



Université Mentouri Constantine1
Faculté des Sciences de la technologie
Département Génie des Transports



Cours M1 ITL

Géométrie des tracés, conception et entretien des chaussées

Partie 3/3

Pr. M.S. BOUHLIB

Constantine 2012

Dimensionnement du corps de chaussées

1. Introduction

Le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier.

Cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Pour le dimensionnement il s'agit en même temps :

- de **choisir les matériaux** nécessaires ayant des caractéristiques requises,
- de **déterminer les épaisseurs** des différentes couches de la structure de chaussée.

2. Chaussée

2.1. Définitions

- **Au sens géométrique** : C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel** : C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise et la répartition des charges.

2.2. Rappel des différentes couches d'une chaussée

2.2.1. Couche de surface : CS

Cette couche est en **contact direct avec le pneumatique** de véhicule et la charge extérieure.

Elle est composée :

- **Couche de roulement (CR)** dont le rôle est de:
 - Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
 - Imperméabiliser la surface de la chaussée.
 - Assurer la sécurité (adhérence).
 - Assurer le confort (bruit).
- **Couche de liaison (CL)** dont le rôle essentiel est de :
 - Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

2.2.2. Couche de base (CB)

C'est une couche intermédiaire, permet le passage progressif entre la couche de roulement (CR) et la couche de fondation (CF).

Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

2.2.3. Couche de fondation (CF)

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

La **couche de base** et **couche de fondation** forment le

« **Corps de chaussée** »

2.2.4. Couche de forme (CF)

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support:

- ◆ **Sur un sol rocheux :**

Elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

- ◆ **Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée)**

Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

Eventuellement, une couche drainante ou anti-contaminant peut être intercalée entre la couche de forme et la couche de fondation qui s'appelle « **sous-couche** » (Figure 9.1)

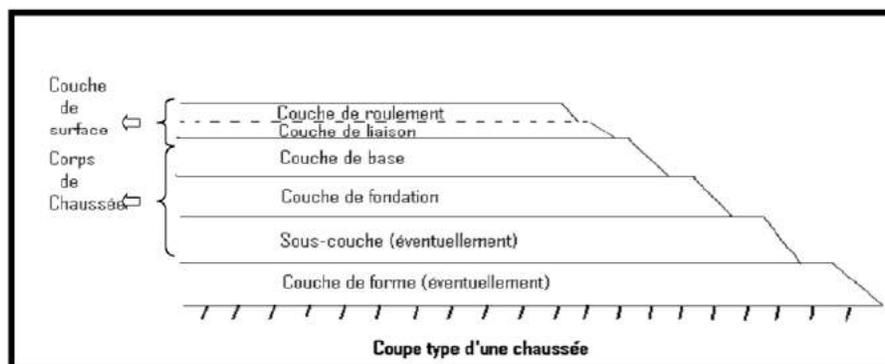


Figure 9.1 : Les différentes couches de la chaussée.

2.3. Rappel des différents types de chaussée

Il existe **03 grandes** familles de chaussée:

2.3.1. Chaussées souples

Les **chaussées souples** constituées par :

- des **couches superposées**
- de **matériaux** ayant une faible **résistance** à la **traction**.

Les couches **supérieures** sont généralement :

- plus résistantes
- moins déformable

que les **couches inférieures**.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction :

- **plusieurs couches** exécutées en matériaux différents,
- d'une **épaisseur** bien **déterminée**,
- ayant chacune un **rôle** aussi bien **défini**.

2.3.2. Chaussées semi –rigides

On distingue :

- Les chaussées comportant
 - une **couche de base**,
 - quelquefois une couche de fondation)
 - **traitée au liant hydraulique** (ciment, laitier granulé...)

La couche de **roulement** est en **enrobé hydrocarboné**

Elle repose quelquefois par l'intermédiaire d'une **couche de liaison** également en **enrobé hydrocarboné** sur la **couche de base traitée** dont l'**épaisseur** strictement minimale doit être de **15 cm**.

Ce type de chaussée n'existe pas actuellement, en Algérie.

- Les chaussées comportant une **couche de base** et/ou une **couche de fondation** en **sable gypseux**.

On les rencontre fréquemment dans les zones arides.

2.3.3. Chaussées rigides

Elles sont constituées d'une

dalle de béton de ciment,

éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple)

Reposant sur une **couche de fondation** qui peut être :

- un grave stabilisé mécaniquement,
- une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (Figure 9.2).

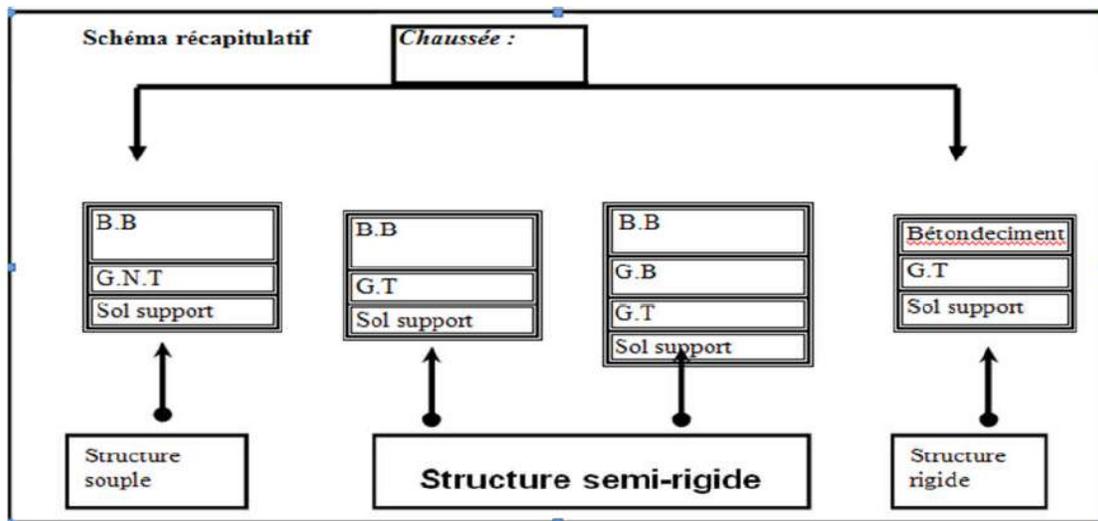


Figure 9.2 : Différents types de chaussée

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitume.

GT : grave traité.

GNT : grave non traité.

3. Principales méthodes de dimensionnement

On distingue **02 familles** principales de calcul:

- Les méthodes **empiriques** dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites « **rationnelles** » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on intéresser aux méthodes empiriques les plus utilisées.

3.1. Facteurs déterminants pour les études de dimensionnement

3.1.1. Trafic

La connaissance du **trafic** et, principalement du **poids lourd**, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée.

Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres :

- Le **TMJA** à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- Le **nombre cumulé d'essieux** de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.
- Trafic « **poids lourd** » comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes.

3.1.2. Trafic à la mise en service

Ce trafic compté sur la base du **TMJA** est estimé à partir du **trafic PL** par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route.

On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel de PL $\geq 5t$ (Tableau 9.1).

Tableau 9.1 : Classification de trafic.

Classe de trafic	T ₅	T ₄	T ₃		T ₂		T ₁		T ₀		
			T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂ ⁻	T ₂ ⁺	T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀ ⁻	T ₀ ⁺	
MJA (PL/J)	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000

3.1.3. Trafic cumulé équivalent (NE)

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est

le nombre équivalent d'essieux de référence

correspondant au **trafic PL cumulé** sur la durée de service retenue,

il est donné par la relation suivante :

$$NE = N \times CAM \quad (9.1)$$

L'essieu de référence en vigueur en **Algérie** est

essieu de 13 T.

- N : est le nombre cumulé de PL pour la période de calcul de P années,

$$N = 365 \times MJA \times C$$

- C : étant le facteur de cumul sur la période de calcul, tel que

$$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

- P : durée de vie.
- τ : Taux de croissance de trafic.

CAM : est le Coefficient d'Agressivité Moyenne de **PL** par rapport à l'essieu de référence (Tableau 9.2)

$$NE = 365 \cdot MJA \cdot CAM \cdot [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Tableau 9.2: Classe de trafic en fonction **CAM** des poids lourd.

