



Photo Le Ray.

Gabon. — Construction d'un pont. Il semble que la distance entre le pont et la première courbe ne permette pas une visibilité suffisante lorsqu'un grumier aborde l'ouvrage.

LE TRACÉ DES ROUTES D'EXPLOITATION FORESTIÈRE

J. LE RAY.

*Chef de la Division des Exploitations
du Centre Technique Forestier Tropical.*

THE LAY-OUT OF LUMBERING ROADS

The author calls back to mind the original features of logging roads and makes it clear that lay-out studies presuppose a preliminary study. No lay-out may be proposed without a systematic and progressively detailed study of the ground by a competent person. The method described for laying out a road entails five successive steps :

- General scrutiny of documents,
- Setting up of various provisional lay-out,
- Special ground scouting,
- Selection of definitive lay-out,
- Reproduction upon the ground of the selected lay-out.

EL TRAZADO DE LAS CARRETERAS DE EXPLOTACION FORESTAL

El autor recuerda las características particulares de las carreteras de explotación forestal y precisa que todo estudio de trazado supone una investigación previa. Ningún trazado puede ser propuesto sin que se efectúe un estudio metódico y progresivamente detallado del terreno por una persona capacitada. El método expuesto supone cinco fases sucesivas del estudio de trazado :

- Examen de conjunto de los documentos,
- Establecimiento de los trazados provisionales,
- Exploraciones particulares,
- Elección del trazado definitivo,
- Replanteo del trazado elegido sobre el terreno.

En zone de grande forêt tropicale la construction des routes d'évacuation constitue l'une des tâches les plus importantes que les exploitants doivent mener à bien pour transporter les bois aux points de vente ou d'utilisation. Les méthodes et procédés employés pour la construction des routes publiques ne sauraient être utilisés tels quels sans les adapter. Contrairement aux routes publiques, les routes d'exploitation forestière subissent un trafic spécialisé, lourd, mais peu intense et temporaire. Toute étude de tracé ne peut mettre en œuvre que des moyens limités et souvent dans un délai très court. Nous nous efforcerons, après avoir rappelé ici les caractéristiques des routes forestières, d'exposer une méthode de tracé répondant à ces conditions particulières.

Toute chaussée est définie par le tracé de son axe en plan et en profil en long et par ses profils en travers : ces caractéristiques sont le plus souvent le résultat d'un compromis entre les conditions imposées par la nature et l'importance du trafic envisagé.

Le trafic forestier en dehors de quelques voitures de liaison et de tourisme comprend essentiellement des véhicules de transport de grumes longs et lourds. Un grumier de 150 ch. modèle courant avec semi-remorque forestière peut constituer un ensemble d'une longueur de 15 mètres entre essieux extrêmes et d'un encombrement hors tout de 20 mètres de long environ. Un poids total roulant en charge de 30 tonnes correspond à des types de véhicules devenus fréquents dans les exploitations forestières. Ces véhicules doivent pouvoir s'inscrire

dans les courbes et gravir les déclivités en conservant une vitesse normale.

Le nombre des passages en un point donné de la route principale desservant un chantier n'atteint guère quelques dizaines, moins de 20, véhicules par jour sauf cas exceptionnels ; la circulation reste donc toujours telle que les mouvements des véhicules sont indépendants les uns des autres ; aucun problème de débit de circulation n'est à envisager. Nous n'aurons pas à examiner l'incidence de la largeur de la route ; il suffira au moment même de la construction de réserver quelques élargissements pour permettre les croisements avec priorité donnée au véhicule grumier en charge. De même la forme du profil en travers dépend surtout des conditions de drainage et a pour but de diminuer l'influence destructrice de l'eau (ruissellement et imbibition, remontées capillaires).

Pour ces raisons, notre examen sera limité au tracé en plan et au profil en long.

Nous étudierons successivement :

— Justification d'une étude de tracé. Principe à suivre,

— Rôle des routes forestières,

— Composition d'un réseau routier d'exploitation.

Puis les cinq phases que comportent les études de tracé soit :

— Examen d'ensemble des documents,

— Etablissement du ou des tracés provisoires,

— Reconnaissances particulières sur le terrain,

— Détermination du tracé définitif,

— Implantation et piquetage du tracé définitif.

1° L'ÉTUDE DE TRACÉ. JUSTIFICATION

On entend souvent dire que la construction des routes coûte déjà trop cher pour qu'on puisse se permettre de passer un temps par ailleurs précieux à en étudier le tracé. Il suffit d'évaluer le coût de cette étude et de comparer cette dépense aux dépenses de construction pour s'apercevoir que le montant des économies à attendre de cette étude grâce à une diminution de longueur totale à construire et à une réduction des mouvements de terre, est tel que toute dépense d'étude correspond à un excellent placement.

Pour préciser cette observation, nous supposons que le surcroît de travail d'étude équivaut à parcourir 4 à 6 fois le tronçon de route étudié. La cadence est de 3 à 6 km couverts par jour avec un groupe composé du chef de chantier, d'un contre-maître boussolier et d'une équipe d'une dizaine de manœuvres. Cette équipe coûte environ 7 000 à 8 000 fr par jour ouvrable, ce qui correspond approximativement à une dépense de 8 à 10.000 fr C. F. A. au kilomètre. Une bonne route forestière ne semble pas, suivant les conditions locales très variables d'ailleurs, coûter plus de 250.000 à

300.000 fr. le km. Une étude préalable de tracé, conduite selon les principes ci-après, correspondrait à une dépense de l'ordre de 2 à 3 % du prix de revient total. Notons qu'on admet souvent aux Etats-Unis, pour des routes forestières, un coût des études de 5 % du prix de revient total.

Au regard de cette dépense qui correspond, par kilomètre de route à environ deux à trois heures de travail de tracteur du type « D. 7 », que représentent les milliers de mètres cubes de terrassements que l'on peut économiser ? Sans compter les autres avantages indirects mais tangibles que procure une route bien tracée, les pentes sont adaptées aux véhicules, les virages n'obligent plus à ralentir exagérément, les camions-grumiers peuvent être utilisés à pleine charge, à vitesse normale et sans fatigue excessive. Faute d'une étude préalable, le risque peut-il être pris d'aboutir à un obstacle imprévu difficile à franchir ? Lorsqu'un forestier, pour contourner un versant abrupt ou pour traverser une zone marécageuse étendue, se voit contraint d'exécuter des travaux longs et coûteux, il ne peut plus éluder l'intérêt d'une étude de tracé

préalable à l'ouverture des travaux. Ces travaux sont suffisamment coûteux en économie forestière pour que le réseau de routes projeté soit tel qu'il desserve la totalité de la zone à exploiter tout en ayant un développement minimum.

Principe. — Une étude de tracé a pour but d'obtenir entre les différents points à relier la route la plus économique, compte tenu du trafic qu'elle est destinée à assurer, des difficultés du terrain qu'elle doit traverser et des dépenses de construction que peut envisager le constructeur.

Selon une pratique assez courante, on croit qu'un tracé se détermine uniquement lors d'une reconnaissance sur le terrain. Nous pensons que cette façon de procéder constitue une erreur, bien qu'à première vue elle paraisse la plus simple et la plus rapide. C'est bien sur le terrain que l'incidence des différentes données locales : nature du sol, obstacle à éviter, peut et doit être appréciée. Cependant celui qui se déplace à pied en forêt met quelquefois assez longtemps pour obtenir une vue d'ensemble des servitudes auxquelles doit satisfaire la route (peuplements à desservir, points de passage obligé tels que : cols, ponts, etc..., zones à éviter telles que : marais, rochers, falaises). C'est seulement au calme et à l'aise, devant une carte ou un croquis général, que les éléments de décision peuvent être pesés dans leur ensemble. C'est au campement que l'on peut examiner tout à loisir les éléments successifs recueillis au cours des reconnaissances qui détermineront le choix du tracé. En forêt, on ne saurait avoir une bonne vue d'ensemble qui permette d'apprécier l'importance relative des difficultés à surmonter tout au long des sections successives du tracé.

Un principe fondamental préside donc à toute étude : les grandes lignes d'un tracé se déterminent à l'avance par une méthode d'approximations successives sur des cartes, plans ou croquis d'échelle croissante établis à la suite de reconnaissances effectuées à pied sur le terrain.

Ainsi apparaissent deux aspects essentiels qu'il faut souligner dans les études de routes :

— Rien ne remplace l'étude **méthodique** et progressivement détaillée de la zone de terrain finalement sélectionnée. Cette étude con-

duit à parcourir à pied plusieurs fois dans les deux sens la zone de passage choisie pour y vérifier et compléter les renseignements recueillis au cours des reconnaissances antérieures. Ces renseignements seront mis à profit lors des études au bureau, périodes d'étude et de réflexion alternant avec les reconnaissances en forêt.

— La détermination du tracé et les diverses reconnaissances d'ensemble ne peuvent être exécutées que **par une personne dûment qualifiée** (chef de chantier ou ingénieur) et ayant la pratique de l'exploitation forestière. Le rôle d'un topographe, qui ne serait que topographe, est de lever des plans, de piqueter un tracé, d'étudier un cheminement d'une pente donnée, opérations délicates certes, mais plus ou moins mécaniques, et non pas de choisir un tracé. Ce choix, après les reconnaissances préalables, requiert toute l'expérience du chef de chantier ou d'un ingénieur. Il est le résultat d'un compromis entre les formes du terrain à parcourir et la route qu'il envisage d'établir et d'exploiter.

Ce sont précisément les qualités de jugement et d'expérience qui ont une influence majeure sur le choix du meilleur tracé, de celui qui conduit aux moindres terrassements tout en permettant la construction d'une chaussée dont les caractéristiques ont été fixées d'avance. Il est illusoire de penser que la « recherche d'un passage » s'effectue uniquement sur le terrain. Le travail d'étude et la reconnais-



Côte d'Ivoire. — Le tracé en ligne droite a obligé le constructeur à conserver une pente excessive ce qui favorise l'érosion.

Photo Allouard.

sance à pied sur le terrain se complètent. En effet, toute vue d'ensemble et toute décision ne peuvent être obtenues qu'au campement dans des conditions telles que l'on y dispose facilement du plus grand nombre possible de renseignements de tous ordres. Par contre, les renseignements de base qui serviront à éclairer le choix ultérieur ne peuvent être recueillis que sur le terrain. S'obstiner à vouloir limiter sa recherche au seul terrain n'aboutit qu'à parcourir de façon désordonnée une grande surface au prix d'efforts prolongés sans apporter autre chose en définitive que quelques renseignements plus ou moins bien reliés les uns aux autres.

La méthode proposée comporte les cinq phases suivantes :

1° La recherche des renseignements d'ordre général par l'étude de cartes existantes, par des

reconnaisances aériennes et par l'examen de photographies aériennes.

2° L'établissement de tracés provisoires à la lumière des renseignements rassemblés.

3° Des reconnaissances de détail poursuivies sur le terrain en fonction des hypothèses du tracé provisoire.

4° La détermination du tracé définitif pour rectifier le tracé provisoire en fonction des renseignements recueillis au cours des reconnaissances.

5° En dernier lieu l'implantation et le piquetage du tracé choisi en fonction des accidents de détail rencontrés sur le terrain.

Nous sommes persuadés qu'un tel effort systématique n'immobilise pas le chef de chantier plus longtemps que ne le permettent ses obligations habituelles.

2° ROLE DES ROUTES FORESTIÈRES

Nous avons avancé plus haut que les routes forestières répondaient à des besoins très définis, aussi devons-nous, avant de proposer la méthode de tracé, définir les caractères originaux dus au rôle des routes forestières. Ces caractères sont au nombre de 3 : trafic réduit, trafic à sens privilégié, trafic de ramassage.

En premier lieu, une route forestière ne subit en général qu'un trafic relativement réduit, limité à l'évacuation des produits forestiers et aux activités annexes. Les transports que demandent cette évacuation peuvent être temporaires dans le cas de forêts non aménagées comme le sont encore la plupart des forêts tropicales, ou saisonniers dans le cas des forêts aménagées. Le forestier, qu'il soit gérant de la forêt ou exploitant forestier, se doit d'amortir le coût de la construction sur le volume de bois récolté dans la zone desservie ; ce volume est toujours limité par la possibilité forestière ou par les impératifs commerciaux du moment. Cette utilisation restreinte impose que tous les travaux d'étude et de construction des routes forestières soient poursuivis dans un souci permanent d'économie relative. Lorsqu'il s'agit d'une route d'intérêt général, au contraire, les dépenses de construction peuvent être très lourdes car elles seront amorties de longues années durant, sur un nombre très élevé de tonnes-kilométriques.

