

ELABORATION DES NORMES A FAIBLE  
NIVEAU DE SERVICE.

Mohamed Azzedine AFIRI

Chef du service Tracé  
Division technique  
DRCR.

## INTRODUCTION.

Lorsqu'on parle de routes économiques selon la résonnance que l'un ou l'autre trouve à ce terme, on peut penser à des aspects différents.

-On pense en 1er lieu que la route économique est une route pour laquelle, on cherche un prix de construction aussi bas que possible. C'est incontestablement vrai. Mais ce qu'il importe de voir, c'est jusqu'à quelle limite, il est possible ou justifier, de réduire le coût.

-on pense aussi que la route économique est celle qui est adaptée à un faible niveau de circulation. C'est généralement vrai. Le domaine de prédilection des routes économiques est bien de faibles trafics.

Enfin, on peut, penser d'une façon générale que la route économique est celle dont le type convient à l'équipement des pays en voie de développement.

Ces considérations ont toutes leur valeur, mais elles ne sont pas suffisantes pour permettre la définition d'un caractère distinctif de la route économique.

## I - DEFINITION D'UNE ROUTE ECONOMIQUE.

Cependant, et en prenant le volume de trafic comme critère de base, on peut scinder les routes économiques en 2 niveaux.

La distinction entre ceux-ci repose essentiellement sur le volume de trafic et le nouveau classement administratif. Celui-ci comporte des routes Provinciales assurant les principales relations à l'intérieur d'une province. et des routes communales de fonction plus locale et dont l'importance ne justifie pas les dépenses souvent élevées.

La différence essentielle entre ces deux niveaux de routes, caractérisées par la faiblesse de trafic, est que les usagers de la 1ère sont en proportion relativement importante des usagers occasionnels ne connaissant pas bien la région, alors que les routes du 2ème niveau ne supportent qu'un trafic essentiellement local, donc des habitués.

Il est donc légitime d'appliquer des normes différentes aux deux niveaux (catégories), et l'on appellera ainsi :

REFT 1 = N1 : Les routes provinciales à trafic inférieur à 100 v/j. Les routes communales et non classées de trafic compris entre 100 et 150 vh/j

REFT 2 = N2 : Les routes communales et non classées de trafic inférieur à 100 v/j. Les unes et les autres doivent être des artères de moins de 50 km.

## II - ROUTES ECONOMIQUES.POURQUOI ?

Les progrès de la technique routière d'une part, les préoccupations d'ordre économique d'autre part ont fait

qu'actuellement presque toutes les routes sont conçues aussi économiquement que possible. Ce qui veut dire qu'on cherche, pour toutes les routes dans des conditions données et pour un niveau de service donné, le moindre coût.

On ne peut aller plus loin dans la recherche de l'économie qu'en exploitant au maximum ces deux termes. En travaillant les données particulières du problème on voit donc, se dessiner le caractère spécifique de la route économique :

Une fois les normes arrêtées, l'on sentira à plus d'un niveau, l'intérêt que présentent les routes économiques à faible trafic.

Ce type de route concerne le desencavement de populations qui ne sont jusqu'ici, pas encore reliées au réseau routier national et régional.

La création de cette infrastructure routière jouera un rôle important permettant de générer la dynamique des échanges intercommunaux (bien de consommation, matière première...). Cette infrastructure favorise le passage d'une économie d'autoconsommation à une économie de marché ouvert sur la région, voire même la nation (transport de minerai, de produits agricoles...).

Cette catégorie de route pourra jouer encore le rôle de locomotive pour la mise en place progressive d'équipement sociaux-éducatifs.

Parallèlement 3 caractéristiques peuvent être d'un intérêt certain pour les routes économiques, à savoir :

- Que celles-ci ne demandent pas un investissement initial important.

- Qu'elles assurent au moment de l'exécution un nombre d'emploi accru étant donné que la réalisation de celles-ci sera basée sur l'utilisation massive de main d'oeuvre.

- Que pour le corps de chaussée l'on s'attachera à utiliser au maximum les matériaux existant dans la région.

### III - CARACTERES GENERAUX ET NIVEAUX DE NORMES.

#### A - caractères généraux de normes

Les normes qui seront applicables aux Routes à faible trafic sont conçues dans le sens de l'économie :

Elles portent sur les caractéristiques géométriques, les structures de chaussée et l'assainissement. Ces deux derniers aspects pouvant être fortement liés.

La définition des normes ne peut évidemment pas être entièrement l'aboutissement d'une approche théorique, encore qu'il n'y ait pas entièrement été renoncé;

l'autre approche est une tentative d'appréciation des économies possibles en comparaison de leurs inconvénients pour les usagers. Ces deux approches sont évoquées dans les paragraphes qui suivent.

D'une manière générale, les normes de niveau N1, applicables aux REFT1 pourront être moins sévères que celles en vigueur pour les Routes Nationales, Régionales et Provinciales de haut de gamme, constituant ensemble les Routes de Transit (RT), mais ne devront pas impliquer la prise de risque ni en matière de sécurité ni en ce qui concerne la tenue des ouvrages. Au contraire les normes de niveau N2 pourront impliquer la prise de risques mesurés.

Quel que soit le niveau, la compatibilité des normes relatives aux trois aspects évoqués ci-dessus devra être assurée, soit par l'association judicieuse des spécifications de chacun des deux niveaux de normes, soit à l'intérieur d'un même niveau, par des règles de compatibilité (par exemple, l'utilisation en couche de chaussée de matériaux plus plastiques qu'admis par les normes en vigueur peut ne pas être compatible avec des spécifications peu sévères en matière d'assainissement).

Il est probable que sur la plupart des REFT la circulation de véhicules très lourds (essieu de 13 T ou très encombrants (ensembles articulés) est exceptionnelle et ne répond pas à un besoin absolu (transport de chargements indivisibles). En l'absence d'une enquête sur la composition du trafic sur les REFT pour préciser ce point; il est provisoirement admis que l'essieu de 8t soit pris en compte pour le dimensionnement des chaussées et que la charge (poids total en charge) soit limitée à 25T sur les ouvrages d'art.

#### B - Niveau des normes.

Un niveau de normes est une combinaison cohérente de normes géométriques, de structures de chaussées et d'assainissement. la notion de niveau, claire pour les normes géométriques, l'est moins pour les structures de chaussées et l'assainissement. D'une part le risque encouru par l'acceptation de normes moins sévères dépend grandement de l'environnement; d'autre part, il intervient dans le bilan des usagers des facteurs étrangers à la route et à son environnement immédiat tels que les spéculations agricoles pratiquées dans la zone d'influence de la route. Un même élément, structure de chaussée ou norme réduite d'assainissement n'appartient donc pas à un niveau de normes en soi mais en relation avec d'autres données du projet que la classe REFT1 ou REFT2 de la route considérée.

#### IV - NORMES GEOMETRIQUES.

Les normes géométriques provisoires ont été établies à partir des travaux du Groupe de Travail constitué à cet effet en 1982, elles comprennent la définition des normes fondamentales; de règles de progressivité et de règle de compatibilité.

L'ensemble est présenté ci-dessous et fait l'objet de l'Annexe du présent rapport où les dispositions sont autant que possible justifiées :

#### A - Généralités.

##### 1 - Normes fondamentales.

Les normes fondamentales du tracé en plan et du profil en long comportent, pour les rayons de courbure, les notions de :

- extrême (minimum ou maximum) libre, autorisé en tout point du tracé,
- extrême normal,
- extrême absolu, l'un et l'autre admis sous réserve du respect de règles de progressivité et de compatibilité.

Pour les rampes, il n'est défini qu'un maximum libre et un maximum absolu.

##### 2 - Règles de progressivité.

La notion de progressivité découle de celle de vitesse de parcours continûment variable que le groupe de travail a proposé de substituer à celle de sections homogènes en vitesse de base de l'Instruction sur les Caractéristiques Géométriques des Routes de Rase Campagne en vigueur.

Le principe en est de n'autoriser l'usage de l'extrême normal ou absolu que s'il est annoncé, en plan, à une distance qui ne soit pas excessive, par un virage au rayon minimum libre (ou ensuite un minimum normal ou absolu précédent).

##### 3 - Règles de compatibilité.

Ces règles restreignent l'usage des largeurs de chaussées de plateforme minimales en fonction des caractéristiques du tracé pour éviter des dispositions dangereuses.

Le fait que 2 niveaux de normes ont été définis et qui doivent avoir en fin de compte des champs d'application distincts n'empêchera pas de tester l'un contre l'autre sur des projets-pilotes, en formulant les hypothèses fictives adéquates sur les fonctions et niveaux de circulation de chaque route.

## B - Définition.

### 1 - Normes fondamentales du tracé en plan et du profil en long

Les routes passibles de niveaux de normes N1 et N2 satisferont aux normes minimales du tableau ci-après :

| Caractéristiques                       | N1     | N2     |
|----------------------------------------|--------|--------|
| <b>TRACE EN PLAN</b>                   |        |        |
| <u>Rayon de courbure :</u>             |        |        |
| - minimum libre                        | 175m   | 75m    |
| - minimum normal                       | 30m    | 15m    |
| - minimum absolu                       | 15m    | 10m    |
| <b>PROFIL EN LONG</b>                  |        |        |
| <u>Rampes</u>                          |        |        |
| -Maximum normal                        | 7%     | 12%    |
| -Maximum absolu                        | 12%    | 18%    |
| <u>Raccordements en angle saillant</u> |        |        |
| <u>Rayon de courbure :</u>             |        |        |
| -Libre                                 | 4 000m | 2 000m |
| -minimum normal                        | 1 800m | 1 000m |
| -minimum absolu                        | 1 000m | 500m   |
| <u>Raccordements en angle rentrant</u> |        |        |
| <u>Rayon de courbure</u>               |        |        |
| -minimum normal                        | 1 500m | 1 000m |
| -minimum absolu                        | 500m   | 200m   |

En ce qui concerne les rayons de courbure en plan, le rayon de 15m ne pourra être utilisé que si l'angle au sommet est inférieur à , respectivement, 150 gr et 125 aux niveaux N1 et N2 celui de 10m (niveau N2) si l'angle au sommet est inférieur à 100gr.

