

Importance des routes et pistes rurales

- Le développement rural, représente l'un des objectifs de la politique de proximité préconisée par le Gouvernement marocain et constitue un enjeu de développement.
- Dans ce cadre, les infrastructures de base, en particulier celles relatives aux routes de désenclavement, jouent un rôle essentiel dans la stratégie de développement social et économique du monde rural.
- Les routes rurales facilitent en effet l'accessibilité de la population rurale aux services sociaux de base, garantissent les échanges économiques et valorisent les ressources locales.
- Permettent de lutter contre la pauvreté et l'exclusion mais aussi de réduire les inégalités entre zones urbaines et rurales.
- Les routes et pistes rurales sont un élément essentiel de l'aménagement du territoire et aussi d'accompagnement des projets d'investissement.
- Le réseau routier classé à la charge de l'Etat comprend au total un linéaire de 57.226 km dont environ 33.000 km de routes revêtues et plus de la moitié sont des pistes.

Importance des routes et pistes rurales

- Le déficit d'infrastructures dans le monde rural et la mauvaise qualité de celles-ci constituent aujourd'hui les contraintes principales au niveau du secteur des transports
- la population rurale est desservie dans sa large majorité par des routes non revêtues, très étroites et assimilables en général à de simples pistes. Ceci se traduit par un faible taux d'accessibilité.
- le Maroc a défini une stratégie du ministère de l'Équipement et des transports dont l'un des volets est la mise en œuvre d'une politique de proximité à travers le désenclavement des zones rurales.
- Le premier programme national des routes rurales (PNCRR) lancé en 1995 a permis la réalisation en 2003 près de 9 000 km de routes.
- En 2005 a été achevé le premier programme national des routes rurales (PNRR1) avec la construction de 11 000 kilomètres de routes rurales (taux d'accessibilité 54 %).
- Le PNRR2 prévoit de construire 15.560 km de routes rurales réparties en 65% de pistes revêtues et 35% de pistes en terre: le taux d'accessibilité de la population rurale au réseau routier sera porté à 80% à l'horizon 2015.

Caractéristiques générales des chaussées

- Définition: Une route est une voie aménagée pour la circulation des véhicules automobiles et autres ainsi qu'aux piétons.



Carte routière du Maroc

Royaume du Maroc



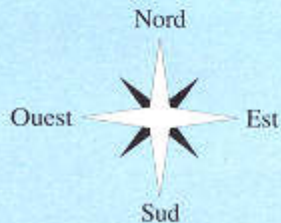
Carte Géographique

LÉGENDE

Autoroute réalisée	
Autoroute en cours de travaux	
Voie express réalisée	
Voie express en cours de travaux	
Route nationale	
Route régionale	
Voie ferrée	
Aéroport international, Aérodrome	
Siège de la Wilaya	
Barrage	
Forêt	
Frontière internationale	

Allitude en mètre

0 500 1500 3000 3500 3500 et plus

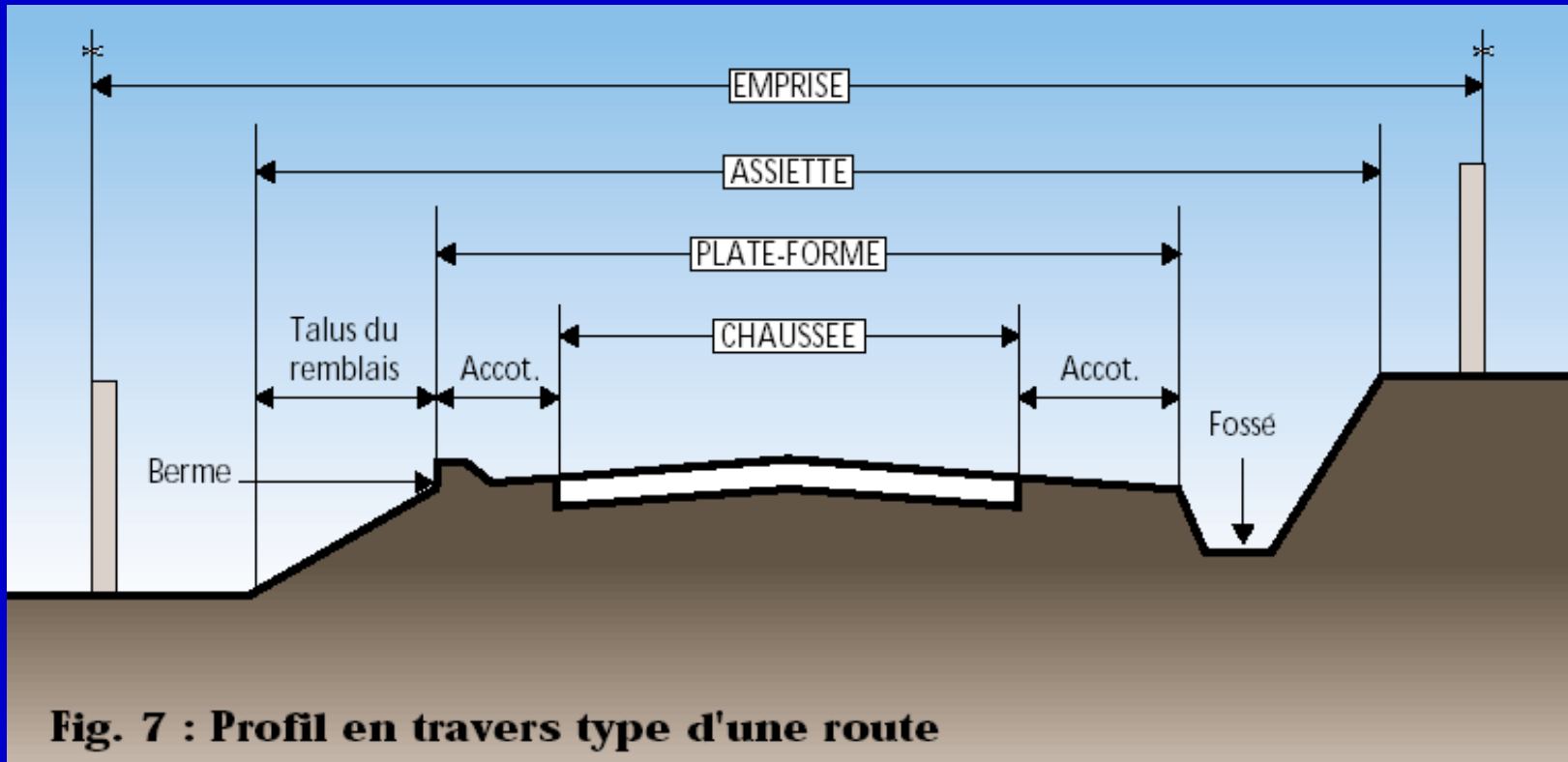


Typologie des routes au Maroc

Maître d'ouvrage	Type de route	Gestionnaire	Revêtues (km)	Non revêtues (km)	Pistes (km)	Total (km)	%
État	Autoroutes	Société nationale des autoroutes du Maroc (concessionnaire)	1430			1430	0,9
	Routes nationales	État	9 806	14	1 431	11 251	19,6
	Routes régionales		8 855	54	1 169	10 078	17,5
	Routes provinciales		16 365	2 095	17 197	35 657	62
			35 543	2 163	19 797	57 503	100
Communes	Routes communales	Communes				9 000	
Total général			35 543	2 163	28 797	66 503	

Caractéristiques générales des chaussées

- Les composants d'une route:



L'EMPRISE : partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.

L'ASSIETTE : surface du terrain réellement occupée par la route.

Caractéristiques générales des chaussées

- Les composants d'une route:

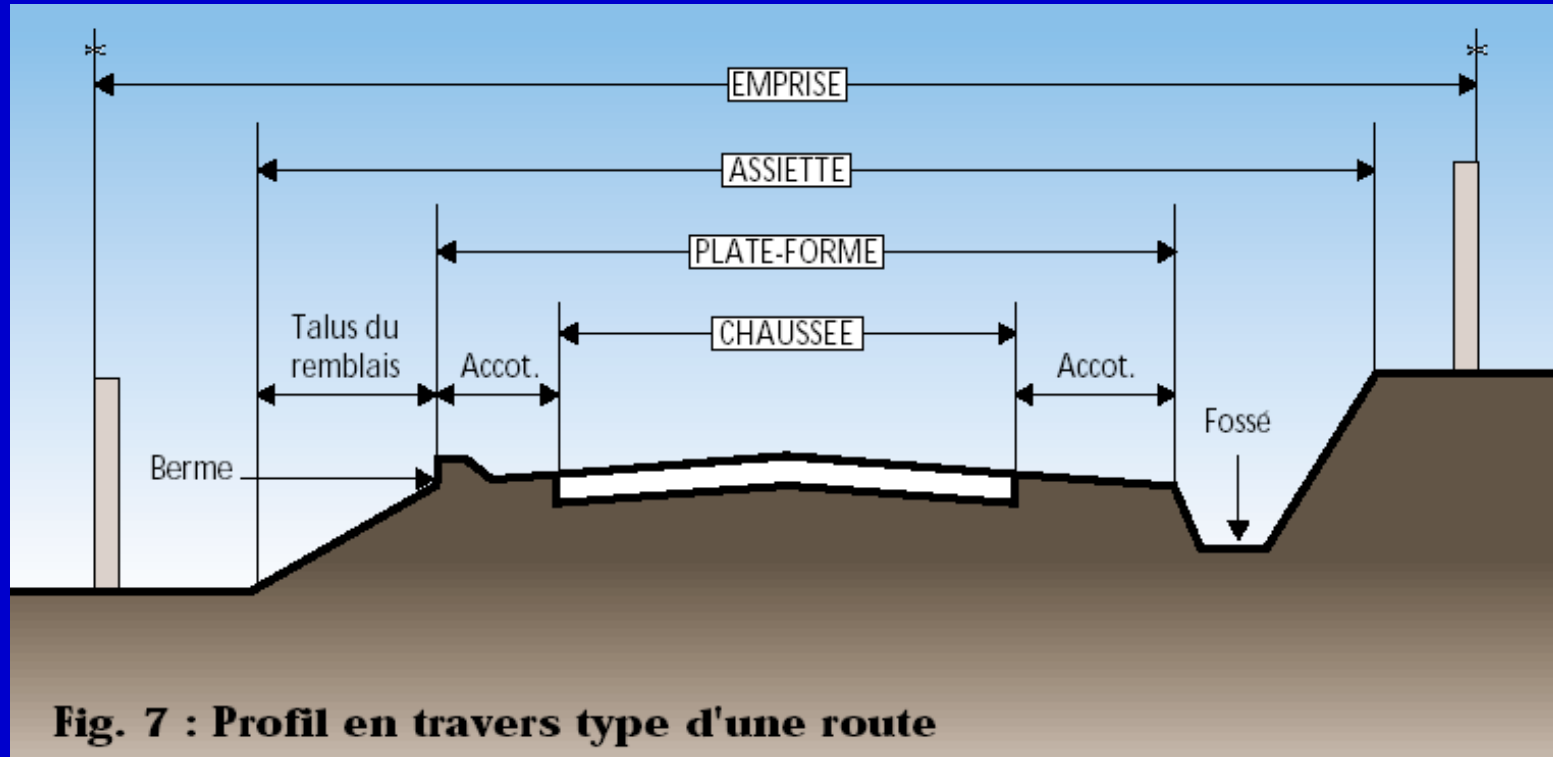


PLATE-FORME : surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements

CHAUSSEE : surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.

ACCOTEMENTS : zones latérales de la PLATE-FORME qui bordent extérieurement la chaussée. L'accotement est constitué de la berme et de la bande dérasée.

