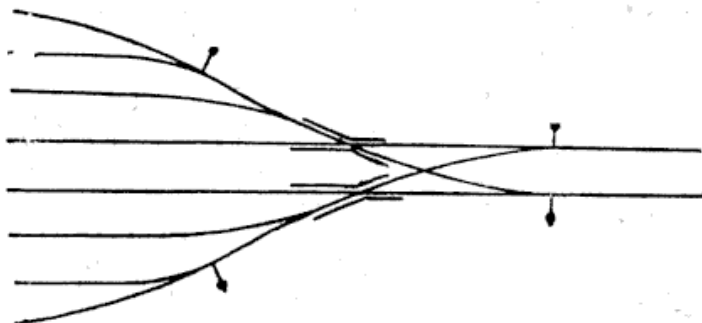


FIG. 47.

Lorsque les deux lignes qui aboutissent à la gare sont à double voie, si elles sont réunies en faisceaux, on établit entre elles des communications par des diagonales disposées comme nous venons de l'indiquer.

Si les lignes à réunir sont en voies indépendantes, on se sert de transversales avec traversées-jonctions. Pour conserver d'une manière absolue l'entrée en voies indépendantes, on coupe les quatre voies par une transversale unique, avec traversées-jonctions simples à la rencontre des voies intermédiaires.

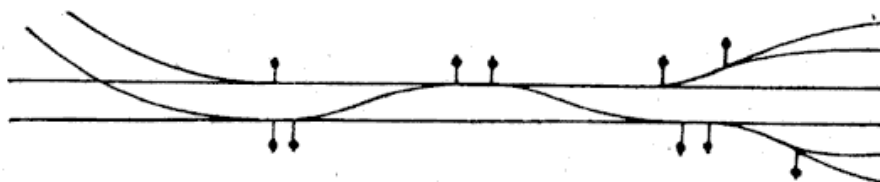


FIG. 48.

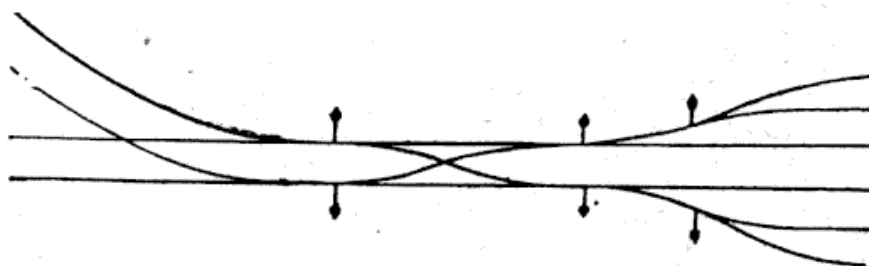


FIG. 49.

Mais dans les gares importantes il est presque indispensable, pour permettre l'accès direct des voies du garage, d'établir les communications dans les deux sens entre la transversale et chacune des voies intermédiaires, on remplace alors les traversées-jonctions simples par des traversées-jonctions doubles. On est souvent conduit, en outre, à établir une

seconde transversale qui croise la première en forme de brettelle. On peut aussi supprimer les traversées-jonctions et les remplacer par des changements de voies placés bout à bout, mais l'emploi des traversées-jonc-

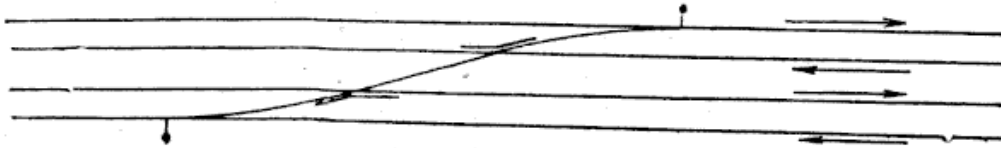


FIG. 50.

tions est préférable. Si, comme cela a lieu le plus souvent, les voies accessoires viennent se souder aux voies principales à l'entrée même de la gare, on prolonge généralement les transversales comme l'indique le croquis ci-après.

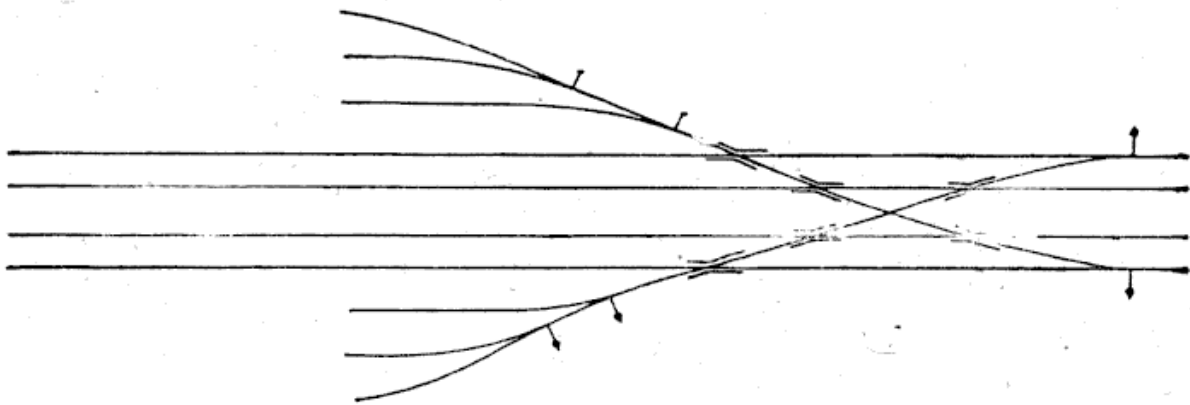


FIG. 51.

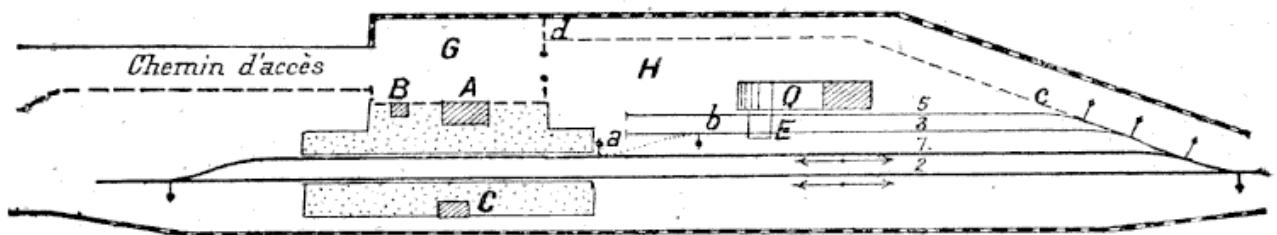
Lorsqu'une voie unique et une double voie pénètrent dans la gare en voies indépendantes, on établit entre elles les communications nécessaires au mouvement, en appliquant les principes que nous venons d'indiquer pour la jonction de deux lignes à double voie.

Bifurcations doubles, triples, etc... — Au lieu de la réunion de deux lignes, on peut avoir, à l'entrée d'une gare, la réunion de trois branches et même plus. Les règles à appliquer sont naturellement les mêmes que celles indiquées ci-dessus : on tâche de réunir les appareils dans un espace aussi restreint que possible afin de pouvoir concentrer les manœuvres dans un seul poste d'aiguilleur ; on y trouve non seulement une économie de personnel, mais aussi une simplification et surtout une plus grande rapidité des mouvements.

Disposition des voies accessoires et des bâtiments des gares. — Pour les stations de très faible importance, il y a généralement

avantage à mettre le service des marchandises du même côté que le bâtiment des voyageurs. On évite ainsi de traverser la voie pour se rendre dans la cour de la petite vitesse. Cette disposition présente l'inconvénient de ne pouvoir étendre les voies de marchandises dans toute la longueur de la station et de ne pouvoir les raccorder par aiguilles à leurs deux extrémités, mais comme ce type n'est appliqué que pour les localités qui ne donnent qu'un trafic restreint, il est parfaitement admissible. Nous supposons dans l'exemple qui suit que la station est placée sur une ligne à voie unique sur laquelle circulent des trains mixtes, c'est-à-dire des trains comportant à la fois des voitures à voyageurs et des wagons à marchandises.

Une telle station devra comprendre une voie d'évitement et deux voies de marchandises branchées sur cette dernière et réunies du côté de leur cul-de-sac par un chariot roulant à fosse. L'une des voies longera la halle aux marchandises et le quai découvert adjacent et l'autre servira au triage des wagons.



A. Bâtiment des voyageurs. — B. Cabinets d'aisance. — C. Abri. — D. Halle à marchandises. — E. Chariot. — Q. Quai découvert. — G. Cour des voyageurs. — H. Cour des marchandises.

Fig. 52.

Pour faciliter les manœuvres on établit souvent une diagonale en ab et on se réserve autant que possible la faculté de poser ultérieurement une voie de débord en cd . Une station ainsi aménagée exige de 500 mètres à 600 mètres entre les aiguilles extrêmes. Les voies doivent être distantes les unes des autres d'au moins $4^m,70$ d'axe en axe, afin de se réserver la possibilité d'établir ultérieurement des plaques tournantes pour relier la voie de débord aux voies de marchandises. Dans ce cas on supprime le chariot roulant.

Si la station était placée sur une ligne à double voie, elle devrait présenter la disposition indiquée au croquis page 95.

Cette disposition ne diffère de la précédente que par la position de la diagonale ab qui est ici indispensable. On sait que sur les lignes à double voie les trains en marche normale ne doivent rencontrer aucune aiguille

prise en pointe ; dans ces conditions, les trains impairs (ceux qui suivent la voie 1 dans le sens de la flèche) peuvent faire aisément la manœuvre des wagons à marchandises à prendre ou à laisser à la station : on laisse les voitures à voyageurs devant le bâtiment, on coupe le train derrière les wagons à laisser à la station, ou, s'il n'y a que des wagons à prendre, à l'arrière de la partie de train où on veut intercaler ceux-ci, et on avance jusqu'à l'aiguille *m* des voies de marchandises sur lesquelles on refoule la rame en manœuvre. Après la manœuvre on revient s'atteler à la partie laissée devant le bâtiment et le train est en état de partir.

Pour les trains pairs (ceux qui suivent la voie 2), la manœuvre est plus longue. Après avoir coupé le train au point voulu et laissé les voitures à voyageurs au droit de l'abri, on fait avancer la rame en manœuvre

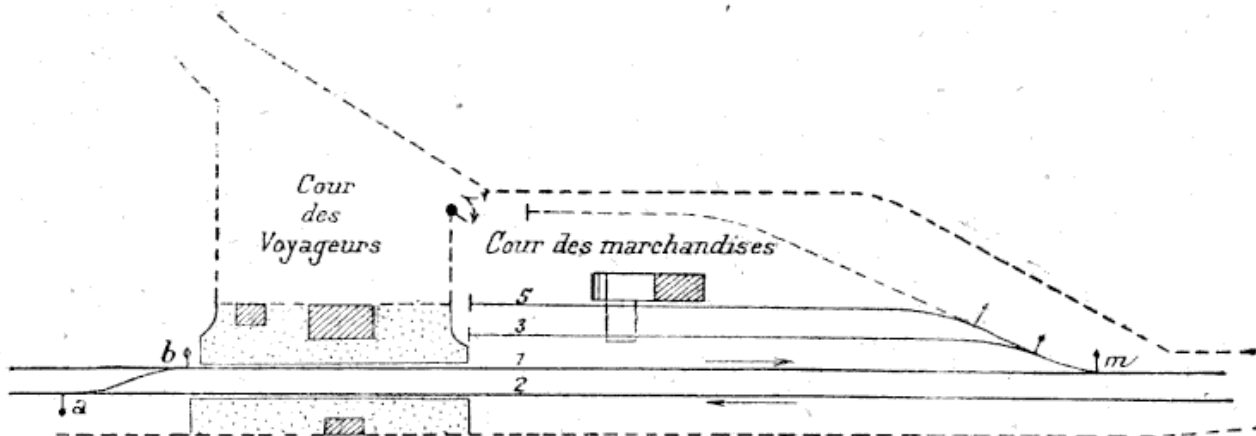


FIG. 53.

jusqu'au-delà de l'aiguille *a* et on refoule jusqu'à ce que les wagons à laisser aient dépassé l'aiguille *m* des voies de marchandises. On coupe alors la rame devant ces wagons, la partie restée attelée à la machine est tirée de manière à dégager l'aiguille *m* et il faut alors pousser à l'épaule les wagons à laisser. S'il y a des wagons à prendre, il faut également les pousser à l'aiguille *m*, on refoule la partie du train attelée à la machine pour faire l'attelage de ces wagons, et on peut alors regagner la voie 2 par la diagonale *ab* et refouler ensuite sur les voitures à voyageurs restées au droit de l'abri. Une fois l'attelage fait, le train est prêt à partir.