Classe de trafic	T5	T4	T3-	T3+	Au delà
CAM	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8 si $e < 20\text{cm}$ 1.0 si $e \geq 20\text{cm}$

3.1.3. Le climat et l'environnement

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations.

L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai.

3.1.4. Sol support

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de l'indice CBR (Tableau 9.3).

Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support.

Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95% de la densité à l'O.P.M

Tableau 9.3: variation de portance avec CBR.

Portance	0	1	2	3	4
CBR	<3	3à6	6à10	10à20	>20

3.1.5. Matériaux

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL.

4. Méthodes empiriques

4.1. Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci après:

$$e = \frac{100 + (\sqrt{p}) (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad (9.2)$$

Avec:

- e: épaisseur équivalente
- I: indice CBR (sol support)
- N: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

$$N = T_H \cdot \%PL \quad (9.3)$$

T_H : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m \quad (9.4)$$

Avec

- T_0 : trafics actuel (v/j)
- m : année de prévision
- P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)
- Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \cdot e_1 + c_2 \cdot e_2 + c_3 \cdot e_3$$

Avec

- $c_1.e_1$: couche de roulement.
- $c_2.e_2$: couche de base.
- $c_3.e_3$: couche de fondation.

Où:

- c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.
- e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Le tableau (9.4) ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Tableau 9.4: Coefficient d'équivalence

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse - T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.80 à 0.9

4.2. Méthode du catalogue des structures «SETRA»

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par la « SETRA ».

Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés :

- **GNT**,
- **SL**,
- **GC**,
- **SB**.

Il considère également 04 classes de trafic selon leur importance, allant de

200 à 1500 Véh/J.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la **20^{ème}** année **T_j**.
- Les caractéristiques de sol (**S_j**).

4.2.1. Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic (**TPLi**) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant (Tableau 9.5) :

Tableau 9.5 : La classe du trafic poids lourd.

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₀	$< 3.5 \cdot 10^5$
T ₁	$3.5 \cdot 10^5 < T < 7.3 \cdot 10^5$
T ₂	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T ₃	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T ₄	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T ₅	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_c = T_{PL} \cdot \left(1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right) \cdot 365 \quad (9.5)$$

Avec :

- **T_{PL}**: trafic poids lourds à l'année de mise en service
- **n** : durée de vie.

4.2.2. Détermination de la classe du sol

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants (Tableau 9.6):

Tableau 9.6 : Classe de sol en fonction CBR.

CLASSE	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Indice C.B.R	>40	25-40	10-25	05-10	<05

4.3. Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP »

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont:

- trafic,
- sol support,
- environnement,
- zone climatique.

4.3.1. Trafic

C'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes) :

a) Le réseau principal noté « RP »

Il se compose de route reliant :

- Les chefs lieux de wilayates.
- Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers.
- Les principales importantes zones industrielles dans les agglomérations.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- RP1 (T>1500V/J) \implies RN, Autoroute, CW.
- RP2 (T<1500V/J) \implies RN, CW,....

En Algérie le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de **18.400 km**.

b) Le réseau secondaire « RS »

En Algérie, Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire total de **7.900 km**.

4.3.2. Répartition transversale du trafic :

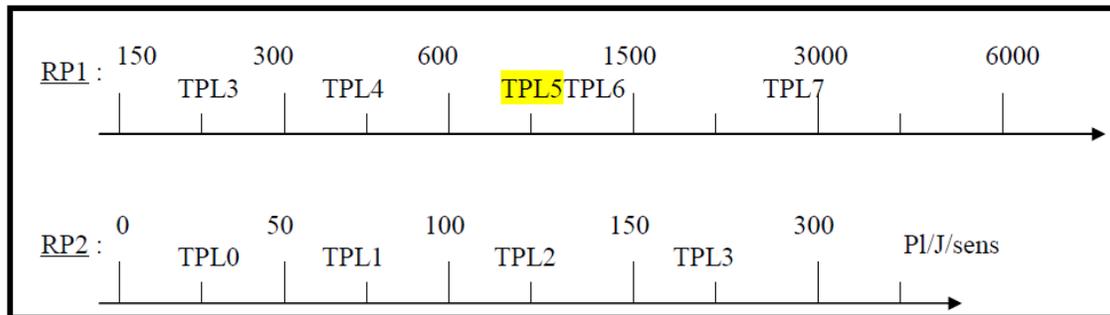
On adoptera les valeurs suivantes :

- Chaussée **unidirectionnelles** à **2 voies** : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée **unidirectionnelles** à **3 voies** : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée **bidirectionnelles** à **2 voies** : 50 % du trafic PL.
- Chaussée **bidirectionnelles** à **3 voies** : 50 % du trafic PL.

4.3.3. Détermination de la classe de trafic TPLi

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL/J/sens à l'année de mise en service (Tableau 9.7).

Tableau 9.7 : Classe de trafic



4.3.4. Détermination des classes de portance de sols

Le tableau 9.6 regroupe les classes des sols par ordre croissant de **S4** à **S0** :

a. Détermination des classes de portance de sols support :

Pour les sols sensibles à l'eau :

La portance du sol support est déterminée par :

- L'essai CBR imbibé à 4 jours pour les zones climatiques I et II.
- L'essai CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV.

Pour les sols insensibles à l'eau :

Sols grossiers contenant plus de **25 %** d'éléments >20mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions ($W_{nat} \geq W_{opm}$).

L'essai de plaque \implies le module de sol E_{V2} la déflexion \implies dc (déformation).

Les deux sont reliés par la relation empirique :

$$E_{V2} \times dc = 10340.$$

\downarrow
MPa

\downarrow
1/100mm

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation (Tableau 9.8):

$$E(MPa) = 5.CBR$$

Tableau 9.8 : Classe portance de sol en fonction de la flexion.

CLASSE	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
E (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de (Tableau 9.9):

- portance du sol terrassé (Si),
- classe du sol support visée (Sj).

Tableau 9.9 : Classe de sol en fonction de la portance

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S ₄	Matériau non traité	50cm (en 2c)	S ₃
S ₄	Matériau non traité	35cm	S ₃
S ₄	Matériau non traité	60cm (en 2c)	S ₂
S ₃	Matériau non traité	40cm (en 2c)	S ₂
S ₃	Matériau non traité	70cm (en 2c)	S ₂

c.4 Les zones climatiques

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant (Tableau 9.10):

Tableau 9.10 : Les zones climatiques de l'Algérie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq(°)	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, Hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	Arde	30	Sud

Le schéma suivant montre la démarche suivante du catalogue

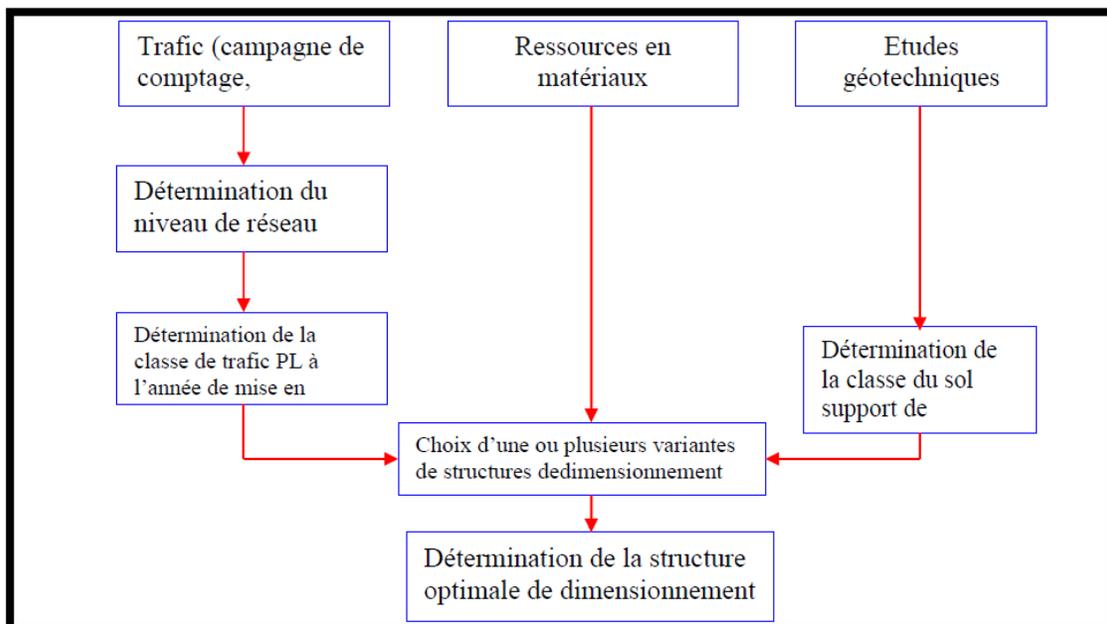


Figure 9.3 : schéma montre la démarche du catalogue.