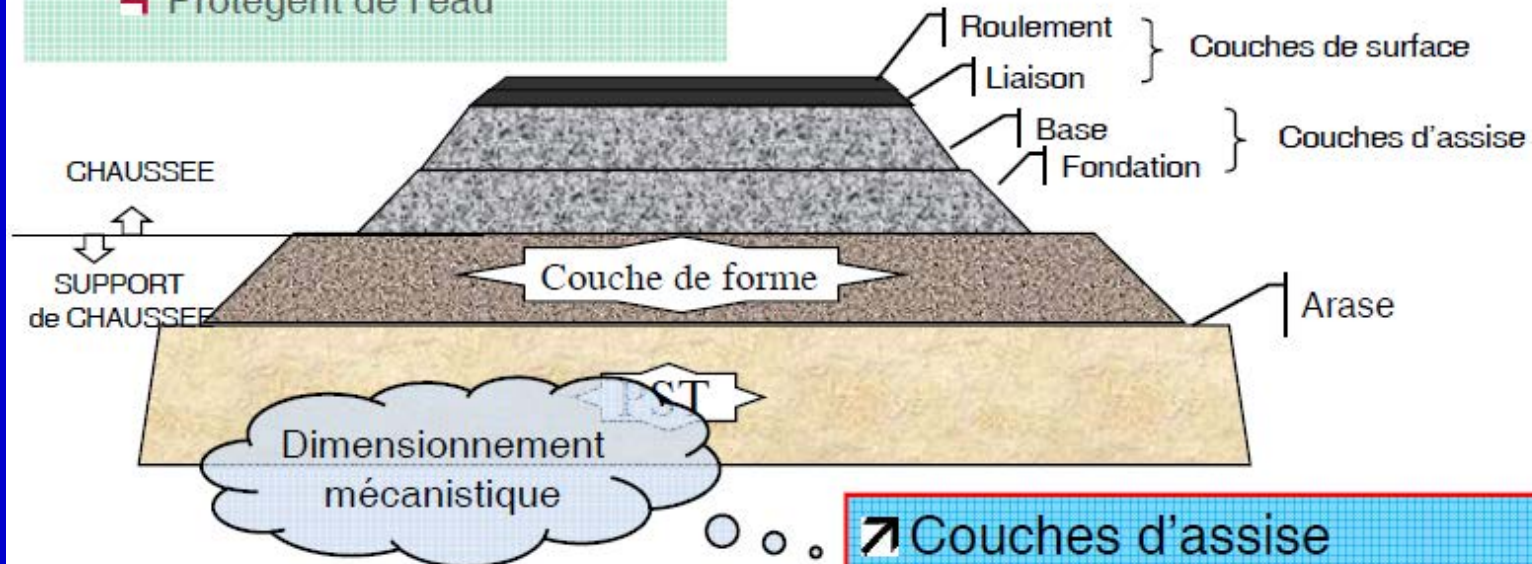
Caractéristiques générales des chaussées

Une chaussée est constituée d'une superposition de couches de matériaux différents

Composition d'une chaussées

➤ Couches de surface

- Assurent confort, sécurité
- Protègent de l'eau



➤ Support de chaussée

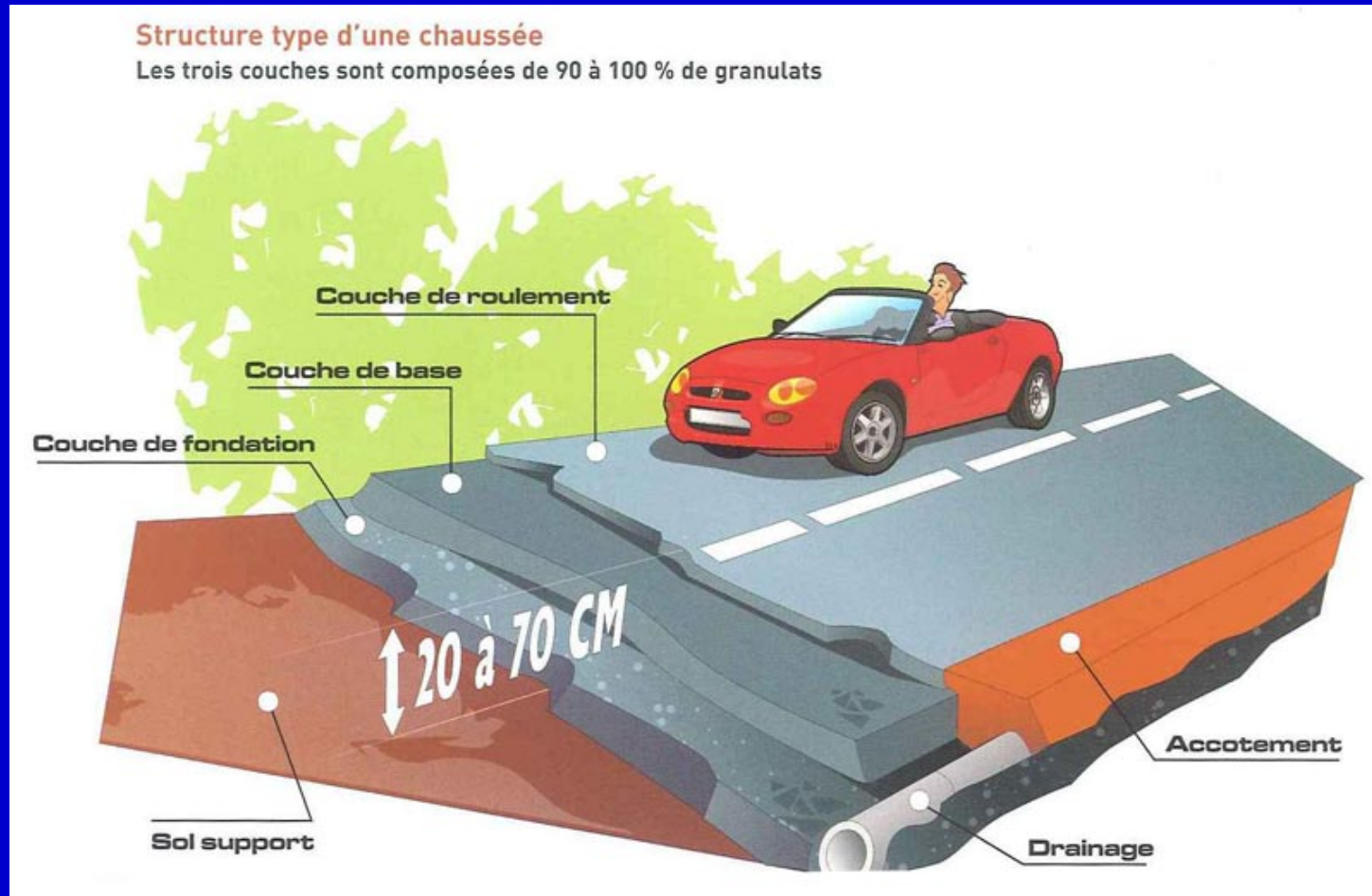
- Assure portance du sol
- Protection au gel

➤ Couches d'assise

- Assurent la tenue structurale
- Répartissent la charge sur le sol

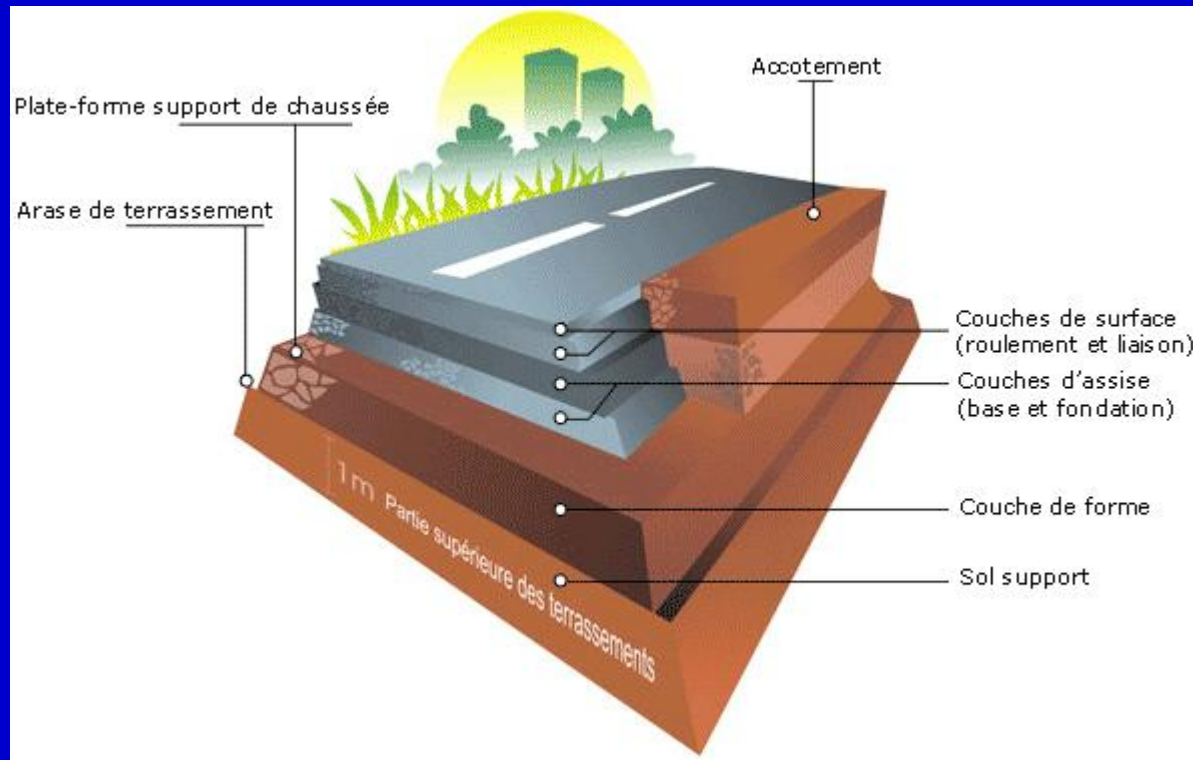
Caractéristiques générales des chaussées

Une chaussée est constituée d'une superposition de couches de matériaux différents



Caractéristiques générales des chaussées

Une chaussée est constituée d'une superposition de couches de matériaux différents