On voit que, dans ce cas, les manœuvres sont longues et pénibles ; aussi quand la station a une certaine importance, est-on conduit à établir le service des marchandises du côté opposé au bâtiment des voyageurs, afin de pouvoir relier les voies par aiguilles aux deux extrémités de la station. On a alors les dispositions indiquées au croquis ci-après :

Pour ne pas avoir d'aiguilles prises en pointe sur les voies principales

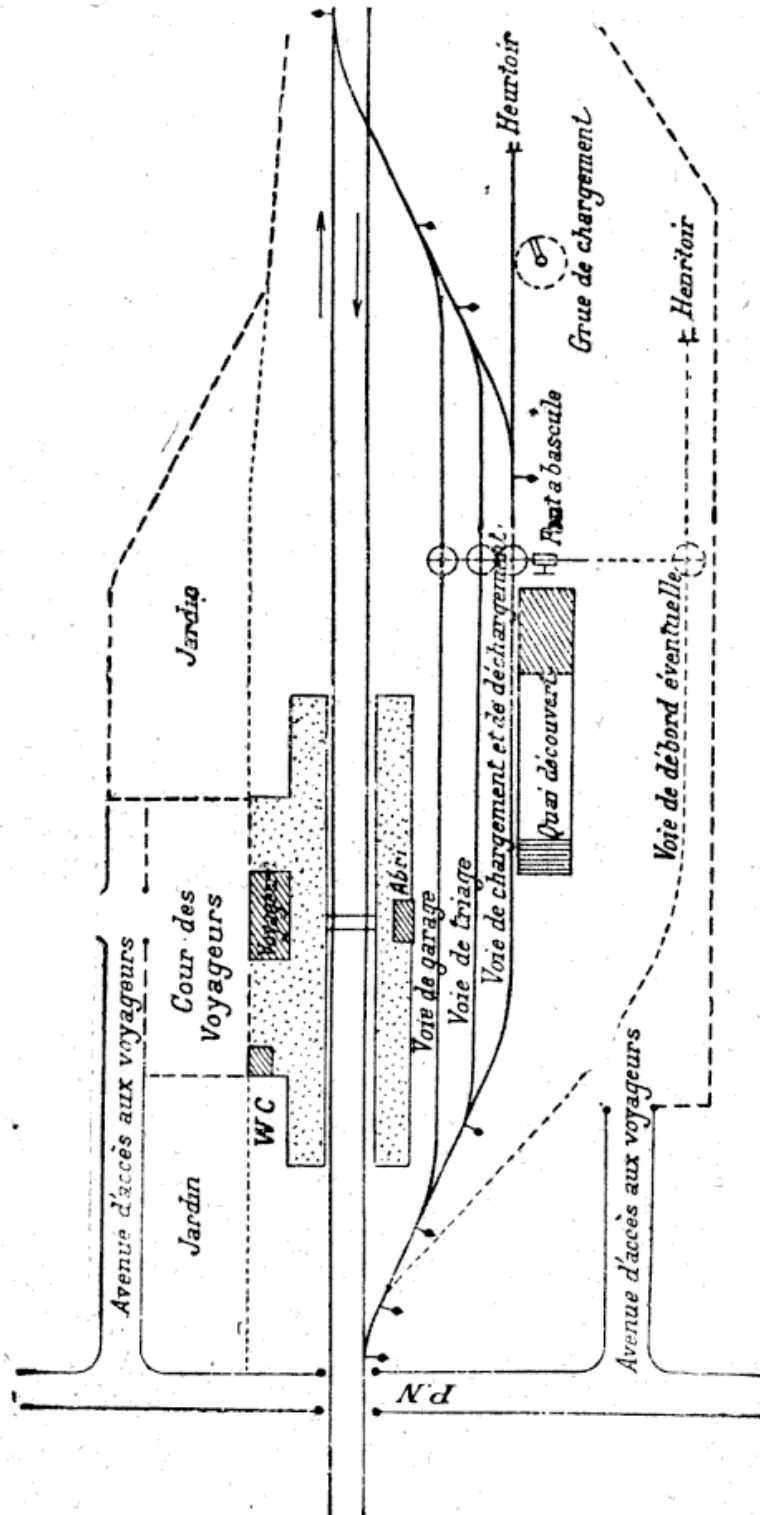


FIG. 54.

par les trains en marche normale, on franchit la voie 2, à la sortie de la station au moyen d'une traversée oblique et pour faciliter le triage des wagons à marchandises, on établit une voie transversale munie d'une batterie de plaques tournantes qui permet de relier la voie de débord éventuelle avec les autres voies de marchandises. En outre, le prolongement par aiguille de la voie de la haie (voie 8) facilite les manœuvres de triage tout en donnant un supplément de longueur au débord. La même disposition est applicable aux lignes à voie unique en remplaçant la traversée de la voie 2, devenue voie d'évitement par une aiguille.

On remarquera que la voie transversale est limitée aux voies de marchandises, la présence de plaques sur les voies principales étant un obstacle au franchissement en vitesse de la gare par les trains directs.

Une autre disposition a été quelquefois employée pour permettre les manœuvres à la machine par les deux bouts de la station, tout en maintenant le service des marchandises du même côté que celui des voyageurs, nous l'indiquons au croquis ci-après sans la recommander.

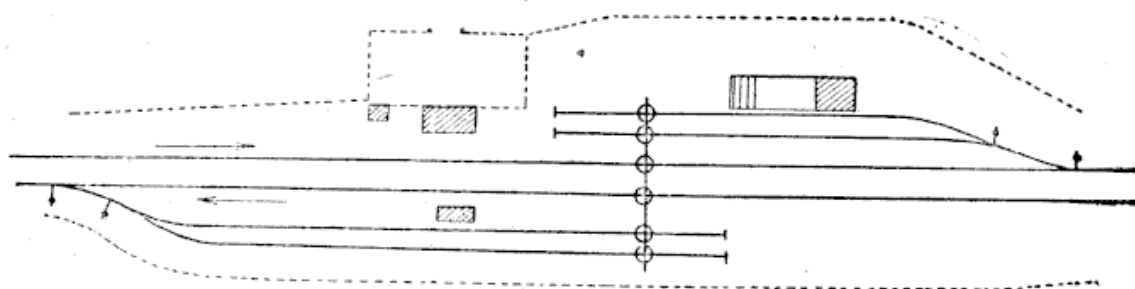


FIG. 55.

Il convient de remarquer que cette solution est coûteuse et ne supprime pas les manœuvres à l'épaule.

Par ce qui précède on voit que les dispositions que l'on peut adopter pour l'installation des gares sont essentiellement variables. Mais quel que soit le type d'aménagement prévu il faut remarquer que les voies accessoires locales ne doivent pas être aussi étendues que les voies de garage ; leur longueur peut sans inconvénients être réduite à 400 m., ou même 300 m., et si le trafic local exige un assez grand développement de voies, il est préférable d'en augmenter le nombre plutôt que la longueur (1).

En dehors des voies principales, d'évitement et de garage qu'une gare

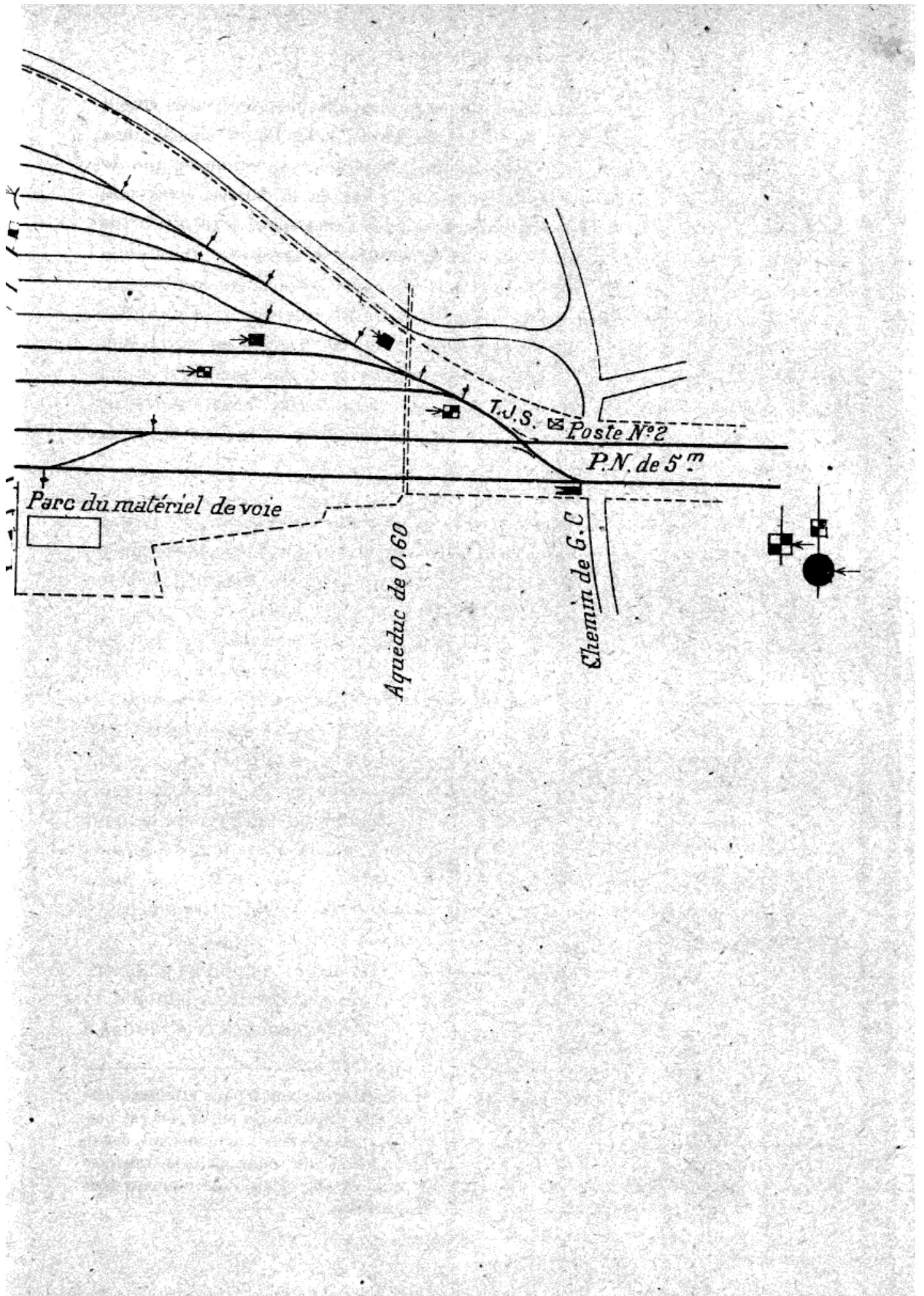
(1) Ainsi que nous l'avons déjà indiqué précédemment lorsqu'il s'agit de lignes établies avec de fortes déclivités, ou de lignes secondaires à faible trafic les longueurs de voies d'évitement et accessoires peuvent être réduites de 30 à 50 %.

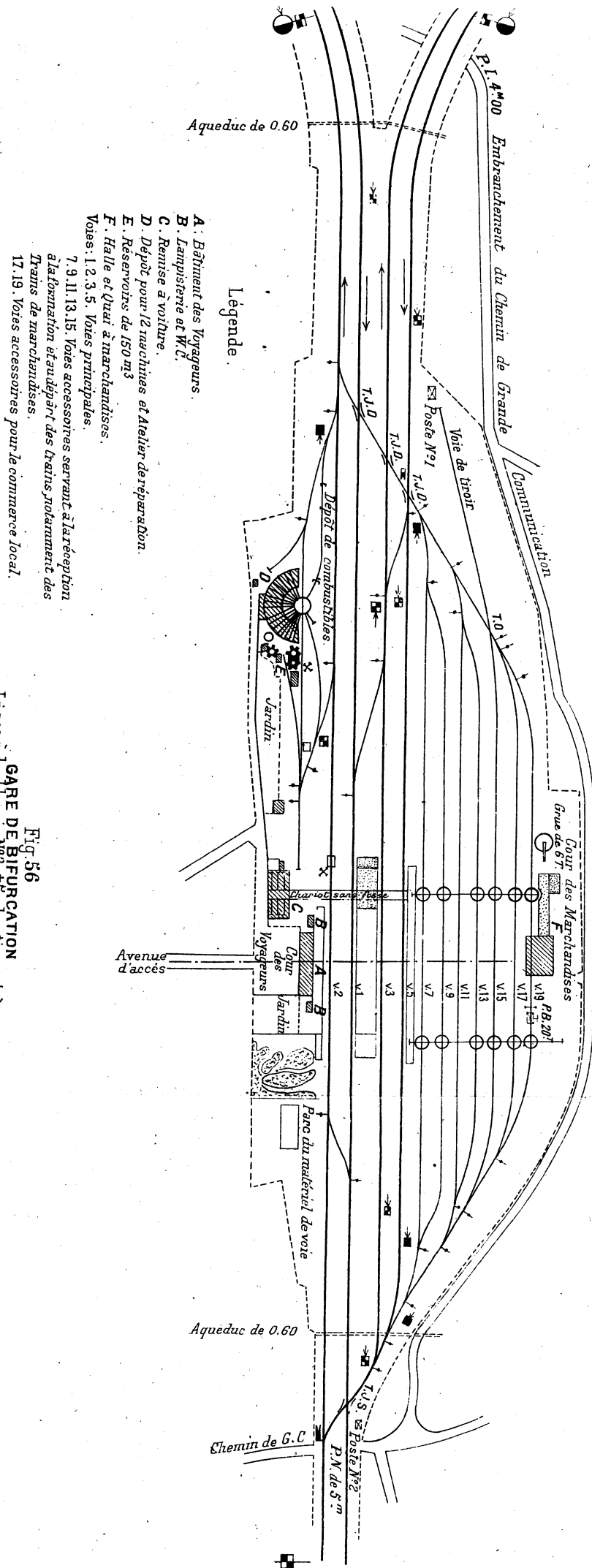
peut comporter, une station de 4^e classe pourra comprendre : une voie de marchandises desservant la halle et le quai ; celle de 3^e classe deux voies de marchandises, et 1 batterie de plaques le cas échéant, une des voies dessert la halle et le quai découvert ; celle de 2^e classe, trois voies de marchandises et une batterie de plaques, une des voies desservant toujours la halle et le quai. La station de 1^{re} classe ne comporte habituellement pour le local que les aménagements prévus pour celle de 2^e classe ; mais comme elle est aussi gare d'origine ou de bifurcation, elle comprend en outre, des voies de réception, de formation et de départ des trains (marchandises et voyageurs), ainsi que des aménagements spéciaux pour le service de la traction (remise à machine, réservoirs à eau, parcs aux combustibles, atelier) et du petit entretien (atelier de préparation des wagons).

Gares de bifurcation. — Dans les gares de bifurcation, il peut être nécessaire de prévoir, en même temps que des voies et des trottoirs appropriés (1) au service des diverses directions à desservir, des installations spéciales pour le remisage et le tournage des locomotives, ainsi que pour les approvisionnements de charbon. Le dépôt des machines ne doit pas être trop près du lieu de stationnement des trains afin de ne pas gêner par sa fumée et ses nombreuses manœuvres, le service des voyageurs ; il doit être relié aux voies de la gare de manière à rendre aussi facile que possible le mouvement des machines pour se mettre en tête de leurs trains. Il est bon de signaler ici que le Ministère de la Guerre, en vue de la mobilisation, exige qu'il y ait toujours dans les dépôts un approvisionnement de combustible pouvant faire face aux besoins de six mois de service intensif. La figure 56 indique les dispositions qui peuvent être adoptées pour les cas les plus ordinaires (remise rectangulaire pour quatre machines dans une gare à double bifurcation de lignes à voie unique).