Béton bitumineux

1. Définition

Un **enrobé** (ou **enrobé bitumineux** ou **béton bitumineux** ou **grave bitume** ou encore, **asphalte**) est un revêtement de voirie.

C'est un mélange de :

- graviers,
- de granulats concassés,
- de sable,
- d'un liant hydrocarboné appelé **bitume enrobé bitumineux** (environ 5%) appliqué en une ou plusieurs couches pour constituer la **bande de roulement** des chaussées des routes.

L'**enrobé** est utilisé pour la construction et l'entretien des infrastructures routières; le bitume qu'il contient assure le lien entre les différents granulats.

Il répond aux exigences des applications revêtements dans les domaines :

- autoroutier,
- routier,
- de voirie urbaine,
- portuaire,
- aéroportuaire (pistes ... aires de stationnement ...).
- ouvrages neufs,
- l'entretien,
- la rénovation.

L'**enrobé**, aussi appelé **béton bitumineux**, c'est ce qui constitue le plus souvent la (ou les) couche(s) supérieure(s) d'une chaussée, (la couche de roulement, de base, et parfois de fondation).

La majeure partie des routes et des rues, en Algérie et en Europe, sont revêtues d'enrobé.

Description générale (enrobé bitumineux dit « de base»)

Un enrobé bitumineux est constitué de différents matériaux :

- des **granulats** : graviers de diamètre supérieur à 63 micromètres.



Couche de fondation d'une route enrobée de type *grave bitume*

- des « **fines** » ou **fillers** : sables et poussières de section inférieure à 63 micromètres.

Ces éléments, présents naturellement en faible quantité dans les granulats, sont essentiels pour réaliser l'enrobage du liant (le bitume) avec les granulats, car ce sont les fines qui agrègent le bitume.

- du **liant hydrocarboné** , composé essentiellement de bitume.

Familles d'enrobés bitumineux

Les différentes formules d'enrobés sont caractérisés par :

- Leur **granulométrie** ,
- Le **type de liant** et la **teneur en liant** ,
- Le procédé de fabrication (chaud ou froid),
- L'adjonction éventuelle de matériaux particuliers.

Produits Chauds

Il s'agit des enrobés :

- fabriqués à chaud, aux alentours de **180°C** ,
- appliqués à chaud, aux alentours des **150°C** .

- **Béton bitumineux :**

Enrobé riche en bitume, utilisé principalement pour les **couches de roulement**, c'est-à-dire pour les couches supérieures de la chaussée.

Les **bétons bitumineux** se classent en fonction de leur granulométrie : Toujours posé sur une couche de fondation

- **Béton Bitumineux Ultra Mince (BBUM) :**

Épaisseur de couche de **2 cm**.

Utilisé pour les couches de roulement particulières où une macrotexture importante est recherchée ou dans le cas de travaux d'entretien de surface.

Toujours posé sur une couche de fondation.

- **Béton Bitumineux Très Mince (BBTM) :**

Épaisseur de couche de **2,5 cm**.

Très utilisé en Europe pour les couches de roulement, elle permet de réaliser une couche d'usure qui, après quelques années, pourra être rabotée et refaite ou pour des points particuliers où une forte macrotexture est recherchée.

Toujours posé sur une couche de fondation

- **Béton Bitumineux Mince (BBM) :**

Épaisseur de couche de **3 à 5 cm**.

- **Béton Bitumineux Semi-Grenu (BBSG) :**

Très utilisé en Algérie et en France pour les couches de roulement.

Épaisseur de couche d'environ **6 cm**.

- **Grave bitume :**

Enrobé à plus faible teneur en liant (bitume) destiné aux couches de fondation ou de base **8 < e < 14 cm** (sous-couches).

On distingue également d'autres formules:

- Enrobé à Module Élevé (EME) utilisés en couche d'assise.
- **Enrobé drainant**.
- Enrobé avec adjonction de **colorant**.
- Enrobé avec adjonction de **polyéthylène**.
- Enrobé avec adjonction de **verre** pilé.
- Enrobé avec adjonction de matériau local.

Produits Froids

Il s'agit d'enrobés fabriqués et appliqués à froid, par adjonction d'**émulsion de bitume** garantissant la malléabilité du matériau.

- **Enrobé froid** : enrobé de faible granulométrie (0/4 ou 0/6 en principe) avec une forte teneur en liant et en fines, généralement utilisé de manière temporaire pour permettre la circulation de véhicules sur des voies en cours de travaux, ou encore pour reboucher des petites tranchées, trous, et **nids de poules** sur des chaussées déformées.

Cet enrobé est très utilisé au printemps en période de dégel, pour réparer les détériorations de la chaussée dus au gel.

- **Grave émulsion** : mélange de grave avec une faible proportion d'émulsion de bitume.
- Il existe aussi des enrobés bitumineux à froid qui sont destinés à la réalisation de couches de roulement. Ce sont des enrobés hydrocarbonés à froid (non stockables) ou tous les granulats sont recouverts de liant.

Fabrication

Les enrobés sont fabriqués par une :

Centrale d'enrobage (ou poste d'enrobage),

à froid ou à chaud.

Il existe des centrales :

- **Fixes** : situés généralement à proximité d'une **carrière**,
- **Mobiles** : principalement utilisées lors des grands travaux tels que la construction d'une autoroute.

Le processus de fabrication d'enrobé suit les étapes suivantes :

- **Alimentation** : remplissage de trémies (« prédoseurs ») avec les différentes coupures de granulats, à l'aide d'un **chargeur**.
- **Adjonction** : éventuelle de fillers contenu dans un silo.
- **Convoyage** : les prédoseurs déversent leur contenu à des vitesses différentes correspondant à la proportion désirée par coupure de matériau (en fonction de la formule d'enrobé à produire), sur un tapis convoyeur.
- **Séchage** : les matériaux sont enfournés dans le tambour malaxeur de la centrale, qui est un cylindre pouvant mesurer plus de 10 mètres de long et 2 m de diamètre, animé par des galets provoquant sa rotation, et disposant à l'autre extrémité d'un brûleur (généralement alimenté au **fioul lourd** ou au **gaz naturel**, dont la flamme peut mesurer plusieurs mètres.

À l'entrée du tambour, et tout au long de leur progression à l'intérieur de celui-ci, les matériaux sont séchés par la température de la flamme.

- **Malaxage** : tout au long de leur progression, les matériaux sont mélangés grâce à la rotation du tambour et des lames placées à l'intérieur.
- **Adjonction des fines de recyclage** : les fumées issues du séchage sont filtrées et les fines contenues dans ces fumées sont réinjectées dans le tambour afin de respecter la granulométrie initiale.
- **Adjonction du bitume** : les matériaux parvenant à l'autre extrémité du malaxeur sont « enrobés » avec le bitume injecté à l'aide d'une pompe selon la teneur désirée, et un dernier malaxage est effectué.
- **Stockage** : l'enrobé produit est ensuite stocké en **trémies**, soit à l'aide d'un chariot (ou *skip*) dans lequel on déverse l'enrobé en sortie du malaxeur par gâchées, soit en continu à l'aide de tapis adaptés.
- **Chargement** : l'enrobé stocké est ensuite chargé dans les camions qui se placent sous les trémies de stockage, ou se trouve une **bascule**.

Transport et stockage

Les enrobés chauds sont transportés dans des camions disposant d'une benne munie de **trappes** à l'arrière.

La législation dans un grand nombre de pays occidentaux impose que les bennes doivent être bâchées lors du transport d'enrobés chauds.

Un enrobé stocké dans la benne d'un camion bâché peut rester plusieurs heures à température, mais il est indispensable de l'appliquer rapidement avant qu'il refroidisse (**au-dessous de 130°C**, un enrobé est très difficile à travailler, et la qualité de l'application peut être remise en cause).