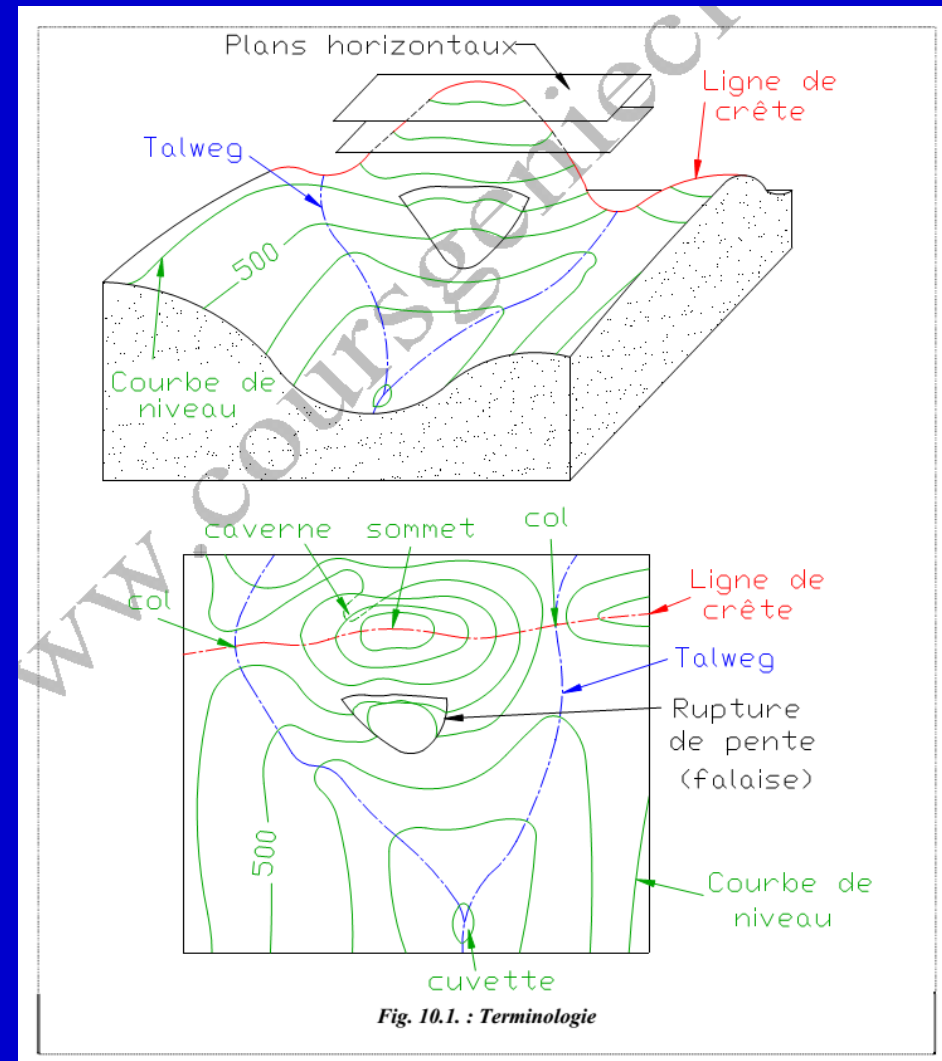
Les profils en long et en travers

Rappel sur les courbes de niveau

-Les courbes de niveau sont destinées à donner sur une carte un aperçu du relief réel.

- Une courbe de niveau est l'intersection du relief réel avec un plan horizontal d'altitude donnée.

Les courbes sont équidistantes en altitude ; leur espacement horizontal dépend de la déclivité du terrain à représenter et de l'échelle du plan ou de la carte.



Les courbes de niveau

Principe de l'interpolation

-Comprendre l'interpolation permet de choisir judicieusement le nombre et la position des points à lever.

- L'altitude au point M situé entre les courbes de niveau 530 et 540 est déterminée en considérant le terrain en pente constante entre A et B. Les points A et B sont les points les plus proches de M sur les courbes de niveau 530 et 540 ; ici $\Delta H = 10\text{ m}$.

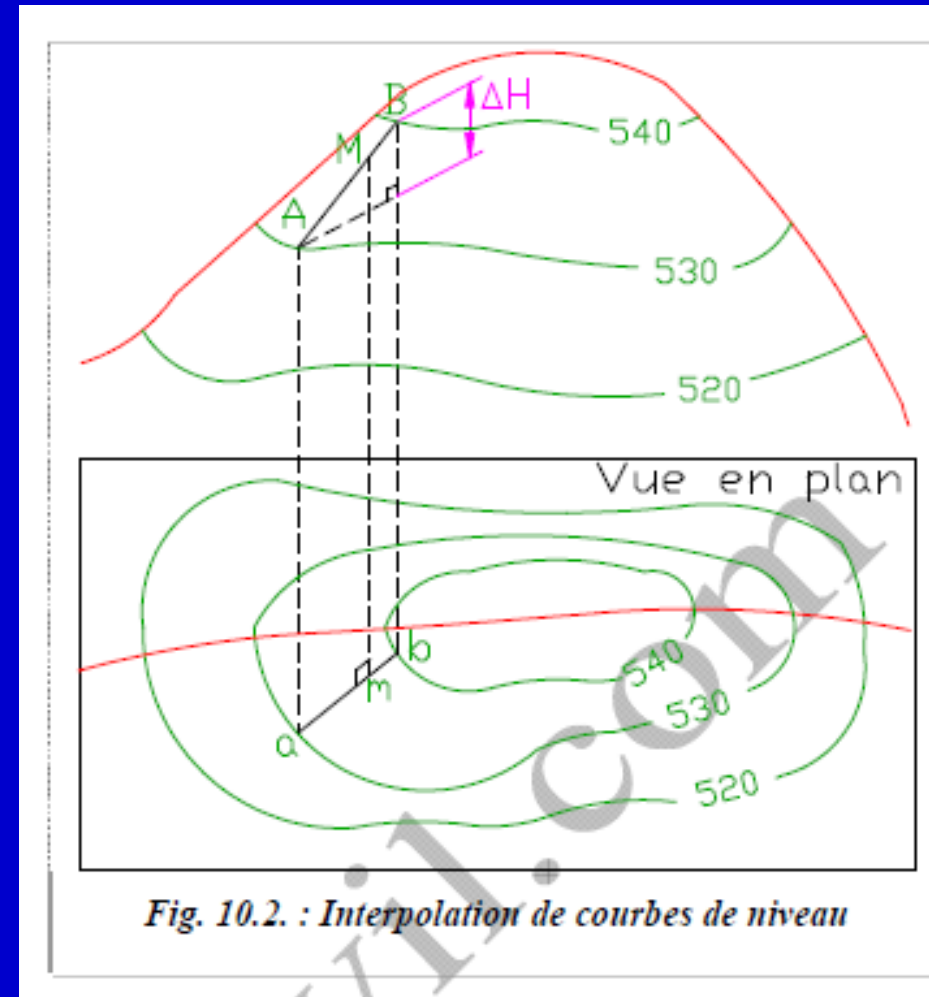
La pente au point M vaut :

$$p = \frac{\Delta H}{ab}$$

La distance ab est la distance réelle, c'est-à-dire la distance mesurée sur le plan et divisée par l'échelle du plan.

L'altitude de M est :

$$H_M = H_A + am \cdot \frac{\Delta H}{ab}$$



Les courbes de niveau

Principe de l'interpolation

- Comprendre l'interpolation permet de choisir judicieusement le nombre et la position des points à lever.
- L'altitude au point M situé entre les courbes de niveau 530 et 540 est déterminée en considérant le terrain en pente constante entre A et B. Les points A et B sont les points les plus proches de M sur les courbes de niveau 530 et 540 ; ici $\Delta H = 10 \text{ m}$.

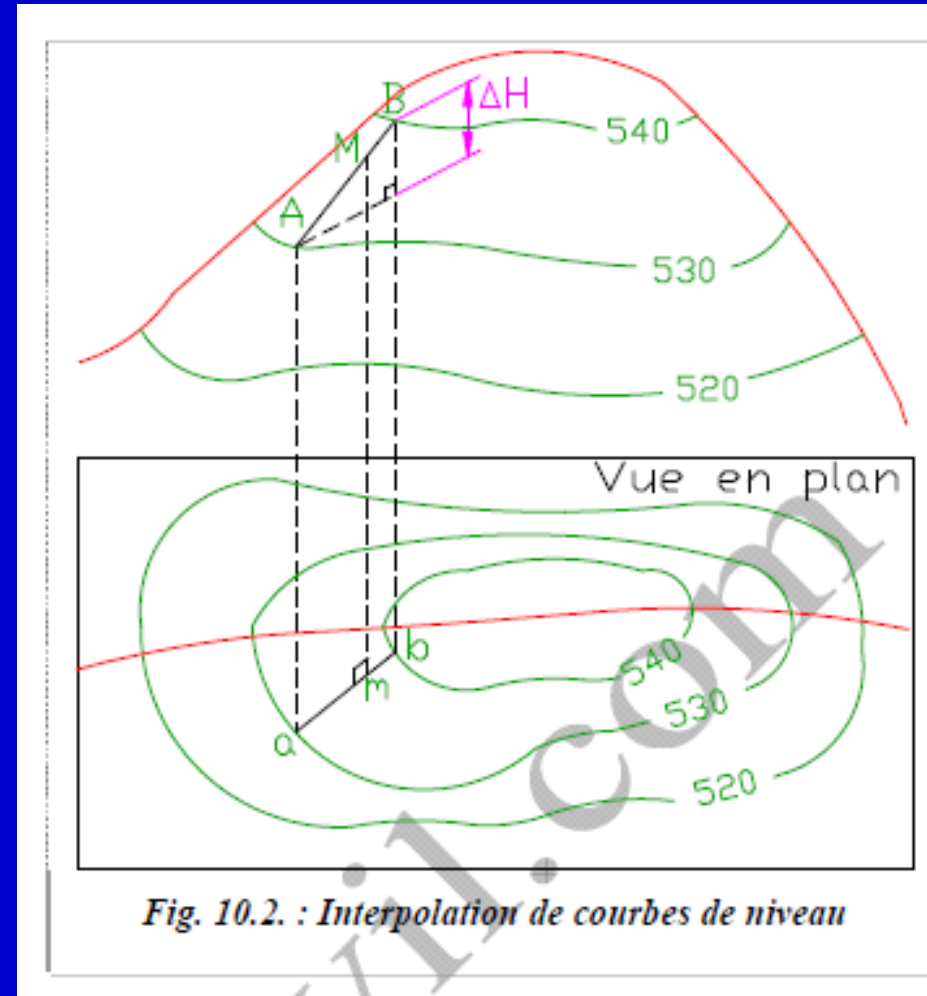
La pente au point M vaut :

$$p = \frac{\Delta H}{ab}$$

La distance ab est la distance réelle, c'est-à-dire la distance mesurée sur le plan et divisée par l'échelle du plan.

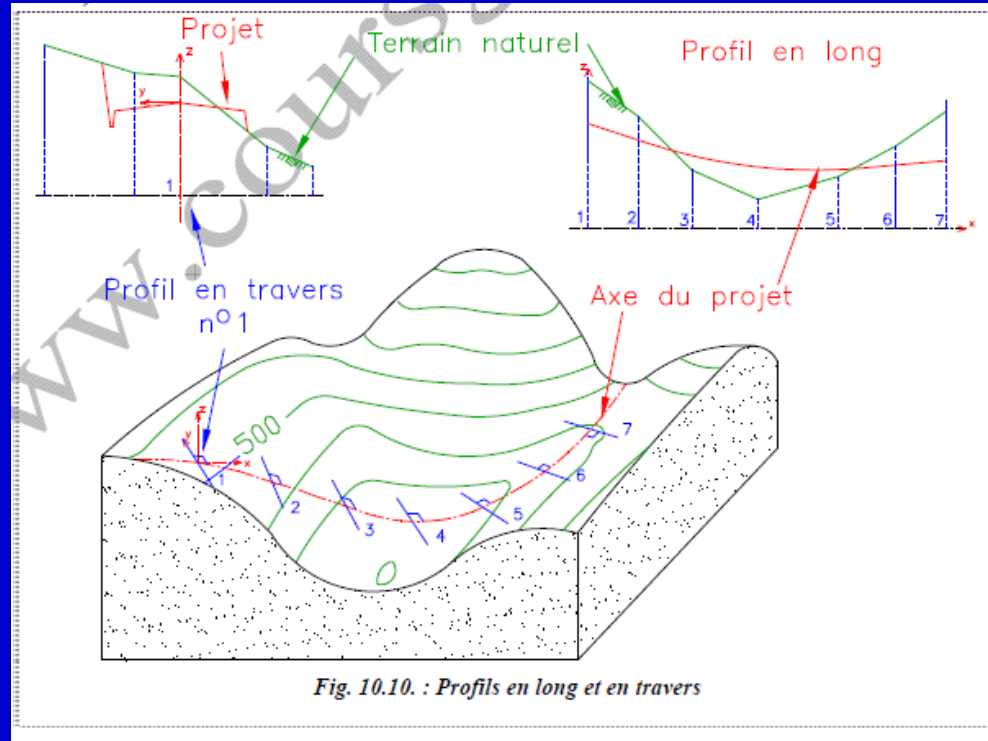
L'altitude de M est :

$$H_M = H_A + am \frac{\Delta H}{ab}$$



Les profils en long et en travers

- Un profil en long est la représentation d'une coupe verticale suivant l'axe d'un projet linéaire (route, voie ferrée, canalisation, etc.).
- Le profil en long est complété par des profils en travers qui sont des coupes verticales perpendiculaires à l'axe du projet.
- Leur établissement permet en général le calcul des mouvements de terres (cubatures) et, par exemple, permet de définir le tracé idéal d'un projet de manière à rendre égaux les volumes de terres excavés avec les volumes de terre remblayés.