En second lieu, les transports s'effectuent, en quasi-totalité, dans un sens unique : celui de l'évacuation des bois de la forêt vers les lieux d'utilisation ou de redistribution ; les routes d'intérêt général au contraire sont conçues et construites pour assurer un trafic à peu près identique dans les deux sens. L'évacuation des bois tend à les diriger vers les points de rupture de charge ou des usines. Les points de rupture de charge sont situés soit au voisinage d'un embarcadère, d'une voie d'eau

(rivière, fleuve ou lagune) soit au voisinage d'un carrefour, sur une route publique à plus grand trafic ou d'une gare, sur une voie ferrée publique. Les usines utilisant les bois (scierie notamment) sont aussi des points vers lesquels les bois doivent converger. Aussi le profil en long d'une route forestière comme d'une voie ferrée forestière, d'ailleurs, ne peut-il et ne doit-il pas avoir les mêmes caractéristiques dans les deux sens ? Les véhicules revenant à vide vers la forêt peuvent accepter des déclivités supérieures à celles qu'ils gravissent lorsqu'ils circulent chargés.

En troisième lieu, tandis qu'une route publique relie des centres économiques permanents d'où partent et où arrivent des tonnages groupés à l'avance, une route forestière conserve toujours un rôle de ramassage des bois produits et récoltés sur toute la surface boisée. Une route forestière est toujours dans une large mesure une route de desserte destinée à s'approcher le plus près possible des parcelles exploitées pour réduire la longueur du débardage. Dans la mesure où un trajet plus court ne peut être réalisé qu'au prix de dépenses de construction plus élevées, il doit être écarté au profit d'un tracé plus long mais moins onéreux.

Ces fonctions différentes entre routes d'intérêt général et routes forestières montrent que l'on ne saurait utiliser sans les adapter les méthodes qui sont habituellement suivies par les entreprises de travaux publics. On verra plus loin (1) que les déclivités maxima qui peuvent être acceptées sont assez faibles pour tenir compte de l'érosion. Qu'il suffise d'avancer dès maintenant que les déclivités maxima en charge ne devraient pas dépasser 6 % en terrain très accidenté ; les déclivités à vide ne pourront atteindre 12 % que très ex-

(1) Cf. pages 32 et suivantes, les règles relatives au tracé.

ceptionnellement. Les rayons minimum pourront s'abaisser jusqu'à 40 m en terrain très accidenté et 100 m en terrain peu accidenté.

3° LE RÉSEAU ROUTIER D'EXPLOITATION

Si les méthodes de tracé à employer varient suivant le terrain, elles dépendent aussi du type et des caractéristiques des routes que l'exploitant forestier désire construire. Examinons la consistance du réseau routier desservant une forêt à aménager ou, ce qui revient au même objet, une concession forestière en cours d'exploitation.

Le but recherché est d'acheminer tous les bois à exploiter de la souche jusqu'à un même point. La route doit, soit déboucher sur une route administrative, soit atteindre une gare, soit encore aboutir à une voie d'eau. Le réseau est ainsi constitué par des routes qui se ramifient en épis successifs depuis le point d'aboutissement sur la voie publique jusqu'à chaque groupe d'arbres, ou chaque point de chargement des camions routiers. Chacun des types de tronçon supporte par conséquent un trafic d'une importance différente qui croît à mesure que l'on s'éloigne des lieux d'abattage pour se rapprocher de la route publique, de la voie ferrée ou d'une voie d'eau.

Essayons de préciser le rôle de chaque tronçon de route d'après le volume de bois transitant en ce point et d'après la durée de service. Nous supposons, pour simplifier, que la forêt à exploiter et le terrain peuvent être considérés comme homogènes. Si l'état du marché des bois permet d'exploiter en moyenne 5 m³ à l'hectare et si la distance maxima de débardage est de 1 km, chaque point de la route recevra les bois situés à 1.000 m de part et d'autre ; ainsi chaque tronçon de 1 kilomètre de route desservira une parcelle de 200 ha d'où on exploitera 5 × 200 soit 1.000 m³. Le volume transitant sur chaque tronçon s'accroît de 1.000 m³ chaque fois que la route s'avance de 1 km. En d'autres termes, sur une section donnée de un kilomètre, on fera circuler autant de fois 1.000 m³ qu'il y a ou qu'il y aura de kilomètres de route situés en amont. La durée du roulage peut alors varier en chaque point dans de larges limites allant de quelques semaines au parc de chargement le plus éloigné à plusieurs mois au bout de quelques kilomètres. A chaque confluent de routes, le trafic fores-



Photo Le Ray.

Gabon. - Route principale en construction. Noter que le tracé est légèrement sinueux pour rester dans le meilleur terrain possible. Les courbes à grand rayon ne présentent aucun inconvénient alors que la création d'une ligne droite aurait entraîné des remblais non négligeables.

tier s'accroît de tout l'apport venant par la voie confluyente.

Ces indications font apparaître que chaque tronçon de routes a un rôle différent et subit un roulage dont l'importance est liée à son emplacement relatif ; cette constatation est un fait d'expérience élémentaire, mais nous avons simplement voulu souligner par là que si, les routes d'exploitation forestière peuvent être établies sommairement à leur extrémité, il est absolument indispensable d'en étudier le tracé et la construction dès qu'elles sont destinées à servir pendant plusieurs mois.

Selon M. ROTHÉ et M. ALLOUARD (1), on peut classer les routes d'exploitation forestière en trois catégories : routes principales, routes secondaires et routes d'accès (fig. 1).

La route principale dessert tout un permis ou groupe de chantiers dont elle draine les bois jus-

(1) Cf. P. ROTHÉ : « Les éléments du prix de revient des bois d'exportation de la Côte d'Ivoire » dans Bois et Forêts des Tropiques, n° 27, p. 27 à 38. P. ALLOUARD : « La Route Forestière en Pays tropical » dans B. F. T., n° 33, p. 15 à 36 et n° 34, p. 29 à 44.

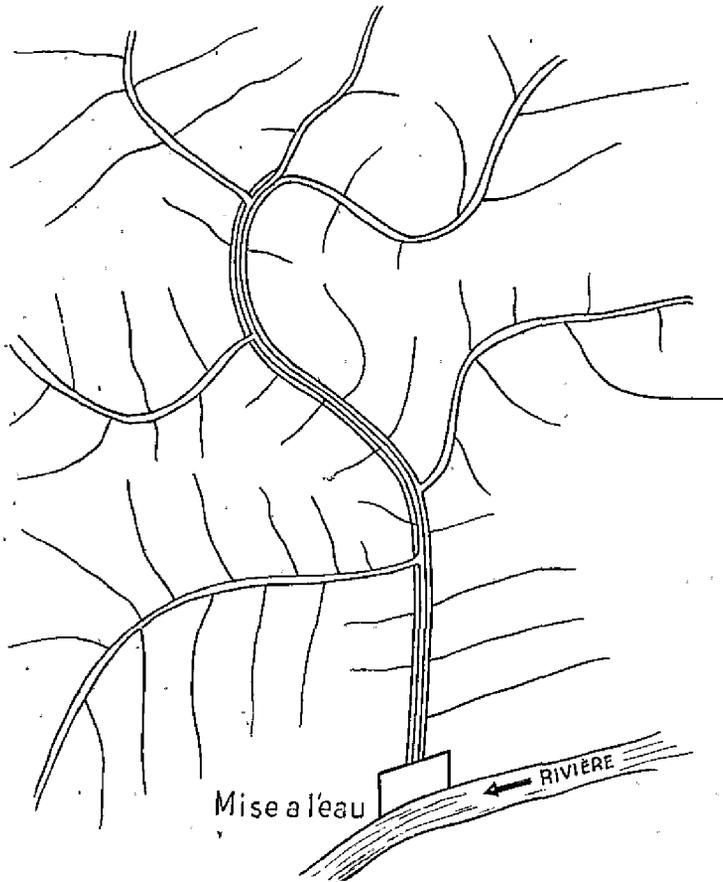


FIG. 1. — Schéma d'un réseau de routes forestières aboutissant à une rivière permettant flottage et chalandage. La largeur du trait indique le rôle de la route.

qu'au point de rupture de charge sur la voie publique. Toute l'activité de l'exploitant s'organise en fonction de cette route qui constitue l'épine dorsale de la concession ; cette voie doit évacuer une production totale dont le volume peut varier de quelques dizaines à plusieurs centaines de milliers de mètres cubes de bois. Elle doit rester en bon état pendant plusieurs années parfois même une vingtaine et être praticable en permanence tout au long de l'année, saison des pluies comprise. La longueur de cette route est essentiellement fonction de la situation géographique et de l'importance des chantiers forestiers : elle peut atteindre progressivement 50 km et plus. C'est évidemment pour cette dorsale que se pose de la façon la plus délicate et la plus complète le problème du tracé. Il arrive souvent que cette route soit par la suite incorporée au réseau public général. Cette voie principale doit pratiquement être étudiée dans son ensemble

Les phases successives d'une étude de tracé

La recherche d'un tracé de route, comme nous l'avons précisé plus haut, comporte une suite méthodique d'opérations progressivement détail-

avant le commencement de l'abattage.

Sur elle, viennent déboucher les routes secondaires donnant accès au chantier en cours d'exploitation dont le rôle consiste à évacuer le volume exploité au cours d'une ou deux campagnes seulement ; leur durée de service, en ce qui concerne le transport des grumes, correspond en général à plusieurs mois, deux ans au plus. Les routes secondaires peuvent conserver exceptionnellement une activité pour la circulation générale de l'exploitation (transport de matériaux, besoins de campements...). On peut compter, suivant leur écartement, sur une longueur de routes secondaires allant de 2,5 à 3 km par 1.000 ha lorsqu'il y a des routes d'accès et jusqu'à 5 à 6 km lorsqu'il n'y a pas de routes d'accès. Ne devrait-on pas disposer d'au moins une route secondaire d'avance au début de chaque campagne d'activité, pour que la partie extérieure du sol puisse se tasser pendant une saison de pluies au minimum.

Les routes ou pistes d'accès permettent aux camions-grumiers quittant les routes secondaires d'atteindre les parcs de chargement des camions. Ces tronçons ont une longueur toujours faible variant de quelques centaines de mètres à moins d'un kilomètre. Il arrive souvent que les différents parcs soient directement installés le long de la route secondaire. Si l'on épuise la zone desservie par le parc de chargement en une seule fois, la piste d'accès n'est utilisée que pendant quelques semaines (une à trois) au plus. Sur un chantier donné leur densité peut varier de 1 à 5 km par 1.000 ha exploités. Nous verrons que ces pistes sont facilement tracées à l'aide du seul climètre.

En résumé, le réseau routier dont la longueur varie suivant le volume de bois exploitable, le terrain et la distance maximum admise pour le débarquement, assume un rôle très différent selon les catégories de routes. Le problème d'un tracé rationnel se pose essentiellement pour la route principale dont la direction générale, au moins doit être fixée au moment même de l'installation, avant toute exploitation. En effet, toute erreur risque en entravant le programme fixé de peser sérieusement sur les prix de revient. Mais les routes secondaires doivent également être établies judicieusement à la suite d'une étude s'inspirant des mêmes principes que la route principale.

lées. C'est pourquoi, aux fins de l'exposé, on peut distinguer cinq stades ou phases successives. Dans la réalité certaines de ces phases se trouvent étroit-

tement imbriquées voire même simultanées en raison de l'expérience et des qualités de l'agent chargé de cette étude. Mais chacune de ces phases correspond à un stade réel d'avancement des travaux d'étude.

PHASE I. — EXAMEN D'ENSEMBLE DES DOCUMENTS

Nous examinerons successivement comment étudier la direction générale du tracé puis résoudre le problème général du tracé entre deux points.

LA PREMIÈRE PHASE de l'étude consiste à dégrossir la direction générale du tracé. Ce travail doit utiliser tous les documents cartographiques disponibles sur la région.

Cartes générales. — Une démarche préalable consiste à s'informer des documents existants : cartes locales et cartes publiées par l'Institut Géographique National. Malheureusement, en Afrique notamment, ces cartes sont trop souvent encore sommaires et à trop petite échelle ; on ne peut guère disposer que de cartes au 1/200.000^e (1 cm pour 2 km) dont la précision est d'ailleurs assez variable suivant l'époque à laquelle elles ont été établies. Sur les cartes d'Afrique occidentale française on trouve outre quelques points cotés un tracé approximatif de quelques courbes de niveau (de 50 m en 50 m). Seul, le cours de certaines rivières importantes est figuré avec quelque exactitude.

Les croquis provisoires d'Afrique équatoriale française et du Cameroun, au 1/200.000^e, bien qu'établis après la guerre 1939-1945 sont assez peu précis en raison des renseignements de sources différentes qu'ils ont utilisés.