Pour réduire en partie le problème de refroidissement, le transport dans des bennes rondes avec un calorifugeage (ex:laine de roche) assure un meilleur maintien de la température.

Les enrobés froids ou grave émulsions peuvent être stockés plusieurs semaines à l'abri des intempéries.

Application

Un **finisseur** en cours d'application, on remarque le camion vidant sa benne d'enrobé dans la trémie.



Un **compacteur à billes**.

L'application de l'enrobé est effectuée, en fonction de la surface à couvrir :

- manuellement, à l'aide de « râteaux », par la technique dite du « tirage au râteau ».
- lorsque la surface est intermédiaire grâce à un accessoire monté sur mini-pelle.
- à l'aide d'un **finisseur** (ou *finisher*).

L'application doit se faire sur un sol pas trop froid ($>8^{\circ}\text{C}$), sinon le compactage ne se fait pas correctement avec un risque de fissures.

À la suite de l'application, un compactage est assuré à l'aide de **compacteur** à pneus ou à jante lisse vibrant (les petits compacteurs sont également nommés « cylindres »).



Qualité

Tant au niveau de la fabrication qu'au niveau de l'application, les entreprises et les clients, notamment les **collectivités**, effectuent un contrôle qualité.

Les principaux essais effectués sont les suivants :

- Essais de résistance et de comportement en **laboratoire** lors de l'élaboration de nouvelles formules d'enrobés (coefficient d'orniérage, ...)
- Contrôle d'échantillons de bitume prélevés à l'approvisionnement des centrales (**viscosité**).
- **Analyse granulométrique, hygrométrie**, coefficient d'aplatissement, taux d'**argile** dans les fines (valeur au **bleu de méthylène**) sur des échantillons de matériau prélevés à l'approvisionnement des centrales.
- Teneur en bitume et analyse granulométrique sur échantillons d'enrobé prélevés lors de l'application (par un processus d'extraction de bitume et de lavage des matériaux au **perchloroéthylène**).
- Analyse de **rugosité, compacité** effectués sur la chaussée une fois l'application d'une couche d'enrobée effectuée.

Matériels de travaux publics

1. Camion

Le **camion** est un véhicule **routier** de plus de 3,5 tonnes, destiné à **transporter** des **marchandises**.

Le camion se distingue du **véhicule léger** sur le plan technique (charge à l'**essieu** nettement plus importante, dimensions...).

Le routier (routière) ou **camionneur** (camionneuse) a pour tâche la conduite d'un camion, et il est nécessaire d'avoir le **permis de conduire** approprié pour manœuvrer le **poids lourd**.

En outre, la circulation des véhicules lourds (**autobus**, **autocar**, **trolleybus**, **tracteur routier** muni d'une **remorque**) est soumise à une réglementation particulière, stricte notamment en ce qui concerne les temps de conduite.

Il existe **02 catégories** de camions :

- les camions pour la circulation en réseau routier normal qui possèdent 6, 10 ou 12 roues,
- les camions hors routes « off road » dont les dimensions et leur poids ne leur permettent pas de circuler sur les chemins publics.

On retrouve les camions hors routes surtout pour l'exploitation de carrières ou de mines.

Les camions 6, 10 ou 12 roues sont fréquemment utilisés sur les chantiers de terrassement.

Les camions ont une seule fonction lors des opérations de terrassement, transporter les matériaux de déblai ou de remblais.

La production des camions est tributaire des conditions de chantier, de la grandeur de leur benne, de leur capacité de chargement, des temps fixes, de leur vitesse et des distances à parcourir.

En **Algérie**, le principal fabricant de camions est l'actuel **SNVI** issue de la restructuration de l'ex. **SONACOME** elle-même était implantée sur le site de l'ancienne usine de montage **Berliet** de Rouiba dans la banlieue est d'Alger.

Elle fabrique une gamme complète de bus et de camions a bennes et a plateaux, de porteurs et de tracteurs routiers a 02, et 03 essieux composée du :

- K66,
- K120,
- C260,
- M210,
- M260 pour des usages civils et militaires,
- R320.



SNVI K120



SNVI C260



SNVI R320

D'autres entreprises locales font du montage de grandes marques comme

- Hyundai a Batna
- MAN a Blida



Assemblage CKD de camions Mercedes à Rouïba en Algérie en Avril 2015

Le premier Mercedes-Benz Actros dans sa version tracteur 4x2, a été assemblé en Avril 2015, dans l'usine de la SNVI suite la joint-venture créée entre l'Emirati Aabar qui détient 49% et les parties algériennes avec le MDN avec 34% de part et 17% pour la SNVI.



Camion Zetros militaire de l'ANP

C'est la première unité des 556 annoncés pour cette année, les responsables annoncent que les chaînes de montage sortiront quelques 16.500, dont 15.000 camions, 1.000 autobus et 500 minibus d'ici cinq ans.



Camion SNVI à 04 essieux de l'ANP

Description

Presque tous les camions partagent une structure commune, ils sont constitués :

- Dun châssis,
- Dune cabine,
- Dun espace pour charger la marchandise ou de l'équipement,
- De plusieurs essieux,
- la suspension
- de roues,
- un moteur,
- une transmission.
- Des accessoires pneumatiques, hydrauliques et des systèmes électriques peuvent également être présents.

Ce sont des machines complexes.

Cabine

La cabine est un espace clos où le conducteur s'assied.

Il peut y avoir en plus un compartiment rattaché à la cabine où le chauffeur peut se reposer pendant qu'un autre conduit ou dans le cas où le camion est en stationnement.

Types de cabines

Cabine avancée

Une cabine avancée ou nez plat est une cabine où le siège du chauffeur est au dessus de l'essieu avant.

Cette conception est presque omniprésente en Europe, où les camions sont strictement réglementées, mais aussi largement utilisée dans le reste du monde.



Ils étaient fréquents aux États-Unis, mais ils ont perdu de leur importance à cause de l'extension des voies de circulation, ce qui a conduit à l'utilisation de camions plus grand et à l'autorisation de leur circulation au début des années 1980.

Pour accéder au moteur, la cabine entière bascule vers l'avant.

Ce type de cabine est particulièrement bien adapté aux conditions de livraison en Europe, où de nombreuses routes suivent le tracé de parcours beaucoup plus anciens et voies de roulement qui exigent une capacité de virage supplémentaire de la cabine.

La conception de cabine avancée est due à Viktor Schreckengost.

Modèles et configurations

Les camions se déclinent en de multiples modèles en fonction du type de biens transportés. Ils doivent se conformer à des réglementations très précises. En **France**, on parle aussi de **poids lourd (poids total autorisé en charge (PTAC) supérieur à 3,5 tonnes)**.



Un camion américain **Kenworth** (USA)

Il existe plusieurs configurations possibles :

- un **tracteur** auquel est accroché une **se mi-remorque** ;
- un porteur auquel est accroché parfois une remorque.

Les camions les plus gros sont appelés « **convois exceptionnels** » lorsqu'ils doivent circuler sur des routes ouvertes à la circulation publique alors qu'ils excèdent les dimensions ou les tonnages autorisés par le **code de la route**.

Le plus grand camion au monde, un **tombereau**, est destiné aux **mines** : c'est le **Liebherr T 282B**



Liebherr T282B (Allemagne)

En **Australie** circulent des « **trains routiers** » de cent quarante tonnes.

En **Suède** circulent des **eco combis** pouvant transporter 75 % de plus de marchandises (en volume comme en masse) qu'un semi-remorque conventionnel.

Ils sont actuellement en phase d'essai dans certains pays de l'UE, comme les **Pays-Bas** ou l'**Allemagne**.

Les porteurs et tracteurs routiers



Porteurs de marque SNVI (Algérie), Scania (Suède) et Volvo (Suède)

Les **porteurs** possèdent sur le même **châssis** la **cabine** et un volume de chargement pour transporter les marchandises.

Ce volume peut être :

- un plateau,
- une citerne,
- une benne,
- une caisse souple (**savojarde** ou PLSC (Paroi latérales souples coulissantes communément appelé **Tautliner**),
- une caisse rigide (fourgon), etc. Ces dernières peuvent être amovibles.