La distance entre deux courbes circulaires sera au minimum de :

-20 mètres entre courbes de sens contraires,

-10 mètres entre courbes de même sens.

Les rampes excédant le minimum normal ne pourront régner que sur une longueur maximale variant progressivement de 2 km (minimum normal) à 0,5 km (minimum absolu); il sera admis de disposer plusieurs rampes supérieures au maximum normal, pourvu qu'elles soient séparées par des "paliers" de 4% de pente maximale et d'une longueur minimale variant progressivement de 0,5 km (après une pente au maximum normal) à 1 km (après une pente au maximum absolu).

Pour les raccordements en angle saillant, l'usage du rayon minimum normal et du rayon minimum absolu sont soumis au respect des règles de compatibilité énoncées ci-dessous.

Enfin, le rayon minimum absolu des raccordements en angle saillant ou rentrant ne peut être utilisé que si la différence de pente entre les extrémités du raccordement est au moins égale à 8%.

### Profil en travers:

#### a - section courante:

Le profil en travers des REFT sera normalement, selon l'intensité de la circulation :

-3,00m de chaussée et 2 x 1,00 m d'accôttements.

-4,00m de chaussée et 2 x 1,00 m d'accôttements.

En terrain montagneux, en déblais ou en profil mixte le ou les accôttements côté déblais pourront être remplacés par une murette de pied de talus et un caniveau dont la largeur sera incluse dans la largeur de chaussée. La largeur de plateforme ne pourra toutefois être inférieure à 5,50 mètres que si :

-en tout point de la section considérée dans les deux sens de circulation, la distance de visibilité de l'axe sur l'axe, sur cible à 1,10m au dessus du sol est au moins de 60 mètres,

-il y a entre le point considéré et le point de perte de visibilité, une possibilité de croisement de deux poids lourds.

Pour les routes supportant un trafic voisin du maximum de 150 véh/g dont la qualité du tracé en plan et en profil en long permet d'escompter qu'elles seront ultérieurement élargies sans modification notable du tracé, on pourra admettre :

4,00m de chaussée plus (2x2,00m) d'accôttement.

On pourra envisager, pour les très faibles trafics un profil en travers comportant, des bandes de roulement bétonnées soit:

-2 bandes bétonnées de 0,90m, espacées intérieurement de 0,60, et 2 accôttements de 1,00; ceux-ci et l'espace intermédiaire comportent alors un blocage qui se prolonge sous les bandes bituminées.

#### b - surlargeurs en virage

Il y aura lieu de donner aux chaussées étroites (chaussée de 3,00m et bandes bétonnées) une surlargeur dans les virages de petit rayon, dimensionnée non pour permettre le croisement des véhicules encombrants, mais seulement pour permettre aux poids-lourds de suivre le tracé sans descendre de la chaussée.

La surlargeur à donner dépend du rayon du virage d'une part, des caractéristiques, voie et empattement, du véhicule pris en considération, d'autre part.

On trouvera sa formulation dans la note justificative.

La voie, ou plus exactement la distance entre bords extérieur

des pneus sera prise égale à 2,50 mètres.

L'empattement L à prendre en compte sera fixé ultérieurement.

A titre indicatif, en admettant  $L = 6\text{ m}$  pour le niveau N1 et  $L = 4,00\text{ m}$  pour le niveau N2, on obtient théoriquement :

| R  | N1 avec chaussée de |      | N2 chaussée de |  |
|----|---------------------|------|----------------|--|
|    | 3,00                | 4,00 | 3,00           |  |
| 75 | 0,24                | -    | 0,10           |  |
| 30 | 0,58                | -    | 0,26           |  |
| 15 | 1,15                | 0,11 | 0,50           |  |
| 10 | -                   | -    | 0,74           |  |

Il en résulte qu'en terrain montagneux, on pourra être amené, sur les sections sinueuses, à adopter une largeur de chaussée constante de 4,00m plutôt que de 3,00m avec les surlargeurs très rapprochées, de nature à compliquer et renchérir la construction.

#### c - dévers:

En section courante, la chaussée comporte deux versants plans déversés à 2,5% vers l'extérieur avec un raccordement parabolique central de 1,00 de largeur; elle est prolongée par deux accotements déversés à 4% vers l'extérieur. Les chaussées de 3m de largeur pourront être entièrement déversées d'un seul côté.

en virage, le dévers sera de :

-2,5% pour le rayon minimum libre,

-4% pour le rayon minimum normal.

-7% pour le rayon minimum absolu; ce dévers pourra être ramené à 4% pour éviter des pentes excessives en bord de chaussée ou pour faciliter les raccordements de dévers.

#### 2 - Règles de progressivité:

Le tracé en plan respectera les règles ci-après :

-des courbes de rayons minimum libre peuvent être introduites en tout point du tracé;

-Les courbes de rayon moindre seront obligatoirement précédées, dans les deux sens de parcours par des courbes annonciatrices comme suit :

-Au niveau de normes N1, la succession typique sera : 175m, 75m 30m; les virages de rayon R compris entre 75 et 175m seront annoncés par des virages dont le rayon ne pourra dépasser ni 2,5R ni 250m, ils autoriseront les virages de rayon 0,4R (on admettra, par exemple, la succession 250m, 125, 50m).



-au niveau N2, la succession typique sera 75m, 15m, les virages de rayon compris entre 15 et 75m pourront être annoncés par des virages dont le rayon ne pourra dépasser ni 5R ni 125m (on admettra par exemple. 125m 30m ou encore 100, 20m).

-la distance entre sortie de courbe annonciatrice et entrée de courbe annoncée de rayon R ne pourra pas excéder :

400 m si R > 30m

250 m si R ≤ 30m

La courbe annoncée étant visible à mi-distance.

Les extrémités du projet si elles ont une signification physique définitive, ainsi que les traversées d'agglomération étroites ou sinueuses pourront être assimilées à une courbe au rayon minimum libre.

Les pentes supérieures au maximum normal pourront également y être assimilées dans le seul sens de la montée.

### 3 - Règles de compatibilité

Il y aura lieu, d'une manière générale, d'éviter que les caractéristiques en plan, profil en long et profil en travers incitent les uns à des vitesses de parcours interdites par les autres.

sont notamment interdites les dispositions suivantes :

-au niveau N1, la largeur de chaussée de 3m sur des tracés ne comportant pas au moins un virage au rayon minimum libre tous les 2 km,

-aux deux niveaux N1 et N2, les raccordements en angle saillant au minimum normal ou absolu dans les sections à tracé en plan rapide, c'est à dire que les deux extrémités du raccordement devront se trouver à moins de 400m d'une courbe de rayon au plus égal au rayon minimum libre et devront être visibles d'au moins 200 mètres.

-la largeur de chaussée de moins de 4,00m et la largeur de plateforme de moins de 6,00m dans les rampes de pentes supérieure au maximum normal.

-dans le sens de la descente, les déclivités supérieures au maximum normal, si le raccordement en profil en long qui y aboutit n'est pas annoncé, quelqu'en soit le rayon, par une courbe en plan dans les conditions précisées ci-dessus pour les raccordements au rayon minimum normal ou absolu.

-dans le même sens de la descente, un virage de rayon inférieur au minimum libre situé à moins de 200 m au delà de l'extrémité d'une déclivité supérieure au maximum normal.

## V - STRUCTURES DE CHAUSSEES.

### A - limitation du champs d'investigation.

Les réflexions du groupe de travail excluent à priori les structures ci-après :

-en bas de gamme, les chaussées non revêtues (à l'exception, naturellement des chaussées en béton).

-en haut de gamme, les structures comportant une couche de roulement en matériaux enrobés.

Il est nécessaire de reconsidérer ces deux exclusions car :

D'une part, la définition même des REFT amène à y inclure des routes non classées à trafic très faibles (de l'ordre du veh/j) qu'il n'y a pas de raison à priori de revêtir obligatoirement.

D'autre part, certaines structures comportant en revêtement une couche de roulement en matériaux enrobés (par exemple sol naturel graveleux stabilisé) peuvent être compétitives des structures n'en comportant pas.

### B - Structures de chaussées.

Nous allons présenter ce chapitre sous forme de 4 aspects qui seront examinés simultanément.

-L'inventaire des matériaux utilisables pour la construction des routes économiques,

-l'établissement d'un Catalogue de structures de chaussées économiques,

-L'estimation des coûts de construction et d'entretien des routes économiques proposées,

-la compatibilité des structures de chaussées avec un assainissement au niveau de la chaussée.

1 - Inventaire des matériaux utilisables pour la construction des routes économiques.

L'établissement d'un catalogue de structures de chaussées implique un choix et une définition préalable des matériaux dont l'utilisation sera prévue, qu'il s'agisse de matériaux utilisés seuls ou en combinaison (cas des structures multicouches). Les matériaux doivent faire l'objet d'une définition qualitative (spécifications et dispositions constructives) et quantitative (paramètres de dimensionnement).

La partie de l'étude concernant les matériaux de chaussée s'inspirera de ces principes généraux. On retiendra 3 principales classes de matériaux:

-Les matériaux classiques, soit utilisés au Maroc soit susceptibles d'adaptation aux conditions marocaines, pour lesquels des normes ou des usages existent.

-Les matériaux locaux et subnormaux (ou plus généralement hors-normes) utilisables en technique routière,

-Les sous-produits et déchets disponibles au Maroc utilisables en technique routière.

L'inventaire des matériaux a été réalisé et s'avère déjà possible d'en retenir certains dont l'utilisation au Maroc et plus particulièrement sur les routes économiques à faible trafic (REFT) paraît avantageuse, dans un contexte national ou régional de structures de chaussées,

## 2 - Matériaux classiques.

Il y a lieu de distinguer ici les matériaux classiques couramment utilisés au Maroc et les matériaux classiques ayant fait l'objet d'utilisations à l'étranger et susceptibles d'adaptation aux conditions marocaines.

### Matériaux utilisés au Maroc

Les matériaux classiques marocains sont conformes aux spécifications techniques du Catalogue 1977 de structures types de chaussées, reprises dans le Fascicule 5 du C.P.C. (Cahiers n°1 à n°5).