Dans les gares les plus importantes, la remise aux machines peut être remplacée par une demi-rotonde ou une rotonde entière à laquelle on rattache alors des installations pour permettre les menues réparations à

(1) Pour éviter aux voyageurs le danger de traverser les voies pour atteindre certains trottoirs d'embarquement ou pour leur permettre de gagner la sortie, on est parfois amené à établir des passages souterrains ou des passerelles. On construit également des passerelles pour relier les services G. V. et P. V. ou même pour la traversée complète de la gare par le public. Les indications qui s'y rapportent sont données dans la 3^e partie du Cours à propos des bâtiments des stations.

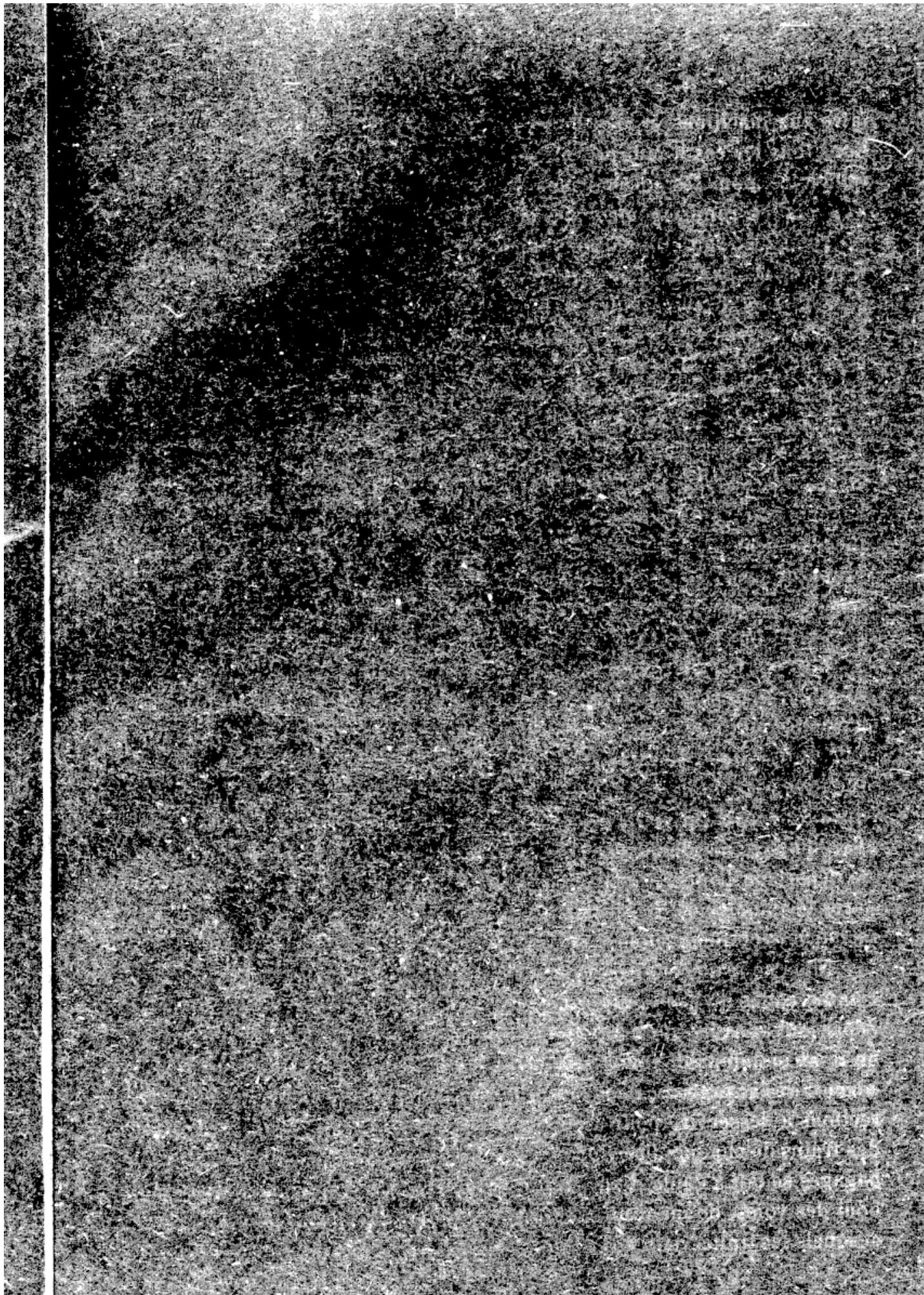




Légende

- A. Bâtiment des Voyageurs.
 - B. Lampisterie et W.C.
 - C. Remise à voiture.
 - D. Dépôt pour 12 machines et Atelier de réparation.
 - E. Réservoirs de 150 m³.
 - F. Halle et Quai à marchandises.
- Voies: 1. 2. 3. 5. Voies principales.
 7. 9. 11. 13. 15. Voies accessoires servant à l'arrêt et à la formation et au départ des trains, notamment des Trains de marchandises.
 17. 19. Voies accessoires pour le commerce local.

Fig. 56
GARE DE BIFURCATION
 Ligne à double voie N°3 et 5 aboutissant à une gare de passage d'une double voie.



faire aux machines et des bureaux pour le Chef de dépôt et ses agents. Dans tous les cas il faut prévoir un corps de garde comprenant dortoir et réfectoire pour les mécaniciens et chauffeurs. On l'accrole généralement aux petites remises, mais dès que le dépôt prend de l'importance, il convient d'en faire un bâtiment spécial dans lequel on dispose un nombre suffisant de petites chambres pour assurer un repos aussi complet que possible aux diverses équipes qui se succèdent dans le corps de garde à des heures très variées. Il est aussi d'usage de mettre, à la disposition du personnel, des salles de bains et de douches. Il y a également lieu de prévoir dans les gares de bifurcation des corps de garde spéciaux destinés aux agents des trains (chefs de train et conducteurs) que leur roulement appelle à stationner la nuit dans les gares. On établit dans ce but des locaux distincts de ceux des mécaniciens et chauffeurs, cette catégorie d'agents ayant intérêt à être logée près du bâtiment des voyageurs, tandis que les mécaniciens sont ordinairement installés près du dépôt. Nous traiterons de ces questions avec plus de détail quand nous nous occuperons des bâtiments.

Gares terminales. — Enfin pour les gares terminales, appelées aussi gares terminus, des dispositions spéciales doivent être prises pour permettre aux machines amenant les trains de se dégager tout en laissant leur train à quai. Elles peuvent alors venir le reprendre en queue, après que le service du déchargement des colis est terminé et le ramener sur les voies de départ. Quand ces gares ont une certaine importance, il est, en effet, d'usage de concentrer les services d'arrivée d'un côté et les services de départ de l'autre. Cette mesure n'est pas nécessaire pour les petites gares terminales où le service de départ et d'arrivée peut se faire sur la même voie et quelquefois avec le même train circulant en navette.

Nous ne traiterons pas ici des dispositions des grandes gares terminus comme celles de Paris. Ces gares donnent lieu à des études spéciales qui dépassent le cadre que nous nous sommes imposé. Nous dirons seulement qu'il est maintenant admis pour de telles gares qu'il doit y avoir pour le service des voyageurs, deux fois au moins autant de voies qu'il y a de directions à desservir, pour assurer convenablement le départ et l'arrivée des trains de chaque direction et que la distribution des voyageurs et des bagages se fait à l'aide d'un vaste trottoir disposé transversalement et au bout des voies, donnant un accès facile aux trottoirs longitudinaux le long desquels les trains viennent se ranger.

Nous donnons ci-après un croquis des dispositions adoptées pour une gare terminale de faible importance sur ligne à voie unique. On pourrait, dans une telle gare, établir des plaques tournantes sur les voies de service, car la vitesse des trains y est très réduite.

Gares de triage. — Lorsque la nouvelle artère que l'on étudie a une certaine importance, il convient d'envisager aux points de formation des trains et dans les gares de bifurcation une gare spéciale dite de triage. Cette dernière ainsi que son nom l'indique sert à former, à débrancher, à trier et à reformer les trains suivant leur direction et la destination des divers véhicules qui entrent dans leur composition. De là résulte deux opérations distinctes : le classement des véhicules par direction et celui par destination ou classement géographique.

La gare de triage doit donc normalement comporter :

- Des voies pour la réception des trains ;
- Des voies pour le classement par direction ;
- Des voies pour le classement géographique ;
- Des voies pour l'attente des trains au départ.

Le nombre et la longueur de ces voies dépendent naturellement de l'intensité et du tonnage du trafic à assurer.

Nous n'entrerons pas dans le détail des études délicates auxquelles on doit se livrer pour arriver à une appréciation à peu près exacte des besoins à satisfaire ; mais on peut tabler à priori sur les données ci-après :

Voies de réception des trains. — 2 voies par direction ou embranchement en augmentant ce nombre d'une voie pour chacun des autres embranchements aboutissant à la gare ;

Voies de triage par direction. — 2 voies par direction ; en outre 2 ou 3 voies pour le trafic local.

Voies de classement géographique. — La quantité est subordonnée au nombre de gares à desservir par direction et qui pour chacune d'elles est de 15 à 18 environ. On estime qu'il est nécessaire d'avoir une voie pour deux gares, c'est-à-dire que, si l'embranchement le plus chargé comporte 20 gares, on établira 10 voies de classement.

Voies d'attente des trains au départ. — Mêmes règles à suivre que pour la détermination du nombre de voies de réception.

Ces aménagements sont complétés par l'établissement de voies indé-

Gare terminale de ligne à voie unique.

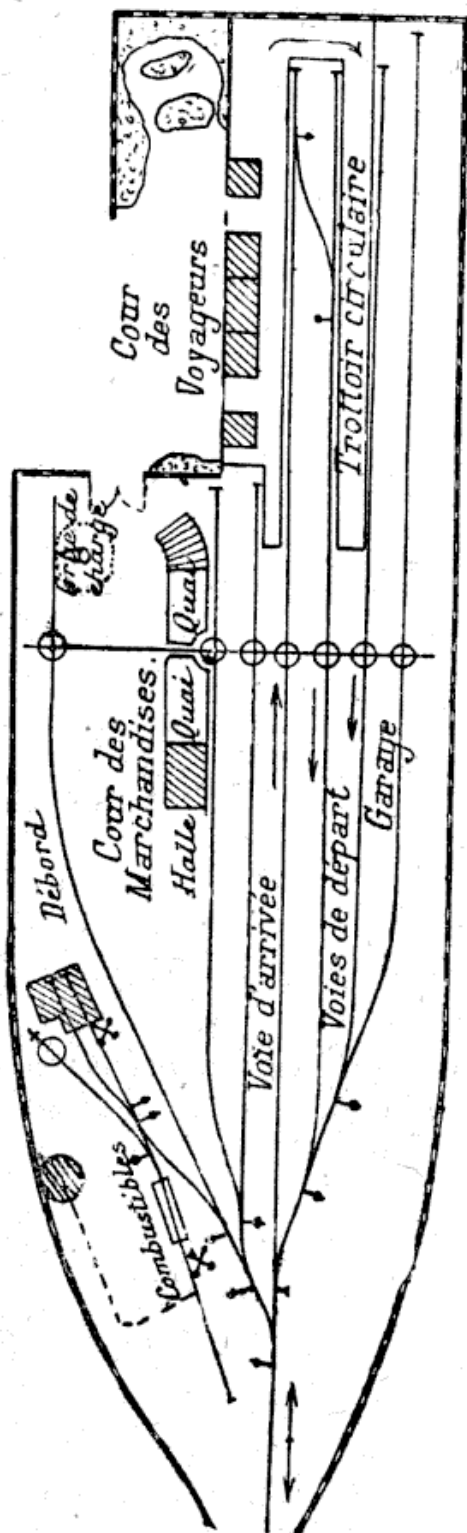


FIG. 57.

Schéma des dispositions d'une gare de triage.

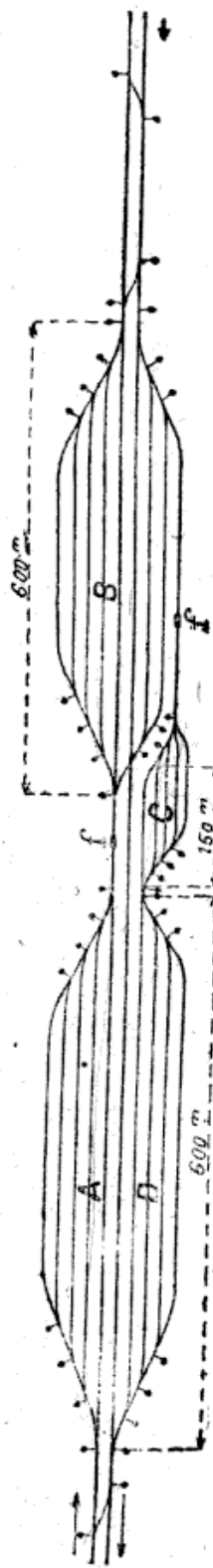


FIG. 58.

- A. — Voies de réception des trains.
- B. — Voies de triage des véhicules par direction.
- C. — Voies de triage des véhicules par ordre géographique.
- D. — Voies de formation et d'attente de départ des trains.
- E. — Buîtes de triage par la gravité.

pendantes pour la circulation des machines, pour la liaison des divers faisceaux et par l'installation des voies de tiroir nécessaires pour opérer le triage par la gravité ; et ces dernières voies doivent être établies de façon que les opérations de triage ne soient pas entravées par les diverses manœuvres de départ, d'arrivée des trains et machines.