Tracteur et sa remorque

Une **remorque** peut être attelée pour augmenter la capacité du véhicule, dans ce cas, pour le code de la route français, l'ensemble constitué par le véhicule porteur et la remorque se nomme un train routier.

Beaucoup de porteurs sont des véhicules de livraison.

Les **tracteurs** sont la partie motrice comprenant la cabine et un châssis auxquels on attèle une **semi-remorque** chargée des marchandises, cet ensemble constitue un **véhicule articulé**.

Il en existe différents types :

- citerne,
- frigorifique,
- bâchée,
- plateau,
- savojarde,
- porte containers,
- porte verre, etc.

Une seconde remorque ou une seconde semi-remorque peuvent être ajoutées en fonction de la puissance disponible et des impératifs **logistiques**, et bien entendu de la réglementation (limites de charge et de dimensions).

Dans ce cas (plusieurs remorques ou semi-remorques), le véhicule se nomme un train double ou un bi train.

Tracteur ou semi-remorque Maxicode

Le terme Maxicode définit les véhicules homologués par l'administration en tant que véhicules aptes à transporter les charges maximales autorisées par le code de la route.

Un tracteur routier ou porteur de petite ou moyenne gamme, tout comme une remorque ou une semi-remorque de petit ou moyen tonnage, n'est pas un véhicule Maxicode.

Dans les limites de son homologation, un véhicule Maxicode (tracteur, ou semi-remorque) peut servir au transport exceptionnel (convois exceptionnels) ou de masses indivisibles (lourdes charges et dimensions supérieures aux véhicules standards – voir plus haut).

On adapte aussi les camions à des activités spécifiques : chargement, déchargement et transport de bois en grumes ou autres matériaux (sables, poudres, liquides, déchets de métaux destinés au retraitement, résidus minéraux ou organiques inertes ou en décomposition).

On les équipe alors de **grues**, de **compresseurs** ou de **pompes** pour élever les charges, les aspirer ou les pousser vers leur lieu de stockage ou d'utilisation.

2. Bulldozer

Les **dozers** (pousseurs, en français du Canada, ou buteur) appelés communément « **bulldozer** », est un tracteur à chenilles, chaînes ou pneus équipé d'au moins une lame orientable et servant à pousser des matériaux ou à démolir.

Historique

De l'engin

Il a été utilisé à partir des années 1940 et est arrivé en Europe suite à la Seconde Guerre mondiale pour reconstruire les habitations dévastées.

Du mot anglais

- Dans les années 1880 : aux États-Unis, un « bull-dose », ou *dose pour un taureau*, était une large et efficace dose de médicament ou de mesures punitives.
- 1886 : le mot « bulldozer » désignait un pistolet de large calibre et la personne qui le portait.
- Fin du XIX^e siècle : « bulldozing » voulait dire le fait d'utiliser la force extrême afin de repousser n'importe quel obstacle.
- Plus tard : le mot s'applique au véhicule.



CAT D10N.



IDF CAT D9R.



ENMTP 3471

Description

Le bulldozer est une pelle niveleuse montée sur un tracteur à chenilles.

L'outil de terrassement est une lame profilée portée par deux bras articulés qu'un mécanisme hydraulique permet de rabaisser ou de relever.

Si la lame est en position basse, l'engin fait un terrassement par raclage avec une profondeur de coupe de 20 à 30 cm.

En mettant la lame en position intermédiaire, on peut régaler des tas de déblais en couches d'épaisseur de 20 à 30 cm également.

La position haute est une position de transport.

Dans certains engins, la lame est inclinable par pivotement autour d'articulations horizontales. Ce mouvement est commandé par des bras poussoirs hydrauliques.

La puissance de l'engin est caractérisée par celle du tracteur et varie de

25 à 500 ch.

La longueur de la lame est proportionnelle à la largeur de la machine, elle varie de

1,80 m à 6,00 m.

Dans certains bulldozers, la lame est également orientable dans le sens de la marche de l'appareil. Ces engins sont appelés les angledozers. Cet appareil a la possibilité d'aplanir des tas de déblais en les rejetant sur le côté.

Généralement, les bulldozers sont équipés d'un dispositif de ripage monté à l'arrière de la machine.

Il peut être à soc unique ou à plusieurs socs.

Le nombre de socs à adopter résulte de l'analyse du sol à traiter : dans un terrain où la pénétration des dents est facile, il y a intérêt à augmenter le nombre de dents.



8.3 Décapeuse

Les décapeuses sont des engins de terrassement utilisées lorsque les sols à déblayer est pulvérulent également lorsque les volumes de déblai sont importants et les distances à parcourir relativement courtes (moins de 5 kms).

La **décapeuse** est un engin de travaux publics.



Une décapeuse franchissant une chaussée. Utilisation pour la construction d'une autoroute.

La décapeuse appelée aussi *scraper* ou *motor-scraper* et de catégorie CACES 8, est généralement utilisée pour l'arasement des sols.

Cet engin possède une benne avec tiroir éjecteur pouvant se surbaisser et qui, par l'effet du déplacement de la machine, permet d'extraire les matériaux.

Ceux-ci seront ensuite transportés sur le lieu de déchargement pour finalement y être répandus en couches.

Ces engins travaillent généralement en duo car ils sont poussés (un tampon se trouve à l'arrière) par un bulldozer équipé d'une lame spéciale dite « pousse ».

Ce type de scraper dit « poussé » est le plus répandu.

L'engin peut aussi être autonome, du type « automoteur ».



Par le biais d'une chaîne élévatrice, il se charge et se décharge par ses propres moyens.

Il existe enfin un type assez peu courant appelé « bimoteur » (car équipé de deux moteurs, un à l'avant et l'autre à l'arrière) qui peut ainsi se passer d'un bulldozer pour travailler.

8.4 Chargeur sur pneus

Tout comme les pelles hydrauliques, les chargeurs servent lors du remplissage des bennes des camions le plus souvent avec des matériaux granulaires de remblai comme :

- la pierre concassée tirée des carrières,
- le sable et gravier extrait des bancs d'emprunt.

Les chargeuses sur roues récentes sont constituées de deux parties articulées autour d'un pivot et leurs roues sont fixes.

Un **chargeur** est un engin de chantier polyvalent sur pneus. Il comporte un corps automoteur articulé et une benne de grande taille à l'avant.

Celle-ci, aussi appelée **godet**, peut effectuer un mouvement vertical et pivoter autour de son axe porteur.



Les imposantes roues du chargeur, mûes par un moteur puissant, permettent la pratique de tous types de terrain suffisamment durs et une poussée importante vers l'avant.

Compte tenu de leur morphologie et leur faible rendement, les chargeuses sont peu utilisées comme engins d'excavation.

Les chargeuses sur roues sont de loin plus performantes (130 à 150%) que les chargeuses sur chenilles.



Origine

Le premier chargeur sur pneus a été développé en 1957 par les frères Louis et Cyril Keller pour un éleveur de volaille dans le Minnesota.

Il s'agissait d'un véhicule à trois roues (Deux roues motrices à l'avant et un essieu directionnel à l'arrière)

En 1960 Louis Keller crée le modèle M400 avec un essieu arrière moteur ce qui donne véritablement naissance aux chargeurs modernes

8.5 Tombereau

- Le **tombereau** est le nom donné au véhicule hippomobile, généralement agricole, destiné à transporter un matériau en vrac: terre, paille, fumier, gravats. Sa particularité est que la caisse peut basculer vers l'arrière pour vider le chargement. De là vient le nom, du verbe *tomber*, au sens ancien de *basculer*.
- Par extension, un **wagon tombereau** est un véhicule ferroviaire également destiné au transport en vrac. Il est constitué d'une caisse ouverte en bois ou en tôle, bâchable ou non, à 2 essieux ou à bogies.

Le terme **tombereau** (*dumper* en anglais) est utilisé pour désigner un engin de chantier, ou de carrière, comportant une benne montée sur un châssis. Il est aussi utilisé en France, même si le terme *dumper* est plus courant.

On peut les classer en trois catégories :

- les engins de petite taille ;
- les tombereaux articulés ;
- les tombereaux rigides.

Les engins de petite taille



Un petit tombereau ENMTP (El Harrach)

On trouve aussi de petits engins, parfois nommés "basculeurs", que l'on rencontre sur les chantiers urbains, en raison de leur petite taille et de leur maniabilité.