Le profil en long

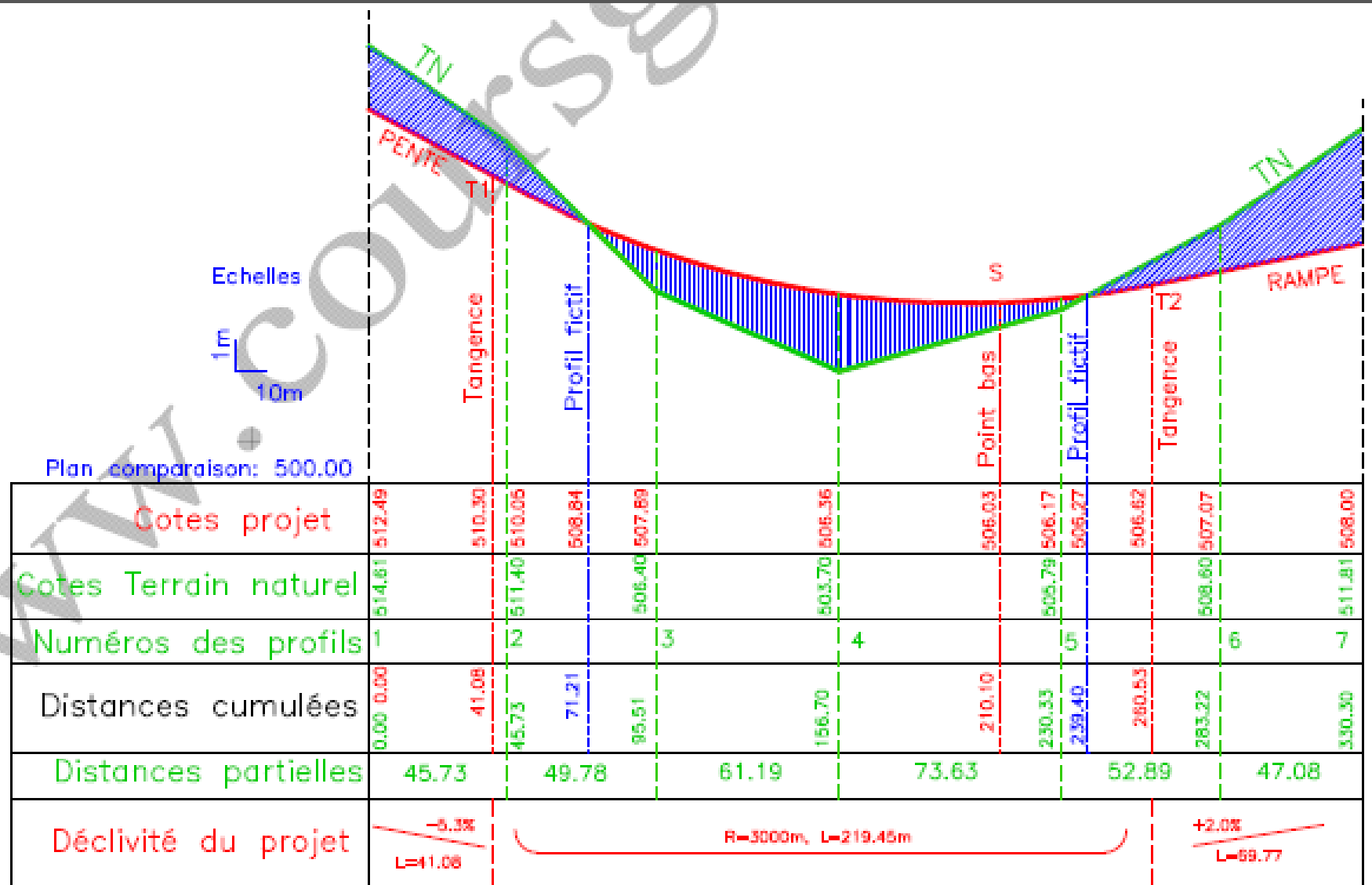


Fig. 10.11. : Profil en long

Le profil en long

- Le profil en long est un tracé **sur lequel sont reportés tous les points du terrain naturel et de l'axe du projet.**
- On choisit en général un plan de comparaison d'altitude inférieure à l'altitude du point le plus bas du projet ou du terrain naturel.
- Ce plan de comparaison est l'axe des abscisses du graphique sur lequel sont reportées les distances horizontales suivant l'axe du projet.
- Sur l'axe des ordonnées, sont reportées les altitudes.
- On dessine tout d'abord le terrain naturel (TN).
- On dessine ensuite le profil en long du projet.
- On veillera à optimiser dans les limites possibles le tracé
(volume des remblais = volume des déblais)

Le profil en long

Procédure de tracé :

- 1) Choix du plan horizontal de référence (Plan de comparaison)
- 2) Définir le TN : tracé + cotes
- 3) Définir l'axe de projet : tracé + cotes
- 4) Numéroté la position des profils en travers
- 5) Indiquer les distances (partielles et cumulées)
- 6) Indiquer la déclivité du projet
- 7) Indiquer les caractéristiques géométriques du projet : alignements et courbes (vue en plan)

Le profil en travers

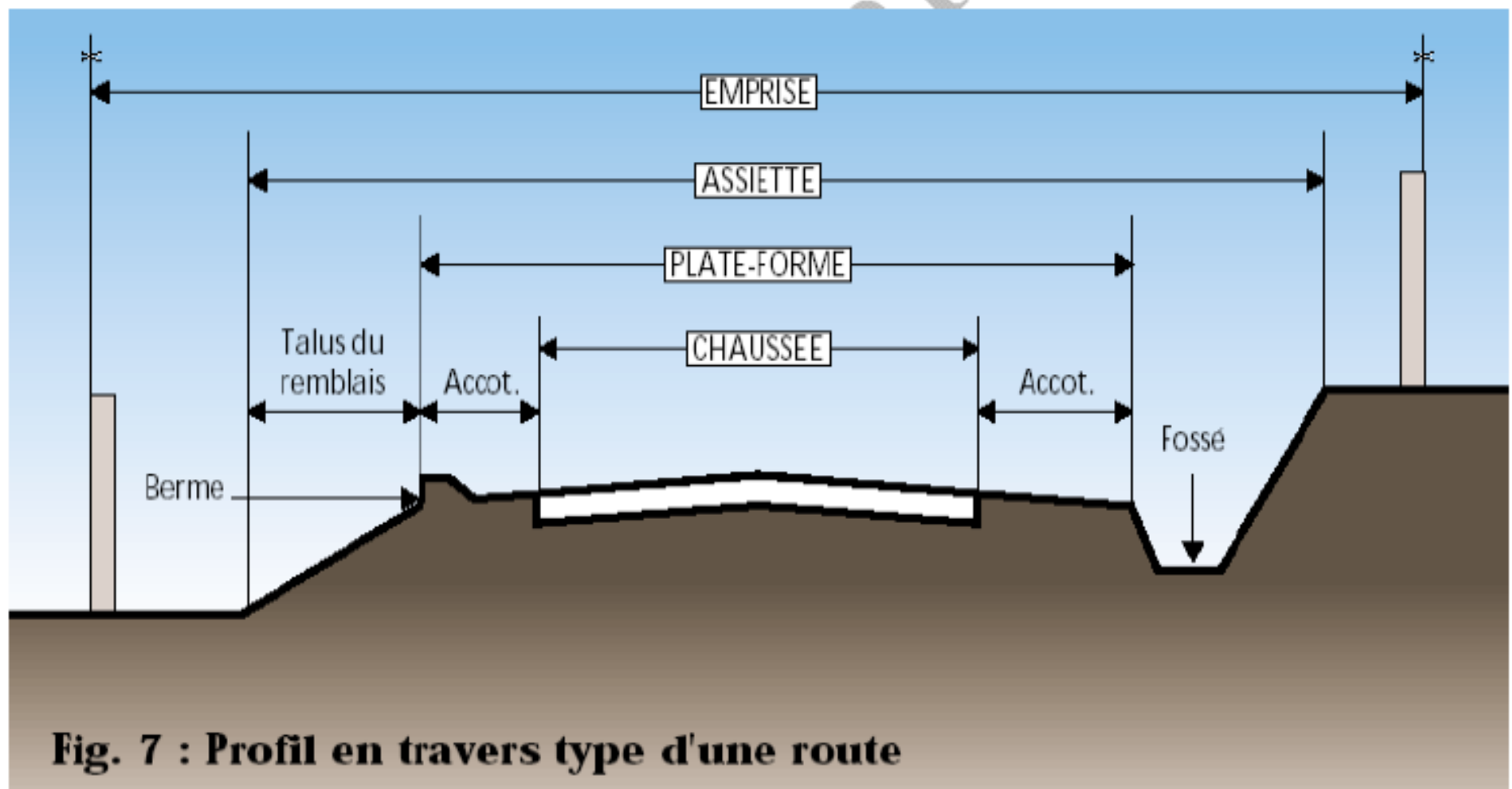


Fig. 7 : Profil en travers type d'une route

Le profil en travers

L'EMPRISE : partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.

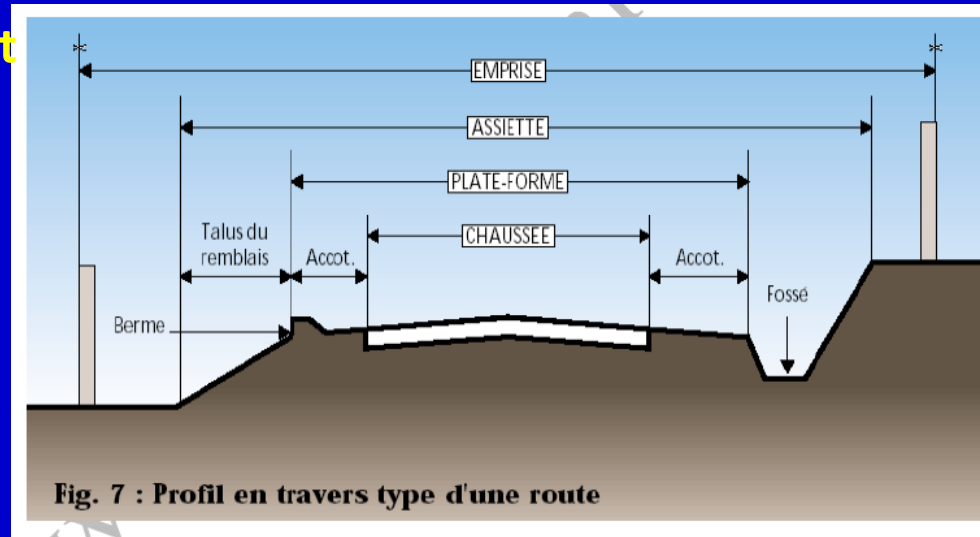
L'ASSIETTE : surface du terrain réellement occupée par la route.