Prises d'eau. — Nous avons déjà dit à propos de l'avant-projet qu'il fallait établir pour le service de la traction des alimentations d'eau tous les 25 kilomètres en moyenne. Les locomotives remorquant les trains de marchandises ont, en effet, besoin de renouveler fréquemment leur provision d'eau à cause de la consommation exceptionnelle de vapeur qu'elles font soit en marche, soit dans les manœuvres. D'autre part, une prise d'eau peut éventuellement faire défaut et les trains de marchandises ont alors à parcourir 50 kilomètres sans renouveler leur eau, ce qui est à peu près un maximum pour de tels trains.

Qualité de l'eau. — L'étude des prises d'eau fait partie des études définitives et demande une attention particulière. Il faut trouver de l'eau de bonne qualité à proximité d'une gare et en assez grande abondance pour faire face aux besoins.

Une bonne eau ne doit contenir ni carbonate, ni sulfate de chaux en quantité notables, ni résidus d'usines, ni matières organiques, ni acides. Le carbonate de chaux produit des incrustations dangereuses et les autres impuretés des corrosions. Les incrustations proviennent de la précipitation, par l'ébullition, des matières solides qui viennent former des dépôts adhérents sur les parois des chaudières. Ces dépôts retardent la vaporation de l'eau en diminuant la transmission de la chaleur et peuvent amener la détérioration du métal si l'on n'a pas soin de les détruire. D'une façon générale, les eaux impropres au savonnage et à la cuisson des légumes, de même que celles qui donnent à l'ébullition des dépôts dépassant 250 ou 300 grammes par mètre cube doivent être rejetées ou épurées.

Les matières argileuses que l'eau contient quelquefois en suspension ne donnent pas d'incrustations ; elles ont seulement l'inconvénient d'encrasser la pompe qui sert à élever l'eau.

Hydrotimètre. — On se sert pour mesurer la quantité de chaux contenue dans l'eau d'un appareil appelé hydrotimètre, qui est fondé sur le principe suivant :

Une dissolution de savon dans l'alcool produit, quand on la verse dans une eau pure, une mousse persistante ; mais quand l'eau est chargée de sels terreux (calcaires ou magnésiens) cette mousse ne se produit qu'après la neutralisation de ces sels par une quantité équivalente de savon.

Pour faire l'essai hydrotimétrique, on se sert d'une burette graduée ou hydrotimètre dans laquelle on introduit la liqueur titrée (dissolution de savon dans l'alcool). Chacun des degrés de l'hydrotimètre représente un décigramme de savon neutralisé par un litre de l'eau soumise à l'expérience et correspond à un centigramme de carbonate de chaux contenu dans la même quantité d'eau. Cela posé, on met dans un flacon 40 centimètres cubes de l'eau à essayer et on y verse peu à peu la liqueur titrée, en agitant le mélange jusqu'à ce qu'il se produise à la surface une mousse persistante (1). A ce moment on lit sur l'hydrotimètre le numéro de la division à laquelle la liqueur est descendue ; soit 20 ce numéro c'est le degré hydrotimétrique de l'eau essayée. On en conclut que cette eau contient 20 centigrammes par litre de sels alcalins terreux.

Les indications données par l'hydrotimètre ne sont pas toujours rigoureusement exactes, car la présence de certains corps, tels que les sulfures et les substances organiques, altère quelquefois les résultats. Toutefois elles sont fort utiles et très précieuses dans la plupart des cas. Si l'on veut plus de précision, il faut recourir à une analyse chimique complète.

Quel que soit le procédé qu'on emploie pour se rendre compte de la pureté des eaux, si elles donnent à l'évaporation 250 à 300 gr. de résidus solides par mètre cube ou si elles marquent plus de 25° à l'hydrotimètre, elles doivent être considérées comme impropres à l'alimentation des machines. Il faut, dans ce cas, ou changer la position de la prise d'eau ou trouver un moyen d'épuration.

Épuration des eaux. — Quand l'eau contient principalement du bicarbonate de chaux, on la purifie facilement et à peu de frais au moyen d'un lait de chaux qui transforme le bicarbonate soluble en carbonate



FIG. 59. FIG. 6

(1) On appelle « mousse persistante » une mousse de 0.005 environ d'épaisseur persistant pendant 10 minutes.

insoluble ; ce dernier sel se précipite, on laisse déposer et on décante. Ce procédé est fréquemment employé pour les eaux de puits dans les pays calcaires.

Il est plus difficile et surtout plus coûteux d'éliminer le sulfate de chaux, de sorte qu'il faut, autant que possible, renoncer à employer les eaux qui en contiennent.

Quelles que soient les recherches faites ou les procédés d'épuration employés, on n'arrive jamais à avoir une eau parfaitement pure et il est d'usage à peu près général d'employer des produits désincrustants soit en service courant, soit au moment du nettoyage des chaudières, pour parer aux inconvénients dus à l'adhérence des dépôts.

Captation de l'eau. — Comme nous l'avons déjà dit, il faut non seulement de la bonne eau, mais aussi de l'eau en quantité suffisante.

Quand on peut la prendre dans des cours d'eau dont on connaît le régime, on sait généralement à quoi s'en tenir, mais il n'en est pas de même, si on a recours à des sources souterraines. On doit alors s'efforcer d'en constater le débit en se plaçant dans les circonstances les plus défavorables, c'est à-dire en l'évaluant pendant la saison sèche et encore n'échappe-t-on pas à des aléas qui occasionnent parfois de graves mécomptes. Il n'est pas rare, en effet, de voir un puits ayant donné de l'eau en abondance, diminuer son rendement ou même se tarir par suite de circonstances qu'on ne peut pas toujours déterminer et encore moins empêcher.

Quand le rendement par infiltration est faible, on peut quelquefois l'augmenter en ouvrant des galeries filtrantes rayonnant autour du puits. D'autres fois, quand les couches filtrantes débitent peu, on recueille les eaux d'infiltration dans un bassin ayant au moins la capacité du réservoir de la gare. L'eau s'y emmagasine lentement et on opère le pompage quand il est plein.

En pays de montagne on peut quelquefois amener l'eau par une conduite en pente en établissant la prise à un niveau supérieur à celui du réservoir de la gare. C'est une solution économique si l'on ne doit pas aller prendre l'eau trop loin.

D'autres fois, quand la gare dessert une ville pourvue d'un service d'eau, on peut traiter avec la ville pour faire la prise sur ses conduites, mais il faut alors bien étudier le contrat et s'assurer le moyen de parer aux interruptions prolongées qui pourraient compromettre le service.

Le cas le plus général est celui des prises d'eau indépendantes. On

construit dans le voisinage de la prise un bâtiment contenant la machine motrice et les pompes destinées à aspirer l'eau du puisard où elle est amenée par un aqueduc ou une conduite et à la refouler dans le réservoir de la gare.

Nous traiterons plus loin du détail des installations des prises d'eau, nous n'en parlons ici que pour attirer l'attention sur la nécessité d'étudier l'emplacement des prises d'eau au moment où l'on fait les études définitives, afin de pouvoir établir en conséquence les dispositions des gares qui doivent en être pourvues.

Distribution de l'eau. — On prévoit, en général, à cet effet, en dehors de la prise proprement dite et de la conduite destinée à amener l'eau à la gare, un réservoir dont le fond doit être à 8 mètres au-dessus du niveau des rails pour donner un débit suffisant aux grues établies au droit des voies principales, des fosses à piquer pour permettre au mécanicien de piquer son feu et de visiter les organes inférieurs de sa machine, et une ou plusieurs bornes-fontaines ou des robinets de puisage avec raccords pour les travaux de propreté de la gare. Enfin, il doit être installé dans la gare un certain nombre de raccords d'incendie signalés à l'attention par des plaques indicatrices. La conduite de distribution doit être dans les entrevoies et munie des robinets vannes nécessaires pour assurer la réparation des conduites, qu'on doit pouvoir sectionner par petites longueurs.

§ 2. — REPORT DU TRACÉ SUR LE TERRAIN.

Pendant qu'on étudie au bureau les dispositions des gares, ainsi que les projets de détail des ouvrages d'art, on doit faire reporter sur le terrain le tracé qui a été étudié sur le plan coté définitif. Il faut, en effet, pour permettre la rédaction du projet de tracé et de terrassements à soumettre au Ministre, se rendre compte des particularités que peut présenter le tracé et qui n'ont pu être révélées par l'étude faite au bureau. Il faut, en outre, présenter non plus des évaluations approchées, mais une estimation aussi exacte que possible des travaux à exécuter.

Balisage. — On commence par bien déterminer la position des sommets d'angle, soit en se servant des bases qui ont servi au levé du plan coté, soit en se servant des constructions, chemins, limites de propriétés, etc.

On relève ensuite l'angle des alignements au cercle répétiteur. A

chaque sommet on implante une balise de 5 à 6 mètres de hauteur et de 0^m,10 à 0^m,15 de diamètre à la base. Chaque balise doit avoir au moins 1 mètre de fiche en terre et le pied doit être consolidé soit avec un blocage, soit même avec de la maçonnerie. On fixe à la partie supérieure de la balise deux drapeaux mi-blanc et rouge fixés sur de liteaux cloués en éventail. La balise elle-même est peinte en blanc et noir par bandes alternatives d'environ 1 mètre de hauteur. Quand on a calculé et tracé la courbe de raccordement, on place aux points de tangence une autre balise semblable à celle du sommet d'angle, mais munie d'un seul drapeau.

Jalonnage. — Sur les alignements de grande longueur on place aussi des balises intermédiaires disposées de telle façon que, du pied de chacune d'elles, on puisse voir la précédente et la suivante. Ces balises sont peintes alternativement en blanc et rouge et ne portent pas de drapeau. Enfin, on fixe entre les balises des jalons ordinaires peints alternativement en blanc et rouge par zones de 0^m,50 de hauteur pour permettre le chaînage de l'axe. Pour l'implantation de ces jalons, on se sert du cercle d'alignement ou du théodolite.

Pour toutes ces opérations, le Chef de section doit être autorisé par arrêté préfectoral à pénétrer dans les propriétés et à abattre les arbres ou couper les haies. Les murs et les bâtiments sont franchis sans démolition, mais on indique sur leur parement par la peinture d'une ligne verticale la direction du tracé.

Piquetage. — Quand le balisage et le jalonnage sont terminés, on procède au piquetage. Les piquets sont en bois rond de 0^m,08 à 0^m,10 de diamètre et de 0^m,50 à 0^m,60 centimètres de longueur. Ils portent à leur partie supérieure une entaille à mi-bois de 0^m,10 à 0^m,12 de hauteur sur la face de laquelle on inscrit à la peinture ou au fer rouge le numéro du piquet. On place un piquet à chaque point de nivellement et dans tous les cas, à chaque hectomètre en commençant par le piquet 0 placé à l'origine du tracé et en continuant la numérotation par hectomètre, de sorte que le piquet 1 est à 100 mètres, le piquet 2 à 200 mètres, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la ligne. Les piquets placés entre les hectomètres reçoivent une suscription complémentaire telle que 2 + 25 pour marquer leur emplacement exact. Les piquets sont enfoncés de telle sorte que leur inscription soit toujours tournée du côté de l'origine de la ligne et que la partie horizontale de l'entaille affleure le terrain afin d'en permettre le nivellement exact.

Chainage. — Le chainage accompagne ordinairement le piquetage. Il doit être fait au moyen d'un ruban décimétrique en acier que l'on doit pouvoir vérifier fréquemment. A cet effet, on établit dès le début des opérations, aux abords de la ligne, des décimètres étalons formés de pièces de bois de 0^m,12 sur 0^m,13 parfaitement équarries et portées par des

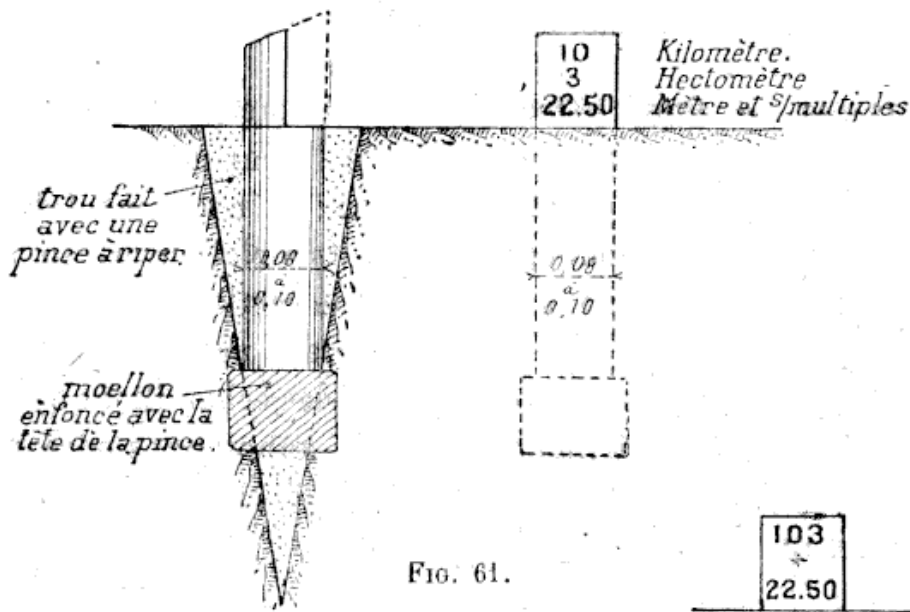


FIG. 61.

NOTA. — L'inscription du nombre de mètres et de centimètres est parfois remplacée par une lettre : *a, b, c*. Cette méthode oblige à se reporter au plan ou au profil en long pour savoir où le piquet est situé exactement. Un autre mode de numérotation est le suivant : l'hectomètre est pris pour unité.

poteaux en bois ou de petits massifs en maçonneries. Ces règles, convenablement abritées, sont graduées au moyen d'un mètre étalon et les divisions sont indiquées par des clous en cuivre. Dans l'opération du chainage on doit s'attacher à suivre les alignements aussi exactement que possible et comme les piquets ont pu dévier par suite de leur enfoncement dans le sol, on marque à l'aide d'un clou enfoncé dans la tête du piquet la position exacte correspondant à l'alignement.

Nous donnons ces détails pour bien marquer l'importance de l'exactitude nécessaire dans un tracé de chemin de fer.