Leur charge utile va de quelques centaines de kilogrammes à plusieurs tonnes.

Certains d'entre eux sont réversibles, avec un poste de conduite pivotant, ce qui permet de faciliter les manœuvres.

Les articulés

Ces machines résultent à l'origine de l'accouplement d'un tracteur agricole et d'une remorque.

Volvo fut le pionnier de ce type d'engins et le DR860 demeure l'archétype du tombereau articulé.

Les mauvaises conditions des chemins d'Europe du Nord ont poussé bien des constructeurs locaux à développer des engins de ce type, notamment Volvo, Kockum et Nordstroëm.



Tombereau articulé Volvo A40D (Suède)

Bien qu'offrant une charge utile généralement plus faible que les tombereaux rigides qui les ont précédés, ces machines présentent l'avantage d'offrir d'excellentes prestations en tout terrain, notamment dans la boue.

Dès lors, il n'est pas nécessaire pour les utiliser, de lancer des opérations de préparations du terrain (nivelage, pose de tout venant, compactage...), comme c'est parfois le cas pour leurs cousins rigides.

Leur vitesse peut frôler les 50 km/h.

Dans cette catégorie, la machine se compose de deux parties :

- le tracteur, comportant la cabine et les organes mécaniques : moteur, pompes hydrauliques, système de refroidissement, etc. Cette partie repose sur un seul pont, donc deux roues uniquement. Il n'est donc pas autonome, on ne peut donc pas le désaccoupler du châssis-benne.
- le châssis comportant la benne, partie arrière de la machine. Il repose sur un (très petits modèles) ou deux ponts (le plus souvent).

Ces deux parties sont assemblées par un tourillon et deux vérins hydrauliques horizontaux, ceux-ci servant d'organes de direction.

L'articulation est conçue de manière à ce que la partie arrière peut se renverser, sans affecter la stabilité du tracteur.

En règle générale, les roues (le plus souvent au nombre de six) sont toutes motrices.

Ces machines ont une charge utile variable selon les modèles : généralement de 25 à 40 tonnes, à l'exception de petit modèles (Case, New Holland) et des Bell B50D et (appelés Deere D500 en Amérique du Nord) (50 tonnes).

Leur utilisation est variable : voiries (charge utile de 20 et 25 tonnes), terrassements et transports en carrières (35 et 40 tonnes de charge utile).

Les rigides



Tombereau rigide géant Liebherr T 282B

Gros tombereau à six roues pour le transport en carrière ou dans les mines à ciel ouvert.

On les rencontre aussi sur les gros chantiers.

Leur avantage demeure dans leur robustesse et leur capacité de charge élevée, mais ils pâtissent d'une mobilité médiocre sur mauvais terrain, car ils n'ont que deux roues motrices pour la plupart.

En revanche, leur vitesse est supérieure à celle de leurs homologues articulés.

La charge utile peut atteindre 360 tonnes pour le Liebherr T 282B.

Il existe aussi de nombreux engins plus petits dont la charge oscille entre 30 et 50 tonnes pour les plus courants.

En France, Berliet et Secmafer ont produit des tombereaux rigides.

Parmi les plus fameux : le Berliet T100, de 80 tonnes de capacité (le plus gros camion du monde en son temps) et le Secmafer SFTT115 de 115 tonnes.

Les plus gros engins de ce type disposent souvent d'une transmission diesel électrique et d'un moteur de locomotive développant quelques milliers de chevaux.

Le poste d'entretien le plus couteux demeure les pneus. C'est du reste ces derniers qui limitent la course à la puissance engagée par les constructeurs.

Pour charger plus lourd, il faut soit plus de pneus (mais ça grève la rentabilité), soit des pneus plus gros.

Mais ceux-ci ne sont alors plus transportables (un pneu ne peut être démonté ou plié).

8.7 Niveleuse

Une **niveleuse** est un véhicule de génie civil constitué essentiellement :

- de 6 roues,
- d'une lame frontale (appelée lame "*bull*" en rapport avec la lame du "*bulldozer*" ou *bouteur*),
- d'une lame de grande largeur qui permet de régler en hauteur des couches de matériaux,
- d'un "*ripper*" (sorte de dents qui permettent de décompacter des couches de matériaux en place).



Niveleuse ENMTP

La lame prépondérante de la niveleuse est la grande lame qui peut se régler depuis la cabine de pilotage avec des angles allant pratiquement de 0° (lame horizontale) à 90° (lame verticale).

C'est cette lame qui permet de régler les différentes couches de chaussée (fondation et base) constituée de graves hydrauliques, naturelles ou bitumineuses (grave bitume).

La niveleuse est pratiquement toujours associée à un cylindre (rouleau compresseur) ou à un compacteur (à roues uniquement).

Elle est aussi fréquemment utilisée comme véhicule de déneigement, où elle est appelée *gratte* dans la langue populaire.

8.8 Rouleau compresseur

Un **rouleau compresseur**, appelé également **compacteur**, est un engin de compactage motorisé, caractérisé par des roues cylindriques lisses ou à relief dit « pied de mouton », servant à tasser le sol support ou toute autre couche d'une chaussée.

Un rouleau compresseur est généralement très lourd (un modèle compact pèse environ 600-700 kg, un très grand jusqu'à une vingtaine de tonnes) est :

- articulé en son milieu
- équipé de deux larges cylindres appelé « billes » (de la largeur du véhicule) faisant office de roues (ou encore d'un cylindre à l'avant et de roues à l'arrière, voire uniquement des roues)
- permettant de tasser, compacter et lisser un sol remblayé ou l'enrobé d'une route.



Rouleau compresseur ENMTP (Algérie) et Case a pied de mouton (USA)

Les modèles utilisés sur les enrobés ont un système d'arrosage intégré pour refroidir les billes et éviter que l'enrobé ne s'y colle et provoque des arrachements, l'ensemble de ces engins possède un vibreur à balourd interne.

Il existe aussi des appareils plus compacts, à un seul rouleau et tractés manuellement ou des plaques vibrantes très compactes, pour les zones inaccessibles aux gros engins.



Grand rouleau compresseur articulé



Rouleau compresseur de taille moyenne



Rouleau compresseur autotracé de taille compact

Typologie

Types de compactage :

- La compaction par chocs.
- La compaction par vibration.
- La compaction par roulage.

Type de compacteurs :

- Compacteurs à rouleau lisse
- Compacteurs à pieds de mouton
- Compacteurs à rouleau à grille
- Compacteurs vibrants
- Compacteurs à pneumatiques
- Compacteurs à pneumatiques lourds

4.2.1 Compacteurs Pneumatique

Les compacteurs à pneumatiques sont destinés aux travaux de finition de surface des enrobés, mais aussi des sols.

Ils assurent un compactage avec ménagement des couches minces ou des mélanges sensibles à la poussée.

On les utilise également là où les vibrations pourraient présenter des risques.

L'action des pneumatiques permet de réaliser un excellent scellement de surface des enrobés



bitumineux et améliore considérablement la rugosité des revêtements.

Les compacteurs à pneus ont un poids variant de 7 tonnes à 25 tonnes, et une puissance allant de 75 à 150 kW.

On trouve 3 catégories de compacteurs à pneus.

- P1 / Charge par roue 2.5T à 4T.
- P2 / Charge par roue 4T à 6T.
- P3 / Charge par roue 6T.

2.2. Compacteurs cylindriques (sur rouleaux lisses en acier)

Les compacteurs sur rouleaux lisses en acier sont des engins assez faciles à opérer.

Très mobiles ils sont utilisés pour des sols argileux sableux, les graves fines et moyennes.

Tout lui est autorisé (terrassment, couche forme, chaussée, enrobé...) mais moins efficace que les vibrants :

- Vitesse maxi 6 km/h
- Vitesse moyenne de travail entre 3.5 et 5 km/h



4.2.3 Compacteur à pied moutons (Cylindre à pieds dameurs)

Le cylindre à pieds dameurs comporte à la surface un grand nombre de segments en acier de forme tronconique dont le profil est étudié pour cisailer le sol par pénétration et pour que ces segments puissent se dégager en remontant sans arracher le sol.

Il est très important que le sol à compacter ne colmate pas les segments, faute de quoi, le rouleau serait transformé en cylindre lisse.