PLATE-FORME : surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.

CHAUSSÉE : surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.

ACCOTEMENTS : zones latérales de la PLATE-FORME qui bordent extérieurement la chaussée.

L'accotement est constitué de la berme et de la bande dérasée.



Le profil en travers

Les profils en travers (sections transversales perpendiculaires à l'axe du projet) permettent de calculer les paramètres suivants :

- la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements ;
- l'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel ;
- les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

-Le profil en travers (fig. 10.12.) est représenté en vue de face pour une personne qui se déplacerait sur l'axe du projet de l'origine à l'extrémité du projet.

- On commence par dessiner le terrain naturel à partir d'un plan horizontal de référence qui n'est pas forcément celui du profil en long.

-L'abscisse de chaque point du terrain naturel (ou du projet) est repérée par rapport à l'axe du profil en travers (donc négative à gauche et positive à droite), l'ordonnée est toujours l'altitude du point.

- On y superpose ensuite le gabarit type du projet (largeur de chaussée, accotements, fossés et pentes de talus) à partir du point d'axe dont l'altitude a été déterminée sur le profil en long.

Le profil en travers

Il existe trois types de profils en travers (fig. 10.13.) : les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes.

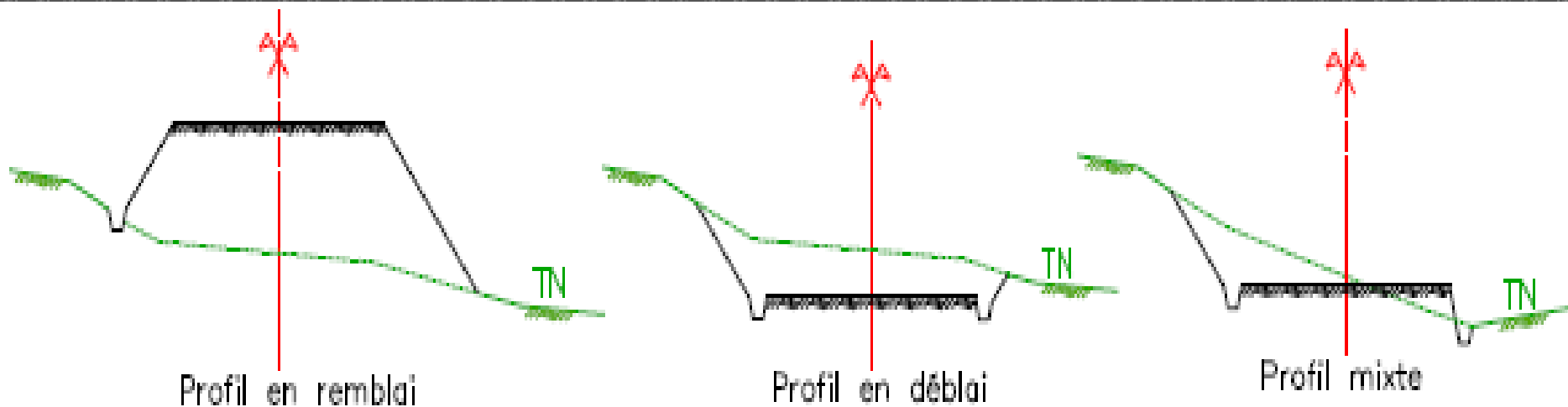
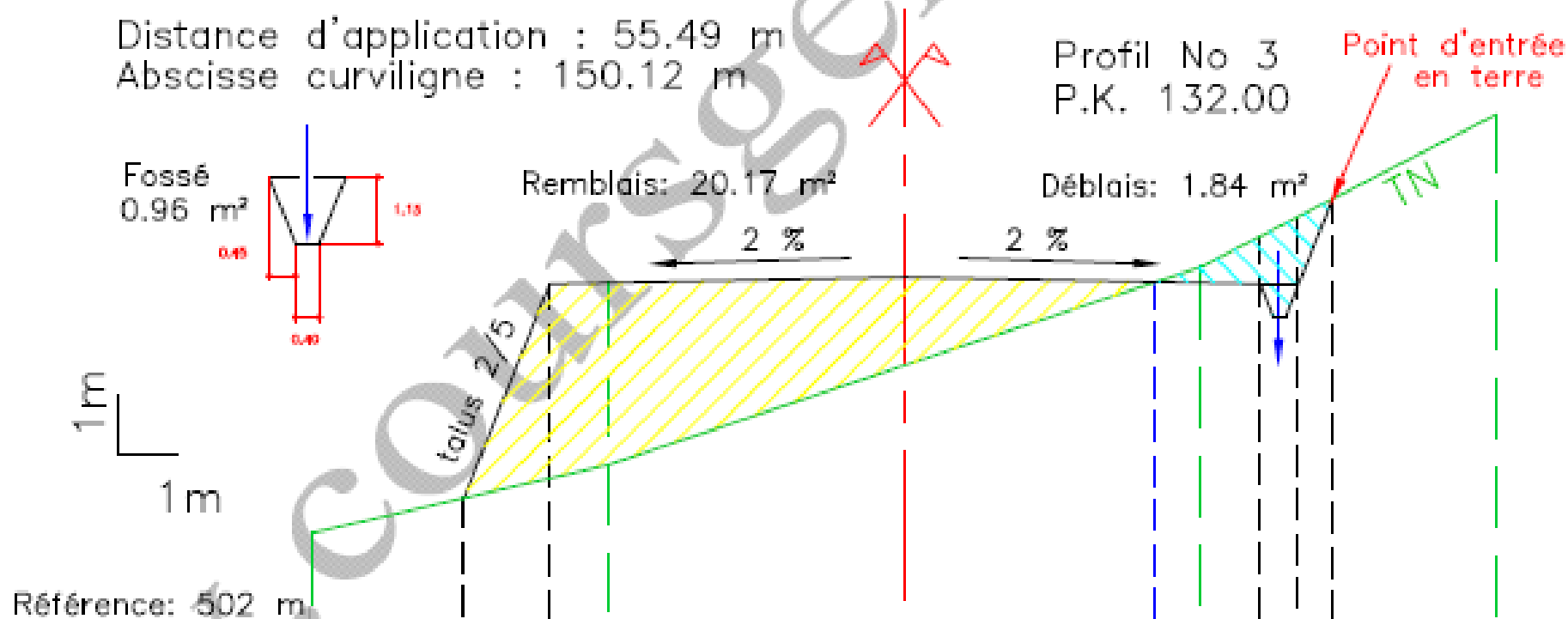


Fig. 10.13. : Différents types de profil

Le profil en travers



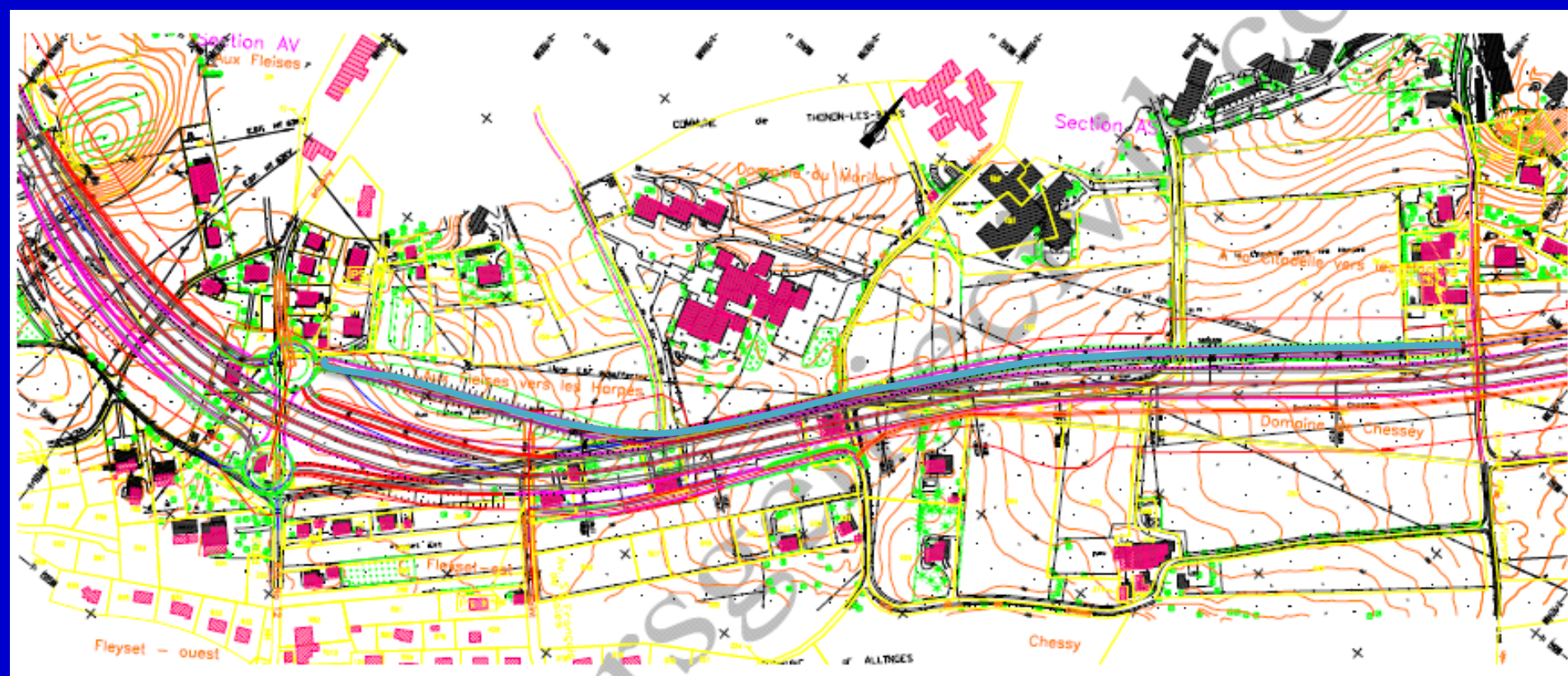
Référence: 502 m

Projet	Altitudes		504.15		507.77				507.81						
	Abscisses		-7.45		-6.00		-5.00		4.24		5.00	6.00	6.65	7.23	
T. naturel	Altitudes	503.56		504.49		504.72		506.40		508.06		508.58	508.91		510.65
	Abscisses	-10.02		-6.00		-5.00		0.00		5.00		6.00	6.65		10.00

Fig. 10.12. : Profil en travers

Vue en plan

- Projection de la route sur le plan horizontal
- Le plan topographique sert de support au tracé (échelle : 1/500ème à 1/100ème)
- On représente l'axe de la route
- On reporte la position des profils en travers



Structure de chaussée

Fonction : transmettre les efforts au sol (via la couche de forme) en garantissant des déformations dans les limites admissibles.

Les différentes couches : En général, on rencontre les couches suivantes à partir du sol

– *Couche de forme*

– *Couche de fondation : la construction de cette couche ne pose pas de problème particulier.*

La plupart des matériaux routiers conviennent.

– *Couche de base : la construction de cette couche doit faire l'objet d'une attention toute spéciale : le matériau utilisé dans cette couche doit pouvoir résister aux contraintes résultant du trafic.*

– *Couche de surface*

Les couches de fondation, de base et de surface constituent la structure de la chaussée, la couche de forme ainsi que la PST font référence au terrassement.

