



## ÉTUDE COMPARATIVE

**A. RMILI** (DRCR)

**N. MOUSSADDIKINE** (DRCR du Sud du LPEE)

**M. OUQLANI** (DRCR du Sud du LPEE)

## INTRODUCTION

Après 19 ans d'application du catalogue de structures de chaussées édité en 1977, l'année 1996 a connu la mise à jour d'une nouvelle édition de ce catalogue dans le but de l'adapter à l'évolution des techniques routières. Pour mettre en valeur les innovations introduites dans la nouvelle édition, une étude comparative s'est avérée nécessaire. Tel est l'objet du présent document.

Les innovations introduites portent principalement sur les points suivants qui seront traités un à un.

- Trafic.
- Environnement climatique et géotechnique.
- Classification des sols.
- Détermination de la portance des sols.
- Couche de forme.
- Fiche de structures.
- Matériaux pour corps de chaussées.
- Profils en travers.

## TRAFIC

### I - Catalogue de 1977

Dans le catalogue de 1977, la classe du trafic est définie par le tableau suivant : Les trafics  $y$  sont exprimés en nombre moyen journalier des véhicules (tous véhicules) dans les deux sens de circulation évalué à l'année de mise en service.

| Trafic en véhicule / jour<br>l'année de mise en service dans<br>les deux sens de circulation | Classe de trafic<br>conseillée           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| $T > 4500$<br>$4500 > T > 2500$<br>$2500 > T > 750$<br>$750 > T > 250$<br>$250 > T > 50$     | Etudes spéciales<br>T1<br>T2<br>T3<br>T4 |

Le tableau ci-dessus a été établi avec quelques hypothèses qui sont mentionnées dans le catalogue.

## 2 - Catalogue de 1996

Le trafic est exprimé en nombre moyen journalier de poids lourds de plus de 8 tonnes en charge sur les deux sens de circulation.

Cette considération a été adoptée sur la base d'analyses fines du trafic permettant de connaître l'agressivité réelle des véhicules.

Ce trafic est réparti en 6 classes .

| <b>Nombre journalier de poids lourds de plus de 8T</b> | 0 à 5 | 5 à 50 | 50 à 125 | 125 à 250 | 250 à 325 | 325 à 450 |
|--------------------------------------------------------|-------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Classe</b>                                          | TPL1  | TPL2   | TPL3     | TPL4      | TPL5      | TPL6      |

Pour son utilisation, certaines hypothèses ont été adoptées (voir annexe 1). Dans le cas où des données de trafic s'éloigneraient de ces hypothèses, le catalogue permet de déterminer la classe correspondante en adoptant le trafic cumulé en essieux équivalents de 13T prévu par sens sur la période choisie et le comparer à celui présenté dans le tableau suivant (limite supérieur de trafic cumulé indiqué dans chaque classe).

| <b>Structure</b>      | <b>Durée de vie</b> | <b>TPL1</b> | <b>TPL2</b> | <b>TPL3</b> | <b>TPL4</b> | <b>TPL5</b> | <b>TPL6</b> |
|-----------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Souple ou semi rigide | Courte              | $8,8.10^3$  | $4,5.10^4$  | $1,4.10^5$  | $3,8.10^5$  | $5,7.10^5$  | $1,10.10^6$ |
|                       | Longue              | $2,2.10^4$  | $1,1.10^5$  | $3,5.10^5$  | $9,5.10^5$  | $1,4.10^6$  | $2,5.10^6$  |
| Rigide                | Longue              | $4.10^4$    | $2,7.10^5$  | $6,1.10^6$  | $1,6.10^6$  | $2,3.10^6$  | $3,7.10^6$  |