Ces spécifications techniques ne seront donc pas reprises ici. Parmi ces matériaux classiques, seuls sont à priori susceptibles d'être adaptés aux REFT:

- La G.N.F. grave non traitée pour couche de fondation,
- La G.N.B. grave non traitée pour couche de base, à indice de concassage supérieur à 35%.
- La G.N.A. grave non traitée pour couche de base, à indice de concassage supérieur à 100%.
- Les enduits superficiels gravillonnés.

Leur utilisation sur les REFT implique évidemment leur disponibilité à des conditions économiques satisfaisantes à proximité du chantier. Dans tous les autres cas, le recours aux matériaux locaux ou subnormaux ou aux déchets et sous-produits est justifié.

## 3 - Matériaux susceptibles d'adaptation au Maroc Matériaux non traités.

Les matériaux graveleux non traités sont utilisés dans la plupart des pays étrangers pour la construction des routes économiques à faible trafic. Dans la majorité des cas, ces routes sont des routes en terre (routes non revêtues).

La couche de base et de roulement doit satisfaire des normes strictes de granularité et de plasticité, en fonction de la nature du matériau (latéritique ou non latéritique) et du climat (sec ou humide).

A priori on peut exclure les chaussées non revêtues du champ de l'étude mais il est nécessaire d'attirer l'attention sur les trois raisons ci-après de reconsidérer cette exclusion.

- La définition des REFT finalement adoptée tend à prendre en considération des routes de très faible trafic. C'est ainsi que le CT.2306 étudie parmi les projets pilotes a un trafic estimé à quelques unités de Véh/j. Le trafic de la plupart des REFT sera inférieur à celui supporté en général par les routes aménagées jusqu'alors si bien qu'inclure la chaussée non revêtue dans l'éventail des chaussées économiques constituerait moins une rupture avec la doctrine actuelle qu'une adaptation à de nouvelles données.

- il n'est pas certain que les populations ne se considèrent comme desservies que si elles le sont par une route revêtue. Même si tel est le cas, certaines REFT ne desservent pas de populations, mais des terres ou des forêts. Les communes réalisent spontanément des routes non revêtues : pistes en terre dans le Rif, amélioration de la viabilité de pistes par apport de tout venant d'Oued; il semble préférable de les guider dans le choix des matériaux plutôt que de condamner la technique,

- Certains matériaux graveleux qui ne conviendraient pas en assise de base des routes revêtues pourraient être utilisés en couche de roulement des routes non revêtues (indice de plasticité).

Pour toutes ces raisons des normes sont proposés en annexe qui pourra être jointe à ce rapport si le besoin en est formulé.

Les assises en graves non traitées des routes rurales économiques susceptibles d'être revêtues d'un enduit superficiel satisfont le plus souvent aux normes habituelles, françaises, britanniques ou américaines le plus souvent. D'une manière générale, les règlements américains sont moins restrictifs en ce qui concerne la résistance mécanique, l'indice de concassage, la forme et la propreté des granulats, surtout dans les Etats où les problèmes de gel sont inexistantes.

Le Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic du SETRA - LCPC distingue cinq classes de résistance mécanique et admet des règles de compensation entre l'essai Los Angeles et l'essai micro-Deval en présence d'eau (mais faible trafic en FRANCE de 100 R/j (PL))

#### 4 - Matériaux locaux et subnormaux .

Sont définis comme subnormaux tous les matériaux dont une ou plusieurs des caractéristiques (homogénéité, résistance mécanique, frottement interne, propreté, etc...) ne leur permettent pas de satisfaire des spécifications en vigueur

(C.N.F.G.N.B, G.N.A., par exemple, pour les travaux au Maroc relevant de la Direction des Routes) et constituent un obstacle majeur au développement de leur utilisation en technique routière.

Cet état de fait est d'autant plus regrettable que l'emploi dans des limites à définir (spécifications) de tels matériaux permettrait :

- de limiter la consommation de granulats classiques alluvionnaires et rocheux, aux routes supportant un trafic de classe T3 et au dessus,

- d'utiliser divers matériaux qui se trouvent en abondance en bien des points du territoire National.

- de réduire sensiblement les coûts de construction.

Les comparaisons économiques entre l'utilisation de granulats classiques (satisfaisant aux prescriptions du C.P.C) et l'utilisation de granulats locaux et subnormaux ne seront généralement pas possibles, car elles n'auraient de valeur que pour un chantier donné et à une date donnée.

A condition d'observer certaines règles, il est plus satisfaisant et économique d'utiliser des matériaux locaux, s'ils sont disponibles à proximité du chantier, que de transporter des granulats classiques sur des distances importantes. Le renchérissement et la relative raréfaction des granulats classiques pourraient limiter leur consommation à des usages autres que la construction des REFT, sauf cas particuliers (présence de carrières à proximité).

Le Tableau 2 ci-dessous récapitule les principaux matériaux locaux et subnormaux (ou hors - normes) qui ont été inventoriés au Maroc et ont atteint des degrés variés d'expérimentation.

N.B : Les tufs calcaires et encroûtements, le Villafranchien la calcarénité le gypse et anhydrite, les schistes bitumineux ont fait l'objet de plusieurs communications au Premier Congrès National de la Route à Marrakech (2 au 4 Février 1984).

#### 5 - Sous-Produits et déchets.

Une distinction est en général effectuée entre sous-produits et déchets. Un sous-produit est un produit obtenu au cours de la production d'un autre matériau considéré comme le matériau principal, un déchet est un résidu obtenu en fin de cycle de consommation, par exemple les cendres ménagères. Cette distinction s'estompe du fait de l'emploi du mot déchet pour tout matériau qui n'est pas totalement utilisé et qui s'accumule en tas.

L'utilisation des sous-produits et déchets en technique routière est déjà de pratique courante dans de nombreux pays où ils servent notamment :

INVENTAIRE DES MATERIAUX LOCAUX , SUBNORMAUX OU HORS-CATALOGUE

UTILISABLES EN TECHNIQUE ROUTIERE

| Matériaux                      | Localisation Principale       | Utilisations Concevables  |                                 |                    | L I A N T   |              | Traitement éventuel pour utilisation en assises | Réalisation ou expérimentation pas en cours ou prévues |
|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------|--------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                |                               | Remblais Couches de forme | Assises de fondation et de base | Couche de liaison. | Hydraulique | Hydrocarboné |                                                 |                                                        |
| - T 4 calcaire, encroûté       |                               | x                         |                                 | x                  |             |              | x                                               | x                                                      |
| - Villafranchien               | Charb                         | x                         |                                 | x                  |             |              | x                                               | x                                                      |
| - Calcarénite                  | Doukkala                      | x                         |                                 | x                  |             |              | x (x)                                           |                                                        |
| - Gypse, anhydrite             | Safi                          | x                         |                                 | x                  | x           |              | x                                               | x                                                      |
| - Tout-venant d'oued           |                               | x                         |                                 | x                  |             |              | x                                               | x                                                      |
| - Tout-venant de reg           |                               | x                         |                                 | x                  |             |              | x                                               | x                                                      |
| - Eboulis de pente             |                               | x                         |                                 | x                  |             |              | x                                               | x                                                      |
| - Arène argilo-sableuse        | Romani                        | x                         |                                 | x                  |             |              | x                                               |                                                        |
| - Basaltes, roches volcaniques |                               |                           |                                 |                    |             |              |                                                 |                                                        |
| - Basiques                     |                               | x                         |                                 | x                  | x           |              |                                                 |                                                        |
| - Schistes bitumineux          | Timahdit<br>Tanger<br>Tarfaya | x                         |                                 | x                  |             | x            | x                                               |                                                        |
| Pierre cassée                  |                               |                           |                                 | x                  |             |              |                                                 |                                                        |

(x) Traitement pratiquement requis car coefficient L.A très souvent supérieur à 50.

- de matériau de remblai (schiste houiller),
- de matériau de fondation (schiste houiller, laitier de haut-fourneau, phosphogypse),
- de granulats de béton bitumineux (laitière de haut-fourneau),
- de liant hydraulique (mélange de laitier granulé et de chaux, mélange de cendre volante et de chaux ou ciment, mélange d'anhydrite synthétique et de sulfate de potassium).

Les critères généraux utilisés conjointement avec les qualités techniques pour indiquer les possibilités d'emploi d'un déchet en technique routière sont :

- quantité annuelle disponible à chaque emplacement suffisante,
- distances de transport acceptables,
- matériau peu toxique,
- matériau peu soluble dans l'eau.

Six sous produits et déchets satisfaisant plus au moins aux critères ci-dessus ont été recensés au Maroc : Il s'agit de :

- cendres volantes.
- cendres de pyrite.
- phosphogypse.
- Déchets de carrière.
- machefers.
- Poussières de fours à ciment.

#### 6 - Bilan des Expérimentations Marocaines

Les expérimentations marocaines, présentes ou passées permettent de proposer l'application au Maroc, dans le domaine des REFT au sens large (trafic inférieur à 350-400 véhicules/jour), d'un certain nombre des techniques, exposées dans les paragraphes ci-dessus.

Les domaines d'emploi de ces techniques (milieu nature, niveau dans la chaussée, trafic) et leur rationalisation prescriptions de fourniture et de mise en oeuvre) doivent être précisées par la suite et constitueront les projets de normes.

#### Techniques opérationnelles

Ces techniques peuvent être ramenées à deux types :

- Chaussées à assises non traitées, constituées de matériaux graveleux,

- matériaux classiques ; G.N.F., G.N.B., G.N.A. lorsqu'ils sont disponibles économiquement,

matériaux locaux et subnormaux : Tufs calcaires, Villafranchien, Calcarénite, Tout-venant (Oued, reg, pente),

Plateforme graveleuse stabilisée mécaniquement.

Chaussées en macadam cylindré, constituées de pierre cassée sur matériaux graveleux (le cas échéant, déchet de carrière).