En dépit de leurs imperfections, les cartes peuvent au début apporter parfois une aide non négligeable ; on y trouve quelques renseignements qu'il sera assez facile de contrôler ; les lignes de crête, les rivières principales, les chutes ou rapides sur les rivières importantes. En fait, ces cartes diverses ne sont utiles que pour une exploration à petite échelle, mais pour une concession d'étendue moyenne (10 000 ha) on retirera très peu de renseignements de ces cartes ou croquis au 1/200.000^e en dehors de l'emplacement des rivières très larges ou de lignes de crête dont le franchissement pose un problème ardu.

Reconnaissance aérienne. — Aussi aura-t-on toujours avantage à effectuer des reconnaissances aériennes à vue sur toute la zone à parcourir. On n'hésitera pas à envisager plusieurs directions générales assez éloignées les unes des autres. Si l'on dispose d'une carte même imprécise à petite échelle (1/200.000^e) on devra toujours y repérer à l'avance les vols prévus. Lorsque ces vols rencontrent des

points de repère remarquables : rivières, confluent, savanes isolées, il est indispensable de noter les distances en temps de vol ce qui permet de renseigner ces croquis de façon assez précise. L'altitude de vol pourra être de 400 à 1.000 m en fonction du plafond rencontré. On trouve maintenant dans toutes les régions des avions qui peuvent convenir à de telles reconnaissances. Pour mémoire, nous signalons que ces avions lents volent à une vitesse de moins de 200 km à l'heure par rapport au sol et qu'une aile haute est indispensable pour permettre une excellente visibilité.

Une reconnaissance aérienne peut d'ailleurs être faite à des états différents d'avancement des travaux. Ainsi l'avion sera utilisé aussi bien pour un survol général et systématique de la zone à parcourir (1^{re} phase des travaux) que pour une reconnaissance particulière (3^e phase des travaux) sur une zone limitée voire même un point précis tel qu'un col ou une falaise à franchir.

Si l'on dispose de **photographies aériennes** même de petite échelle (par ex. I. G. N. au 1/50.000^e environ) il ne faut pas hésiter à les utiliser. La photographie aérienne est en effet une image du terrain expressive fidèle et complète sur laquelle on peut repérer tous les détails importants de la topographie. Chaque photographie peut être soumise à un examen qualitatif et même permettre des mesures d'angles de direction : seuls en effet sont conservés les angles à partir du point principal ou centre de chaque photographie mais non les longueurs mesurées à partir de ce même point.

Dans le cas de terrains peu accidentés, avec des photos prises à axe très sensiblement vertical (1) on peut obtenir un bon assemblage des photos de plusieurs bandes en se préoccupant de répartir le mieux possible les discordances de bande à bande ; en conservant une bonne superposition des parties communes aux photographies de chaque bande, le résultat obtenu est une « mosaïque » qui peut rendre les services d'une carte provisoire très utile. Ce document peut être photographié, mais on ne peut oublier que les déformations d'ensemble peuvent être considérables ; il faut éviter l'erreur qui consiste à y faire des mesures de longueur.

Chaque fois qu'il est possible, l'examen stéréoscopique d'un couple doit être préféré à tout autre examen. On sait qu'un couple est la partie commune à deux photographies consécutives d'une même bande c'est-à-dire prises successivement par l'avion au cours d'un même vol. L'examen stéréoscopique est seul à permettre simultanément l'examen approfondi des détails planimétriques et celui des formes du relief ; on a l'impression d'examiner une maquette du terrain. Cet examen est relativement facile mais demande un certain entraînement préa-

(1) C'est souvent le cas des photos systématiques de la couverture photographique faite par l'Institut Géographique National.

lable. Cet entraînement consiste à apprendre à effectuer correctement un montage stéréoscopique et à interpréter des stéréogrammes (1).

Cartes particulières de prospection. — Le seul document vraiment utile dont on puisse disposer est constitué par le croquis d'ensemble de la zone à exploiter. Ce croquis est établi à l'aide de renseignements recueillis lors de la prospection méthodique effectuée à partir des layons principaux et des layons secondaires tracés en forêt (2). Les échelles habituellement utilisées sont le 1/20.000^e et le 1/10.000^e. On doit se pénétrer de cette idée qu'il ne peut y avoir d'exploitation au moindre coût sans une prospection préalable.

L'examen préalable de la carte de prospection va permettre de dégager des zones privilégiées à l'intérieur desquelles on pourra par la suite, préciser, implanter une route aux caractéristiques précises fixées d'avance. Nous pouvons repérer sur ce croquis :

— les zones de forêt à exploiter et par conséquent à desservir,

— les points de passage obligés, tels que certains étranglements de vallées pour la traversée des cours d'eau et les cols pouvant devenir des points de franchissement des lignes de crêtes.

— les zones à éviter : zones marécageuses ou inondées en saison des pluies qui exigeraient un remblai coûteux et d'une stabilité souvent précaire.

(1) Dans ce but l'I. G. N. a édité une note sur l'examen stéréoscopique des photos aériennes et une collection de stéréogrammes types avec interprétation commentée des différents détails identifiés. On peut se les procurer en s'adressant au Service Commercial de l'I. G. N., 107, rue La Boétie, Paris 8^e, Ely 48-17, ou à la photothèque, 2, avenue Pasteur, Saint-Mandé.

(2) Nous ne saurions trop recommander la méthode préconisée par Krzeskiewicz, Bois et Forêts des Tropiques, n^o 49, sept.-oct. 58.

— les zones d'anciennes plantations vivrières sans arbres à exploiter mais dont la traversée peut être facilitée par l'absence de dessouchage.

Malheureusement l'ensemble de la carte de prospection n'intéresse que la zone couverte par le permis où la concession forestière. On est toujours mal renseigné sur les zones situées en dehors des limites du permis que doit traverser la route principale d'évacuation des bois jusqu'au réseau routier public ou jusqu'à la voie d'eau. C'est pour cette zone même que les observations aériennes ou l'étude des photographies aériennes sera d'un grand secours.

PHASE II. — LE TRACÉ PROVISOIRE

Les documents cartographiques sont ainsi peu à peu complétés par les renseignements glanés par tous les moyens dont on dispose : cartes générales, reconnaissance aérienne, photographies aériennes et cartes de prospection. Ces documents de base sont alors soumis à un examen méthodique à l'issue duquel on pourra proposer un ou plusieurs tracés provisoires. Cet examen comprend deux étapes :

La première consiste en une prise de conscience des formes du terrain ; il faut s'assimiler le modelé de la surface du sol. Ce modelé résulte de l'érosion c'est-à-dire de la désagrégation des parties hautes du relief et du transport des débris dans les parties basses par les eaux et surtout les eaux de pluie.

Il est commode de souligner l'emplacement des lignes caractéristiques, c'est-à-dire les lignes de faîtes et les thalwegs. (1) Les lignes de partage des eaux ou lignes de faîte sont l'intersection vers le

(1) On pourra se reporter au Règlement de Topographie de l'armée (Librairie Ch. Lavauzelle, 124, Bd Saint-Germain, Paris) et spécialement au chapitre III décrivant les formes du terrain.

FIG. 2. — Lignes Caractéristiques du Terrain
 — Réseau des Lignes de crêtes
 - - - Réseau des thalwegs

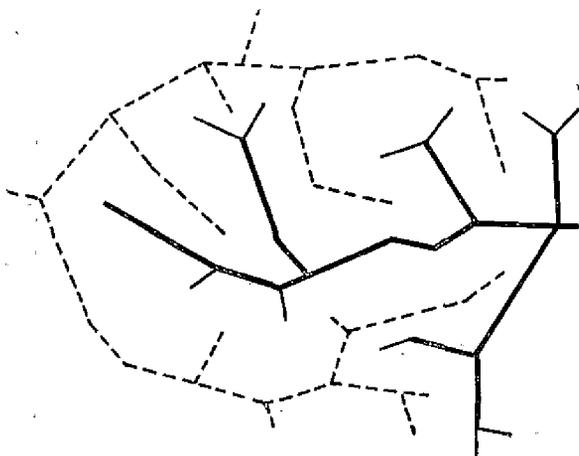


FIG. 3. — Les tracés MPN et MRN doivent être préférés aux tracés MTN et MprN.

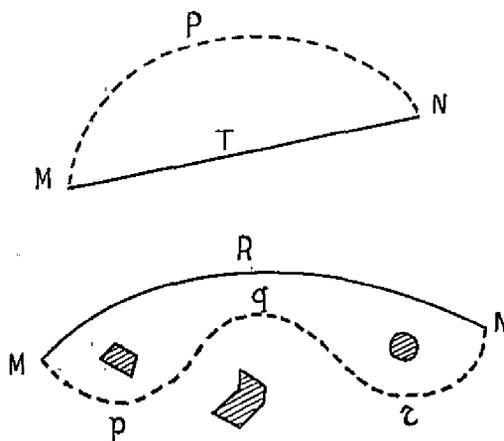




Photo Le Ray.

Cameroun. — La route passe par un col situé entre deux croupes qu'elle contourne à flanc de coteau.

haut de deux versants voisins. Les thalwegs ou lignes de réunion des eaux de ruissellement, souvent suivis par les cours d'eau, sont l'intersection vers le bas de deux versants voisins. Les lignes de même nature se ramifient et s'articulent en quelque sorte à la manière d'un toit. La convergence des eaux vers les points les plus bas amène les thalwegs à confluer les uns dans les autres c'est-à-dire à former un réseau ramifié. Il existe une ligne de faite entre deux thalwegs (fig. 2) et ces lignes de faite forment un réseau encadrant le réseau des thalwegs. En repérant systématiquement dans le détail le tracé des thalwegs et des principales lignes de faite on obtient une sorte de caricature du terrain qui en fait ressortir les traits essentiels, et facilite son étude.

Lors de la prospection méthodique on ne sait en général dans quel délai sera étudié le tracé des routes d'exploitation, mais il arrive assez souvent que faute de pouvoir travailler dans de meilleures conditions, les opérations de prospection précèdent immédiatement l'étude du tracé des routes. Ces deux opérations sont confiées dans ce cas à la même personne. Lors du relevé des données topogra-

phiques, le chef de prospection portera une attention particulière aux renseignements utiles pour son étude de route. Il notera les zones rocheuses, les zones marécageuses, les zones abruptes impropres à un tracé économique ; il repérera spécialement les points de passage facile, cols secondaires sur les lignes de faite, abords des rivières favorables à l'implantation d'un pont, etc... L'ensemble de ces renseignements facilitera l'étude d'ensemble, mettra en mesure de reconnaître un tracé provisoire plus étudié et réduira la durée ultérieure des reconnaissances de détail.

En second lieu, on recherche de proche en proche un tracé provisoire. Dans la pratique il s'agit de déterminer les points de passage obligé et de prévoir entre deux points successifs un tronçon provisoire. Malgré la variété des formes du terrain, les différents cas soulevés par l'examen des cartes et croquis d'ensemble peuvent se ramener tous aux quelques situations-types qui sont examinées ci-dessous :

En terrain plat, la seule difficulté qui puisse se présenter provient des obstacles de tous ordres :

les longues lignes droites ne doivent pas être recherchées à tout prix ; on a souvent avantage à déplacer d'emblée le tracé hors de la zone encombrée pour éviter des déviations en tournants successifs. En effet, un arc tel que M. P. N. n'est jamais beaucoup plus long que le trajet direct représenté par la corde M. T. N. (fig. 3). A ce titre, il vaut d'ailleurs mieux éviter d'un coup un ensemble d'obstacles, rochers ou ensemble de grosses souches que de contourner chacun d'eux ; un tracé M. R. N. est préférable à un tracé M p q r N (fig. 3).

En terrain accidenté : lorsque l'on rencontre sur le terrain des croupes ou des valonnements marqués, le choix du tracé demande quelques tâtonnements. Si les points de passage obligés sont tout indiqués, la solution s'impose d'elle-même, mais ce cas est exceptionnel. Dans la pratique, le tracé à fixer est toujours un compromis entre la longueur à construire, la pente maximum et les terrassements à limiter. On peut la plupart du temps ramener tout cas particulier à résoudre à l'une des 4 situations types que nous allons examiner maintenant :

a) **Les deux points à relier sont dans le fond d'un même thalweg.** Lorsque ces deux points (A et B) sont sur la même rive du thalweg, il suffit de se placer au-dessus des zones inondables en hautes

eaux ; un tracé tel que Ap1 p2 p3 B peut s'avérer intéressant s'il permet, même au prix d'un léger allongement, de réduire les remblais ou de remplacer un pont P1 un peu important par deux ponceaux p1 et p2 plus faciles à construire (fig. 4).