FONCTIONNEMENT D'UNE CHAUSSEE

Une chaussée est l'interface entre le sol support et la contrainte du pneu

► Données de Base:

→ Les performances mécaniques du sol support :

⇒ Contrainte maximale admissible: σ_{adm}

⇒ Déformation maximale admissible: ε_{adm}

→ Les chaussées = toujours formées de matériaux granulaires:

⇒ Angle de frottement interne

⇒ Déformation interne des matériaux ε_z ; ε_t

⇒ Contrainte Résiduelle σ_r

⇒ Déformation résiduelle ε_r

► Dimensionner une Chaussée= Trouver le meilleur compromis entre

⇒ Améliorer la contrainte maxi du sol support

⇒ Augmenter la hauteur de la chaussée

⇒ Améliorer l'angle de frottement interne

Il faut vérifier: Sol : Sol : $\varepsilon_r < \varepsilon_{adm}$

matériaux: $(\varepsilon_z ; \varepsilon_t) < \varepsilon_{(adm,mat)}$

► Paramètres complémentaires:

→ Fatigue : durée de vie

→ Imperméabilité

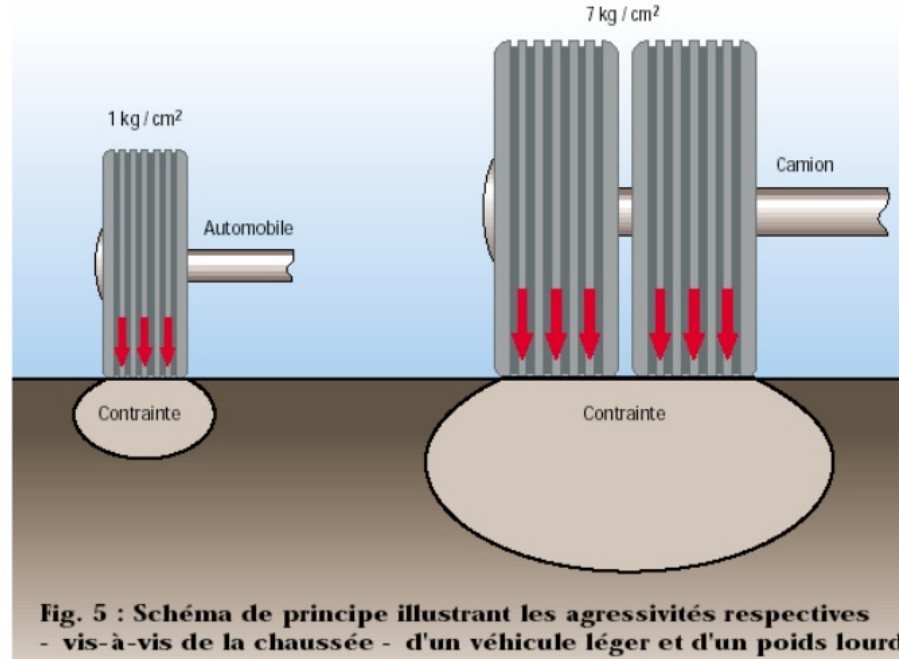
→ Traficabilité

→ Surface= Glissance, bruit, (sécurité, confort)

Le trafic

1.1. Qu'est-ce que le trafic ?

Le trafic constitue un élément essentiel du dimensionnement des chaussées.
Le poids des véhicules est transmis à la chaussée, sous forme de pressions, par l'intermédiaire des pneumatiques.
Pour une automobile, cette pression est de l'ordre de 0,2 MPa. Mais, elle est de l'ordre de 0,66 MPa sous une roue de camion (Fig. 5).



Les matériaux situés sous les roues subissent des efforts très différents lorsque passe une voiture ou lorsque passe un camion. Seul ce dernier est pris en compte pour déterminer les classes de trafic.

Les différentes classes de trafic

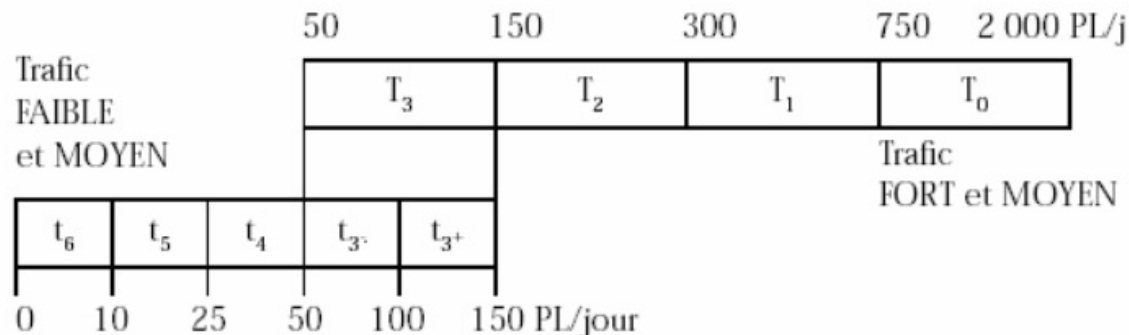
Les classes de trafic sont définies **par le trafic moyen journalier des Poids Lourds** (charge utile supérieure à 5 T) qui circulent sur la chaussée.

On obtient ainsi :

• Classe t6 :	de 0 à 10	PL/j
• Classe t5 :	de 10 à 25	PL/j
• Classe t4 :	de 25 à 50	PL/j
• Classe t3- :	de 50 à 100	PL/j
• Classe t3+ :	de 100 à 150	PL/j
• Classe T3 :	de 50 à 150	PL/j
• Classe T2 :	de 150 à 300	PL/j
• Classe T1 :	de 300 à 750	PL/j
• Classe T0 :	de 750 à 2 000	PL/j

Ces classes de trafic définissent deux grandes catégories de routes (Fig. 6).

- les voiries à faible trafic regroupant toutes les classes de t6 à t3+,
- les voiries à moyen et fort trafics regroupant toutes les classes de T3 à T0.



t = trafic initial = nombre de PL de charge utile > 5t

Fig. 6 : Classification du trafic selon le « SETRA »

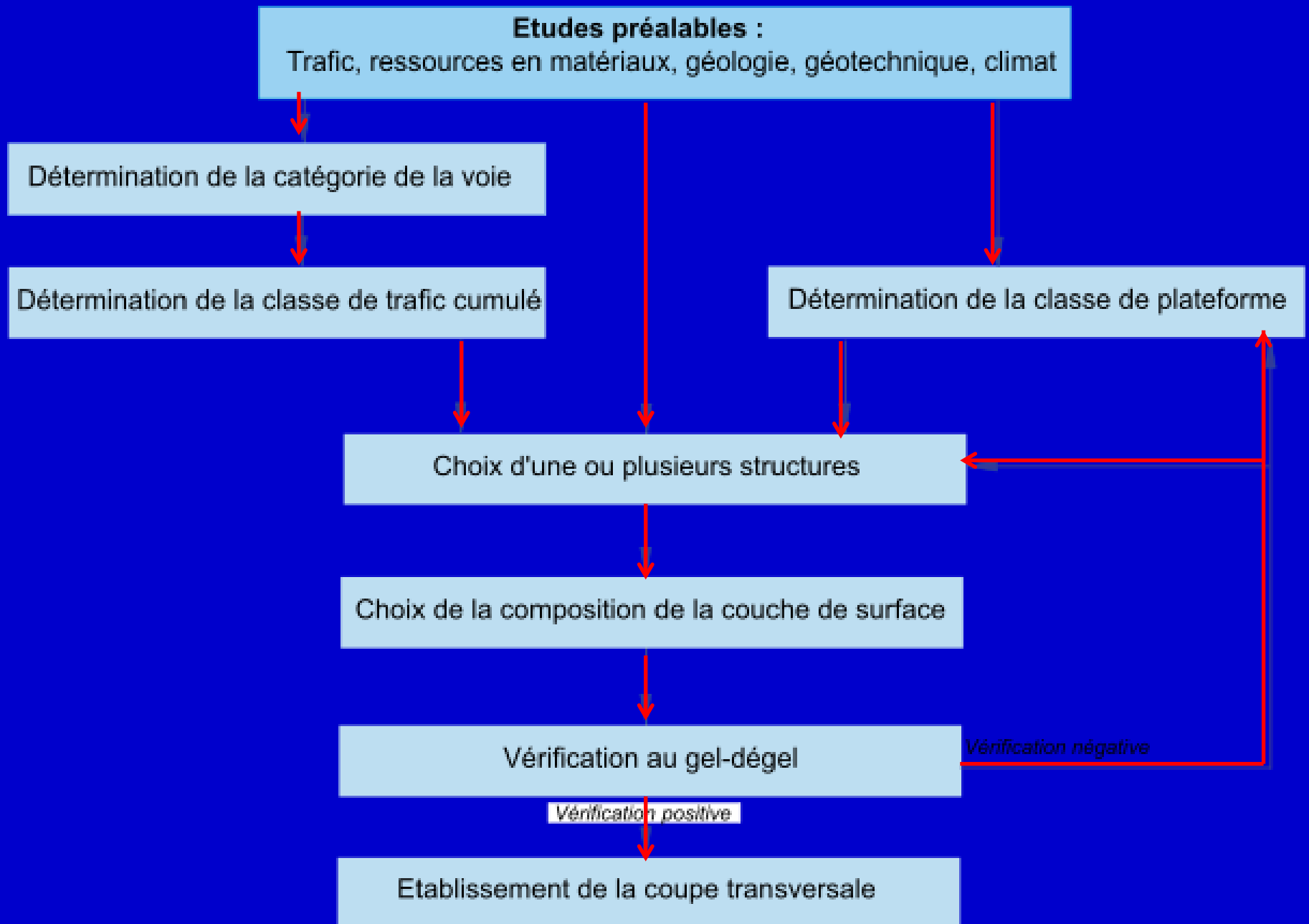
Méthode de dimensionnement des chaussées

Le dimensionnement d'une chaussée consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

Le dimensionnement d'une chaussée neuve ou l'élargissement d'une voie fait intervenir les paramètres suivants :

- la vocation de la voie,
- le trafic poids lourds (PL),
- l'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité,
- la durée de service,
- le classement géotechnique des sols naturels,
- l'état hydrique du sol support sensible à l'eau,
- le type d'hiver et l'indice de gel,
- la vérification au gel/dégel.

Méthode de dimensionnement des chaussées



Méthode de dimensionnement des chaussées

Les voies communautaires sont classées d'après leur vocation en 5 grandes catégories :

- les voies de transit, interurbaines ou périurbaines et les voies de Z.I.,
- les voies de liaison, structurantes ou pénétrantes,
- Les voies de distribution,
- les voies de desserte,
- les voies de lotissement et les voies rurales.

Méthode de dimensionnement des chaussées

- Les voies de transit, interurbaines ou périurbaines et les voies de Z.I.

Ce sont des voies situées en périphérie d'agglomérations, avec une vocation de trafic de transit, au sein de la Communauté urbaine. Elles peuvent relier deux ou plusieurs pôles d'activité ou encore jouer un rôle de rocade ou desservir des Zones Industrielles (ZI) importantes

Elles possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le trafic, et notamment le trafic poids lourds (PL), peut être relativement important à très important, les véhicules de transport en commun (TC) y sont proportionnellement peu nombreux.
- Les accès riverains sont peu nombreux.
- Les réseaux enterrés sont également peu nombreux et les interventions très faibles.

De ce fait, pour ces voies, une politique d'investissement relativement lourde sera retenue pour permettre de réduire d'autant le coût de l'entretien.

Méthode de dimensionnement des chaussées

• Les voies de liaison, structurantes ou pénétrantes

ces voies permettent à la fois de structurer l'agglomération, tout en assurant des liaisons internes à celle-ci. Elles sont situées en zone agglomérée et traversent celle-ci du Nord au Sud ou d'Est en Ouest.