#### Techniques en cours de développement

Ces techniques sont encore au stade expérimental, du moins en ce qui concerne l'adaptation de certaines d'entre elles au contexte marocain. Elles peuvent être amenées à trois types selon le niveau dans la chaussée (fonction) :

-Assises ne nécessitant pas de couche de roulement : Béton hydraulique.

-Assises de bases nécessitant une couche de roulement (enduit superficiel):

-Chaussée à assises traitées au liants hydrauliques,

-Grave - cendres volantes - chaux, ou grave-ciment.

-Sable ciment.

-Chaussées à assises non traitées, constituées de sulfate de calcium,

-gypse et anhydrite.

-gypse - marne

-Assises recevant une assise de base et une couche de roulement (enduit superficiel) : Sols fins plastiques traités à la chaux.

L'ensemble de ces techniques doit faire l'objet de fiches dans le catalogue des Structures de chaussées Economiques REFT 2) par suite de leur caractère expérimental, le risque pris sera implicitement plus élevé. Elles pourront être considérées comme opérationnelles lorsque des sections de plusieurs kilomètres de longueur auront été circulées sans qu'apparaissent de dégradations pendant cinq années. Après cette période transitoire, les fiches et les spécifications correspondantes pourront être revues à la lumière de l'expérience acquise.

On notera que la grave-cendres volantes - chaux (ou gravé - ciment loin de jerada) est assez coûteuse : elle n'a d'intérêt dans le cas des REFT que dans la mesure où, en l'absence de matériaux convenables à proximité, elle peut permettre l'utilisation de granulats qu'il ne serait pas prudent d'employer non traités (défaut de résistance mécanique et propreté en particulier).

#### 7 - Spécification:

L'on peut proposer pour les matériaux entrant dans les assises de chaussées et pour celles-ci des spécifications



provisoires, qu'il y aura éventuellement lieu d'ajuster après quelques années selon les enseignements de l'expérience.

On trouvera en annexe l'indication des travaux et publications, marocains ou étrangers, sur lesquels il est envisagé de s'appuyer ainsi que la consistance qu'il est proposé de donner aux spécifications (Si la commission en formule la demande)

#### 8 - structures.

Les techniques dont le bilan peut être considéré comme positif au Maroc ont été inventoriées ci-dessus. Les structures basées sur ces techniques seront de deux sortes; celles destinées au REFT 1 et au REFT 2, celles impliquant l'acceptation d'un certain risque destinées aux seules REFT.2.

A ce stade, il est proposé de retenir les types de structure suivant

Type 1 - Couche de roulement: enduite superficiel  
(REFT1- REFT2) couche de base : matériaux graveleux non traités  
couche de fondation (éventuelle): matériaux graveleux non traités.

Type 2- Couche de roulement : enduit superficiel  
(REFT1 - REFT2) couche de base : macadam à l'eau

Couche de fondation (éventuelle: matériaux graveleux non traités.)

Type 3 - Couche de roulement : néant  
REFT1-REFT2) Couche de base : béton  
Couche de fondation (éventuelle) matériaux graveleux non traités.

Type 4 - Couche de roulement : enduit superficiel  
REFT1-REFT2) Couche de base : Matériaux graveleux traités aux liants hydrauliques

Couche de fondation (éventuelle): matériaux graveleux non traités.

Type 5 - Couche de roulement : enduit superficiel  
(REFT1-REFT2) couche de base : matériaux sableux traités aux liants hydrauliques.  
Couche de fondation (éventuelle) matériaux sableux non traités.

Type 6 - Couche de roulement : enduit superficiel  
(REFT1-REFT2) Couche de base : matériaux graveleux non traités  
couche de fondation : sol fin plastique traité à la chaux  
(Sol de plateforme instable ou peu portant)

Type 7 - Couche de roulement : enduit superficiel  
(REFT1-REFT2) Couche de base : gypse (ou anhydrite) concassé  
couche de fondation (éventuelle) :gypse (ou anhydrite) concassé.

Type 8 - Couche de roulement : enduit superficiel  
(REFT1-FERT2) Couche de base gypse - marne

Couche de fondation (éventuelle) : gypse - marne

Type 9 - Couche de roulement : enduit superficiel

Variante: endobés denses

(REFT 2) Couche de base : matériaux graveleux en place stabilisés mécaniquement.

Sol de plateforme graveleux de qualité)

Type 10 \* - Couche de roulement : néant

(REFT 2) Couche de base : matériaux graveleux non traités.

La dénomination : "matériaux graveleux" a été retenue pour ne pas créer de confusion avec les "graves" du Catalogue dont les spécifications sont plus sévères.

Le type est une variante soit du type 1, soit du type 9

L'utilisation sur les REFT de graves G.N.A., G.N.B. et G.N.F., lorsqu'elles sont localement disponibles, pourra se traduire par des réductions d'épaisseur dans le cas des chaussées des types 1, et 8 ci-dessus.

Les chaussées des types 3 à 8 ci-dessus constitueront la catégorie des chaussées expérimentales pour lesquelles une période de probation de cinq années sera prévue. Les quatre premières permettent l'utilisation sur les routes provinciales peu circulées de matériaux ne satisfaisant pas entièrement aux prescriptions relatives aux matériaux classiques (G.N.A.; G.N.B? G.N.F.) et d'élargir le champ des chaussées expérimentales du Catalogue en question (G.A.C., B.C., S.T.C., S.S.C.).

Il paraît en effet judicieux d'expérimenter de telles structures dans un premier temps sur les routes provinciales peu circulées. L'expérimentation sera plus probante que sur les routes communales ou rurales et le risque restera limité. Après une période transitoire de suivi des réalisations, le domaine d'application des nouvelles structures pourra être élargi aux trafics plus élevés et/ou aux routes autres que provinciales.

La numérotation des types ci-dessus est provisoire. Pour les REFT 1, La numérotation finale sera compatible avec celle du catalogue 1977 existant.

Comme dans ce catalogue, on distinguera zone aride (ZA) et zone non aride 5 (ZNA) à moins que la structure considérée ne s'applique qu'à l'une d'elles (par exemple, les chaussées des types 7 et 8 ci-dessus sont spécifiques à la région de safi ZNA).

#### a - Remaniement du catalogue 1977

La classe T3 du catalogue 1977 de structures Types de chaussées doit être revue dans le but de scinder cette classe :

|                  |           |   |           |
|------------------|-----------|---|-----------|
| Classe T3 +..... | 350 (400) | T | 750       |
| Classe T3 -..... | 200       | T | 350 (400) |

en restant strictement dans le contexte du catalogue 1977.

Les structures ainsi recalculées seront applicables à toutes les routes (nationales, régionales, provinciales) et les matériaux seront les matériaux classiques du catalogue 1977 (E.B., G.B.B, G.N.A, G.N.B).

Quatre types de chaussées sont donc à revoir pour le paramètre T3 seulement :

- CT1
- CT1 bis
- CT2
- CT2 bis

le type EXP4 (chaussées en béton) sera inclus s'il y a lieu.

La raison de cette révision du catalogue 1977 est que la classe de trafic T3 est relativement large et que les structures de chaussées de bas de la classe T3 sont apparues un peu surdimensionnées.

En résumé, en plus du catalogue de chaussées Economiques pour REFT, il est nécessaire d'établir un complément au catalogue 1977 applicable aux routes provinciales de classe T4, sur lesquelles un niveau de risque intermédiaire pourra être accepté.

de revoir les structures du catalogue 1977 pour les matériaux classiques et la classe T3 seulement, en restant dans l'esprit du dit catalogue.

#### b - Contenu du catalogue

L'objectif d'un catalogue des structures de chaussées est d'être utile tant lors de l'établissement d'un projet que lors de sa réalisation.

Les documents qui doivent être établis satisferont cet objectif en comprenant les cinq chapitres suivants :

- trafic,
- plateforme support de chaussée,
- matériaux,
- fiches de structures,
- dispositions constructives;

N.B L'annexe II contient également le détail des méthodes de calcul qu'il est proposé d'appliquer au dimensionnement des structures de chaussées.

### c - Coûts de Construction et d'Entretien

La méthode est l'évaluation des coûts des différents types de chaussées économiques proposés dans le cadre des projets pilotes :

Les coûts des routes économiques à faible trafic comprennent:

- les études,
- la construction,
- l'entretien,
- les interruptions du trafic.

Les études interviennent dans une faible proportion du coût total d'une route. Si l'on admet un niveau de risque supérieur sur les REFT, les études devront être modestes mais permettre l'établissement d'un projet fiable et conforme aux normes. Une intégration optimale des études géo-techniques et géométriques sera recherchée. L'étude géotechnique aura pour objectif principal de cerner les éléments ayant une incidence majeure sur les méthodes et les coûts de construction : déblais rocheux, versants instables, dunes, terrains marécageux, tirs, etc. Elle permettra un dimensionnement sera de préférence finalisé par des mesures de déflexions sur la plateforme terminée, si sa teneur en eau est considérée comme proche de la teneur en eau d'équilibre. Dans la mesure du possible, il sera largement fait appel aux expériences acquises pour alléger les études géotechniques.

Les coûts liés aux interruptions du trafic concernent les coupures momentanées résultant d'une option prise quant à l'assainissement au niveau de la chaussée, en zone aride.

Le coût de construction est le poste le plus apparent et le plus sensible. Une vue à long terme impose cependant de prendre également en considération le coût d'entretien, certaines chaussées plus économiques à la construction peuvent s'avérer en réalité plus coûteuses si le bilan global pendant la durée de vie de la route est effectué. Comme le précisent les comptes - rendus et notes provisoires du Groupe de Travail, c'est le couple coût de construction coût d'entretien qui doit être optimisé pour abaisser les coûts. Les comptes - rendus et notes provisoires du Groupe de Travail suggèrent d'admettre un niveau de service moins élevé sur les REFT. Il n'en demeure pas moins qu'à niveau de service égal certaines techniques requièrent moins d'opérations d'entretien.

Dans la suite les stratégies d'entretien des différentes structures retenues doivent être définies en vue de garantir un niveau de service acceptable et de maintenir le patrimoine en un état satisfaisant.

Le coût de construction est directement lié aux méthodes et aux stratégies de construction. Si la construction doit être réalisée par la promotion Nationale, l'estimation du coût sera plus délicate.