Nivellement. — Aussitôt que le piquetage est terminé sur les premiers kilomètres, on procède au levé du profil en long et des profils en travers. Nous ne dirons rien de ces opérations qui ont été décrites dans le Cours de Topographie. Nous appellerons seulement l'attention sur la nécessité de bien choisir les repères et d'en établir même de spéciaux au moyen de bornes en pierre convenablement placées pour ne pas être

dérangées par les travaux de culture et permettant de rétablir plus tard les alignements en cas de disparition des piquets d'axe (1). A cet effet, on inscrit à la peinture, sur la face de ces bornes, parallèle au tracé, la distance normale au piquet d'axe, et sur la face tournée vers l'origine du tracé la cote de nivellement. On établit, en outre, un tableau de ces bornes repères afin d'en faciliter la recherche ultérieure.

Sondages. — Pour déterminer aussi exactement que possible la nature du terrain, on pratique des sondages à l'emplacement des tranchées importantes ou des ouvrages d'art spéciaux et notamment des tunnels. Autant que possible, ces sondages sont faits à ciel ouvert en pratiquant des puits ayant au moins un mètre carré de section et on note soigneusement la position de ces sondages, ainsi que la nature et l'épaisseur des couches rencontrées. On conserve au besoin des échantillons que l'on place dans des caisses à compartiments avec les annotations nécessaires. Les résultats des sondages sont indiqués, avec toutes les cotes nécessaires, sur un profil en long.

§ 3. — PROJET D'EXÉCUTION.

Présentation du projet de tracé et de terrassements.

— Une fois ces opérations terminées et après avoir indiqué sur le terrain les remaniements auxquels on a pu être conduit, on peut dresser le projet de tracé et de terrassements dont la composition doit être la suivante :

DOSSIER B.

1. — Carte au $\frac{1}{80.000}$.

1^a. — Plan d'ensemble au $\frac{1}{40.000}$ avec courbes de niveau.

2. — Plan au $\frac{1}{10.000}$.

3. — Profil en long d'ensemble au $\frac{1}{40.000}$ pour les longueurs et au $\frac{1}{2.000}$ pour les hauteurs.

(1) Il est sage de disposer ces repères dans un massif de maçonnerie de 0^m, 60 à 0^m, 70 de côté.

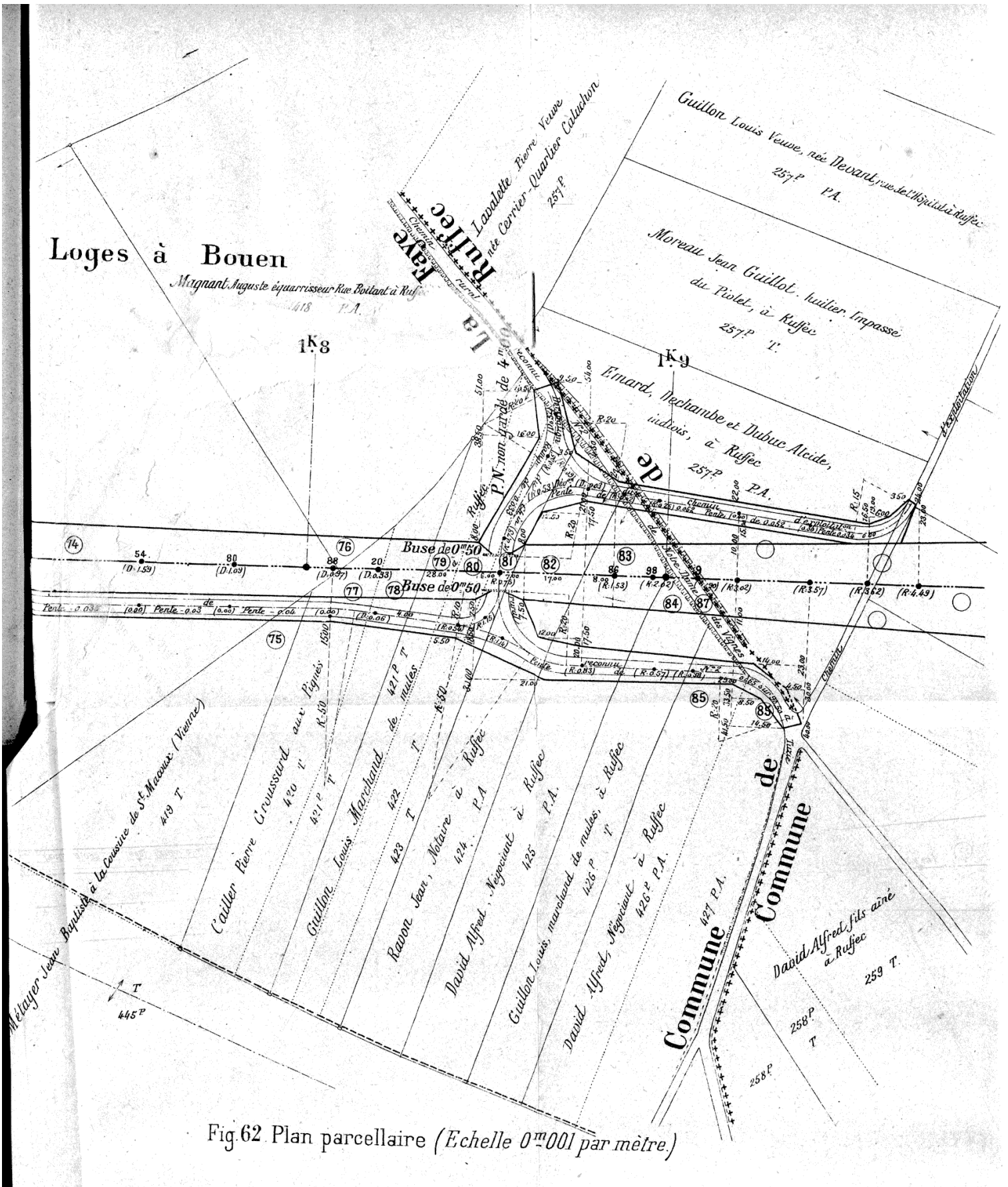
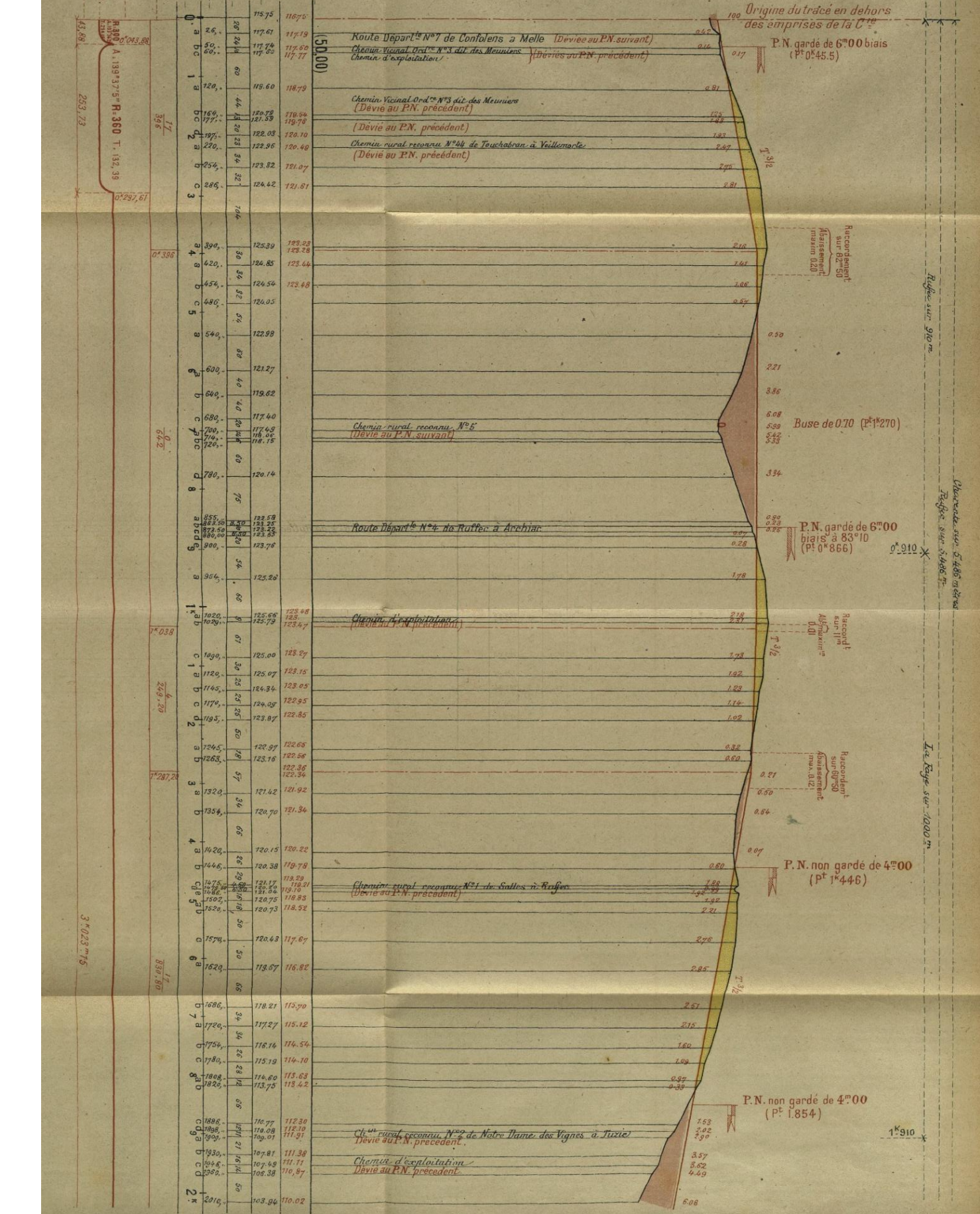


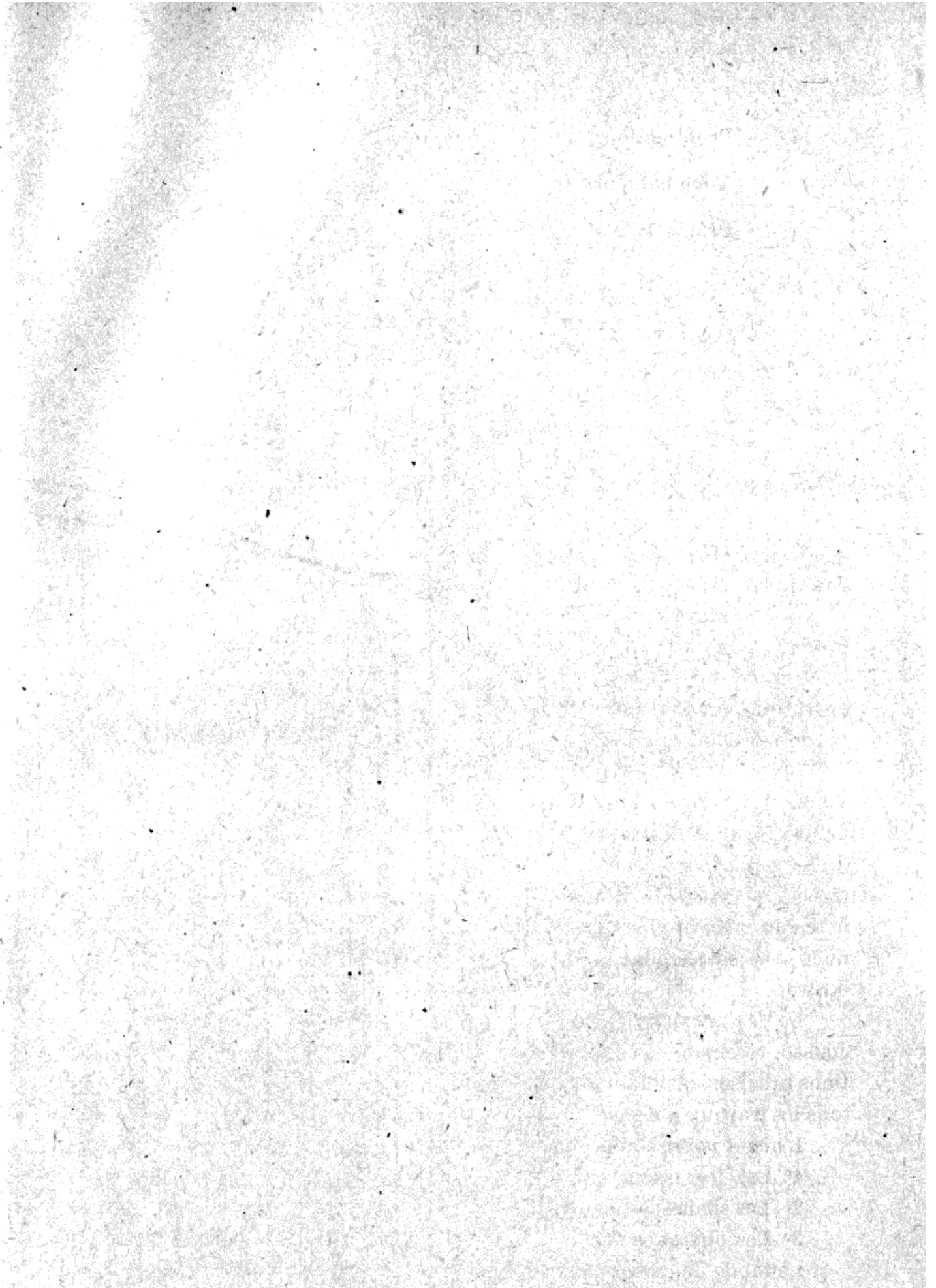
Fig. 62. Plan parcellaire (Echelle 0^m001 par mètre.)

Département
 Arrondissement
 Commune

Fig. 65 Profil en long
 Echelle
 Longueur 5000^m
 Hauteur 500^m

Plan de comparaison
 D'alignements des terrassements
 Ordonnées du terrain naturel
 Distances entre profils
 Distances cumulées
 Kilométrage
 Pentes, pentes étranges
 Alignements et courbes
 Longueurs des alignements, des courbes
 Rayons, tangentes, angles





4. — Profil en long au $\frac{1}{10.000}$ pour les longueurs et au $\frac{1}{1.000}$ pour les hauteurs.
5. — Profils en travers types au $\frac{1}{100}$.
6. — Profils en travers spéciaux au $\frac{1}{200}$.
7. — Devis descriptif.
8. — Avant-métré.
9. — Bases d'estimation des ouvrages.
10. — Estimation sommaire des dépenses.
11. — Procès-verbal de conférence avec les services intéressés.
12. — Rapport des Ingénieurs.