Elles possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le trafic peut être moyen à très important, avec une proportion de véhicules lourds très variable.
- Le pourcentage de véhicules de transport en commun (TC), parmi les poids lourds peut être relativement important.
- Les réseaux enterrés peuvent être nombreux.

C'est pourquoi, pour ces voies, la politique retenue sera plus axée vers l'entretien avec un investissement initial moindre.

Méthode de dimensionnement des chaussées

• Les voies de distribution

Ces voies ont pour vocation d'assurer, en zone urbanisée, « l'irrigation » des quartiers à partir des voies structurantes

Elles possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le trafic modéré avec une proportion de véhicules lourds relativement faible et souvent de faible taille, exceptionnellement de gros tonnages (livraisons), donc peu agressifs pour les corps de chaussées
- La circulation de véhicules de transport en commun (TC) peut être modérée.
- Les réseaux enterrés peuvent être nombreux. Pour ces voies, la politique sera également axée vers un investissement initial réduit.

Méthode de dimensionnement des chaussées

● Les voies de desserte

Ces voies ont pour vocation principale, ou unique, en zone urbanisée, la desserte fine des riverains à l'intérieur du quartier.

Elles possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le trafic général est très modéré, avec seulement quelques véhicules lourds ; toutefois ceux-ci peuvent être de toute taille, de camionnette de livraison au gros porteur occasionnel d'hydrocarbures pour chauffage collectif, au service de ramassage des ordures ménagères.
- Il n'y a pas, a priori, de circulation de véhicules de transport en commun (TC)
- Les réseaux enterrés sont les plus souvent nombreux.

Pour ces voies, la politique sera également axée vers un investissement initial réduit.

Méthode de dimensionnement des chaussées

● Les voies de lotissement et les voies rurales

Cette catégorie concerne uniquement les voies internes aux lotissements et les voies à vocation strictement rurale. Ces dernières sont en dehors des zones agglomérées et ont pour vocation principale ou unique la desserte fine des propriétés agricoles.

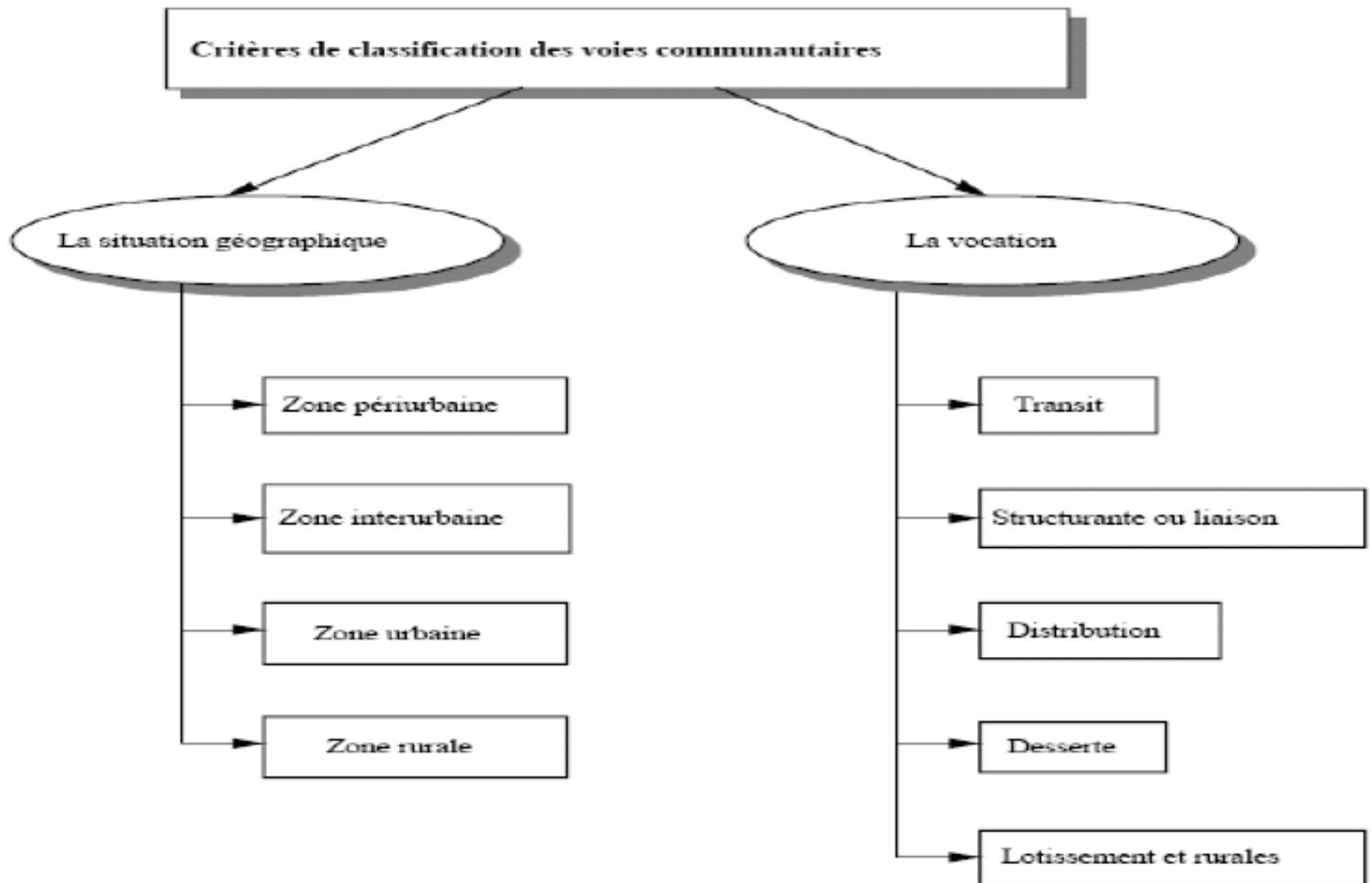
Elles possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le trafic est très modéré, avec seulement quelques véhicules lourds ; toutefois ceux-ci peuvent être de toute taille, de la camionnette de livraison au gros porteur isolé et d'engins agricoles parfois lourds pour les voies rurales.
- Il n'y a pas a priori, de circulation de véhicules de transport en commun.
- Les interventions sur réseaux enterrés sont en général réduites.

C'est pourquoi, pour ces voies, la politique sera orientée vers un investissement initial relativement important, eu égard au faible trafic avec un entretien réduit.

Méthode de dimensionnement des chaussées

De manière générale, l'ensemble des critères de classification des différentes catégories de voies peut être résumé suivant le schéma ci-dessous.



L'EFFET DU PASSAGE DES POIDS LOURDS SUR UNE CHAUSSEE

L'action répétée des poids lourds sur la chaussée fait apparaître quatre types de dommages :

1 -Une usure superficielle de la couche de roulement due aux efforts tangentiels;

2 -La formation d'ornières par fluage des couches liées, sous l'effet des contraintes verticales et des efforts tangentiels;

3 -Une fatigue des couches, provoquée par leur flexion sous l'effet des charges;

4 -Une accumulation des déformations permanentes au niveau du support ou des couches non liées

- Détermination de la classe de trafic cumulé

Définition du TRAFIC

Le trafic exprime pour une voie de circulation le nombre de passages de véhicules dans une période déterminée et pour une voie de circulation.

Les chaussées sont dimensionnées par rapport au trafic poids lourds (PL), car seuls les véhicules lourds, plus de 50 KN ont un effet significatif sur la fatigue des chaussées.

La classe de trafic (T_i) est déterminée à partir du trafic poids lourds (P.T.C.A. > 35 KN

Nous allons donc commencer par définir ces différentes notions.

Définition du poids lourd:

Le poids lourd est défini par la norme NF P 98-082 comme un véhicule dont le poids total est au moins égal à 3,5 tonnes.

DEFINITIONS TECHNIQUES DU POIDS LOURD (Norme NF P 98-082):

- Véhicule dont la somme des poids des essieux est > 35 kN (moyens de mesure des poids : bascules, capteurs piézo-électriques...);**
- Véhicule dont la longueur est > 7 m;**
- Véhicule dont la hauteur au droit de l'essieu avant est supérieure à 1,30m (classes 3 et 4 du péage autoroutier)**
- Véhicule de 2 essieux, ou plus, dont l'essieu arrière est à roues jumelées.**

Détermination de la classe de trafic cumulé TCi :

- Il s'agit de déterminer le nombre total de PL que devra supporter la chaussée durant sa durée de vie.
- Sauf cas particuliers, la durée de vie pourra être prise à 20 ans pour les chaussées courantes.
- Cette durée de vie pourra être portée à 30 ans ou plus pour les voies supportant un trafic important et pour lesquelles il convient de réduire au maximum les opérations d'entretien ultérieures (voies rapides urbaines ...).

Détermination de la classe de trafic cumulé TCi :

- Le trafic cumulé TC est obtenu à partir de la relation suivante :

$$TC = 365 \times N \times \left[d + \frac{t \times d \times (d-1)}{2} \right] \times r$$

Cette relation prend en compte une croissance linéaire du trafic :

N : nombre de PL par jour à la mise en service par sens de circulation.

t : taux de croissance linéaire annuel du trafic. En l'absence d'éléments précis sur ce taux, il sera pris égal à 2 % par défaut en veillant toutefois que ce taux ne conduise pas à atteindre la saturation de la voie.

d : durée de vie, en années.

r : traduit la répartition transversale des PL.

Détermination de la classe de trafic cumulé TCi :

Les règles suivantes seront adoptées pour le r :

Routes bidirectionnelles de largeur ≥ 6 mr = 1

Routes bidirectionnelles de largeur de 5 à 6 m.....r = 1,5

Routes bidirectionnelles de largeur ≤ 5 mr = 2

Routes unidirectionnelles r = 1

Routes à 2 fois 2 voies r = 0,9

Routes à 2 fois 3 voies r = 0,8.

Détermination de la classe de trafic Ti:

On distingue donc, six classes de trafic en fonction du nombre total de poids lourds :

Les classes de trafic Poids Lourds (PL)	La Moyenne Journalière Annuelle (MJA)
T0	$T0 \geq 750 \text{ PL/jour/sens}$
T1	$300 \text{ PL/jour/sens} \leq T1 < 750 \text{ PL/jour/sens}$
T2	$150 \text{ PL/jour/sens} \leq T2 < 300/\text{jour/sens}$
T3	$50 \text{ PL/jour/sens} \leq T3 < 150 \text{ PL/jour/sens}$
T4	$25 \text{ PL/jour/sens} \leq T4 < 50 \text{ PL/jour/sens}$
T5	$T5 < 25 \text{ PL/jour/sens}$

Tableau n° 1 : LES CLASSES DE TRAFIC POIDS LOURDS PAR JOUR ET PAR SENS

Détermination de la classe de trafic Ti:

		Trafic poids lourds en MJA (1)						
		750		300		150	50	25
		T0	T1	T2	T3			
Vocation de la voie	Transit interurbaine péri-urbaine	T0	T1	T2	T3			
	Liaison structurante		T1	T2	T3	T4		
	Distribution				T3	T4	T5	
	Desserte					T4	T5	
	Lotissement rurale					T4	T5	

Tableau n° 2 : LES CLASSES DE TRAFIC PL RETENUES POUR LES DIFFÉRENTES VOCATIONS DE VOIES

- Les classes de trafic les plus élevées T0 et T1 ne peuvent se rencontrer que sur les voies les plus importantes :
- T0 sur les voies de transit interurbaines ou périurbaines et les voies de Z.I.,
- T1 sur ces mêmes voies ainsi que sur les voies de liaison ou structurantes.
- A l'opposé, sur les voies de desserte, de lotissement et les voies rurales, les 2 seules classes rencontrées sont T4 et T5.