D'une manière générale, les coûts de construction et d'entretien seront établis pour les structures classiques à partir des données de l'étude Quatrième Projet Routier, actualisées et adaptées s'il y a lieu. En ce qui concerne les structures des coûts des techniques classiques soit par transposition des éléments de coûts disponibles à l'étranger pour des techniques analogues.

#### d-Compatibilité avec l'Assainissement au niveau de la chaussée

La notion de l'assainissement au niveau de la chaussée peut comporter les conséquences suivantes :

Les eaux souterraines présentes dans les assises de chaussées n'ont pas la possibilité de s'écouler dans les fossés latéraux,

- certaines sections, généralement courtes, sont exposées à être périodiquement submergées.

La compatibilité des structures de chaussées proposées ci-dessus pour les REFT avec l'assainissement au niveau de la chaussée sera définie vis à vis des diverses configurations envisagées au chapitre ci-dessous comme favorables à ce type d'assainissement et présentant à des degrés divers l'un ou l'autre des risques ci-dessus.

Il n'est possible dès à présent que d'énoncer quelques généralités.

Les chaussées en béton sont le plus souvent recommandées pour la réalisation des sections de chaussées submersibles actuelles.

Au contraire, les chaussées comportant du gypse ou un sol fin plastique traité à la chaux ou des matériaux graveleux traités aux liants hydrauliques accepteront mal ou très mal l'assainissement au niveau de la chaussée.

Les chaussées ne comportant en assise que des matériaux graveleux non traités sont plus sensibles à l'action de l'eau que les chaussées en béton. Mais sous réserve de précautions (qui seront explicitées) elles sont susceptibles d'admettre l'assainissement au niveau de la chaussée.

En particulier, un enduit superficiel seul présenterait vraisemblablement trop de risques, lorsque les écoulements sont importants ou fréquents, même s'il était réalisé dans d'excellentes conditions, et l'un des revêtements suivants devrait donner satisfaction :

- enrobé pour couche de surface de chaussées souples à faible trafic, de granularité 0/10 continue, comportant éventuellement une fraction de sable roulé en épaisseur de 4cm,
- enrobé dense à l'émulsion, appliqué en épaisseur de 4 cm
- grave - émulsion, appliquée en épaisseur de 8 à 12 cm, recouverte d'un enduit superficiel.

Les économies réalisées sur les terrassements, les ouvrages et, s'il y a lieu, les chaussées devraient largement compenser l'augmentation de coût résultant de l'apport d'une couche de roulement plus importante.

Les protections des bords des chaussées submersibles contre l'érosion seront étudiées dans le cadre de la Recommandation sur le Rétablissement d'Écoulements de Surface.

## VI - ASSAINISSEMENT.

Les normes d'assainissement des REFT portent sur:

- le principe d'assainissement : assainissement "classique ou "au niveau de la chaussée"
- le dimensionnement des ouvrages
- les caractéristiques techniques et le mode de dimensionnement des ouvrages.

A - Définition des cas d'indication de l'Assainissement au niveau de la chaussée.

L'assainissement au niveau de la chaussée consiste essentiellement en l'absence de fossés en pied de talus de déblais; ceci peut ou non impliquer le remplacement des dalots par des radiers submersibles, qui, lorsqu'ils sont très courts (dans le sens de l'axe de la chaussée) sont aussi appelés cassis.

### 1 - Ecoulement longitudinal

L'écoulement des eaux peut se faire longitudinalement en bord de chaussée sauf à traverser celle-ci en surface au travers de dalots de loin en loin; le profil en travers de la chaussée est alors normal, l'accotement étant le plus souvent remplacé par une murette-caniveau la murette ayant pour fonction d'éviter l'érosion du talus de déblais et de retenir les apports solides des eaux de ruissellement.

La murette-caniveau est assez onéreuse; en conséquence, ce dispositif n'est indiqué que si :

- l'économie de terrassements permise par la suppression du fossé est importante (déblais de grande hauteur, ou déblais en terrain rocheux),

- les conditions géotechniques imposeraient un fossé bétonné, un fossé ordinaire ne pouvant être admis soit en raison des risques que l'infiltration des eaux feront courir à la stabilité des talus, soit en raison des risques de ravinement du fossé là où la pente est forte et le terrain naturel facilement érodable (encore qu'il y ait, dans ce dernier cas, des solutions concurrentes).

Le dispositif présente l'inconvénient de réduire considérablement la distance de visibilité dans les courbes du tracé en plan dont la concavité est en déblai. Il peut alors être nécessaire d'y renoncer ou d'élargir et revêtir l'accotement, ce qui enlève beaucoup de son intérêt sur les sections très sinueuses.

## 2 - Ecoulement transversal

L'écoulement des eaux superficielles peut aussi se faire transversalement, sur les sections en profil mixte. La chaussée et les accotements sont alors déversés dans le sens de la pente du terrain nature. Le dispositif n'est indiqué que si :

- Les risques de ravinement des talus de déblai et remblai sont minimes : talus de déblais rocheux, ou talus de faible hauteur dont il peut être escompté qu'ils se couvriront rapidement de végétation,

un contre- devers de 2,5% peut être accepté dans les virages ,donc que le rayon de ceux-ci soit au minimum celui pour lequel, dans la catégorie considérée (REFT 1 ou REFT 2), le profil en travers courant est conservé.

- La pente du terrain naturel est suffisante pour que le drainage des couches de chaussée puisse se faire par talus de remblai, ou

- Le sol naturel est suffisamment peu plastique et perméable pour qu'on puisse accepter que les couches de chaussées ne soient pas drainées latéralement.

Ce type de drainage au niveau de la chaussée est compatible avec le franchissement des émissaires naturels par des dalots ou des radiers.

Les conditions ci-dessus pourront se rencontrer :

Le plus souvent dans les plaines de piémont et sur les plateaux, où le sol naturel est en pente, transversale par rapport au projet, de quelques centièmes, et de nature caillouteuse,

plus rarement, en montagne, sur des versants rocheux suffisamment réguliers pour autoriser un tracé tendu.

## B - Dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

Les petits ouvrages hydrauliques routiers exigent un dimensionnement hydraulique : il s'agit principalement des buses et dalots ou tout autre ouvrage ayant même fonction.

### 1 - Estimation du débit à évacuer

Pour le dimensionnement hydraulique des petits ouvrages, il est proposé de retenir le débit de crue décennal comme pour les routes autres que les REFT; on a en effet souligné ci-dessus qu'un sous-dimensionnement des ouvrages ne permettrait en général qu'une économie peu importante relativement au coût total de construction et probablement illusoire.

Les méthodes, formules et coefficients en usage actuellement au Maroc sont recensés dans le cadre d'une étude réalisée en 1977 par la Société SOGREAH : " METHODOLOGIE ADAPTEE L'ESTIMATION DES DEBITS DU DROIT DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT ROUTIER". En l'absence d'informations précises relatives à un bassin versant qui aurait fait l'objet d'une étude plus particulière (comme par exemple Moulouya - Sebou et Ouregha actuellement en cours). Les méthodes ainsi recensées seront considérées comme globalement valides dans la région où elles sont couramment appliquées.

Toutefois, de part leur caractère, les REFT seront le plus souvent intéressées par de petits bassins, les cours d'eau plus importants étant franchis par des routes de catégories supérieures. Une des tâches essentielle de l'Ingénieur Hydrologue est d'examiner :

- comment les caractéristiques de chaque bassin pourraient être prises en compte par une méthode simple,

- comment la méthode couramment appliquée dans chaque région devrait être adaptée aux petits bassins et à leurs particularités.

### 2- Evaluation de la capacité de débit des petits ouvrages.

La détermination du débouché nécessaire consiste à déterminer pour chaque ouvrage la capacité de débit en fonction des conditions de service hydraulique :

hauteur d'eau amont supposée ou admissible,

- l'écoulement de la crue dans l'ouvrage est-il régi par les conditions hydrauliques amont ou aval ?

- Longueur et pente de l'ouvrage,

- Superficie,

pente - largeur - longueur,



L'objectif final est de dresser de simples tableaux ou des abaques similaires à ceux du U.S. Département of Commerce, Bureau Of Public Roads. Ces tableaux ou abaques, regroupant tous les cas usuels de petits ouvrages hydrauliques, devraient permettre le choix économique en fonction du débit de crue de projet et des contraintes géométriques d'implantation.

### 3 - Radiers submersibles

Les radiers submersibles offrent une solution économique pour le franchissement des cours d'eau non permanents ou à faible débit d'étiage ils devraient donc être largement utilisés sur les REFT

Ces ouvrages présentent l'inconvénient évident d'être à l'origine d'interruptions de la circulation au moment des crues. Une troisième tâche essentielle de l'Ingénieur hydrologue sera de proposer, pour chacune des régions du Maroc (c'est à dire l'étendue du territoire où s'applique une méthode donnée de prévision du débit des crues) une méthode simple de prévision de la fréquence et de la durée des coupures.

Celles-ci peuvent avoir deux ordres de conséquences :

- imposer aux usagers un détour important,
- isoler temporairement des populations.

Ce dernier inconvénient est d'ordre social plus qu'économique et ne peut pratiquement pas être évalué en termes monétaires. Les règles d'acceptation du risque seront alors discutées par analogie, par exemple, avec ce qui est couramment admis en matière de déneigement.

Quant au premier, il est passible d'une analyse économique, en vue d'énoncer des règles d'application facile.

### 4 - Caractéristiques techniques et mode de construction des ouvrages d'assainissement.

Ici il faut envisager l'adjonction d'un complément à l'intention des règles au catalogue des Ouvrages d'art types en vigueur courant :

- les petits ouvrages d'assainissement non décrits par le catalogue, y compris les éléments de drainage au niveau de la chaussée,

- Les accessoires d'ouvrages d'art, y compris s'il y a lieu trottoirs et garde-corps (donc éventuellement le profil en travers) recommandables pour les REFT.