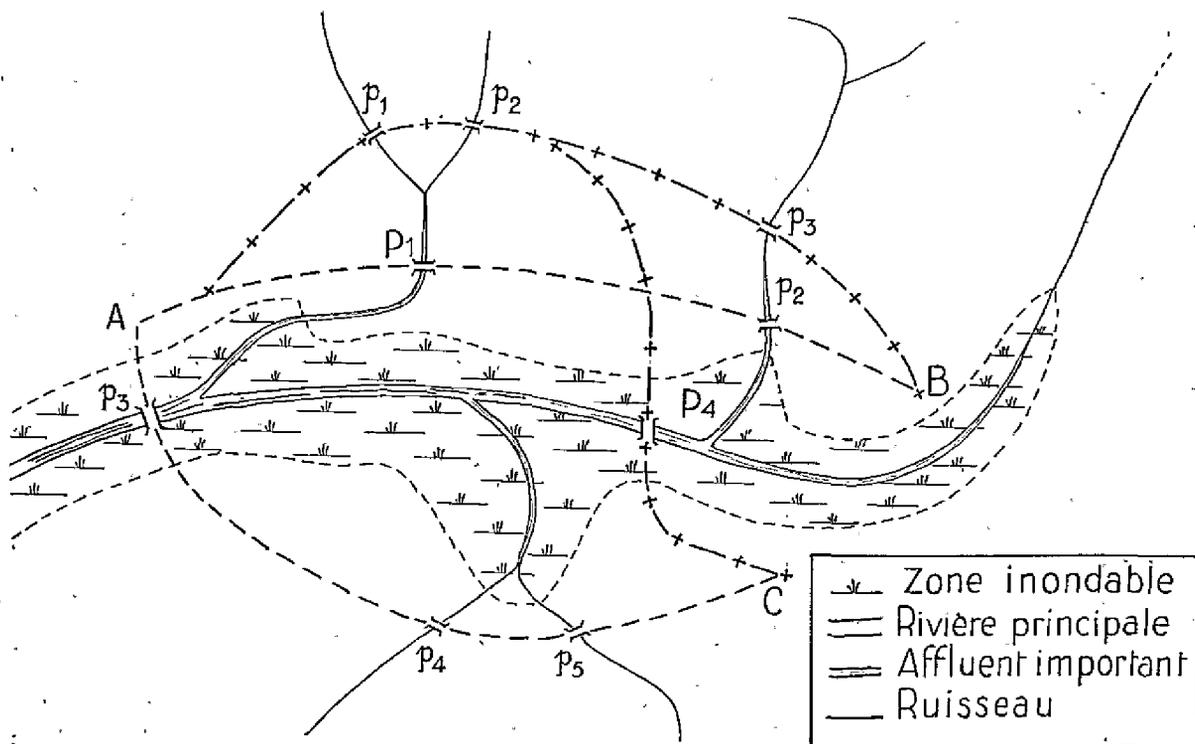
Lorsque les deux points (A et C) sont sur deux rives opposées d'un même cours d'eau, il convient de chercher le long de ce ruisseau le point où le franchissement demandera un ouvrage acceptable sans se laisser entraîner à un allongement du parcours excessif. On a souvent avantage à traverser le thalweg le plus en amont possible pour n'avoir à construire qu'un ouvrage peu important.

Une solution telle que A p1 p2 p4 C, demande moins de remblais et est souvent plus avantageuse qu'une solution du type AP3 p4 p5 C — (fig. 4).

b) **Les deux points à relier sont situés dans le même bassin, mais l'un sur le versant, l'autre au fond de la vallée.** (fig. 5).

On a souvent tendance à vouloir descendre du point le plus haut (D) avec la pente maximum admise jusqu'au fond de la vallée que l'on suit alors en palier jusqu'au point bas. Une autre solution préférable consiste, chaque fois que cela est possible, à suivre un tracé direct en conservant une pente moyenne.

FIG. 4. --- Les deux points à relier sont dans le fond d'un même thalweg — A et B sont sur la même rive ; A et C sont sur deux rives opposées. Les tracés type $\times - \times - \times$ sont préférables au tracé du type. — — — — —



En pratique, on aura très souvent avantage à éviter le tracé direct DP5 E avec pont important P5 pour préférer un tracé tel que DP 6 p5 p4 plus long, certes, et comportant trois ponts peu importants p5, p3 et p4 mais que l'on peut construire économiquement en profil mixté, à flanc de coteau, partie en déblai, partie en remblai. Ce tracé peut cumuler les avantages suivants : il conserve une faible pente, demande un entretien moins coûteux, permet une circulation facile par tous les temps et a l'avantage de desservir une zone de forêt nettement plus étendue pour un prix total comparable.

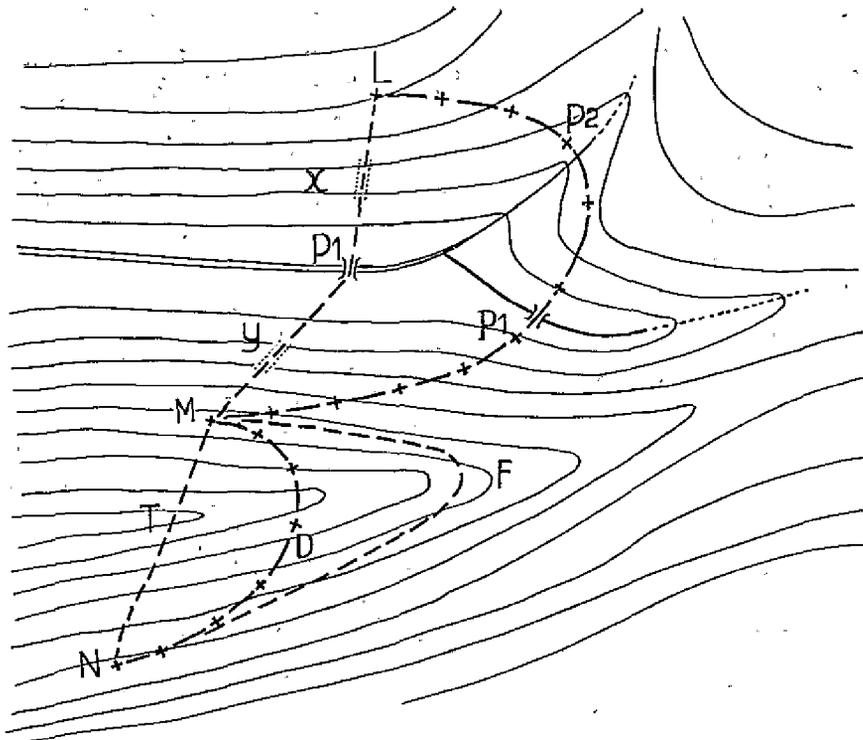
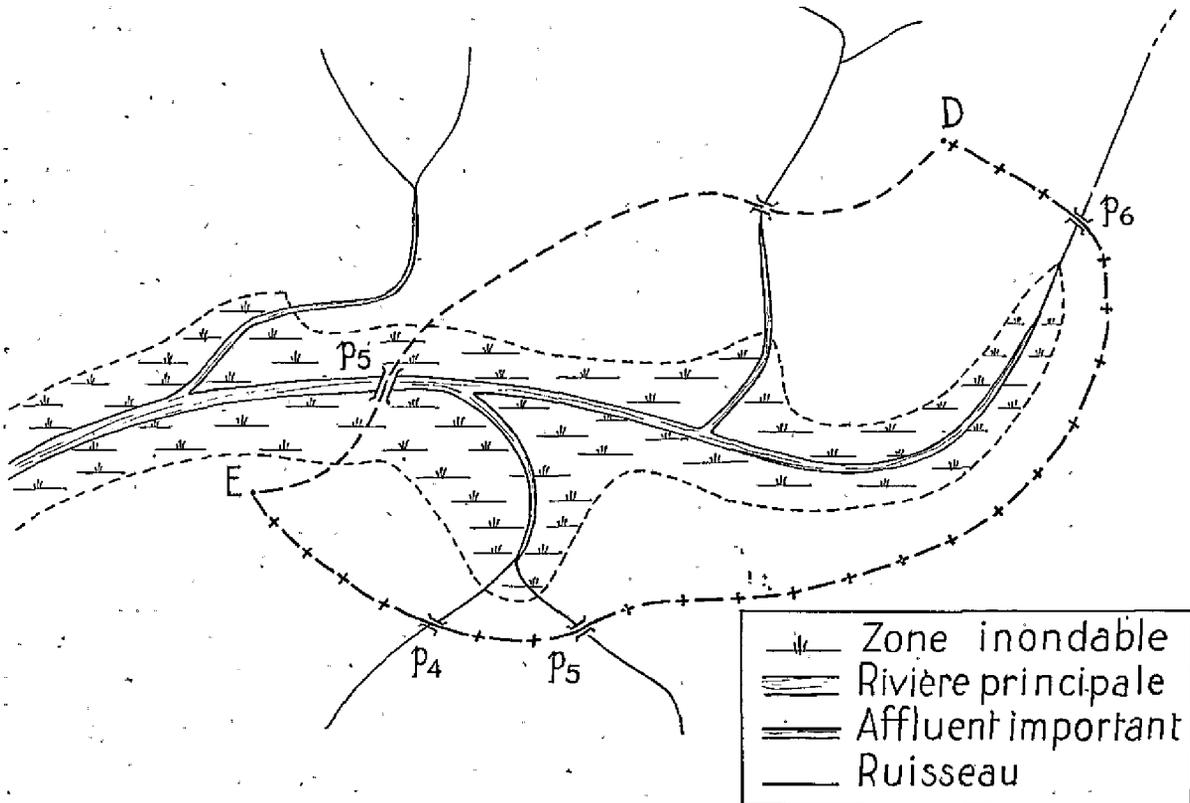


FIG. 6. — Les deux points à relier sont sur les deux versants opposés d'une même vallée (L et M) ou d'une même croupe (M et N). Les tracés — + — + — + sont préférables aux tracés — — — — —.

FIG. 5. — Les deux points à relier D et E sont situés dans le même bassin, D sur le versant, E dans la vallée. Le tracé — + — + — + est préférable au tracé — — — — —.



c) Les deux points à relier sont sur les deux versants opposés d'une même vallée ou d'une même croupe.

— CAS D'UNE VALLÉE (fig. 6). Le tracé le plus direct tel que LP1 M auquel on peut penser d'abord donne lieu en général à deux fortes pentes (en x et y) et à un ouvrage de traversée relativement important P1 situé entre deux forts reliefs d'accès. On n'obtient ainsi qu'un profil difficile à parcourir, d'un entretien onéreux en raison de la forte pente et très coûteux à améliorer par la suite. Par contre, le tracé Lp1 p2 M, développé vers l'amont devra toujours être préféré. Il descend vers le thalweg en pente douce, soit 5 à 6 %, inférieure à la pente limite, franchit le thalweg en un point tel qu'un ouvrage moins important suffit et remonte en pente douce sur l'autre versant. Malgré sa plus grande longueur, il peut être exécuté plus rapidement en conservant souvent un profil mixte à flanc de coteau et la dépense totale reste inférieure à celle qu'aurait coûté le tracé direct LP1 M.

— CAS D'UNE GROUPE (fig. 6). Dans cette situation, le tracé direct tel que MTN ne reste possible que si la rampe trouvée reste inférieure à la rampe-limite. S'il a l'avantage d'être le plus court, il a l'inconvénient de comporter une forte tranchée, au franchissement de la crête (T).

Au cas particulier où l'on aurait besoin de déblais importants pour traverser les vallées adjacentes au delà de M ou N, ce tracé direct peut rester intéressant mais à condition que la longueur du transport éventuel des déblais reste acceptable avec les moyens de terrassement dont on dispose, soit pratiquement moins de 50 à 80 m avec le seul bulldozer.

En dehors de ces conditions particulières, on aura alors le choix entre deux solutions : soit contourner la croupe avec une rampe aussi faible que possible en construisant la route à flanc de coteau, en profil mixte (tracé MFN).

— soit suivre un tracé intermédiaire MDN suivant une pente limite comportant un déblai peu important en D et un allongement du tracé acceptable.

Le choix de la bonne solution sera souvent dicté par d'autres conditions : nature du sol ou emplacement des arbres à exploiter. L'examen des deux cas précédents amène à poser la règle pratique suivante :

« Pour franchir une vallée entre deux points de versants opposés, il faut développer le tracé vers l'amont du thalweg et pour franchir une croupe il faut développer le tracé vers l'aval de la ligne de faite par rapport à la ligne droite joignant ces deux points ».

d) Les deux points à réunir sont situés dans le fond de deux vallées séparées par des contreforts.

On commence par rechercher les cols, c'est-à-

dire les points où les lignes de faites pourront être franchies : on se trouve ramené à l'un des cas précédents en employant des tracés moyens coupant les versants successifs en biais par une ligne à pente constante et profil mixte.