Ces engins sont bien adaptés sur le sol fins plastiques (surtout n'est pas conçu pour travailler sur les sables propres) et donnent



de bons résultats avec une vitesse de travail de l'ordre de 10 à 12 km/h.

Précision que ces engins qui possèdent une puissance très élevée sont souvent équipés d'une lame de buteur.

On distingue deux types de compacteurs à pieds dameurs:

- Les compacteurs vibrant à pieds dameurs classés selon les mêmes critères que les compacteurs vibrant à cylindres lisses.
- Les compacteurs statiques à pieds dameurs avec deux classes selon la charge statique moyenne par unité de longueur du cylindre.

8.9 Pelle mécanique hydraulique

La **pelle mécanique hydraulique** est un engin de chantier également connu sous le nom de **pelleteuse** (pelle), ou **excavatrice**. Quand il est de petite taille on peut parler de « minipelle » ou « midipelle ».



Exemple de pelle hydraulique. Plusieurs godets.



Minipelle Case CX31B.

Les **pelles hydrauliques** sont munies de **bras articulés** et de **godets** permutables qui permettent l'excavation dans des sols de nature variée.

Le plus souvent, les pelles hydrauliques réalisent des travaux d'excavation en mode

« **rétro (backhoe)** »

pour des excavations sous le niveau du dessous de la base de la pelle.

L'utilisation des pelles hydraulique en mode

« **frontal (front shovel)** »

se fait surtout lorsque l'excavation se réalise au-dessus de la base de la pelle.

8.9.1 Morphologie

La **pelle hydraulique** est constituée d'un châssis porteur à chenilles ou à pneus, surmontée d'une tourelle et dotée d'une rotation continue sur 360 degrés.

Cette tourelle porte le moteur, les organes hydrauliques (pompes, moteurs, vérins), le poste de conduite et l'équipement (bras, flèche, balancier et godet).

Il existe **02 types de pelles hydrauliques**,

Pelles sur chenilles

Pour les sols de faible capacité portante, le cas le plus courant, on utilisera la pelle hydraulique sur chenille.

Plus les chenilles sont larges, plus la portance (exprimée en kilogrammes par centimètre carré) est grande.

Les machines qui vont dans les marais peuvent avoir des patins de 1 200 millimètres, une machine normale de 20 tonnes a des patins de 500 mm à 700 mm.

En revanche, pour des terrains durs, il faut des patins ou tuiles peu larges, sinon ils risqueraient de se briser.



De même, plus les chenilles sont larges, plus l'usure des chenilles augmente et plus on abîme le terrain dans les virages. L'énergie nécessaire au virage augmente également.

La largeur idéale d'une chenille est donc un compromis :

"Aussi étroit que possible mais aussi large que nécessaire".

La stabilité dépend de la surface totale définie par la limite extérieure des chenilles.

En conséquence, plus les chenilles sont longues et écartées, plus la machine est stable.

Pelles sur roues

Elles sont utilisées sur des sols ayant une bonne capacité portante.

Les pelles à pneus sont elles équipées de stabilisateurs.

Sans eux la pelle bouge et risque de se renverser.

Vu leur plus grande mobilité, les pelles sur roues ont un rendement légèrement supérieur (+/- 15%) à celui des pelles sur chenilles.



En complément, sur les minipelles et les pelles à pneus, une lame est installée sur le châssis pour augmenter la stabilité.

Cet accessoire est également utilisé pour reboucher les tranchées.



Quelques chiffres

- Le poids d'une pelle hydraulique sur pneus peut aller jusqu'à 127 tonnes environ et jusqu'à 980 tonnes environ pour celles sur chenilles
- La puissance peut aller jusqu'à 490 CV environ pour les pelles sur pneus et jusqu'à 8920 CV (2 moteurs de 4460 CV) environ pour les pelles sur chenilles.
- La vitesse maximale de translation (déplacement) est de l'ordre de 4 km/h sur chenilles et 25 km/h sur pneus.

8.9.2 Godet

Le godet est le contenant qui permet la préhension et le déplacement des matériaux.



Godet d'une pelle mécanique.

Un **godet** est élément mécanique fixé à l'extrémité du bras d'une **pelle mécanique**, sur la chaîne d'une **drague à godets** ou sur d'autres engins de terrassement telle la chargeuse ou la pelle à roue.. On trouve également des godet dans l'industrie sur les **élévateurs à godet**

8.9.3 Brise-roche hydraulique



Un brise-roche hydraulique monté sur une **pelleteuse**. Un brise-roche hydraulique.

Un **brise-roche hydraulique** (BRH) est un outil se connectant à l'extrémité du bras articulé d'une **pelleteuse**, destiné à la destruction d'obstacles durs, rocheux ou en béton dans les travaux de **terrassement**.

8.10 Tractopelle



Tractopelle ENMTP (Algerie)

Une **tractopelle** (*backhoe* en anglais) est un engin de génie civil combinant un chargeur sur pneus et une pelleteuse.

La pelle, de petite taille, est surtout destinée à des travaux légers (creusement de tranchées, ou en agriculture pour le ramassage du fumier).

Cet engin est aussi appelé « rétrocaveuse », « pelle rétro » ou « chargeuse-pelleteuse ». On peut également trouver le terme « pépine » en jargon québécois.

8.11 Finisseur

Un **Finisseur** (ou *Finisher*) est un engin mobile destiné à appliquer les enrobés bitumineux sur les chaussées.



Un finisseur en cours d'application, on remarque le camion vidant sa benne d'enrobé dans la trémie

Description et fonctionnement

Un finisseur est composé des éléments suivants :

- une trémie disposée à l'avant, dans laquelle les camions transportant l'enrobé déversent leur contenu.
- une plate-forme de commande depuis laquelle le chauffeur pilote l'engin.

- une convoyeur située en dessous destinée à amener l'enrobé depuis le fond de la trémie vers la table de réglage.
- des chenilles
- une table de réglage, disposée à l'arrière, par où l'enrobé est déversé sur la chaussée, et sur laquelle il est possible de déplacer les éléments latéraux et verticaux afin de définir l'épaisseur et la largeur de l'application.

Pour effectuer l'application, le camion contenant l'enrobé recule et soulève sa benne afin de la déverser lentement dans la trémie du finisseur, puis c'est le finisseur qui pousse celui-ci jusqu'à ce que la benne soit vide, et qu'un autre camion vienne prendre sa place.

Au cours de l'opération, le chauffeur conduit l'engin en gardant une vitesse la plus constante possible, tout en restant aligné à l'axe de la chaussée à couvrir.

Le régleur a pour responsabilité de régler en permanence la table de réglage afin d'assurer une application d'épaisseur et de largeur correcte, tout cela sous le contrôle d'un chef d'application.

8.12 Fraiseuse de chaussée



Fraiseuse de chaussée de taille moyenne



Fraiseuse de chaussée de grande dimension

Les fraiseuses de chaussée enlèvent le revêtement usé ou endommagé selon une pente déterminée et laissent une surface striée susceptible soit d'être immédiatement ouverte à la circulation, soit d'être recouverte d'une nouvelle couche d'asphalte.

Dégradation des Chaussees

1. Introduction

Les chaussées subissent les agressions combinées des efforts mécaniques et des variations de climat.

A la base de toute stratégie d'entretien figure généralement un relevé des dégradations de surface et une interprétation associée.

En effet, la dégradation de surface constitue dans la plupart des cas, un des indicateurs les plus précoces et les plus sensibles de l'évolution des caractéristiques structurelles et de surface des chaussées.

Pour que le relevé de dégradations soit le plus efficient possible, il est nécessaire de bien définir les dégradations et leur niveau de gravité.