Si, après enquête sur la composition du trafic empruntant les REFT il est finalement décidé de limiter la charge sur les

ouvrages d'art des REFT (ou des REFT 2 seulement), il s'ajoutera à ces tâches celle d'adapter les petits ouvrages décrits par le catalogue à cette charge réduite. Ceci impliquera, pour certains ouvrages (dalots) de déduire de la charge limite, exprimée en poids total en charge, les charges réglementaires à prendre en compte dans le calcul. par souci de cohérence avec le calcul des grands ouvrages (ponts de plus de 5 mètres de portée) qui pourra se rencontrer sur les REFT, il y aura avantage à les définir complètement, y compris celles, telles les convois de camions, qui n'interviennent pas en pratique dans le calcul d'ouvrages d'assainissement.

En dehors de la limitation éventuelle de la charge les petits ouvrages des REFT présentent deux particularités, dont il sera tenu compte:

- certains accessoires pourront être plus rustiques que prévu par le catalogue,

- il pourra être intéressant de recourir à des techniques à haut emploi de main d'oeuvre.

Ce dernier point fera l'objet d'une attention particulière, il est apparu que la construction de petits ouvrages était le domaine de meilleure efficacité de la main d'oeuvre de la Promotion Nationale et l'expérience des chantiers menés avec le concours de cet organisme sera analysée. Une enquête est menée auprès des petits entreprises locales imliquées dans la construction des routes secondaires et tertiaires pour déterminer les techniques à haut emploi de main d'oeuvre qui leur sont familières ou auxquelles elles pourraient s'adapter; on examinera en particulier le cas des ouvrages voutés en maçonnerie.

D'une manière générale, il sera proposé pour le Catalogue au moins une variante de chaque type d'ouvrage destinée aux chantiers à haut emploi de main d'oeuvre.

## VII - BILAN.INCONVENIENTS/ECONOMIE

S'il est possible, comme on vient de le voir d'aborder certains problèmes par une étude théorique générale, ce ne l'est évidemment pas d'évaluer le bilan des économies possibles et de leurs inconvénients pour les usagers.

C'est pourquoi il a été procédé à une étude de cas par le biais de six "projets pilotes" choisis dans des terrains variés (80 km de routes au total). Pour chaque projet, il a été étudié au moins une variante de base conforme aux normes en vigueur et une variante selon les normes envisagées pour l'une des catégories de REFT. Les deux variantes ont fait l'objet d'une analyse technico-économique spécialement conçue pour cette catégorie de routes.

- Tracé existant -  
Variante de base : Pour laquelle les rectifications apportées au tracé en plan et en PL visent à mettre en conformité

le projet avec les recommandations de l'instruction sur les caractéristiques géométriques, les rectifications consistent essentiellement sur le changement des rayons soit pour introduire d'autres plus grands, soit pour respecter la règle de continuité. Il a été évidemment nécessaire de caler une nouvelle ligne rouge au niveau de ces sections modifiées et chaque fois que cela entraînerait les économies de terrassements. La structure de chaussée quant à elle, est conforme au catalogue 77.

- Variante économique : conserve pratiquement le tracé de variante de base tout en lui apportant par application de normes inférieures mais valables pour les REFT, les rectifications nécessaires, chaque fois que cela est susceptible d'apporter les économies. Toutefois, pour la structure de chaussée, on retiendra selon qu'on est en REFT1, ou REFT2, celle qui convient le mieux parmi les structures proposées pour les Routes économiques.

Pour évaluer l'intérêt des normes réduites, 3 facteurs de coût peuvent être pris en considération à savoir :

- coût de construction
- dépenses d'entretien
- coûts de roulage des véhicules

Le rapport relatif au projet pilote pour une route située en relief accidenté dans sa totalité n'est pas encore fourni à ce jour. Il est donc prématuré d'avancer toute conclusion:

sur l'incidence des caractéristiques médiocres de roulage des véhicules.

Quant au coût d'entretien l'allègement de la structure de chaussée et l'utilisation de matériaux de moindre qualité implique que pratiquement il soit consenti des dépenses d'entretien plus élevées.

Toutefois, on peut dire que de telles mesures peuvent s'avérer rentables financièrement lorsqu'on prévoit à la mise en service un trafic moyen journalier inférieur à 120 v/j.

Ainsi, la comparaison entre les différentes variantes peut uniquement se faire au niveau des coûts de construction.

Les tableaux ci-joints font apparaître les parts respectives des terrassements, du drainage et de la chaussée dans le coût de construction, et nous permettent de faire les constatations suivantes:

- Sur le tracé :

- La réduction du niveau de service offert à l'utilisateur de la route, par l'adoption de caractéristiques géométriques, réduites, peut se traduire par une réduction du coût de construction. Seulement, il faut distinguer entre le tracé et le profil en long d'une part, et le profil, en travers d'autre part.

La réduction des caractéristiques intéressant les deux premiers points n'entraînent pas une économie de terrassement notable. Il faut que le relief soit suffisamment mouvementé pour qu'une différence significative dans le volume des terrassements apparaisse entre la variante de base et la variante économique. Il y a lieu de signaler que de telles mesures peuvent avoir des incidences sur l'avenir de la route qui est appelée, une fois construite, à supporter un trafic de plus en plus croissant et par conséquent doit assurer un niveau de sécurité honorable.

Par contre, la réduction de la largeur de la plateforme peut avoir des incidences moins lourdes, car les élargissements en cas de besoin, sont des opérations relativement moins coûteuses que les modifications de tracé et de profil en long. C'est sur ce point que l'on doit donc chercher à faire des économies de terrassement.

#### - sur la chaussée :

Bien que les aspects relatifs aux structures de chaussée et à l'assainissement aient été pris en considération au niveau des projets pilotes ils ne font pas l'objet d'une approche originale pour chacun d'eux :

- en matière de structure de chaussée, il s'agit essentiellement de discuter de l'opportunité de recourir à des structures allégées et des matériaux subnormaux. L'avantage peut être différent selon la plus ou moins grande abondance de matériaux de qualité dans la région, mais c'est un facteur de peu d'intérêt dans le cadre d'une étude générale. De toute façon, on est incapable de prévoir dans un cas déterminé l'impact du choix d'une structure subnormale sur les coûts d'entretien et, à travers un surcroît de rugosité, sur les coûts d'exploitation des véhicules. On a donc dû se limiter à une analyse sommaire fondée sur des hypothèses moyennes. Il semble s'en dégager que des structures raisonnablement allégées ou l'utilisation de matériaux subnormaux seraient économiquement justifiées jusqu'à un niveau de trafic supérieur au maximum sur les REPT.

#### - sur l'assainissement :

- Quant à l'assainissement, la source principale d'économie possible est l'assainissement au niveau de la chaussée : suppression dans toute la limite du possible des fossés et ouvrages transversaux. Il est relativement aisé d'évaluer les économies sur les coûts de construction mais les désavantages pour les usagers (réduction de la visibilité dans certains virages, coupures, surcoûts de circulation) ne peuvent faire l'objet que de recherche d'ordres de grandeur. L'analyse technico-économique ne peut donc aboutir qu'à des conclusions incertaines. Enfin et surtout il est difficile de prévoir les conséquences d'un drainage par définition médiocre sur la tenue des chaussées. En fin de compte les conditions dans lesquelles le drainage au niveau de la chaussée peut être prescrit ne peuvent pas, en l'état actuel des connaissances, être définies autrement que de manière seulement indicative. Une expérimentation prudente à échelle suffisante et à suffisamment long terme sera nécessaire.

Cas du TC.2654

|                       | Projet de base<br>(10 <sup>3</sup> DH) | Projet économique<br>(10 <sup>3</sup> DH) |
|-----------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Ouvrages hydrauliques | 289                                    | 7                                         |
| Chaussée              | 4 869                                  | 3 058                                     |
| Total                 | 5 158                                  | 3 065                                     |

Cas du CT. Dar Bel AMRI - AIN ASSOUI

|                      | Variante de base<br>(DH) | Variante économique<br>(DH) |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Terrassement         | 2 060 000                | 1 700 000                   |
| Ouvrages Hydraulique | 770 000                  | 760 000                     |
| Chaussée             | 7 920 000                | 4 750 000                   |
| Total                | 10 750 000               | 7 210 000                   |

La différence, 3 540 000 DH, soit % du coût de la solution de base provient de :

| Gain           | Terrassement | Ouvrages hydrauliques | Chaussée  |
|----------------|--------------|-----------------------|-----------|
| (DH) 3 540 000 | 360 000      | 10 000                | 3 170 000 |
| (%) 100        | 11,5         | 0,5                   | 88        |

Cas du CT. 2641

|                        | !Tracé existant   | !Variante économique | ! |
|------------------------|-------------------|----------------------|---|
| !Terrassement          | !3 400 000 DH     | 2 550 000 DH         | ! |
| !Ouvrages hydrauliques |                   |                      | ! |
| ! - Buses              | ! 890 000 DH      | 780 000 DH           | ! |
| ! - Dalots             | !1 760 000 DH     | 1 750 000 DH         | ! |
| !Chaussée              | !3 400 000 DH     | 1 750 000 DH         | ! |
| ! Total                | !9 450 000 DH     | 6 840 000 DH         | ! |
|                        | !Variante de base | !Variante économique | ! |
| !Terrassement          | !3 340 000 DH     | !2 550 000 DH        | ! |
| !Ouvrages Hydrauliques |                   |                      | ! |
| ! - Buses              | !1 100 000 DH     | ! 780 000 DH         | ! |
| ! - Dalots             | !1 770 000 DH     | !1 750 000 DH        | ! |
| !Chaussée              | !3 390 000 DH     | !1 750 000 DH        | ! |
| ! Total                | !9 600 000 DH     | !6 840 000 DH        | ! |

La différence, 2 760 000 DH, soit 29 % du coût de la solution de base provient de

| !Gain             | ! Terrassement ! | Ouvrages Hydrauliques | ! Chaussée !  | ! |
|-------------------|------------------|-----------------------|---------------|---|
| !:(DH)2 750 000 ! | 790 000 !        | 330 000               | ! 1 640 000 ! | ! |
| !:(%) 100 !       | 28 !             | 12                    | ! 60 !        | ! |

## A N N E X E - I

Page

|                                               |   |
|-----------------------------------------------|---|
| 1. Normes géométriques fondamentales. . . . . | 1 |
| 1.1. Tracé en Plan. . . . .                   | 1 |
| 1.2. Profil en long. . . . .                  | 4 |
| a. rampes. . . . .                            | 4 |
| b. raccordements. . . . .                     | 4 |
| 2. Profil en travers. . . . .                 | 5 |
| a. section courante. . . . .                  | 5 |
| b. surlargeur en virage. . . . .              | 6 |
| c. dévers. . . . .                            | 7 |
| 3. Règles de progressivité. . . . .           | 7 |
| 4. Règles de compatibilité. . . . .           | 9 |

## A N N E X E - 1

### NORMES GEOMETRIQUES

#### NOTE JUSTIFICATIVE

Les normes géométriques proposées reposent sur les principes et préoccupations exposées ci-dessous. D'une manière générale, le caractère provisoire des normes a incité à couvrir tout le champ des possibilités envisageant des caractéristiques extrêmes d'un très bas niveau de service, quitte à les exclure après étude technico-économique.