C'est en se référant aux règles précédentes que la direction générale d'une route principale sera recherchée pour éviter un allongement excessif du parcours qui influerait sur la rotation des camions. En revanche, on peut avoir avantage à allonger une route secondaire en conservant un profil en long aux pentes très faibles pour desservir directement une surface plus étendue et collecter facilement les bois situés à proximité immédiate. L'étude menée sur la carte de prospection peut aboutir à un ou deux tracés provisoires théoriques ou esquisses de tracés. Pour arrêter son choix sur l'un d'eux qui devient alors un tracé définitif, il faut examiner plus en détail la configuration du terrain et confronter sur place ces esquisses de tracé avec la réalité au cours de reconnaissances particulières.

PHASE III. — RECONNAISSANCES PARTICULIÈRES SUR LE TERRAIN

Le ou les tracés provisoires retenus au bureau doivent être confrontés avec la configuration du terrain au cours de reconnaissances particulières. Nous avons vu que ces tracés comprennent des tronçons successifs prévus en zones favorables et séparés par des points de passage obligés. Chaque zone favorable et chaque point obligé doivent faire l'objet d'une reconnaissance détaillée. L'époque la plus favorable est la saison des pluies ; c'est à ce moment que l'on apprécie le mieux les caractéristiques du sol, la limite des zones marécageuses, la largeur et le niveau d'un cours d'eau. Une reconnaissance menée en saison sèche est certes beaucoup plus agréable mais elle peut entraîner à des erreurs d'appréciation aux conséquences fort ennuyeuses. On se munira de la carte d'ensemble comportant les tracés provisoires, d'une boussole, d'un clisimètre, d'un ruban de 20 m et si possible d'un baromètre anéroïde. Les quelques jalons dont on pourrait avoir besoin se trouvent aisément sur place en forêt.

L'EMPLOI DU **baromètre** pour la mesure des altitudes relatives se fonde sur la variation de la pression atmosphérique qui diminue quand on s'élève dans l'atmosphère.

La différence de pression atmosphérique entre deux points dépend de la pression atmosphérique générale au sens météorologique et de la température moyennée au moment des observations. Il suffit donc de connaître la différence des pressions entre les deux points pour obtenir la différence d'altitude ou dénivelée entre ces deux points. Pour compenser les erreurs on a avantage à se

METHODE DE TRACE A PENTE CONSTANTE

refermer fréquemment, c'est-à-dire à décrire des circuits fermés en passant deux fois au même point lors d'une même reconnaissance par exemple toutes les heures ou tous les deux kilomètres. Ce sont essentiellement les différences d'altitudes que l'on peut mesurer avec la meilleure précision. On utilise un baromètre anéroïde où les variations de dilatation du mécanisme en fonction de la température sont compensées. Cet appareil est essentiellement composé d'une boîte cylindrique dans laquelle le vide a été fait et où un ressort intérieur maintient les faces en équilibre contre la pression atmosphérique. Les flexions du boîtier sont amplifiées par un mécanisme qui commande le mouvement d'une aiguille. On peut choisir soit un modèle de poche de l'encombrement d'une grosse montre soit un modèle de précision (poids avec étui 1.300 gr) qui peut donner une erreur probable de 2 m. Les cadrans des baromètres de nivellement sont altimétriques ou gradués directement en mètres.

Points obligés : S'il s'agit d'un point de franchissement de cours d'eau on s'assure qu'il n'en existe pas au voisinage de plus favorable qui aurait pu échapper à l'étude sur la carte. Pour apprécier la hauteur des crues éventuelles, on recherche les amas de matériaux entraînés par le flot des crues, on note les traces de limon visibles sur les tiges voisines. S'il s'agit du franchissement d'une ligne de crête ou de partage des eaux entre deux vallées, la ligne de crête principale et les lignes de crêtes ou croupes secondaires, sont systématiquement parcourues. Il est souvent indispensable de faire remonter les thalwegs par l'équipe de reconnaissance pour en explorer les parties supérieures favorables à un passage acceptable. Les cotes relatives des points hauts et des points bas caractéristiques sont lues au baromètre.

La nature des terrains rencontrés doit faire l'objet d'observations systématiques sous l'angle des difficultés qu'ils pourraient opposer aux terrassements : déblais ou remblais. Les terrains marécageux inconsistants sur lesquels les remblais risquent de s'enfoncer sont délimités avec précision. Les terrains instables peuvent donner lieu à des éboulis ou à des glissements locaux après l'ouverture des tranchées. Les zones rocheuses qui demanderaient l'emploi d'explosifs sont reconnues et leurs limites explorées. De même une ligne de sources peut caractériser un affleurement marneux dont la route devra être tenue éloignée.

La présence de zones à dominante sableuse ou argileuse, les amas de gravillons de latérite constitueront une référence essentielle pour la construction ultérieure et l'utilisation de la route.

Tous les renseignements de détail relevés au cours de ces reconnaissances sont soigneusement notés et reportés aussitôt sur la carte si possible sur le terrain même.

D'une façon générale, on ne cherchera pas à implanter dès ce moment un tracé définitif en se basant sur le tracé provisoire envisagé lors du premier examen de la carte. Cependant on peut être amené notamment aux abords des points hauts à étudier comment se développe sur le terrain une ligne à pente constante. Nous décrivons ci-dessous un procédé simple qui peut être suivi par des aides-topographes. C'est le seul moyen à employer lorsque, comme c'est le cas le plus fréquent, on ne dispose pas d'un plan coté.

La méthode générale consiste à opérer en deux étapes :

— Première étape : rechercher un tracé possible en s'imposant une déclivité donnée avec des terrassements nuls sur l'axe de la route sans se préoccuper ni de la longueur ni des courbes. Plusieurs essais successifs doivent être tentés en général avec des déclivités décroissantes. Ainsi un premier essai sera fait en implantant provisoirement un tracé à pente de 6 % par exemple, puis un second essai à 4 %. Les tracés théoriques obtenus suivant le procédé décrit plus loin apparaissent sous forme de lignes brisées (appelées lignes polygonales en topographie).

— Seconde étape : choisir parmi ces lignes celle qui donne pour une déclivité donnée le tracé le plus court et le moins sinueux c'est-à-dire celui dont les angles des côtés sont aussi ouverts que possible. La plupart du temps, ce choix pourra être fait directement sur le terrain ; lorsque en terrain accidenté une incertitude subsiste, il suffit de lever les lignes obtenues à l'aide d'une boussole, d'un ruban et d'un clisimètre pour permettre le choix ultérieur après réflexion.

Cette opération repose sur l'emploi du clisimètre du Colonel Goulier qui constitue pour les reconnaissances rapides l'appareil idéal qu'aucun autre instrument n'a encore pu détrôner. Cet appareil (fig. 7) se tient à la main à quelques centimètres de l'œil, par un doigt passé dans l'anneau. Un système collimateur composé d'une grosse loupe permet de voir à l'infini l'image des graduations gravées sur une surface dépolie incorporée dans l'appareil. L'image de l'échelle obtenue à travers l'appareil paraît être dans le même plan que l'objet directement visé et peut lui être comparée (fig. 8). L'appareil est lesté par un contrepoids en forme de lyre d'où son nom de clisimètre-lyre de manière à ce que la loupe occupe la même position par rapport à la verticale lorsqu'il est suspendu par son anneau ; dans cette position la ligne de visée passant par le zéro de la graduation est horizontale. On trouve en général chez la plupart des fabricants deux modèles l'un portant une échelle de

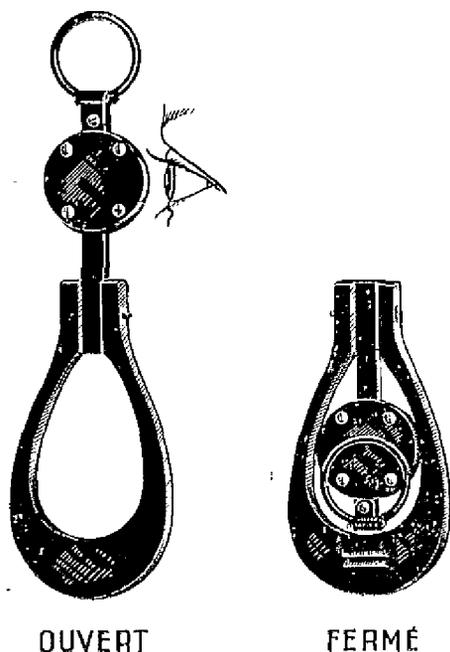


FIG. 7. — Clisimètre-lyre.

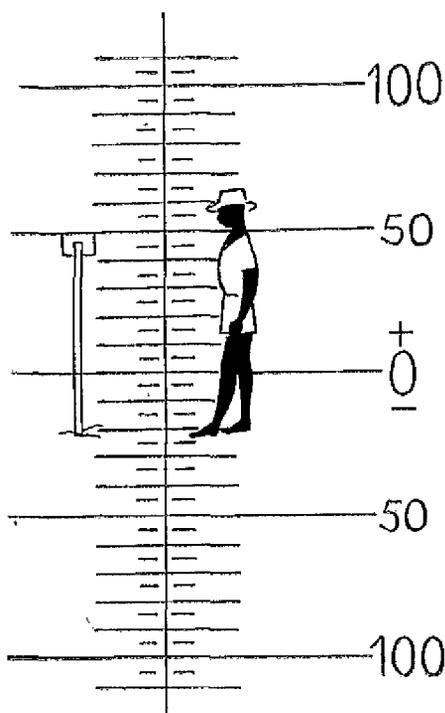


FIG. 8. — Clisimètre : image de l'échelle de pentes vue à travers l'appareil avec l'objet visé.

On lit : sommet du chapeau à $+ 65 \text{ ‰}$ ou $6,5 \%$
 sommet du jalon à $+ 50 \text{ ‰}$ ou 5%

pente graduée de 0,5 en 0,5 % de $- 40 \%$ à $+ 40 \%$, l'autre portant deux échelles ($- 100 \%$ à 0 et 0 à $+ 100 \%$). Le premier modèle est suffisant pour les études de routes. La précision que l'on peut obtenir est de 0,25 m à 100 m. On ne saurait assez répéter que le clisimètre est l'appareil indispensable à toute étude de routes.

Tracé à pente donnée.

Comment implanter un tracé suivant une déclivité ou pente donnée sur le terrain notamment le long d'un versant. Ce petit problème reçoit trop souvent la médiocre solution suivante : on trace plus ou moins au hasard un alignement quelconque ; au moment d'effectuer les terrassements, on s'aperçoit que la pente obtenue est encore trop forte et inacceptable ; à l'aide de déblais et de remblais successifs se traduisant par de nombreuses heures de bulldozer, le chef de chantier s'efforce de ramener la pente à un taux qu'il juge acceptable. Ces efforts n'aboutissent la plupart du temps qu'à un résultat très décevant malgré les terrassements importants et coûteux : le profil en long obtenu reste ondulé avec des pentes trop fortes.

Il est illusoire de croire que la recherche d'un profil à pente constante peut être poursuivie en dehors de l'aide d'aucun appareil topographique. Quiconque a essayé de parcourir un versant en suivant une ligne horizontale ou une ligne à faible pente (3 à 5 %) s'est vite rendu compte qu'on a toujours une tendance à remonter vers le haut du versant en décrivant une ligne dont la pente atteint facilement 10 % et plus ; cette pente est presque toujours supérieure au taux admissible pour une route d'exploitation en terre ; c'est pourquoi on ne saurait hésiter à remplacer de tels procédés toujours inefficaces par une opération topographique très simple. L'implantation d'une ligne à pente constante est une opération particulière d'ailleurs au tracé des routes.

Le matériel topographique dont on se sert se réduit à : un ruban d'arpenteur de 20 mètres, une boussole et un clisimètre. L'équipe se compose de l'agent forestier, chef d'équipe et quatre manœuvres ; deux portent la chaîne. Quelques autres manœuvres, de deux à cinq par exemple, sont chargés des débroussés pour faciliter les visées ; soit au total un agent forestier chef d'équipe et quatre à sept hommes.