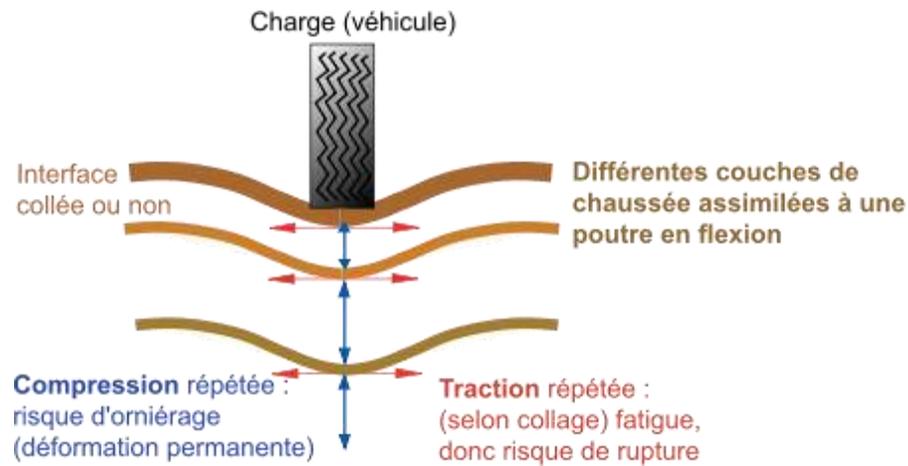
Pourquoi un relevé de dégradation

- Le revêtement routier est sensible à plusieurs agents agressifs (circulation des véhicules, UV, viabilité hivernale, impact mécanique,...)
- Un revêtement altéré laisse entrer l'eau, modifie l'uni longitudinal, impacte la macrotecture et donne une mauvaise image de l'état du réseau routier

Les dégradations les plus couramment rencontrées sont :

Sur la couche de roulement :

- usure due aux efforts tangentiels exercés par les charges roulantes,
- orniérage par fluage (conditions extrêmes de température et trafic)
- fissuration de fatigue par manque d'adhérence de la couche de surface sur l'assise,
- fissuration par remontée des fissures de la couche d'assise
- fissuration par fatigue thermique suite à un vieillissement du bitume sur les couches d'assise traitées :
- fissuration de fatigue due à la répétition des efforts de traction par flexion
- fissuration de prise et de retrait thermique des graves traitées aux liants hydrauliques
- fissuration due au gradient thermique des dalles de béton
- pompage et décalage de dalle dans les couches présentant des fissures de retrait ou de joint sur les couches d'assise non liée et support de chaussée :
- déformation permanente de la structure due au cumul de déformation plastique.



2. Orniérage à grand rayon

C'est une déformation permanente longitudinale qui se crée sous le passage des roues et dont la largeur est supérieure à 80 cm de large.



● Causes :

- sous-dimensionnement de l'assise/réduction de portance du support dû à un mauvais drainage ou l'action du dégel.

● Évolution : faïencage dans l'ornière

3. Affaissement de rive

Enfoncement prononcé localisé à la partie de la chaussée comprise entre le bord et la bande de roulement de rive.



- **Causes**
 - **Sous-dimensionnement de l'assise ou sol support.**
 - **Epaulement/drainage défectueux.**
 - **Retrait hydrique du sol (climat-végétation).**
 - **Dégradation aggravée par la présence d'eau qui reste stockée dans le bas coté.**

- **Évolution :**

Faiencage au droit de l'affaissement

4. Affaissement hors rive (flashe)

Enfoncement ponctuel, flache quand l'affaissement a une forme circulaire.



Causes :

- Sous-dimensionnement localisé de l'assise ou du sol support
- Présence d'eau provenant des couches supérieures (défaut de portance)

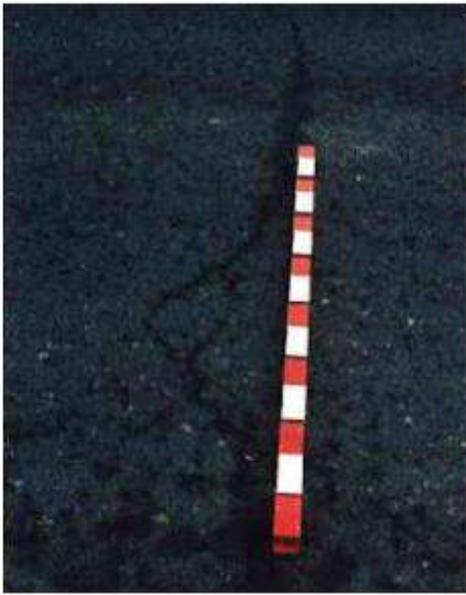
Évolution :

Faïençage puis départ de matériaux.

5. Fissuration

5.1. Fissuration transversale

Fissuration sensiblement perpendiculaire à l'axe de la chaussée, isolée ou périodique d'espacement variable sur tout ou partie de la largeur de chaussée.



● Causes :

- remontée en surface d'une fissure de prise ou de retrait thermique,
- remontée d'un joint transversal de mise en œuvre de l'assise traitée ou joint de reprise d'un tapis d'enrobé.

● Évolution :

- Ouverture fine au début puis
- ramification,
- épaufrure puis
- faïençage puis
- départ de matériaux

5.2. Fissuration longitudinale en bande de roulement

Fissuration sensiblement parallèle à l'axe de la chaussée, apparaissant exclusivement dans une bande de roulement.



● Cause

- fatigue de la structure par excès de contrainte de la ou des couches traitées => sous dimensionnement ou décollement.
- Défauts de construction (mouvement de sols, retrait sol argileux)

● Évolution

- ouverture fine au début puis
- ramification,
- épaufrure puis
- faïençage puis
- départ de matériaux.

5.3. La fissuration longitudinale non spécifiques aux bandes de roulement

Fissuration sensiblement parallèle à l'axe de la chaussée, non limitée aux bandes de roulement.



● Causes :

- Remontée d'un joint de mise en œuvre ou d'une fissure dans les couches inférieures
- Gonflement différentiel dû au gel.

● Evolution :

- ouverture fine puis
- ramification et
- épaufrure.

5.4. La fissuration d'adaptation

Fissuration provenant de mouvements de sols :

- tassements d'épaulements,
- retrait hydrique,
- tassement de remblais, etc.



● **Causes :**

voir définition.

● **Évolution :**

anarchique (fonction de la localisation sur la chaussée)

5.4. Le faïençage dans les bandes de roulement

Ensemble de fissures entrelacées ou maillées.



● Causes

- Fissures de fatigue dédoublées,
- décollement de la couche de roulement,
- portance insuffisante.

● Évolution

- Ouverture progressive des fissures jusqu'au départ des matériaux.

6. Mode de dégradation

Les phénomènes ci-dessus provenant de la dégradation des assises sont autant de points faibles dans lesquels l'eau s'infiltré et accélère la ruine de la chaussée pour arriver dans la plupart des cas à :

- des départs de matériaux en surface de la chaussée, aux niveaux des fissures,
- des faïençages pouvant aller jusqu'à la formation de nids de poule.



12.7. Les dégradations spécifiques aux couches de roulement en enrobés

12.7.1. Glaçage ou indentation

Usure ou enfoncement des gravillons de la couche de roulement conférant à la surface.



● Cause du glaçage

- Manque de dureté des granulats.

● Cause indentation

- surdosage liant
- qualité insuffisante du liant.

● Évolution

- apparition par plaque au début puis
- généralisation à l'ensemble de la bande de roulement.

12.7.2. Ornière à petit rayon

Déformation permanente longitudinale inférieure à 80 cm qui se forme sur le passage des roues.



● Causes

- formulation inadéquate
- Trafic lourd canalisé
- Zone de rampe, de freinage ou à forte giration
- Maniabilité élevée de l'enrobé.

● Évolution

- augmentation de la profondeur d'ornière
- formation de bourrelets.

12.7.3. Départs de matériaux (arrachements)

Désenrobages



- Départ du mastic étranger
- Liant et fines

Pelade



- Accrochage
- Faible épaisseur

Nids de poule



- Départ corps
- Accrochage

12.7.4. La fissuration anarchique

Fissuration provenant du vieillissement de l'enrobé.



Causes :

- **âge de l'enrobé,**
- **utilisation d'un liant dur,**
- **liant trop chauffé à la fabrication des enrobés.**

12.7.5. Le resuage



Cause

- Excès de liant
- Formulation
- Ornière

12.7.6. Le peignage



Causes

- Rampe de répandage
- Température basse

12.7.7. Le plumage



Causes

- Erreur de formulation.
- Température application basse.
- Température liant basse.

12.7.8. La pelade



Causes

- Couche accrochage.
- Support trop déformable.

12.8.

Relevé des dégradations de chaussée

Type, gravité

Classement en dégradations superficielles ou structurelles

Étendue

Zones homogènes de dégradations

Autres critères comme l'adhérence

Zones homogènes de solutions légères ou lourdes