Constitution du dossier. — La constitution de ce dossier n'appellera que quelques explications :

Les cartes et plans formant les trois premières pièces ont déjà été produits pour le dossier A de l'avant-projet, seulement l'indication du tracé doit y être portée maintenant avec plus de précision, puisque les opérations sur le terrain ont permis de l'arrêter définitivement dans tous ses détails et ont conduit à éliminer les variantes qui avaient pu être d'abord indiquées.

Le *profil en long* est ici celui qui a été relevé à l'aide d'un nivellement de précision et qu'il s'agit de produire aux échelles indiquées.

Les *profils en travers types* n'ont pas changé, et seuls les profils en travers spéciaux sont nouveaux. Ils résultent du relevé qui en a été fait sur le terrain avec application des dispositions particulières qui ont été reconnues nécessaires pour la bonne assiette de la voie dans les parties difficiles du tracé.

Le *devis descriptif* établi sur un imprimé spécial fourni par la maison Jousset ressemble à celui de l'avant-projet, mais contient ici des indications précises résultant de l'étude complète qui a été faite sur la place de tous les travaux à exécuter.

L'*avant métré* comprend trois sections :

- 1° Les terrassements, y compris le mouvement des terres ;
- 2° Les chaussées, caniveaux et cassis ;
- 3° Les ouvrages d'art.

Le mode de calcul des terrassements et du mouvement des terres, fait

au moyen du profil en long et des profils en travers relevés sur le terrain, a été indiqué dans l'instruction sur la cubature des terrasses et le mouvement des terres. Nous n'y reviendrons pas ici.

Le métré des chaussées, caniveaux et cassis ne demande pas non plus d'explications spéciales.

Quant au métré des ouvrages qui est aussi enseigné dans les Cours de l'École, il résulte de l'étude de détail faite pour chacun des ouvrages auxquels les types courants indiqués à l'avant projet ont été appliqués ou qui ont donné lieu à l'adoption de dispositions spéciales.

Les *bases d'estimation des ouvrages* peuvent aussi être données avec plus de précision qu'à l'avant métré, mais reposant sur les mêmes principes que nous avons déjà exposés.

L'*estimation sommaire des dépenses* n'est plus que l'application des éléments fournis par les documents précédents.

Les *conférences avec les services intéressés* sont aussi le résultat de l'examen des dispositions du projet avec les divers services qui ont déjà été consultés à propos de l'avant-projet.

Il n'y a plus qu'à récapituler l'ensemble dans le *Rapport* des Ingénieurs. En concluant à l'adoption des dispositions présentées et le dossier B est ainsi constitué et transmis au Ministre avec les procès-verbaux de conférence au 2^e degré et l'avis de l'Ingénieur en Chef du Service des Etudes.

Formalités pour la désignation des territoires traversés.

— Lorsque le projet de tracé et de terrassements a été approuvé par le Ministre des Travaux Publics, l'Ingénieur en Chef soumet à chaque Préfet des départements traversés un projet d'arrêté désignant les territoires sur lesquels seront exécutés les travaux (*Dossier B*).

Cette mesure a pour but de permettre l'accomplissement des formalités d'enquête en vue de l'expropriation éventuelle des terrains pour cause d'utilité publique, par application de la loi du 3 mai 1841.

Cette demande n'exige la production d'aucune pièce spéciale et constitue une simple mesure administrative.

Enquêtes sur le nombre et l'emplacement des stations.

— En même temps qu'il fait la démarche indiquée ci-dessus, l'Ingénieur en Chef adresse aux Préfets les dossiers de l'enquête à ouvrir, conformément à l'instruction ministérielle du 25 janvier 1854, sur le nombre et l'emplacement des gares et stations à établir (*Dossier C*).

Ces dossiers sont constitués par communes et forment une liasse spéciale par arrondissement, afin de faciliter leur transmission aux Sous-Préfets.

Les communes intéressées sont :

- 1° Les communes sur le territoire desquelles sont établies les stations;
- 2° Les communes voisines intéressées à l'établissement de ces stations et situées dans une zone de 8 à 10 kilomètres à droite et à gauche du chemin de fer.

Pour les premières, le dossier comprend une carte générale du tracé au 1/80.000 ; un plan général au 1/10.000 limité à l'arrondissement, un profil en long dans les mêmes limites au 1/10.000 pour les longueurs et au 1/10.000 pour les hauteurs ; un plan au 1/1.000 de l'emplacement de la station avec indication des voies d'accès ; enfin une notice explicative s'appliquant à toutes les stations de l'arrondissement.

Pour les autres communes le dossier comprend seulement une carte au 1/80.000 et une notice explicative.

Le Préfet prend alors son arrêté ordonnant le dépôt des pièces du projet, prescrivant l'ouverture de l'enquête et nommant la Commission appelée à donner son avis.

Les pièces sont déposées pendant huit jours dans les communes où les stations sont projetées, après avis publié et affiché dans chaque commune. Les observations du public sont reçues sur un registre d'enquête. Dans les communes voisines, le Conseil municipal est appelé à délibérer.

Après l'expiration des huit jours sus mentionnés les dossiers sont envoyés au Sous Préfet qui les soumet à la Commission de laquelle font nécessairement partie les maires des communes où les stations sont projetées et l'Ingénieur en Chef chargé des travaux du chemin de fer. Ce dernier établit un procès-verbal des opérations en déduisant ses conclusions.

Les résultats de l'enquête et les propositions de l'Ingénieur suivies de l'avis de l'Ingénieur en chef des études sont ensuite transmis par le Préfet au Ministre qui arrête définitivement le nombre et l'emplacement des stations.

La constitution des dossiers d'avant-projet, d'enquête d'utilité publique et celle du projet de tracé et de terrassements que nous avons décrits se rapportent exclusivement à l'étude des lignes nouvelles. Mais s'il s'agit de la rectification du tracé d'une ligne en exploitation ; de l'extension ou de la modification des aménagements d'une gare existante et comportant l'acquisition de nouveaux terrains, les dossiers à établir peuvent subir

dans le détail des pièces qui les composent, et subissent en fait quelques modifications, la procédure restant d'ailleurs la même.

Enquêtes parcellaires (*Dossier D*). — Une consultation du même genre reste encore à faire en vue de l'acquisition des terrains nécessaires à l'établissement de la nouvelle ligne. On procède à cet effet aux enquêtes parcellaires.

Les dossiers que l'Ingénieur en Chef envoie pour cela au Préfet comprennent pour chaque commune :

- 1° Le plan général au 1/10.000 dans la traversée de la commune ;
- 2° Le profil en long au 1/10.000 et 1/1.000 dans les mêmes limites ;
- 3° Le plan parcellaire des propriétés à acquérir au 1/1.000 ;
- 4° Le tableau indicatif des propriétés à acquérir avec les noms des propriétaires tels qu'ils sont inscrits à la matrice des rôles et ceux des propriétaires actuels ou présumés tels ;
- 5° Le tableau des ouvrages à exécuter pour assurer le maintien des communications et l'écoulement des eaux ;
- 6° La notice explicative ;
- 7° Les projets d'arrêté et d'avis de publication, un registre d'enquête et un autre registre destiné à recevoir les déclarations de domicile en exécution de l'article 15 de la loi du 3 mai 1841 ; enfin un projet de procès-verbal des opérations de la Commission d'enquête.

Sur le vu de ces pièces, le préfet prend, pour chaque commune, l'arrêté qui ordonne le dépôt des pièces du projet, prescrit l'ouverture de l'enquête et nomme la Commission appelée à donner son avis.

La constitution de ce dossier exige la production de deux nouvelles pièces sur lesquelles nous devons dire quelques mots : ce sont le plan parcellaire et l'état indicatif des propriétés à acquérir.

Plan parcellaire. — Ce plan doit être relevé avec le soin le plus minutieux, parce qu'il sert de base à toutes les formalités importantes et délicates de la procédure d'expropriation. Il peut être relevé directement par le personnel des études ou être confié à un géomètre avec lequel on passe un marché spécial.

On prend pour base du plan le piquetage du tracé qui est relevé à nouveau et soigneusement vérifié. On porte sur le plan la position de balises et de tous les piquets kilométriques qu'on rattache aux limites des parcelles occupées par l'axe de la ligne.

Il est d'usage de faire le relevé sur une largeur de cent mètres de

chaque côté de l'axe afin d'avoir les moyens d'étudier convenablement la desserte des propriétés coupées par la ligne et dont l'accès peut être rendu difficile par suite de l'impossibilité de traverser librement le chemin de fer.

On doit exprimer sur le plan :

1° Toutes les voies de communications ou d'exploitation traversées avec leurs noms ;

2° Les canaux, rivières et cours d'eau et les ravins ou fossés servant à l'écoulement des eaux, y compris les rigoles d'irrigation ;

3° L'axe du tracé, tous les piquets qui le déterminent et le prolongement des alignements droits dans l'étendue du plan ;

4° Toutes les limites des propriétés, apparentes ou non apparentes ;

5° Les limites des diverses natures de culture et les divisions avec les fermiers d'un même propriétaire ;

6° Les délimitations telles que murs, haies, fossés, bornes avec indication de la mitoyenneté quand elle existe ;

7° Les plantations d'arbres ;

8° Les points par lesquels les propriétés sont accessibles pour l'exploitation ; et, dans les terrains soumis à l'irrigation, l'entrée et la sortie des eaux. Ces indications doivent être faites au moyen de flèches à l'encre *noire* pour l'exploitation et à l'encre *bleue* pour l'irrigation ;

9° Les noms des cours d'eau, routes, chemins, moulins, châteaux et autres points remarquables.

Les plans sont rapportés au 1/1.000. Un trait plein noir indique les limites, les fossés sont teints en bleu, les haies en vert, et les murs en encre de Chine pâle. Les constructions sont lavées : les habitations à l'encre de Chine noire, les bâtiments d'exploitation comme les murs. L'axe du chemin de fer est indiqué par une ligne rouge pleine ; les tangentes sont prolongées jusqu'à la limite du plan par des lignes rouges à traits interrompus et l'angle indiqué en rouge. Les numéros des piquets hectométriques sont également indiqués en rouges.

Les plans sont dressés par commune. Les divisions des sections du cadastre et celles des cantons ou lieux-dits sont indiquées par des liserés jaunes d'une très faible étendue pour les cantons et d'une dimension double pour les sections. A la limite de chaque commune, on passe un liseré vert adouci. Les numéros du cadastre sont inscrits sur chaque parcelle à l'encre bleue. On indique en noir sur chaque parcelle le nom du propriétaire *inscrit à la matrice des rôles*, ainsi que la nature des cultures

par une lettre initiale (1). Dans aucun cas les noms des propriétaires réels non inscrits ne doivent figurer sur les plans parcellaires. Lorsque la division des parcelles est trop grande pour permettre l'inscription directe des noms des propriétaires sur chaque parcelle, on la remplace par un petit tableau écrit sur le plan, le plus possible au droit des parcelles ; quand plusieurs parcelles contiguës appartiennent au même propriétaire, on l'indique par une double flèche à cheval sur la limite de ces parcelles.

Les noms et lettres des sections et cantons sont aussi inscrits en noir sur le plan suivant des lignes parallèles à l'axe du chemin de fer. Les noms des communes sont inscrits suivant des lignes contournées d'après les inflexions des limites. Il en est de même des voies de communication.

Les plans sont établis sur des feuilles collées sur toile. Au point de raccordement des feuilles des diverses communes on trace dans toute la largeur du papier la ligne noire dont la position doit être parfaitement homologue sur les deux feuilles consécutives pour en assurer l'exacte juxtaposition.

Chaque parcelle atteinte par l'emprise porte un numéro spécial dit numéro parcellaire inscrit à l'encre noire dans un petit rond d'environ 0.004 de diamètre (1) (2) ; la série de ces numéros est renouvelée par commune.

On indique aussi par une teinte rose les terrains nécessaires à l'assiette du chemin de fer et de ses dépendances ; par une teinte violette, des terrains nécessaires à l'établissement des chemins modifiés ou déviés et des chemins latéraux ; par une teinte jaune les terrains auxquels peut être faite l'application de la loi du 3 mai 1844 (art. 50. Excédents).

Etats parcellaires. — Pour permettre la rédaction du tableau indicatif des propriétés à acquérir, il faut relever, en outre, dans les communes un extrait des états de sections de la matrice cadastrale pour toutes les propriétés comprises sur les plans parcellaires ainsi qu'un état parcellaire.

- 1° Les sections, lieux-dits et numéros des parcelles ;
- 2° Le nom des propriétaires inscrits à la matrice cadastrale ;
- 3° Le nom des propriétaires réels ou présumés tels ;
- 4° La contenance totale de chaque parcelle d'après le cadastre ;
- 5° La nature de la propriété ;

(1) Les lettres initiales sont généralement : T. terres, P. pré ou prairie V. vignes, B. bois. Br. broussailles. Fr. friche. Vr. Verger.

6° La classe et le revenu du cadastre, avec les bases de ce revenu :

Les autres pièces entrant dans la composition du dossier des enquêtes parcellaires ne demandent pas d'explications spéciales.

Quand on fait relever les parcellaires à la tâche, il faut avoir soin de n'admettre que des géomètres exercés et consciencieux et encore ne doit-on jamais se départir d'une surveillance constante du travail exécuté. Dans des conditions ordinaires, le prix à payer par kilomètre, y compris toute fourniture du papier, toile, etc., et tous faux frais, peut être évalué de 120 à 150 fr.

Projet d'exécution (DOSSIER E). — Pendant que les formalités qui ont été indiquées précédemment se poursuivent, on prépare au bureau le projet d'exécution des travaux.

Ce projet peut être divisé en plusieurs lots permettant de construire séparément ou simultanément, suivant les ressources budgétaires dont on dispose, les diverses parties de la ligne.