#### 1. Normes géométriques fondamentales

Les normes géométriques fondamentales reposent sur l'hypothèse qu'en l'absence d'obstacles, les vitesses pratiquées, restreintes par l'étroitesse de la chaussée et de la plateforme, et que la signalisation incitera par ailleurs à réduire, correspondent aux vitesses de base de la 2<sup>e</sup> catégorie (80 km/h) au niveau N1 et de la 3<sup>e</sup> catégorie (60km/h) au niveau N2.

Il en résulte la notion de minimum libre, en plan comme en profil en long, c'est à dire d'élément qu'il est loisible d'introduire sans précaution particulière en tout point du tracé.

Les minimas normaux et absolus (le sens de ces deux termes n'étant pas le même en plan et en profil en long) ont été fixés comme suit et les conditions de leur utilisation dans l'esprit des réflexions de l'Administration qui sont rappelées dans l'introduction du rapport.

##### 1.1 Tracé en plan

Les rayons minimaux normal et absolu ont été fixés à:

Niveau N1 : 30 et 15 mètres,

Niveau N2 : 15 et 10 mètres.

La signification des qualificatifs normal et absolu est différente de celle de l'instruction sur les caractéristiques Géométriques : en l'occurrence, le minimum normal ne peut être franchi qu'à basse vitesse (de l'ordre de 40 km/h pour le rayon 30 mètres et 30 km/h pour le rayon de 15 mètres) et le minimum absolu à une vitesse qui n'est pas considérablement plus basse et l'usager préparé à aborder le minimum normal s'adaptera donc ainsi au minimum absolu, en conséquence, dans une optique de vitesse continûment variable, les deux rayons peuvent être confondus.

Par contre, l'utilisation de très petits rayons est d'incidence sensible sur les volumes de terrassements que si l'accès au sommet n'est pas trop ouvert, ce d'autant plus qu'une



surlargeur doit être donnée à la chaussée; ce point est examiné en détail dessus au § 3b, on admettra pour l'instant les valeurs données par le rapport. Soit un virage de rayon R, d'angle au sommet  $\pi - \theta$  la distance du sommet de la polygonale au sommet du

virage est appelé aproximativement  $d = \frac{R \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2}}{2}$  à adopter le rayon

$R' = R - \Delta R$  au lieu de R, on déplace l'axe de la courbe de  $\Delta d = \frac{\Delta R}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2}$

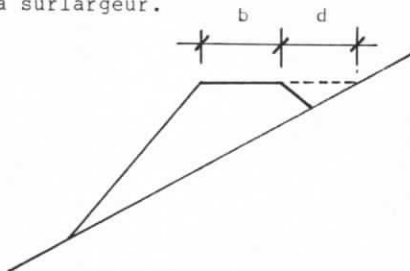
; on n'aura habituellement avantage que si  $\Delta d$  est sensiblement supérieur à la différence  $\Delta s$  des surlargeurs requises pour R et R'. Tout est affaire de cas d'espèce; admettons que la pente du terrain soit de 40% et que, pour R = 10 le bord de plateforme du niveau N2 (Plateforme de 5,00m + surlargeur de 0,74 m) soit exactement au sol, la plateforme étant entièrement en remblai (franchissement d'une ravine)

On obtient, pour N1 et N2, et les rayons de 15 et 30m, la Figure suivante; la surlargeur étant supposée répartie pour les 2 bords, les données ci-après, permettent d'évaluer la section des remblais.

$$d = (R-10) \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2} - \frac{s}{2} + 0,37$$

$$b = s + 5$$

où s est la surlargeur.



Niveau N1

|   |                                                 |                                                  |
|---|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| R | 15                                              | 30                                               |
| d | $5 \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2} - 0,21$ | $20 \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2} - 0,29$ |
| b | $5 + 1,15$                                      | $5 + 0,58$                                       |

Niveau N2

|   |            |                                                 |                                                  |
|---|------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| R | 10         | 15                                              | 30                                               |
| d | 0          | $5 \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2} + 0,12$ | $20 \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2} + 0,24$ |
| b | $5 + 0,74$ | $5 + 0,50$                                      | $5 + 0,25$                                       |

La surface des remblais (talus à 3/2)

$$S = \frac{(b + d)}{2} \cdot 2 - \frac{d^2}{8}$$

Il vient, pour diverses valeurs de :

#### Niveau N1

| ! | !     | 15 m | !                 | 30 m | !                  |
|---|-------|------|-------------------|------|--------------------|
| ! | 150gr | !    | 23 m <sup>2</sup> | !    | 40 m <sup>2</sup>  |
| ! | 75gr  | !    | 33 m <sup>2</sup> | !    | 96 m <sup>2</sup>  |
| ! | 100gr | !    | 57 m <sup>2</sup> | !    | 279 m <sup>2</sup> |

#### Niveau N2

| ! | !     | 10 m | !                 | 15 m | !                 | 30 m | !                  |
|---|-------|------|-------------------|------|-------------------|------|--------------------|
| ! | 50gr  | !    | 16 m <sup>2</sup> | !    | 21 m <sup>2</sup> | !    | 38 m <sup>2</sup>  |
| ! | 75gr  | !    | 16 m <sup>2</sup> | !    | 30 m <sup>2</sup> | !    | 94 m <sup>2</sup>  |
| ! | 100gr | !    | 16 m <sup>2</sup> | !    | 53 m <sup>2</sup> | !    | 274 m <sup>2</sup> |

Cet exemple montre le peu d'intérêt du rayon de 15 mètres pour les angles au sommet supérieurs à 125 grades (sauf peut-être au niveau N2 où la moindre économie est bienvenue) et rayon de 10 mètres pour les angles au sommet supérieurs à 100 grades. Les limitations imposées à l'usage de ces rayons en découlent.

Enfin, les alignements droits imposés de 20 mètres entre courbes de sens contraires et de 10 mètres entre courbes de même sens, correspondent en gros à des raccords de dévers de 4% par seconde de temps de parcours; en fait, leur rôle est surtout de permettre aux poids - lourds de débraquer et rebraquer; il serait néanmoins irréaliste de les supprimer car on imposerait des trajectoires impossibles à suivre, fait d'autant plus grave que la chaussée est plus étroite.

### 1.2. Profil en long

#### a- rampes -

La pente de 12 %, considérée comme un maximum absolu par l'Instruction sur les caractéristiques Géométriques a été conservée comme telle par le niveau N1 et prise comme maximum normal au niveau N2, pour lequel le maximum absolu est porté à

18%, valeur acceptée dans quelques pays européens; on ne peut raisonnablement aller au delà; la limitation de longueur de ces rampes est inévitablement quelque peu arbitraire et sera rediscutée en cours d'étude; elle est nécessaire dans son principe.

#### b - raccordements -

En angle saillant, la notion de minimum libre est liée, comme pour le tracé en plan, à une notion de vitesse de bas en l'absence d'obstacle, avec le souci d'une certaine cohérence avec l'instruction sur les caractéristiques Géométriques.

Quant au maximum normal et absolu, leur utilisation est conditionnée par la présence, à proximité dans les deux sens de circulation, d'un élément de tracé en plan de nature à inciter les usagers à quelque prudence; ceux-ci sont en effet beaucoup moins conscients des dangers provenant du manque de visibilité en profil en long que de la courbure en plan.

La distance de visibilité sur cible à 1,10m de hauteur au rayon minimum absolu est donnée par le tableau ci-après avec la vitesse correspondant à une distance de freinage en attention diffuse égale à la moitié de cette distance de visibilité.

| ! R    | ! distance de visibilité | ! vitesse | ! |
|--------|--------------------------|-----------|---|
| ! 1000 | ! 94m                    | ! 51 km/h | ! |
| ! 500  | ! 66m                    | ! 42 km/h | ! |

D'aussi faibles vitesses sont rarement pratiquées en alignement droit; il paraît peu indiqué de descendre plus bas.

En angle rentrant, les minima ont été fixés par analogie avec les bretelles et attaches, respectivement pour les niveaux N1 et N2, des autoroutes urbaines.

En angle saillant ou rentrant, la distinction entre minima normal et absolu est fondée sur la différence de pente entre les déclivités à raccorder; à le faire par un court rayon pour des déclivités de pentes peu différentes, on pénaliserait les usagers sans réaliser d'économie de construction appréciable.

La différence de pente limite a été provisoirement fixée à 8%; il conviendra de la rediscuter en cours d'étude. Le tableau ci-après fait apparaître la différence de niveau au sommet résultant de l'utilisation du rayon minimum absolu au lieu du minimum normal dans le cas-limite de deux pentes de 4%.

|                | N <sub>1</sub> | N <sub>2</sub> |
|----------------|----------------|----------------|
| Angle saillant | 0,64           | 0,40           |
| Angle rentrant | 0,80           | 0,64           |

Ces différences sont faibles et justifiant la règle proposée.

## 2. Profil en Travers

### a - section courante.

Le profil en travers en section courante est déduit des réflexions de l'Administration. Il conviendra, au cours de l'étude, de définir le seuil de trafic, ou de fonctions séparant la chaussée de 3,00m et la chaussée de 4,00m. A première vue, cette dernière devrait être la règle pour les routes provinciales.