### III - Comparaison de quelques paramètres

|                       | Catalogue de 1977                                                                                                                | Catalogue de 1996                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Expression du trafic. | Exprimé en TMJA (tous véhicules) sur les deux sens de circulation à l'année de mise en service.                                  | - Exprimé en nombre moyen journalier <b>de poids lourds de plus de 8 T en charge</b> sur les deux sens de circulation à l'année de mise en service.                                       |
| Poids lourds          | Véhicule de poids total en charge > 1,5 T.                                                                                       | - Véhicule de poids total en charge > 8 T.                                                                                                                                                |
| Trafic global         | Equilibré dans les deux sens de circulation.                                                                                     | Equilibré dans les deux sens de circulation.                                                                                                                                              |
| % en poids lourds.    | 35 % du trafic global.                                                                                                           | Cette hypothèse n'est pas prise en compte car le trafic global est exprimé en PL.                                                                                                         |
| Largeur chaussée.     | > 6m                                                                                                                             | - < 4m pour TPL1<br>- > 6m pour TPL2 à TPL6.                                                                                                                                              |
| Essieux de référence  | 8,2 T                                                                                                                            | 13 T                                                                                                                                                                                      |
| Durée de vie          | 10 ans                                                                                                                           | - Durée de vie longue (20 ans) pour les chaussées granulaires sous faible trafic.<br>- Durée de vie courte pour les chaussées à fort trafic.                                              |
| % poids lourds        | 6 %                                                                                                                              | 4 %                                                                                                                                                                                       |
| Agressivité           | 1PL = 0,941 essieu de 8,2 T (d'après des études statistiques basées sur une campagne de comptage réalisées en 1976 par la DRCR). | Elle traduit le nombre d'essieux de 13 t correspondant à chaque poids lourd de PTC >8T. Elle est donnée en fonction de la nature de la chaussée (voir tableau à la page 45 du catalogue). |

# ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE ET GÉOTECHNIQUE

## 1 - Catalogue de 1977

Pour guider le choix de l'ingénieur, le catalogue de 1977 délimite approximativement deux zones au Maroc :

- "**Zone non aride**" qui correspond au cas général
- "**Zone aride**" qui correspond au sud du Maroc

Toutefois le catalogue introduit le terme "Régime hydraulique" qui tient compte des conditions hydrauliques particulières (irrigation, proximité de la nappe phréatique, etc..).

## 2 - Catalogue de 1996

Il permet de pousser l'orientation du choix pour l'ingénieur. Quatre zones sont ainsi considérées en fonction de la précipitation annuelle moyenne exprimée sur une période de récurrence longue (30 ans environ).

Elles sont délimitées schématiquement sur la carte du Maroc en annexe n°2.

Concernant l'environnement géotechnique, le catalogue de 1996 introduit une nouvelle délimitation de zones selon la stabilité géotechnique.

- Zone 1 : Où les problèmes de stabilité de plate forme sont réglés ou ponctuels.
- Zone 2 : Où les problèmes de stabilité de plate forme ne permettent pas d'assurer un comportement sans risque majeur de structure de chaussée (fissurations, affaissements etc....), c'est le cas des instabilités de versant et de remblai sur sol compressible. Le catalogue réserve ainsi une fiche de structure pour la zone II (zone instable).

## CLASSIFICATION DES SOLS

1 - Catalogue de 1977 : La classification des sols est basée sur la classification L.C.P.C.

2 - Catalogue de 1996 : La classification des sols est basée sur la classification RTR.

## 1 - Catalogue de 1977

Le paramètre  $S_i$  qui caractérise le sol support, est choisi en tenant compte des caractéristiques géotechniques du sol (classification LCPC et éventuellement indice CBR et indice de plasticité I.P) et de la qualité de drainage ainsi que des conditions hydrauliques.

Ainsi on définit les classes  $S_0$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  et  $S_4$ .

## 2 - Catalogue de 1996

C'est la portance à long terme qui est prise en compte pour le dimensionnement d'une structure de chaussée neuve. Elle est définie à 2 niveaux :

**Au niveau 1 :** Partie supérieure des terrassements ( $St_i$ )

**Au niveau 2 :** Au sommet de la couche de forme ( $P_j$ ).

### • Portance au niveau 1 : (Page 10)

Elle est définie à l'aide de 3 paramètres qui sont :

- L'environnement climatique (zone H, h, a ou d).
- Les conditions de drainage (page 11).
- La catégorie du sol (tableau n°1 page 9).

Le catalogue présente une autre méthode de détermination de la portance, et ce sur la base des essais CBR pour les sols fins et graveleux et sur la base des essais de déformabilité pour les sols très graveleux et grossiers.

### • Portance au niveau 2 ( $P_j$ ) :

Elle dépend de :

- La portance au niveau 1.
- L'épaisseur de la couche de forme.
- La nature de la couche de forme.

Le catalogue précise les portances  $P_j$  minimales à atteindre au niveau 2 en fonction du trafic et du type de la structure. Il donne aussi l'épaisseur de la couche de forme et sa nature pour passer d'un niveau de portance à un autre.