Le dossier du projet d'exécution comprend, pour chaque lot, les pièces suivantes :

- 1° Extrait de carte au $\frac{1}{80.000}$;
- 2° Plan au $\frac{1}{10.000}$;
- 3° Profil en long au $\frac{1}{5.000}$ pour les longueurs et $\frac{1}{500}$ pour les hauteurs ;
- 4° Profils en travers types au $\frac{1}{100}$ pour les longueurs et les hauteurs ;
- 5° Profils en travers principaux avec indication des sondages, au $\frac{1}{200}$ pour les longueurs et les hauteurs ;
- 6° Ouvrage d'art ;
- 7° Avant-métré ;
- 8° Bordereau des prix ;
- 9° Détail estimatif ;
- 10° Devis et Cahier des Charges ;
- 11° Procès-verbal de conférence avec les services intéressés ;
- 12° Rapport des ingénieurs ;

Ces mêmes pièces sauf les N° 3, 11 et 12 servant à constituer ensuite les dossiers d'adjudication.

Nous n'avons rien à dire des sept premières pièces qui sont la reproduction de celles qui ont été déjà fournies, sur lesquelles on a pu toutefois apporter les modifications nécessitées quand il y a lieu, par les modifications spéciales des décisions ministérielles intervenues. Pour les ouvrages d'art, notamment, on doit fournir des dessins complets d'ensemble et de détails. La pièce n° 8 « Bordereau des prix » doit être établie avec le plus grand soin sur la formule préparée à cet effet. La désignation de la nature des ouvrages doit indiquer toutes les mains-d'œuvre comprises dans les prix de manière à fixer explicitement et complètement les charges imposées à l'entrepreneur et prévenir toutes les réclamations qui pourraient se produire de ce fait. De même dans les sous-détails des prix, il importe de n'omettre aucun élément et notamment le temps employé aux diverses mains-d'œuvre et la quantité des fournitures. On doit aussi mentionner explicitement les allocations de faux-frais et bénéfices pour les entrepreneurs.

La pièce n° 10 « Devis et Cahier des Charges » doit aussi être l'objet d'une étude approfondie. La formule de devis qui a été imprimée n'est obligatoire que dans ses deux premiers chapitres ; pour les autres, l'auteur du projet est libre d'y apporter toutes les modifications ou additions qu'il peut juger utiles, surtout les conditions d'exécution des travaux qui peuvent varier suivant les régions et les circonstances.

Quand le dossier est approuvé par le Ministre, on peut alors préparer la mise en adjudication des travaux, mais comme ceux-ci ne peuvent s'exécuter que lorsqu'on dispose des terrains nécessaires. Il faut procéder au préalable à toutes les formalités d'acquisition mentionnées ci après. Mais en attendant on peut exécuter le bornage des terrains. A cet effet on établit des bornes en pierre de taille aux angles formés par les alignements successifs de l'emprise et il est nécessaire en vue de faciliter les travaux ultérieurs et notamment si les bornes repères sont assez éloignées, de faire le nivellement de quelques-unes d'entr'elles convenablement choisies.

CHAPITRE IV

TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE

§ 1^{er}. — ACQUISITION DES TERRAINS.

Les terrains peuvent être acquis soit à l'amiable, soit par voie d'expropriation en vertu de la loi du 3 mai 1841 (1).

Expropriation. — Nous avons déjà parlé des formalités préliminaires d'expropriation à propos des enquêtes parcellaires. Quand ces formalités sont terminées, l'Ingénieur en Chef demande au Préfet de prendre l'arrêté de cessibilité (Dossier F) et l'arrêté prescrivant les ouvrages à exécuter pour assurer le maintien des communications et l'écoulement des eaux.

De son côté, le Procureur de la République sur le vu des dits arrêtés requiert du Tribunal de première instance de chaque arrondissement le jugement d'expropriation des terrains et bâtiments désignés dans l'arrêté du Préfet ainsi que la désignation du Juge qui doit exercer les fonctions attribuées par la loi, au magistrat directeur du Jury chargé de fixer les indemnités. Le jugement d'expropriation, une fois rendu, est publié, et affiché dans chaque commune traversée par le chemin de fer et est, en outre, signifié à chaque propriétaire. Toutes ces formalités exigent d'assez longs délais.

Dans des cas particuliers où il y a urgence à prendre possession des terrains non bâtis, on sollicite un décret de prise de possession d'urgence (Dossier G), qui permet de disposer des terrains dès que la somme représentant leur valeur a été effectivement consignée et sans attendre ni préjuger la décision ultérieure de Jury d'expropriation.

Tous les détails relatifs à la procédure d'expropriation sont donnés

(1) Les formalités d'expropriation relatives aux voies ferrées d'intérêt local doivent être poursuivies conformément à l'article 16 de la loi du 21 mai 1836 sur les chemins vicinaux (art. 44 de la loi du 31 juillet 1913).

dans le Cours de Droit administratif professé à l'Ecole, de sorte que nous n'avons pas à y revenir ici.

Nous rappellerons seulement qu'on doit procéder aux estimations des terrains et recueillir les promesses de ventes en vue des cessions amiables (Dossier H) quand celles-ci sont possibles et, pour le cas où l'entente avec les propriétaires n'a pu se faire, préparer le dossier des offres légales (Dossier J) en vue des opérations du Jury. Quand celui-ci a fixé le montant des sommes à allouer, il n'y a plus qu'à accomplir les formalités relatives au paiement effectif des indemnités (Dossier K).

La question des acquisitions de terrains exige une grande habitude et un très grand soin. Aussi est-il d'usage de ne confier ce travail qu'à des agents très exercés, ou même, dans certaines Compagnies, à un service spécial rattaché au Contentieux. On a aussi recours quelquefois à des géomètres avec lesquels on passe un traité à forfait. Dans ces derniers cas, on peut estimer de 700 à 800 fr. par hectare la dépense à prévoir pour les acquisitions tant à l'amiable que par voie d'expropriation, cette somme comprenant tous les frais de quelque nature qu'ils soient relatifs à la procédure (préparation des arrêtés de cessibilité, cessions amiables, offres légales et paiements des indemnités).

Occupations temporaires. — Il est bon de rappeler ici que l'on ne doit jamais, pour hâter la prise de possession des terrains, solliciter des Préets des arrêtés d'occupation temporaire (Dossier L), ceux-ci ne devant être requis que pour les occupations momentanées du sol des carrières ballastières ou lieu de dépôt qui doivent faire ultérieurement retour aux propriétaires et qui donnent lieu au paiement d'indemnités de dépréciation.

Il convient aussi de se garder d'accorder aux propriétaires, en vue de faire réduire le prix d'acquisition, des concessions de passages à niveau qui créent une sujétion des plus coûteuses à l'exploitation. Il vaut mieux forcer le chiffre de l'indemnité pour tenir compte aux propriétaires du préjudice causé par le morcellement des parcelles, l'allongement ou la privation de desserte, etc...

Dès que les terrains sont acquis on trace sur le terrain en se guidant sur les bornes déjà posées des rigoles indiquant les limites d'emprise à la largeur et à la profondeur d'un fer de bêche, de manière à bien marquer à l'entrepreneur la surface dont il peut disposer. C'est alors que les travaux peuvent être mis en adjudication.

§ 2. — DOSSIER D'ADJUDICATION.

On divise ordinairement les entreprises en lots distincts, soit pour séparer les travaux d'*in rastructure* en sections de longueur variable suivant leur importance, soit pour grouper ensemble les travaux spéciaux tels que les tabliers métalliques des ouvrages d'art, les canalisations d'eau ou de gaz, etc... D'autre part les travaux de *superstructure* peuvent aussi être divisés en ballastage et pose de voie d'une part et en travaux de bâtiments et accessoires d'autre part.

Les dossiers d'adjudication doivent contenir toutes les pièces nécessaires pour renseigner l'entrepreneur sur la nature et l'importance des travaux, ainsi que sur les obligations spéciales qui peuvent lui être imposées. Ces pièces sont prises dans le dossier d'exécution (*Dossier E*) et sont complétées par les suivantes :

Modèle de soumission à remplir par l'Entrepreneur ;

Bordereau constatant le taux normal et courant des salaires, ainsi que la durée normale et courante de la journée de travail (Art. 3 du Décret du 10 août 1899).

L'adjudication peut être faite au rabais sur série de prix ou en demandant aux entrepreneurs d'établir eux-mêmes leurs prix pour chaque nature d'ouvrage.

Pour éviter toute difficulté avec l'Entrepreneur, il importe de ne mettre les travaux en adjudication que lorsqu'on dispose des terrains nécessaires.

§ 3. — TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE

Généralités — On appelle infrastructure la constitution de la plateforme du chemin de fer située au-dessous du ballast et de la voie, et comprenant les terrassements, les ouvrages d'art et les installations nécessaires à l'entretien et à la surveillance de la ligne, telles que les maisons de garde et les clôtures.

Les travaux d'infrastructure ne présente rien de bien spécial compare aux travaux nécessités par la construction d'une route neuve. Il serait donc superflu de répéter ici ce qui a été dit dans le Cours de Routes et chemins vicinaux ou dans celui de la pratique des travaux auxquels nous ne pouvons que nous référer, ainsi qu'aux indications générales déjà données précédemment.

Seule la construction des maisons de garde peut présenter quelques particularités sur lesquelles nous dirons un mot.

Maisons de garde. — On est arrivé aujourd'hui à adopter en France, pour les maisons de garde, un type à peu près uniforme qui ne varie d'un réseau à l'autre que par des détails de peu d'importance.

On admet qu'une maison de garde peut avoir de 7^m,50 à 8 mètres de longueur sur 5 mètres à 5^m,50 de largeur hors-d'œuvre avec hauteur de faitage au-dessus du sol de 6^m,50 environ.

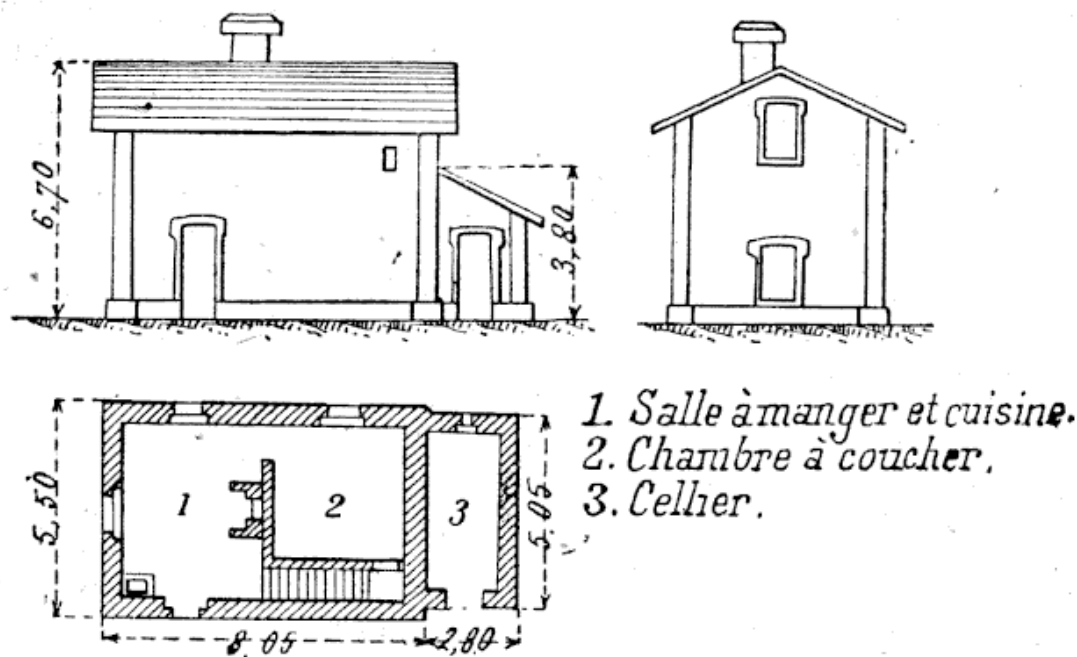


FIG. 64.

Elle se compose généralement d'un rez-de-chaussée comprenant deux ou trois pièces et d'un étage contenant une mansarde et un grenier qu'on peut au besoin transformer en deuxième mansarde. L'habitation se compose ainsi d'une pièce commune et de deux ou trois chambres; on doit toujours s'efforcer d'atteindre ce dernier chiffre.

En outre, un appentis est appuyé contre le pignon d'arrière dans toute la largeur de la maison.

La pièce du rez-de-chaussée placée du côté de la voie sert à la fois de cuisine et de pièce de service; la garde barrière y a son outillage de sécurité (drapeaux, pétards, lanternes, cadenas, etc...) pour lesquels on installe des planchettes et des crochets de suspension. La porte doit donner du côté du chemin et non sur la voie pour éviter que la garde-barrière, surprise par l'arrivée d'un train, ne sorte précipitamment sur la voie et ne se fasse écraser. Quand la maison de garde est en remblai on l'établit sur un soubassement surélevé qu'on aménage en cave et on supprime alors l'appentis. De même, quand on se trouve dans des terrains bas et humides, on surélève de quelques marches le sol du rez-de-chaussée sous

lequel on laisse un vide suffisant et des ouvertures rudimentaires permettant la libre circulation de l'air.

Les maisons de garde sont complétées par un puits et dans la plupart des cas, par des cabinets d'aisances établis dans le jardin, et souvent par un petit bâtiment annexe à usage de buanderie, étable et four à cuire le pain.

Les puits sont du type ordinaire avec appareil de puisage. Ils sont quelquefois fondés sur rouet quand la nature du terrain l'exige. Exceptionnellement, quand l'eau manque, on les remplace par une citerne avec filtre sommaire (1). Quant aux cabinets d'aisances on peut les disposer en plein champ comme l'indique le croquis ci contre ; il suffit d'une sorte de guérite en briques sans fosse avec un simple baquet servant de tinette. L'établissement de fosses serait inutilement coûteux et leur vidange serait difficile.