### b - surlargeurs en virage

Il convient de prêter une attention particulière à cette question.

IL est classique, pour les routes importantes, de donner une surlargeur de chaussée en courbe permettant à deux poids-lourds de se croiser: ceci peut être considéré comme un luxe s'agissant de REFT.

Il semble par contre indispensable de faire en sorte que les poids - lourds ne sortent systématiquement de la chaussée dans les virages, ce qui en provoquerait la destruction rapide. On est amené à ce propos à tenir compte du fait bien connu, mais habituellement négligé, que l'essieu arrière d'un véhicule ne suit pas la même trajectoire que l'essieu avant. Dant le cas d'un véhicule à deux essieux, le système de direction est construit de telle sorte que le centre de rotation de l'essieu avant se trouve dans le prolongement de l'essieu arrière de façon à ce que celui-ci se déplace sans déparer (pour les véhicules à plus de deux essieux, on se contente habituellement d'une solution approximative). La trajectoire suivie par l'essieu arrière est liée à celle de l'essieu avant de façon assez complexe, on ne considère donc que la situation en milieu de couche, à rayon de gyration constant; elle est illustrée par la figure ci-contre, régie par deux considérations :

- Les quatres roues sont au sommet d'un rectangle indéformable,
- Le centre commun aux deux cercles décrits par les roues avant est sur le prolongement de l'essieu arrière.

Dès lors, si R est le rayon sur l'axe, R' et R" les rayons des cercles décrits par les roues avant, I la voie des deux essieux (supposée la même ) et L l'empattement, il vient :

$$L = R' \sin m = R'' \sin \theta "$$

et dans le triangle O A B :

$$R'^2 = R''^2 + l^2 - 2 R'' l \cos \theta'', \text{ soit :}$$

$$R'^2 = R''^2 + L^2 - 2R'' l \sqrt{1 - \frac{L^2}{R''^2}}$$

Le rayon de giration  $\mathcal{S}$  de la roue intérieure arrière s'en déduit :

$$\mathcal{S} = OD = R' \cos \theta'$$

Soit en ligne droite, la largeur de chaussée de 3 mètres, qui laisse une marge de sécurité de 0,25m de part et d'autre est considérée comme un minimum, on devra, a fortiori, conserver la même marge en virage. Si R est le rayon de la courbe sur l'axe, on prendra donc  $R'' = R + 1,25$  pour la chaussée de 3 mètres et  $R'' = R + 1,75$  pour la chaussée de 4 mètres et la surlargeur nécessaire est donnée par  $R - 1,25 - l$  et  $R - 1,75 - \mathcal{S}$  dans les deux cas. Les valeurs données dans l'instruction sont le résultat de ces formules avec  $l = 2,50$ .

#### c - dévers

Les règles proposées pour le dévers relèvent du bon sens et n'appellent pas de justification particulière.

### 3. Règles de progressivité

Les règles énoncées visent à traduire la notion de vitesse continûment variable.

Etant admis que c'est surtout le tracé en plan qui peut inciter les usagers à ralentir, il est imposé d'annoncer par un virage les singularités du tracé. Celles du tracé en plan sont traitées au présent paragraphe.

Au niveau N1, la succession typique 175m, 75m,  $\leq 30$ m correspond à un ralentissement progressif de 80 à 60 puis à 40 km/h.

Au niveau N2, la succession typique est 75m,  $\leq 15$ m.

Les règles énoncées pour les rayons intermédiaires différencient nettement les deux niveaux. C'est ainsi qu'au niveau N1, un virage au rayon de 30m est obligatoirement annoncé par un virage de rayon  $\leq 75$ m alors qu'au niveau N2, il pourra l'être par un virage de rayon  $\leq 125$ m.

Restait à décider sur quelle longueur l'avertissement donné par une courbe annonciatrice demeurerait valide. Il a semblé bon d'être restrictif. Le principe est qu'un usager qui accélère de 20 km/h en sortie de courbe annonciatrice, avec un plafond de 100

km/h au niveau N1 et de 80 km/h au niveau N1, avant de ralentir pour aborder la courbe annoncée ne puisse tenir la vitesse maximale que quelques secondes et voie la courbe annoncée presque aussitôt cette vitesse atteinte.

Le tableau ci-dessous montre quelques exemples de ce qu'il en est avec les règles énoncées.

R1 est le rayon de la courbe annonciatrice, prise à la vitesse V1, R2 et V2 les mêmes grandeurs pour la courbe annoncée, VM la vitesse maximale, LAC et LDEC les longueurs d'accélération et de décélération D1 la durée du palier à la vitesse maximale et D2 la durée maximale où cette vitesse peut être tenue avant que la courbe soit certainement aperçue.

On a admis des taux d'accélération de 1m/sec/sec et décélération de 2m/sec/sec.

| Ni-<br>veau | R1  | V1 | R2  | V2 | VM  | L-AC | L DEC | D1 | D2 |
|-------------|-----|----|-----|----|-----|------|-------|----|----|
| N1          | 175 | 81 | 75  | 58 | 100 | 130  | 127   | 5  | 3  |
| N2          | 250 | 94 | 125 | 71 | 100 | 47   | 95    | 9  | 6  |
| N1          | 125 | 71 | 50  | 50 | 91  | 125  | 113   | 6  | 3  |
| N1          | 50  | 50 | 15  | 31 | 70  | 92   | 75    | 4  | 2  |
| N2          | 75  | 58 | 15  | 31 | 78  | 105  | 100   | 2  | 1  |
| N2          | 75  | 58 | 10  | 26 | 78  | 105  | 105   | 2  | 1  |
| N2          | 125 | 71 | 30  | 41 | 80  | 51   | 92    | 5  | 3  |
| N2          | 125 | 71 | 40  | 46 | 80  | 51   | 83    | 12 | 7  |

Les vitesses en virage ont été évaluées par la formule  $V = 10,64 R^{0,394}$  qui interpole au mieux les 3 vitesses de base les plus basses de l'Instruction sur les Caractéristiques Géométriques pour les rayons minimaux absolus.

Les conditions recherchées sont bien satisfaites sauf dans le dernier cas, cas limite où la validité de l'avenissement est prise égale à 400m. Il ne paraît pas possible de porter beaucoup plus haut le rayon annoncé pour lequel cette valeur est admise sans gêner énormément les projeteurs. Ce point devra toutes-fois être examiné attentivement pendant la suite de l'étude.

#### 4 - Règles de compatibilité

Il a semblé judicieux d'interdire la coexistence de caractéristiques incitant à la vitesse et d'autres imposant une vitesse très réduite. Les quatre règles énoncées appellent les commentaires ci-après.

a - La largeur de chaussée de 3 mètres n'empêche pas physiquement de pratiquer des vitesses élevées alors qu'elles sont peu recommandables. La règle imposée pour le niveau N1 a pour effet, selon les hypothèses de base du tableau ci-dessus de

T A B L E A U

INVENTAIRE DES MATERIAUX LOCAUX,  
SUBNORMAUX OU HORS CATALOGUE

UTILISABLES EN TECHNIQUE ROUTIERE

| Matériaux                    | Localisation principale | Utilisations conservables  |                                                       |                          | Traitement éventuel ou pour utilisation en assises | Réaction ou expérience en cours prévues. |
|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|
|                              |                         | Remblais cou-ches de forme | Assises de fonda-tion et de base cou-ches de liai-son | Liant .<br>Hyd-rauli-que | Hydro-carbo-né                                     |                                          |
| Tuf calcaire encroûtement    |                         | x                          | x                                                     |                          |                                                    | x                                        |
| Villanfran-chien             | Gharb                   | x                          | x                                                     |                          |                                                    | x                                        |
| Calcarénite                  | Doukkala                | x                          | x                                                     |                          |                                                    | x(x)                                     |
| Gypse, anhydrite             | Safi                    | x                          | x                                                     | x                        |                                                    | x                                        |
| Tout-venant d'oued           |                         | x                          | x                                                     |                          |                                                    | x                                        |
| Tout-venant de reg           |                         | x                          | x                                                     |                          |                                                    | x                                        |
| Eboulis de pente             |                         | x                          | x                                                     |                          |                                                    | x                                        |
| crênes argi-lo sableuses     | Rammani                 | x                          | x                                                     |                          |                                                    | x                                        |
| Basaltes, roches volcaniques |                         |                            |                                                       |                          |                                                    |                                          |
| Basiques                     |                         | x                          | x                                                     | x                        |                                                    |                                          |
| Schistes                     | Timahdit,               |                            |                                                       |                          |                                                    |                                          |
| bitumineux                   | Tanger et Tarfaya       | x                          | x                                                     |                          | x                                                  | x                                        |
| Pierre cassée                |                         |                            | x                                                     |                          |                                                    |                                          |

limiter à environ une minute la durée pendant laquelle la vitesse de 100km/h pourrait être pratiquée entre deux courbes au rayon minimum libre.

Il n'a pas paru possible d'imposer une règle semblable au niveau N2 car il ne serait ni logique, ni commode de disposer des virages de 75m de rayon (minimum libre) lorsqu'aucun obstacle ne l'impose.

b - Comme il a été montré ci-dessus, les rayons de raccordement en angle saillant du profil en long minimum normal et absolu imposent, pour garder un minimum de sécurité, des vitesses très limitées; il était donc logique d'imposer qu'ils soient " annoncés " par des courbes dans des conditions similaires à celles qui sont imposées pour les courbes du tracé en plan.

c - Les pentes de plus de 12% peuvent occasionner des difficultés de freinage à la descente; il paraît raisonnable qu'en l'occurrence, la possibilité de se croiser soit offerte à tous véhicules.

d - Pour la même raison, il est extrêmement déconseillé de disposer, au pied de telles pentes, des virages de court rayon.

-o<sup>0</sup>o-

Les règles qui viennent d'être commentées ne sont ni définitives, ni complètes; elles n'ont d'autre objet que de guider l'étude des projets pilotes d'où une recommandation pour l'adoption de normes définitives pourra être déduite.