## COUCHE DE FORMES

### 1 - Catalogue de 1977

Dans la note de recommandations n°2, le catalogue de 1977 préconise une couche de forme d'au moins 20 cm pour les sols de classe S1. Les sols S0 font l'objet de la note de recommandation n°1 pour les chaussées sur sol instable et qui préconise une couche de forme de 40 à 60 cm de classe minimale S2. Dans la note de recommandations n°2, le catalogue recommande obligatoirement une couche de forme chaque fois que le sol support ne respecte pas la règle des filtres vis-à-vis de la couche de fondation.

Le choix des matériaux constitutifs de la couche de forme dépend essentiellement des ressources locales. Elle pourra être constituée soit de sol naturel soit de sol argileux en place stabilisé à la chaux.

Les matériaux constitutifs de la couche de forme devront avoir des indices de plasticité inférieurs à 10% et un diamètre maximal de 150mm..

### 2 - Catalogue de 1996

Le catalogue envisage la possibilité d'adopter une couche de forme dans tous les cas de portance au niveau 1.

Il donne l'épaisseur et la nature de la couche de forme pour passer d'un niveau de portance à un autre (voir tableau).

Pour vérifier et évaluer la portance finale atteinte au sommet de la couche de forme (après un temps de cure suffisant), le catalogue permet le choix d'utiliser des essais de déformabilité et juger d'un niveau  $P_j$  réellement atteint selon le classement indiqué en annexe 4-2 à l'aide d'essai de plaque de plaque (EV2), d'essais à la dynaplaque (5) ou des mesures de déflexion ( $d$  en 1/100mm).

Le catalogue insiste aussi sur la règle de non contamination des couches de forme vis-à-vis des sols sous-jacents.

Le catalogue de 1977 fournit 4 fiches de structures (2 pour zone aride et 2 pour zone non aride) faisant correspondre à chaque couple (Ti, Si), les structures proposées. Ces fiches donnent la possibilité d'adopter des structures à couche de base en G.N.A, G.N.B ou G.B.B. Il fournit aussi des fiches de structures expérimentales à couche de base en G.N.A, G.N.B, G.B.B, G.A.C, G.E et des structures en béton de ciment et sol traité à la chaux.

### 1 - Catalogue de 1996

Le catalogue de 1996 présente 7 fiches de structures permettant une diversité de choix :

- Fiche n°1 : Structures à couche de base non liée (GNA, GNB, GNC, GND, GNR, GVC, PC).
- Fiche n°2 : Structures à couche de base en grave émulsion.
- Fiche n° 3 : Structures à couche de base en GBB.
- Fiche n°4 : Structures à couche de base en grave ciment type 1 et type 2.
- Fiche n°5 : Structures en béton de ciment.
- Fiche n°6 : Structures à couche de base non traitée en zone instable.
- Fiche n°7 : Structures à couche de base en grave émulsion en zone instable

## MATÉRIAUX POUR CORPS DE CHAUSSEE

### 1 - Catalogue de 1977

Le catalogue fournit quelques spécifications des matériaux usuels pour corps de chaussée tels que EB, GBB, GNA, GNB et GNF. Il définit aussi les matériaux pour chaussées expérimentales tels que GAC, BC, GE, AC, STC et SSC (annexe n°2).

### 2 - Catalogue de 1996

Le catalogue de 1996 présente 19 fiches techniques indiquant les caractéristiques en font partie les matériaux émanant des techniques nouvelles telles que :

- Enrobé coulé à froid.



- Enrobé à froid.
- Grave émulsion.
- Grave traitée au ciment.

## PROFILS EN TRAVERS

### 1 - Catalogue de 1977

Le catalogue de 1977 présente un seul profil en travers pour chaussée sur sol instable montrant les dispositions à entreprendre dans ce cas particulier.

### 2 - Catalogue de 1996

Le catalogue présente des profils en travers types élaborés sur la base des principes suivants (voir annexe n°7).

- Les surlargeurs éventuelles liées à des conditions de géométrie, de mise en œuvre ou de répartition de charge.
- Les talus de couche de chaussée.
- Les pentes transversales de la plate forme (niveau 2).
- Les encaissements.
- Les parties revêtues d'accotement.

Pour chaque fiche de structure, le catalogue propose des profils en travers en fonction :

- Du trafic.
- Du climat.
- Du sol.

## CONCLUSION

En conclusion nous pouvons soulever les remarques suivantes :

### **Au niveau du trafic :**

Sur la base d'analyses fines du trafic sur l'agressivité réelle des véhicules, le dimensionnement selon le catalogue de 1996 sera fait sur la base des poids lourds de PTC > 8t.