Il est souvent plus commode d'opérer à partir du point le plus élevé du cheminement à implanter, qu'il s'agisse d'un col ou d'un point quelconque d'une ligne de faite. En effet, le point bas n'est pas toujours fixé de façon impérative et sous forêt, on voit mieux le terrain en regardant vers le bas du versant. On peut alors utiliser un simple jalon et un clisimètre de la façon suivante :

Emploi du clisimètre. — Le chef d'équipe, porteur du clisimètre, commence par mesurer la hauteur au-dessus du sol à laquelle se trouve son œil lorsqu'il se sert de l'appareil pour mesurer

une pente, soit par exemple 1,60 m (fig. 9). Il fait placer un carré de papier blanc (ou de papier journal) de 5 à 10 cm de côté à la même hauteur de référence soit 1,60 m sur un jalon ou un bâton bien droit. Pour relever au clisimètre la pente de la ligne reliant le porteur de l'appareil au porteur de jalon il suffit de viser le carré de papier. La ligne de visée entre l'œil de l'opérateur et le carré de papier est parallèle à la ligne qui réunit les points de station. Un opérateur exercé se contentera de repérer sur l'homme porte-jalon le point du chapeau ou de la figure qui sert de référence pour le clisimètre : cela évite le jalon qu'il n'est pas toujours commode de faire tenir droit.

Ce procédé permet d'implanter de proche en proche, par segments ou tronçons successifs, une ligne brisée de pente donnée. La seule précaution à prendre est de veiller à faire tenir bien verticalement le ou les jalons sur le sol.

Un opérateur acquiert très vite avec un peu de bon sens un entraînement qui lui permettra d'avancer rapidement dans l'implantation de cheminement à déclivité donnée. Ce procédé a l'avantage d'être extrêmement simple.

Dès que les sommets de cette ligne à pente donnée sont marqués, il est bon pour en faciliter la conservation de repérer chaque point de station par un jalon ou une gaulette fiché dans le sol d'au moins 30 cm. Pour bien distinguer ce jalon, on a souvent l'habitude d'en fendre l'extrémité à la matchette et d'y glisser un morceau de papier blanc qui reste ainsi coincé à la tête du jalon. Il est prudent de porter le numéro sur une flèche ouverte à la tête du piquet à l'aide d'un crayon rouge ou d'un stylo à bille (fig. 10). Le long du cheminement ainsi tracé, on peut faire aussitôt ouvrir un layon pour dégager les visées ultérieures. Ce procédé tel que nous venons de le décrire est de loin le plus simple pour implanter un tracé à flanc de coteau.

PHASE IV. — CHOIX DU TRACÉ DÉFINITIF

La carte d'ensemble dûment complétée par les divers renseignements et croquis de toute origine relevés sur le terrain va maintenant servir de base à la détermination du tracé définitif. Les reconnaissances particulières, carte en main, ont permis de prendre un contact plus intime avec le terrain dont les formes sont devenues familières.

C'est ensuite au calme, dans un moment de réflexion, que l'on peut le mieux apprécier les différents obstacles à leur juste valeur. C'est ainsi, par exemple, qu'au lieu de chercher sur le terrain à contourner un ravin aux versants très raides par un long détour difficile à construire, on peut être amené à estimer qu'un pont peut être une solution relativement moins onéreuse. De même un rem-

blai à peine plus long qu'un autre peut sans aucun autre inconvénient constituer un raccourci préférable à un tracé beaucoup plus long. Dans ces deux cas, on ne se trouve pas dans des conditions favorables même avec un bon croquis en main = on n'y dispose pas de tous les éléments importants d'appréciation = le temps disponible reste assez limité et l'ambiance (chaleur, moustiques) n'est pas favorable à une longue réflexion, notamment s'il faut rapidement comparer deux tracés locaux très différents. Pressé par les circonstances, on

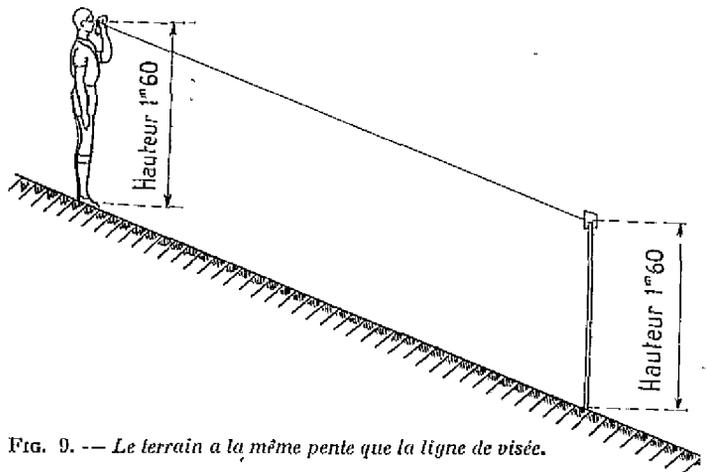
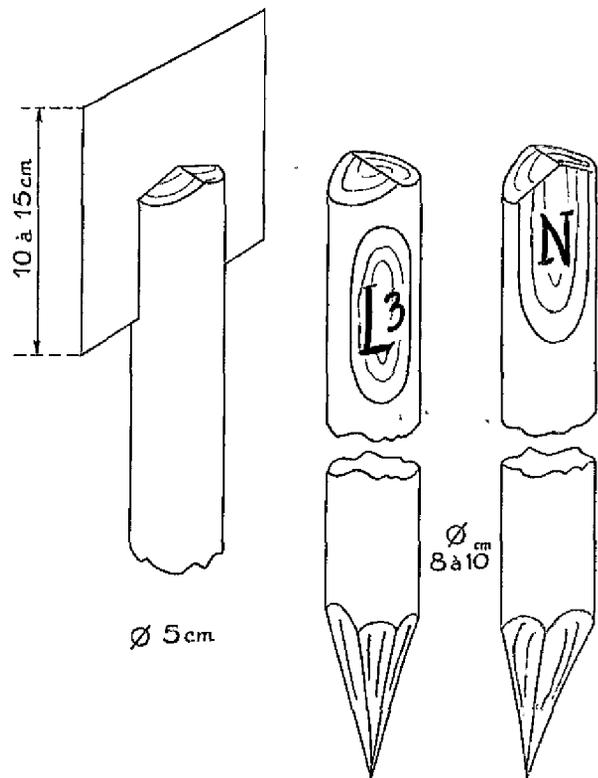


Fig. 9. -- Le terrain a la même pente que la ligne de visée.

Fig. 10. -- Jalon avec carré de papier pour visées avec clisimètre. L3 et N, piquets de cheminement.



s'arrête plus ou moins inconsciemment à une solution mal étudiée: Pourquoi ne pas se mettre d'emblée dans les meilleures conditions de calme pour arrêter son choix au cours d'un instant de détente après avoir successivement pesé les différents éléments à considérer.

D'une façon générale il faut bien comprendre qu'un tracé donné résulte d'un compromis entre des exigences contradictoires telles que minimum de pente et minimum de terrassement; minimum de terrassement et longueur de trajet. Mais les données: terrassements, pente admissible, longueur de parcours, peuvent être appréciées en argent; un calcul rapide permettant de comparer coût de construction et coût d'utilisation apportera toujours quelque lumière nouvelle. Prenons l'exemple particulier suivant: pour aller du point A au point B quelle solution doit-on préférer entre deux trajets aux mêmes caractéristiques de pente: le plus court comporte un gros terrassement qui coûterait environ 600.000 fr, le plus long mesure 2 km de plus dont la construction coûterait 350.000 fr. La décision dépend pour une bonne part de l'utilisation ultérieure de la route: en effet, chaque mètre cube transporté sur ces deux kilomètres supplémentaires provoque une dépense de 20 fr (si 10 fr est le prix moyen du transport du mètre cube au kilomètre); le supplément de coût de construction du trajet court par rapport au trajet long soit 250.000 fr correspondrait au transport de 250.000/20 soit 12 500 m³. Il faut en conclure qu'au dessous d'une circulation de 12.500 m³ on devrait choisir le trajet long tandis qu'au-dessus d'une circulation de 12.500 m³ le trajet court devrait être préféré. En d'autres termes: une route secondaire utiliserait probablement le trajet long, tandis qu'une route principale au contraire suivrait le trajet court.

Au moment d'arrêter son choix, le chef de chantier doit conserver bien présentes à l'esprit les observations générales suivantes qui sont dictées par l'expérience:

— En terrain peu ou moyennement accidenté, on a toujours avantage à établir une route sur une crête ou à son voisinage immédiat; en se maintenant sur les formes arrondies qu'on y rencontre, le constructeur obtient une économie de terrassement et un drainage facile car il peut supprimer bon nombre de ponceaux et de remblais.

— En terrain accidenté, la route principale passera d'une vallée à une autre; chaque route secondaire desservira une parcelle correspondant à l'ensemble d'une vallée secondaire ce qui évitera des franchissements de crête toujours coûteux.

— A flanc de coteau surtout dans les régions accidentées, on recherche les pentes les moins raides (fig. 11). La partie la plus raide des versants est limitée vers le haut par une ligne de changement de pente dite crête militaire qui borde le plateau, au-dessus de laquelle on s'efforcera de se maintenir. Vers le bas, surtout dans les vallées à

fond plat, on s'installera au-dessous et au voisinage immédiat du bas de la pente.

— Dans un tracé de vallée au contraire, on a intérêt à se tenir aussi bas que possible mais au-dessus des plus hautes eaux; dans une vallée à fond large et plat on évite de recouper de nombreux cours d'eau au voisinage de leur confluent dans la partie où leur cours est le plus large et on fait l'économie de plusieurs ponts (ou ponceaux); si l'on se trouve dans une vallée étroite à flancs raides, on devra traverser moins de dépressions profondes et l'on aura des remblais moins importants.

A flanc de coteau lorsqu'on établit une voie à pente constante, on se contente d'un profil mixte tel que le terrassement soit nul sur l'axe même surtout si la pente transversale est faible ce qui permet un déblai facile à tasser. Par contre si la pente transversale du terrain est forte, on a avantage à réaliser un profil surtout en déblai plutôt qu'un profil mixte, c'est-à-dire à entrer la route dans le terrain (fig. 12); si le volume des déblais en est légèrement accru, du moins la route a-t-elle une meilleure assise et les drains sont-ils plus efficaces.

-- Un déblai important a deux inconvénients: d'une part, la surface de la route encaissée au fond du déblai est moins ensoleillée et sèche moins vite; d'autre part, quand on creuse on peut rencontrer des niveaux de terrain riche en argile particulièrement difficile à stabiliser. Le remède consiste à allonger quelque peu le tracé pour réduire l'importance du déblai.

-- Pour construire plus facilement un remblai notamment pour l'accès à un pont, il peut s'avérer particulièrement économique d'asseoir le remblai au voisinage d'une zone d'emprunt facile (fig. 13).

— Pour tenir compte de la nature des terrains on ne doit prévoir qu'un remblai peu élevé sur un terrain marécageux et un déblai aussi réduit que possible dans un sol rocheux.

— En terrain vallonné, les alignements droits sont à implanter en premier lieu, en s'efforçant de prévoir entre eux des angles au sommet ouverts le plus possible de façon que la courbe de raccordement soit plus facile à implanter; mais en terrain accidenté, il vaut souvent mieux piqueter d'abord les courbes en épousant au plus près la forme du relief du passage sur les croupes ou dans les parties hautes des thalwegs (têtes de ravin).

PHASE V. — REPORT DU TRACÉ CHOISI SUR LE TERRAIN. PIQUETAGE.

L'implantation consiste dans la matérialisation sur le terrain des différents points remarquables de l'axe du tracé; ces points sont les sommets des alignements droits, les points d'entrée et de sortie

FIG. 11. — A flanc de coteau, on recherche les pentes les moins raides.

de courbe, les sommets de courbe (fig. 14), les points de changements de pente.

Le piquetage consiste à repérer sur le terrain la place exacte qu'occupera la route à construire :

— d'une part, on place sur l'axe des piquets tous les 10 m dans les courbes de rayon supérieur à 100 m, tous les 5 m dans les courbes de rayon moindre,

— d'autre part, des piquets sont également placés sur les crêtes de talus de déblais, pour délimiter la largeur à dessoucher. Les piquets sont constitués par des morceaux de bois dur de 10 cm de diamètre environ et de 50 cm de long.