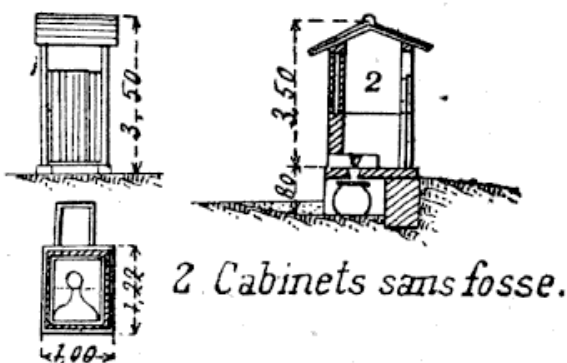


FIG. 65.

Une maison de garde coûte de 5.000 à 6.000 francs.

Un puits de 6^m,00 de profondeur et de 0^m,80 de diamètre intérieur coûte environ 500 fr. avec un appareil de puisage. Chaque mètre de profondeur en plus peut s'évaluer à environ 30 francs.

Les cabinets d'aisances sans fosse reviennent à environ 250 fr.

Il faut, en outre, assurer l'écoulement des eaux aux abords des passages à niveau à l'aide de dallots ou de buses et on dépense en moyenne de ce fait une somme de 150 à 200 fr,

La fourniture et la pose des barrières coûtent de 600 à 1.000 fr.

Enfin, la pose des contre-rails et l'empierrement de la chaussée à la traversée du chemin de fer reviennent à environ 500 fr.

(1) L'eau des puits et citernes doit être potable. D'après le Conseil d'hygiène une eau n'est potable que lorsque les maxima ci-après ne sont pas atteints, en soumettant à l'analyse 5 litre d'eau :

Degré hydrométrique	40°	Sels de magnésium	0 ^e 1200
Matières organiques exprimées		Chlorure de sodium	0 1170
en acide oxalique	0 ^e 0252	Nitrates	0 absolu.
Carbonate de calcium	0 2500	Résidu fixe par litre	0 500
Sulfate de calcium	0 0850		

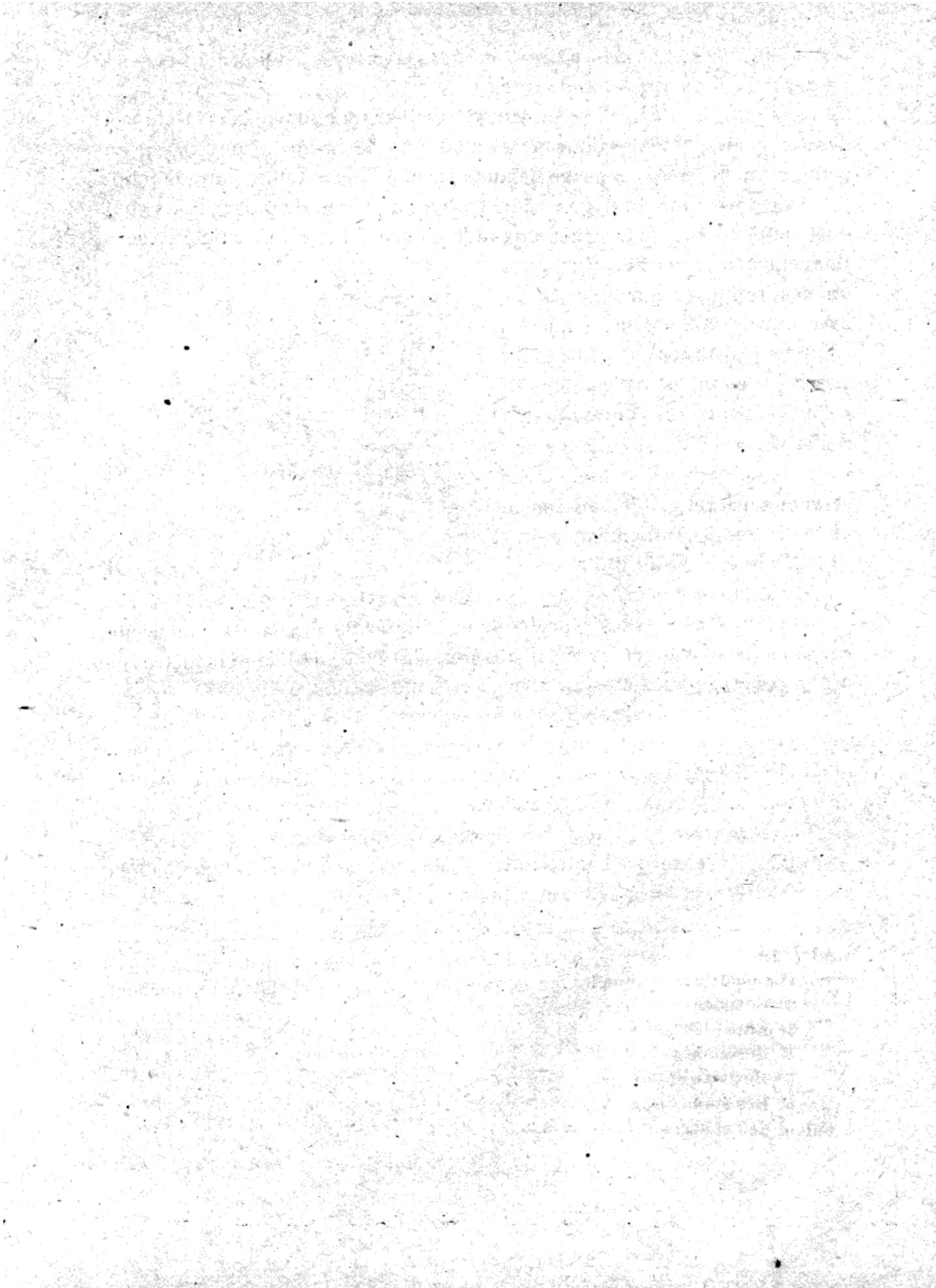


TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
Études.	5

CHAPITRE I^{er}. — Généralités.

§ 1^{er}. — EVALUATION DU TRAFIC PROBABLE

A) Lignes d'intérêt général.

Trafic en général	8
Trafic local :	9
Trafic de grande vitesse	9
Trafic de petite vitesse	11
Trafic de transit	12

B) Ligne d'intérêt local.

. Évaluation du trafic	13
----------------------------------	----

§ 2. — CONDITIONS GÉNÉRALES D'ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE

Lignes à voie normale.	15
Lignes à voie étroite	15

§ 3. — NOTIONS SUR LA TRACTION DES TRAINS

A) Traction à vapeur.

Adhérence :	16
1° Constitution du matériel roulant	18
2° Résistance propre des locomotives.	21
3° Effort de traction des machines.	21
4° Résistance au roulement du train seul	22
5° Résistance due aux courbes.	23
6° Résistance due aux déclivités	23
Calcul des charges remorquées	23

<i>B) Traction électrique.</i>	26
--------------------------------	----

CHAPITRE II. — Préparation de l'avant-projet.

A) Chemins de fer d'Intérêt général.

§ 1^{er}. — PRESCRIPTIONS RÉGLEMENTAIRES.

§ 2. — CONSTITUTION DU DOSSIER D'AVANT-PROJET.

Carte d'Etat-Major au 1/80.000	29
Carte au 1/40.000	31
Plan au 1/10.000	34
Profil en long au 1/10.000	36
Profils en travers au $\frac{1}{100}$	37
Profils en travers spéciaux	40
Devis descriptif.	40
Estimation sommaire des dépenses :	
Terrains.	41
Terrassements	41
Ouvrages d'art ordinaires et passages à niveau	42
Ouvrages d'art exceptionnels. Grands ponts, viaducs, souterrains	45
Voie	49
Appareils de voie et signaux	49
Stations	50
Clôtures	51
Matériel roulant	53
Procès-verbal de Conférence.	53
Rapport des Ingénieurs	54

§ 3. — ENQUÊTE D'UTILITÉ PUBLIQUE. 55

B) Voies ferrées d'Intérêt local.

§ 1^{er}. — PRESCRIPTIONS RÉGLEMENTAIRES.

Généralités	56
Subventions	57

§ 2. — CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.

Cahier des charges type	58
Largeur de la voie	58
Gabarit du matériel roulant	58
Entrevoies	58
Alignements courbes et déclivités	58
Voie sur chaussée	59
Rails noyés	59
Zones franches	59

Accotements	60
Voies sur accotement	60
Traversée des lieux habités	60
Voie en déviation	61
Souterrains	61
Profils en travers types	62
Passages inférieurs	62
Passages supérieurs	64
Passages à niveau	67
Clôtures	67
Aménagement des stations	68
Prises d'eau	70
Arrêts	71
Stations terminales	71
Ateliers	71
Bureaux	72
Gares communes	72
Matériel de voie	72

**CHAPITRE III. — Etudes définitives.
Lignes d'Intérêt général.**

§ 1^{er}. — ÉTUDE DU TRACÉ.

Levé du plan coté	73
Report du tracé sur le plan	74
Traversée des faîtes	74
Traversée des vallées	74
Traversée des routes et chemins :	75
Passages à niveau	76
Passages supérieurs et inférieurs	78
Traversée des cours d'eau	83
Emplacement des stations	84
Etablissement des voies principales des gares	85
Entrée des gares	91
Bifurcations doubles, triples, etc.	93
Dispositions des voies accessoires et des bâtiments	93
Gares de bifurcation	98
Gares terminales	99
Gares de triage	100
Prises d'eau :	
Qualités de l'eau	102
Hydrotimètre	102
Épuration des eaux	103
Captation de l'eau	104
Distribution de l'eau	105

§ 2. — REPORT DU TRACÉ SUR LE TERRAIN.

Balisage	105
Jalonnage.	106
Piquetage.	106
Chainage	107
Nivellement	107
Sondages	108



§ 3. — PROJET D'EXÉCUTION.

Présentation du projet de tracé et de terrassements	108
Constitution du dossier	109
Formalités pour la désignation des territoires traversés	110
Enquêtes sur le nombre et l'emplacement des stations.	110
Enquêtes parcellaires :	
Plan parcellaire	112
Etats parcellaires	114
Projet d'exécution	115

CHAPITRE IV. — Travaux d'infrastructure.

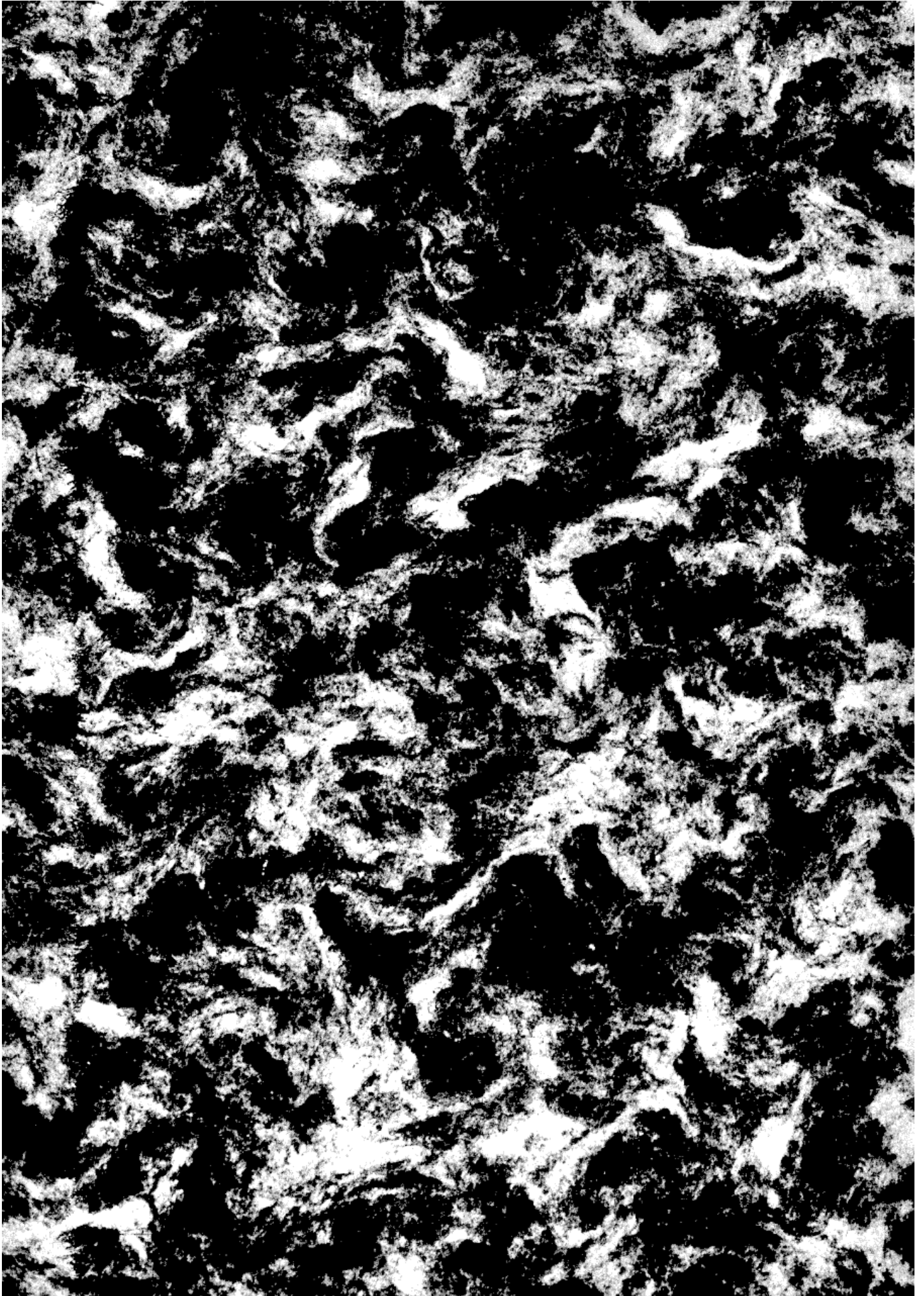
§ 1^{er}. — ACQUISITION DES TERRAINS.

Expropriation	117
Occupations temporaires	118

§ 2. — DOSSIER D'ADJUDICATION.

§ 3. — TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE.

Généralités	119
Maisons de garde	120



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