Pour faciliter l'exploitation des données sur le trafic dans les études de dimensionnement, nous trouvons souhaitable de réaliser des campagnes de comptage permettant de connaître le pourcentage de PL (PTC > 8t) dans le parc automobile marocain ainsi que l'agressivité moyenne réelle d'un poids lourd afin de résoudre n'importe quel cas particulier.

#### **Au niveau des zones climatiques :**

La nouvelle édition du catalogue permet une orientation plus poussée dans le choix pour l'ingénieur d'étude.

#### **Au niveau de la classification des sols :**

Le catalogue de 1996 adopte la classification RTR établie précisément en fonction des problèmes posés par l'utilisation des sols dans la construction des remblais et des couches de forme, et s'appuyant sur les paramètres d'identification et de comportement jugés les plus représentatifs à cet égard.

Dans le même esprit, et pour pouvoir suivre le progrès dans les techniques routières, le nouveau catalogue introduit des techniques nouvelles telle que :

- Enrobé coulé à froid.
- Enrobé à froid.
- Grave émulsion.
- Grave traitée au ciment.
- Grave bitume pour couche de fondation.

#### **Au niveau des aménagements annexes :**

Le catalogue de 1995 apporte la nouveauté consistant à proposer des profils en travers respectant les conditions de drainage interne et prévoyant des surlargeurs des couches d'assises (voir annexe n°7).

#### **Au niveau des épaisseurs des structures :**

Sur la base de l'exemple de dimensionnement en annexe et des études passées, il est remarquable que les deux versions du catalogue préconisent des structures sensiblement équi-épaisses pour des durées de vie égales avec l'avantage d'avoir plusieurs choix offerts par le catalogue de 1995.

**ETUDE DE CAS**

Supposons un sol en zone semi humide qui présente les caractéristiques suivantes (C.T 6649 entre les P.K 7+500 et 10+500).

- % < 80 $\mu$  = 62%
- % < 2mm = 72%
- I.P = 20%
- ICBR 4 j = 4%

Etudions les deux cas suivants :

- Trafic de 150 véh/j
- Trafic de 1000 véh/j

Pour pouvoir classer ce volume de trafic, nous considérons les hypothèses suivantes :

- Pour passer d'une durée de vie de 10 ans à 20 ans on adopte le coefficient correcteur 2,79.
- Le pourcentage en PL de PTC>8t est pris égale à 14% selon la campagne de comptage réalisée par la DRCR en 1976.

**Le tableau suivant récapitule les résultats de dimensionnement :**

| Trafic                                                                                                                        | Sol                                                      | LPC | RTR | Si | Sti | Durée de vie | Catalogue de 1977                                                     | Catalogue de 1996                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----|-----|----|-----|--------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T=150 véh/j<br>T(20)=<br>x 2,79<br>soit 418<br>soit T3<br><br>PL=<br>50x0,14=21<br>L<br>soit TPL2<br><br>zone semi<br>umide h | <80 $\mu$ =62%<br>< 2mm=72%<br>I.P.=20<br><br>ICBR 4j=4% | Ap  | A2  | S1 | St1 | 20 ans       | 20cm CF+20<br>GNF+20GNB<br>+RS                                        | (30 SF ou 20 f3)+<br>20f2+20 GNB+RS<br>OU<br>(30 SF ou 20 f3)+<br>25f3+20 GNC+RS<br>OU<br>(30 SF ou 20f3)+<br>25f3+20GVC+RS<br>OU<br>(30 SF ou 20f3)+<br>20f2+20GVC+RS<br>OU<br>(30 SF ou 20f3)+<br>20 blocage<br>+12PC+RS |
| T=1000Véh/J<br>soit T2 pour<br>0 ans<br>PL=140<br>soit TPL4                                                                   | "                                                        | "   | "   | "  | "   | 10ans        | Couche de<br>forme 20Cm<br>et<br>20GNF+<br>20GNB+<br>10 GBB +<br>5 EB | 10 AC+25CF(F1)<br>et<br>-30 f1 +12 GBB + (RS<br>ou ECF)<br>ou<br>-20 f2 +15 f1 + 12 GBB<br>+ (RS ou ECF)<br>ou<br>-25 f1+ 8GBB + 5 EB<br>ou<br>-15 f2 +15 f1 + 8 GBB<br>+ 5 EB                                             |