Les alignements droits sont implantés à l'œil à l'aide de jalons alignés trois par trois de proche en proche. Il est inutile d'utiliser un cercle d'alignement ou tout autre appareil, on prendra soin de vérifier que les alignements généraux conservent une pente au plus égale à la pente limite admise. L'expérience montre que le tracé réel a toujours

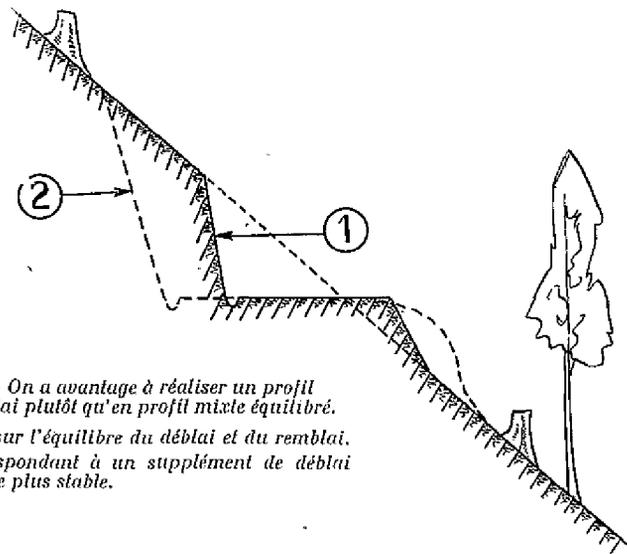
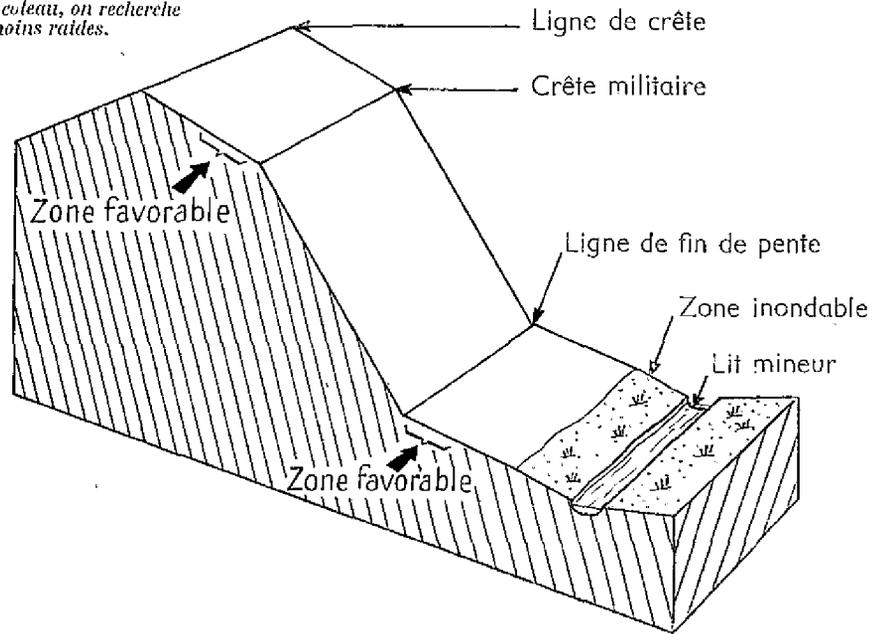


FIG. 12. — On a avantage à réaliser un profil surtout en déblai plutôt qu'en profil mixte équilibré.

1. Profil basé sur l'équilibre du déblai et du remblai.
2. Profil correspondant à un supplément de déblai et à une assise plus stable.

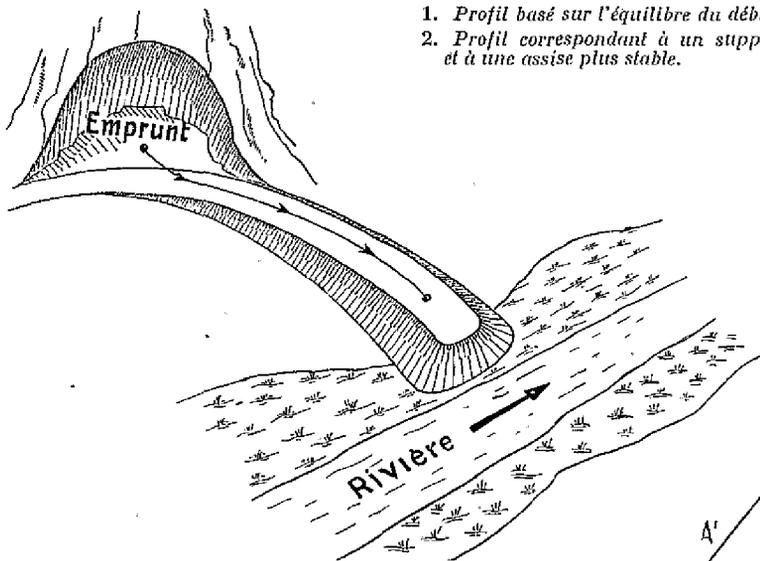


FIG. 13. — Remblai d'accès à un pont,

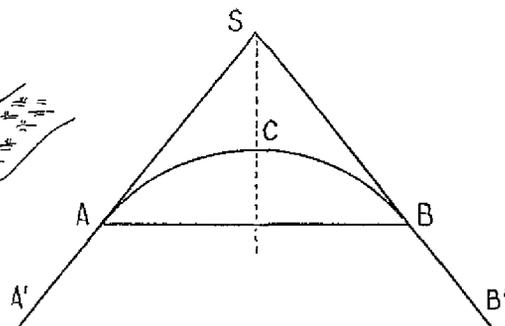


FIG. 14.

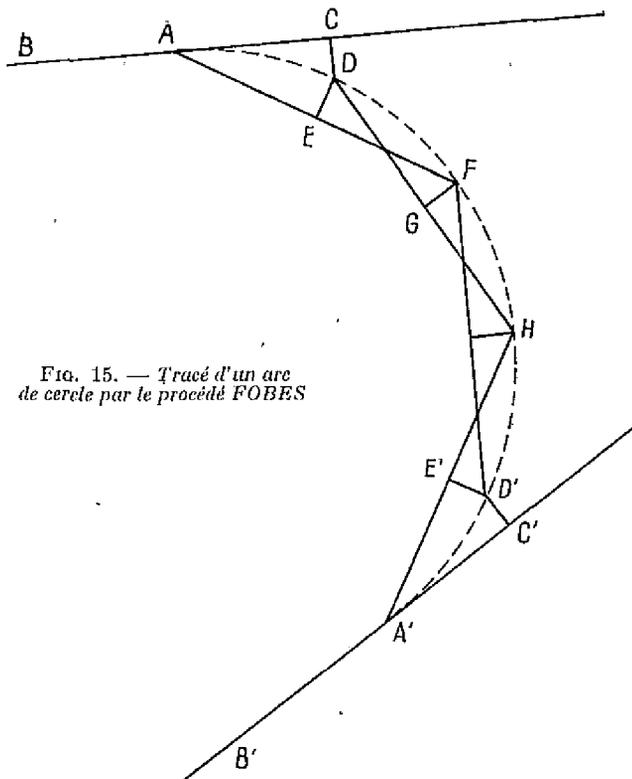


FIG. 15. — Tracé d'un arc de cercle par le procédé FOBES

tendance à être légèrement plus court que le tracé piqué, aussi faut-il veiller à n'utiliser qu'une pente maximum inférieure à 1 % à la pente limite ; c'est

pour cette raison qu'un tracé à pente constante effectué selon les indications du paragraphe ci-dessus serait implanté avec une pente réelle de 5 % par exemple pour une pente limite prévue de 6 %.

Tracé des courbes de raccordement :

Toute courbe destinée à raccorder les deux alignements A'AS et B'BS concourant en S (fig. 14) est définie par trois points principaux : les deux points de raccordement de la courbe et des alignements, appelés encore points d'entrée de courbe (A) et points de sortie de courbe (B) et par le sommet C de la courbe qui est situé pour un arc de cercle à l'intersection de la bissectrice de l'angle des deux alignements A'A et B'B'.

Dans la plupart des cas, les courbes de raccordement, en fait des arcs de cercle, sont implantées à l'estime. Cette méthode, qui a au moins le mérite de la simplicité, n'est cependant pas toujours bien rapide ; elle n'aboutit guère qu'à tracer des courbes de rayon trop court ou des courbes de rayon variable. Ces courbes mal tracées sont souvent à l'origine d'accidents par suite de coups de frein intempestifs et brutaux. L'expérience quotidienne montre que les chaussées en terre se dégradent très rapidement dans les gradients ce qui invite à les tracer avec le plus grand rayon possible.

Pour réaliser un tracé précis des courbes, on peut suivre plusieurs méthodes mais elles ont le double inconvénient de requérir l'usage de tables spéciales et d'obliger à stationner au sommet S de deux alignements ou encore à parcourir les alignements A'AS et B'BS ou la corde AB réunissant les points de raccordement A et B' (fig. 14). Ces divers points ne sont pas toujours accessibles commodément avant l'exécution des premiers terrassements.

Nous donnons ci-dessous deux procédés très simples adaptés aux besoins forestiers :

Gabon. — Route à flanc de coteau.
Noter la pente régulière.

Photo M. Tuffier.





Photo Le Ray.

Cameroun. — Route principale à flanc de coteau. Noter le déblai peu important.

PROCÉDÉ FOBES :

Le procédé suivant (1) a l'avantage d'être simple et facile à suivre. Il suffit de se munir d'un ruban (ou chaîne) d'arpenteur de 10 ou 20 m et d'une règle graduée de deux mètres =

— Placer d'abord un jalon ou piquet (fig. 15) au point choisi comme point d'entrée de la courbe (point A).

— Puis, choisir la distance séparant deux jalons successifs. Il est évident que les jalons devront être plus rapprochés sur les courbes à faible rayon que sur les courbes à grand rayon. Pratiquement, on choisit une distance entre 10 et 20 m entre jalons successifs pour une route principale. Prenons ici 10 m. Déterminer sur l'alignement droit BA, un point C situé entre A et le sommet S (inaccessible) tel que $AC = 10$ m.

— Placer un jalon en D le long de la règle graduée placée perpendiculairement à AC. Le point D se trouve sur la courbe à tracer ; sa position est définie par les deux longueurs AC et CD choisies à l'avance en fonction du rayon.

— Pour obtenir un nouveau point de la courbe, il suffit de mener une ligne DE telle que $DE = CD$,

de placer un jalon provisoire en E puis de prolonger AE en EF de façon que $EF = AE = AC$; le point F est le second point de la courbe à tracer. On obtient un troisième point H de la courbe en plaçant un jalon provisoirement en G, tel que $FG = DE = CD$, puis en menant $GH = DG = AC$. En répétant ces opérations jusqu'à rencontrer l'autre alignement droit C'A'B', on obtient une courbe qui est un arc de cercle de rayon donné (2).

Au cours d'un premier essai, il est peu probable que le point de contact B' obtenu soit exactement placé dans l'alignement C'A'. Il suffit de recommencer en utilisant une longueur légèrement différente sur la règle graduée. Avec un peu d'habitude, on obtient la courbe recherchée dès le second essai. Le tableau I indique comment choisir les longueurs sur le ruban et la règle graduée en fonction du rayon de la courbe que l'on veut tracer.

PROCÉDÉ A LA PLANCHETTE :

On peut utiliser la planchette topographique qui a l'avantage de fournir le plan topographique au moment même où l'on a devant soi tous les détails de terrain à représenter, ce qui permet de compa-

(1) Proposé par E. W. FOBES du laboratoire de Madison, Wisconsin USA, « Improved alignment of logging roads reduces hauling costs » No R 1637-40, juin 1957.

(2) Le rayon R de l'arc de cercle est défini par la relation :

$$R^2 = AC^2 + (R - CD)^2$$

rer immédiatement la construction dessinée avec le terrain qu'il représente.

TABLEAU 1.

Rayon de la courbe (mètres)	Longueur de la demi-corde		Ordonnée au sommet	
	luc sur le ruban AC=AE (mètres)		luc sur la règle CD=DE (mètres)	
30	5		0,42	
	7		0,83	
	10		1,72	
40	5		0,31	
	7		0,61	
	10		1,27	
50	5		0,25	
	7		0,49	
	10		1,01	
75	7		0,33	
	10		0,66	
	15		1,52	
100	7		0,23	
	10		0,51	
	15		1,11	
125	7		0,19	
	10		0,40	
	15		0,90	
150	10		0,33	
	15		0,75	
	20		1,34	
175	10		0,29	
	15		0,65	
	25		1,15	
200	10		0,25	
	15		0,57	
	20		1,00	

On sait que la planchette n'est qu'une planche à dessiner de 50 à 60 cm de côté, pouvant être placée sur un trépied topographique de façon à être déplacée horizontalement et tournée autour d'un axe. Elle est utilisée avec une alidade nivélitrice à fils ou une alidade à lunette qui permet à la fois les visées et les mesures de pentes. On fixe sur la planchette une feuille de papier à dessin sur laquelle est construite peu à peu la figure représentant le terrain. Pour tracer sur le terrain un arc de cercle reliant deux alignements AS et SB on opère comme suit (fig. 16) :

— Placer la planchette bien horizontale en station au point S,

— Tracer sur le papier à l'aide de la règle de l'alidade les côtés as et sb correspondant aux alignements. Ces côtés as et sb sont proportionnels aux longueurs AS et SB mesurées avec une chaîne,

— Dessiner directement au compas le cercle le plus grand possible tangent à as et sb,

— Déplacer la planchette et stationner en un point tel que P situé à l'intérieur de la courbe et d'où l'on a des vues bien dégagées,

— Reporter cet arc de cercle sur le terrain et piqueter les points C, F de la courbe à l'aide de visées faites à l'alidade et de mesures faites à la

Côte d'Ivoire. -- Route forestière présentant un double virage en « S » sans visibilité.

Photo Allouard.



chaîne, telles que PC, PF, etc... On voit immédiatement les obstacles à éviter et les modifications qui s'imposent pour asseoir la courbe régulière au mieux de la configuration du terrain (avec des terrassements minimum).

D'une façon générale, il faut souligner au passage : la planchette est un instrument très commode pour les levés rapides à grande échelle. Elle évite les erreurs de report et tous les calculs ultérieurs puisque l'on dessine directement ce que l'on voit. Le seul inconvénient de la planchette est son emploi difficile en temps de pluie. Notons que l'on peut toujours former un opérateur localement ; on le charge d'effectuer le dessin du tracé provisoire pendant la reconnaissance. Au cas où l'on estimerait indispensable d'obtenir le levé des tracés de bout en bout, la planchette permet une précision suffisante. Avec une simple alidade nivélitrice on peut mesurer la pente avec une erreur de lecture de 0,2 % seulement.

Règles relatives au tracé en plan :

Nous rappelons ici les règles relatives au tracé en plan. On ne saurait y déroger au moment de l'implantation sans réduire les caractéristiques limites de la route à construire ; ralentissement exagéré, freinages brutaux, risques d'accidents, obligation de sous-charger les véhicules sont autant de sources d'ennuis dues à un seul passage mal tracé.

Les rayons minimum des courbes tiennent compte des capacités de véhicules ; aussi doit-on s'efforcer de tirer le meilleur parti du terrain à traverser en passant avec le plus grand rayon pratiquement réalisable, soit pratiquement :

Rayons-limites des courbes.

En terrain peu accidenté.....	100 m
En terrain très accidenté.....	40 m

Deux courbes de sens contraire doivent être séparées par un alignement minimum de 40 m en terrain facile et de 10 m en montagne.

Etant donné que les courbes sont toujours désagréables au chauffeur, le développement maximum des courbes devra être limité mais, pratiquement, cette règle ne joue que pour les courbes de grand rayon que l'on utilise rarement sur des routes forestières.



Photo Lo Ray.

Gabon. — On distingue à droite une banquette de nistibilité qui dégage la vue le long de la tranchée creusée à la sortie d'un pont.

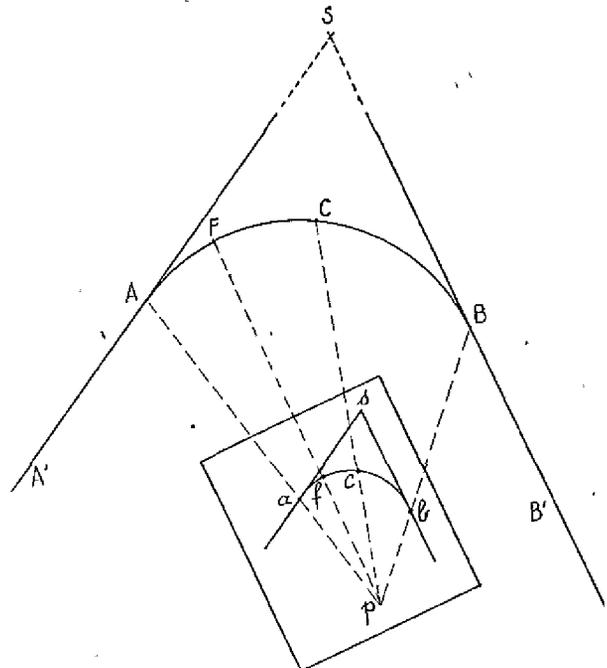


FIG. 16. — Tracé d'un arc de cercle à la planchette. Si le plan est dessiné à l'échelle de 1/100^e on a :

$$AP = ap \times 100$$

$$AB = ab \times 100$$

Banquette de visibilité

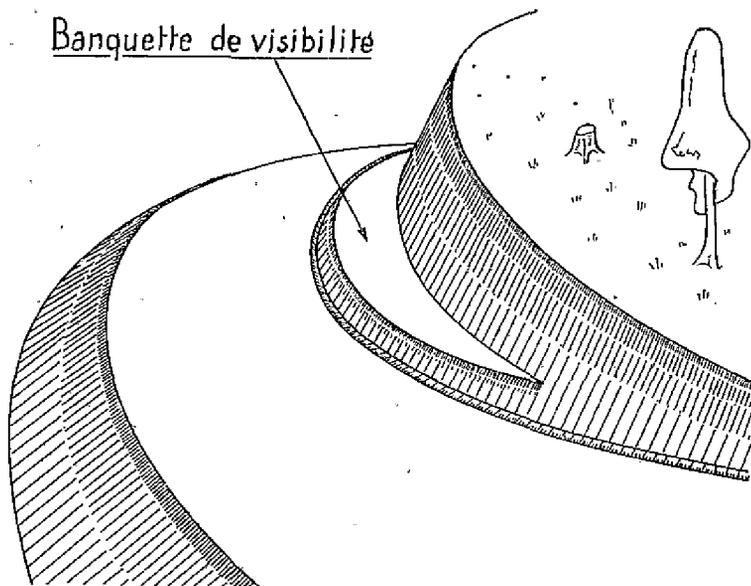


FIG. 17. — Banquette de visibilité dans les courbes de rayon court à profil en déblai.

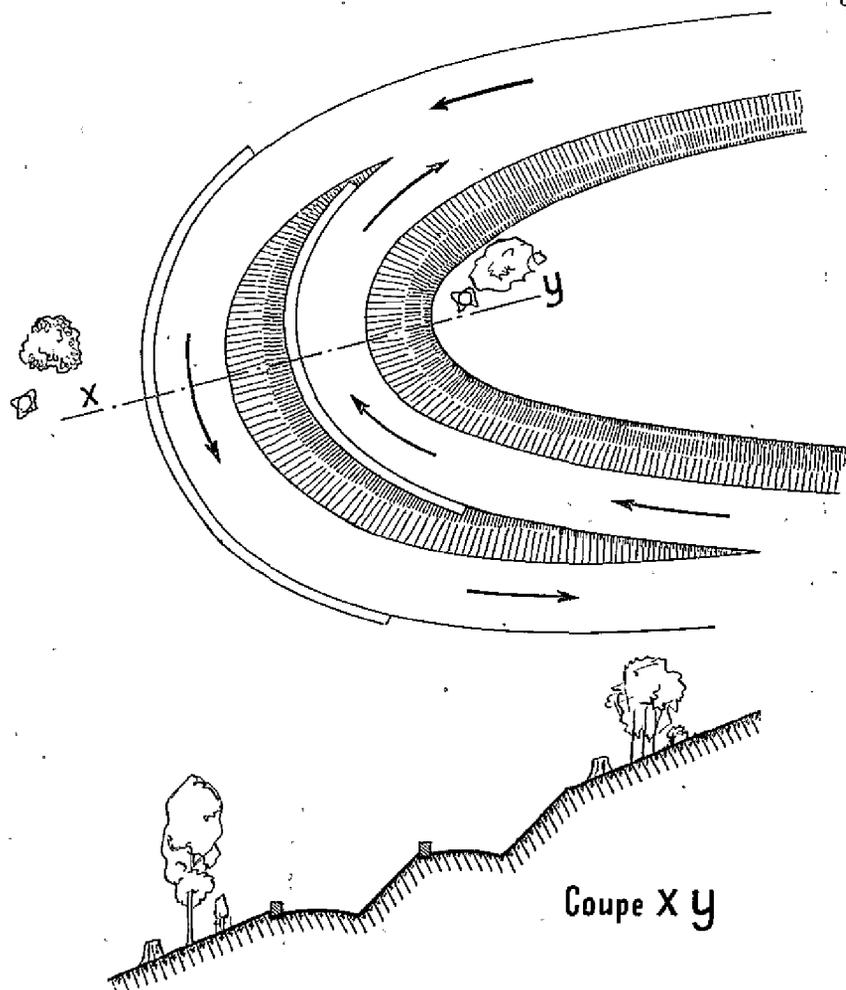


FIG. 18. — Double voie de circulation dans une courbe de court rayon à profil en déblai.

Règles relatives au profil en long :

On sait que la déclivité maximum franchissable est théoriquement limitée par l'adhérence des véhicules qui dépend de l'état de la chaussée. En outre, les dégradations dues aux ravinelements sur les chaussées en terre (ou en sol stabilisé) s'accroissent très vite à mesure que la pente augmente. Aussi ne doit-on pas dépasser les pentes maxima suivantes :

Déclivités maxima

	en charge à vide	
En terrain peu accidenté	4	8
En terrain accidenté...	6	12

Pour limiter l'effort de traction imposé aux véhicules, les déclivités sur les courbes doivent être moins accusées que sur les alignements d'au moins 1 à 2 % et ce d'autant plus que le rayon est plus court. Pratiquement, on peut se donner comme règle : ne jamais dépasser 5 % pour la déclivité en courbe. Lorsque le terrain impose la construction d'une longue déclivité, on doit, pour en faciliter le franchissement

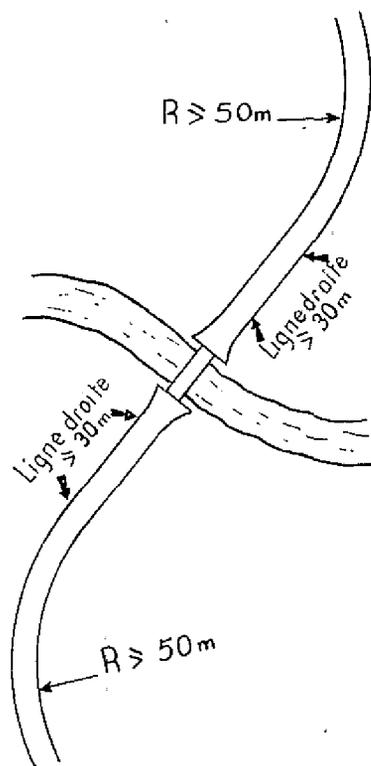


FIG. 19

par les camions chargés, adopter une pente inférieure au maximum prévu *a priori*.

Distance de visibilité

Il arrive souvent en forêt que la visibilité soit réduite du fait de la végétation notamment dans les courbes ; en tous points, un conducteur de véhicule doit disposer d'un champ de visibilité suffisant pour lui permettre d'apercevoir l'obstacle assez à temps pour pouvoir s'arrêter avant si la nécessité s'en fait sentir.

Les distances minimum de visibilité sur l'axe dépendent du terrain et de la vitesse maxima de circulation prévue ; on s'imposera :

Distance minimum de visibilité.

En terrain peu accidenté.....	100 m
En terrain très accidenté.....	50 m

D'une façon générale, lorsque la visibilité est insuffisante sur une route soumise à un trafic assez important dans les 2 sens, il est facile de séparer les deux voies de circulation sans recourir à un élargissement excessif de la chaussée. Il suffit d'implanter au milieu de la chaussée une ligne de piquets forts (8 à 15 cm) hauts de 1 m à 1 m 50. Cet aménagement est très efficace au haut des côtes et dans les tournants serrés.

Dans les courbes à profil mixte déblai — remblai, on est amené à ouvrir une banquette de visibilité dans le talus de déblais bordant une route en courbe (fig. 17). Lorsque le terrain impose une courbe de très court rayon (moins de 50 m) sur un versant à pente transversale abrupte (plus de 80 %), il est souvent plus facile de construire deux voies parallèles, une pour chaque sens, sur une longueur de 200 à 300 m, que de prévoir une seule voie de même longueur. La solution des deux voies oblige à des terrassements moins importants et par conséquent beaucoup plus rapides à exécuter. Elle facilite le drainage des parties en courbe (fig. 18).

Un cas particulier est fourni par l'emplacement des ponts ; les ponts forestiers sont presque toujours des ponts provisoires de largeur réduite. Même si leur état n'impose pas un arrêt avant franchissement, il est indispensable de placer à l'entrée et à la sortie du pont une ligne droite axée sur l'ouvrage d'au moins 30 m pour éviter toute fausse manœuvre (fig. 19).

En conclusion, nous rappelons les principes dont doit s'inspirer toute étude de tracé :

- confier cette étude à une personne qualifiée par son jugement, son bon sens, son expérience.
- Procéder à un examen méthodique et progressivement détaillé de la zone de passage étudiée.
- Arrêter son choix du tracé définitif après un examen réfléchi de tous les éléments de décision préalablement recueillis sur le terrain.