L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

- Pour dimensionner une chaussée on doit également tenir compte de l'agressivité du trafic qu'elle subit.
- Cette agressivité est due en grande partie au passage des véhicules poids lourds.

L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

- L'agressivité d'un d'essieu de poids P d'un poids lourd est le dommage relatif causé à un type de chaussée donné rapporté à l'essieu standard de référence.

$$A = K \cdot (P/P_0)^\alpha$$

où : **P**: Charge de l'essieu considéré

K dépend de la géométrie des essieux et de la structure de la chaussée ;

α dépend de la nature des matériaux de chaussée.

Dans le cas d'un trafic routier, et en l'absence de valeurs plus précises, on adoptera les valeurs moyennes de K et α données dans le tableau de l'annexe A (informative).

P_0 : poids de l'essieu de référence (KN) = 130 KN

L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

Valeurs moyennes de K et α

Tableau A.1

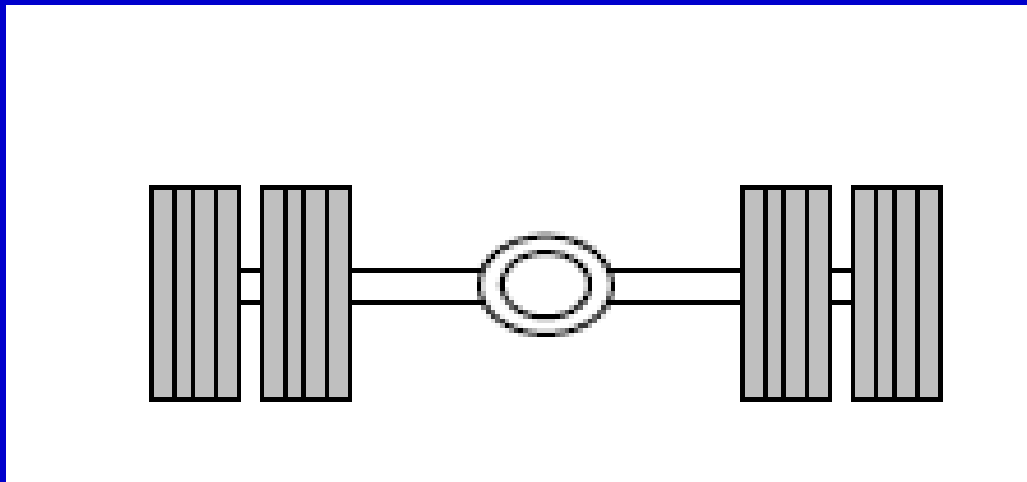
	Valeurs de α	Valeurs de K		
		Essieu simple	Essieu élémentaire d'un tandem	Essieu élémentaire d'un tridem
Structures souples :				
• neuves	$\alpha = 5$	K = 1	K = 0,75	K = 1,1
• renforcements	$\alpha = 5$	K = 1	K = 1	K = 1
Structures semi-rigides :				
• neuves	$\alpha = 12$	K = 1	K = 12	K = 113
• renforcements	$\alpha = 12$	K = 1	K = 1	K = 1
Structures rigides :				
• béton	$\alpha = 12$	K = 1	K = 12	K = 113
• béton armé continu	$\alpha = 12$	K = 1	K = 1,3	K = 6,5

L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

l'essieu standard de référence:

- En France l'essieu standard de référence est l'essieu isolé de 130 KN à roues jumelées dont le CAM= 1.

(CAM: Coefficient d'agressivité moyen)



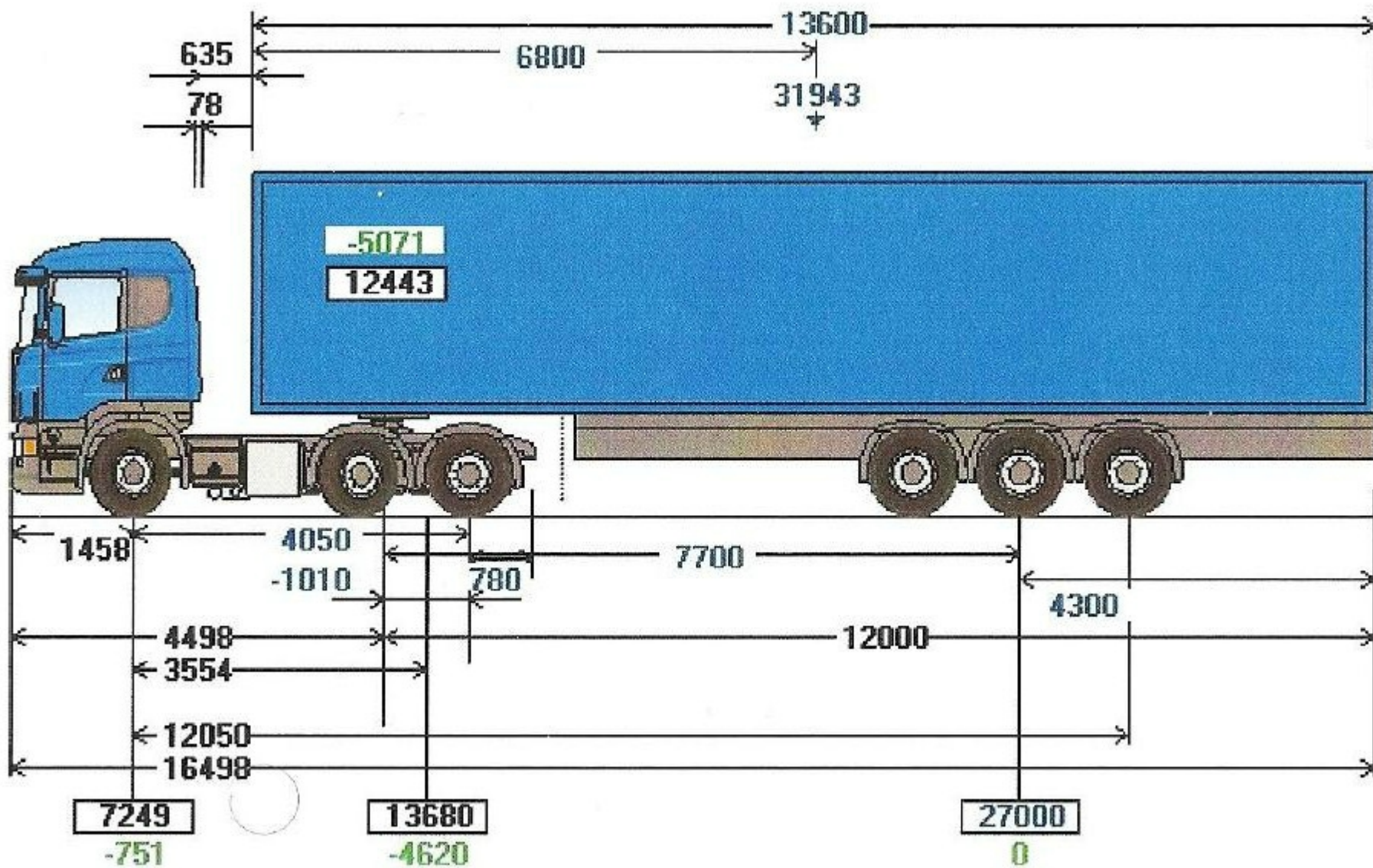
Types d'essieux de poids lourds: (Norme NF P98-080-1)

ESSIEU SIMPLE : Essieu isolé dont l'axe est distant de plus de 2m de l'un quelconque des axes des essieux du véhicule;

ESSIEU TANDEM : C'est un essieu faisant partie d'un groupe de deux essieux dont la distance des axes est inférieure à 2m;

ESSIEU TRIDEM : C'est un essieu faisant partie d'un groupe de 3 essieux dont la distance des axes est inférieure à 2m.

Types d'essieux de poids lourds: (Norme NF P98-080-1)



L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

Organisation des calculs

Le but des calculs est de déterminer le Coefficient d'Aggressivité Moyen du poids lourd (CAM) du trafic est de décider de la nature de chaussée à mettre en place.

Aggressivité moyenne du poids lourd CAM

L'agressivité moyenne du poids lourd par rapport à la charge de référence se calcule selon la procédure suivante :

On réalise un histogramme des charges d'essieux selon le tableau 1

Le nombre d'essieux élémentaires de chaque type (simple, tandem, tridem) ainsi que le nombre de poids lourds NPL sont obtenus par comptage et pesage.

L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

Tableau 1 : Tableau permettant d'établir un histogramme des charges d'essieux

Classes de charge (kN)	Centre de classe Pc (kN)	Essieux simples			Essieux élémentaires des tandems			Essieux élémentaires des tridems		
		Agressivité centre de classe A	Nombre d'essieux n ₁	Produit A × n ₁	Agressivité centre de classe A	Nombre d'essieux n ₂	Produit A × n ₂	Agressivité centre de classe A	Nombre d'essieux n ₃	Produit A × n ₃
10-50	30									
50-60	55									
60-70	65									
70-80	75									
80-90	85									
90-100	95									
100-110	105									
110-120	115									
120-130	125									
130-140	135									
140-150	145									
150-160	155									
160-170	165									
170-180	175									
180-190	185									
190-200	195									
200-210	205									
210-220	215									
220-230	225									
230-240	235									
240-250	245									
Total			n ₁	A ₁		n ₂	A ₂		n ₃	A ₃

L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

L'agressivité du centre de chaque classe de poids d'essieu est déterminée à l'aide de la formule suivante (NF P 98-080-1).

$$A = K \left(\frac{P_c}{P_o} \right)^\alpha$$

où :

K dépend de la géométrie des essieux et de la structure de la chaussée ;

α dépend de la nature des matériaux de chaussée.

Dans le cas d'un trafic routier, et en l'absence de valeurs plus précises, on adoptera les valeurs moyennes de K et α données dans le tableau de l'annexe A (informative).

P_o : poids de l'essieu de référence (KN) = 130 KN

L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

L'agressivité du trafic exprimée par le nombre équivalent d'essieux de référence NE_c de tous les essieux pendant la période de comptage est égale à :

$$NE_c = A_1 + A_2 + A_3$$

où :

NE_c est arrondie à l'entier le plus proche.

L'agressivité d'un essieu représentatif du trafic pendant cette même période est égale à :

$$AM = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{n_1 + n_2 + n_3}$$

L'agressivité moyenne des poids lourds est égale à :

$$CAM = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{NPL}$$

où :

NPL est le nombre de poids lourds sur la période de comptage.

L'agressivité du trafic PL et le coefficient d'agressivité (NF P 98-080-1)

Valeurs de CAM utilisées dans les méthodes actuelles pour les chaussées supportant plus de 50 poids lourds par jour. Ces valeurs peuvent évoluer selon le progrès des recherches.

- Chaussées souples : CAM = 0,8
- Chaussées neuves semi-rigides : CAM = 1,3
- Renforcements bitumineux de chaussées souples : CAM = 0,8
- Chaussées neuves bitumineuses épaisses : CAM = 1
- Renforcements semi-rigides de chaussées souples : CAM = 0,5
- Chaussées en béton : CAM = 1,3
- Chaussées en béton armé continu : CAM = non disponible.

La durée de service



EVITER LES SURCHARGES



La durée de service

On définit la durée de service, comme la durée pour laquelle l'ouvrage réalisé n'entraînera aucun entretien structurel.

Le classement géotechnique des sols naturels

-La détermination de la classe géotechnique du sol en place, s'effectue selon la norme NF P 11-300 à partir d'essais de laboratoire pratiqués sur un prélèvement représentatif de ce dernier effectué sur site dans des conditions adéquates.

On distingue quatre grandes classes géotechniques de sol naturel :

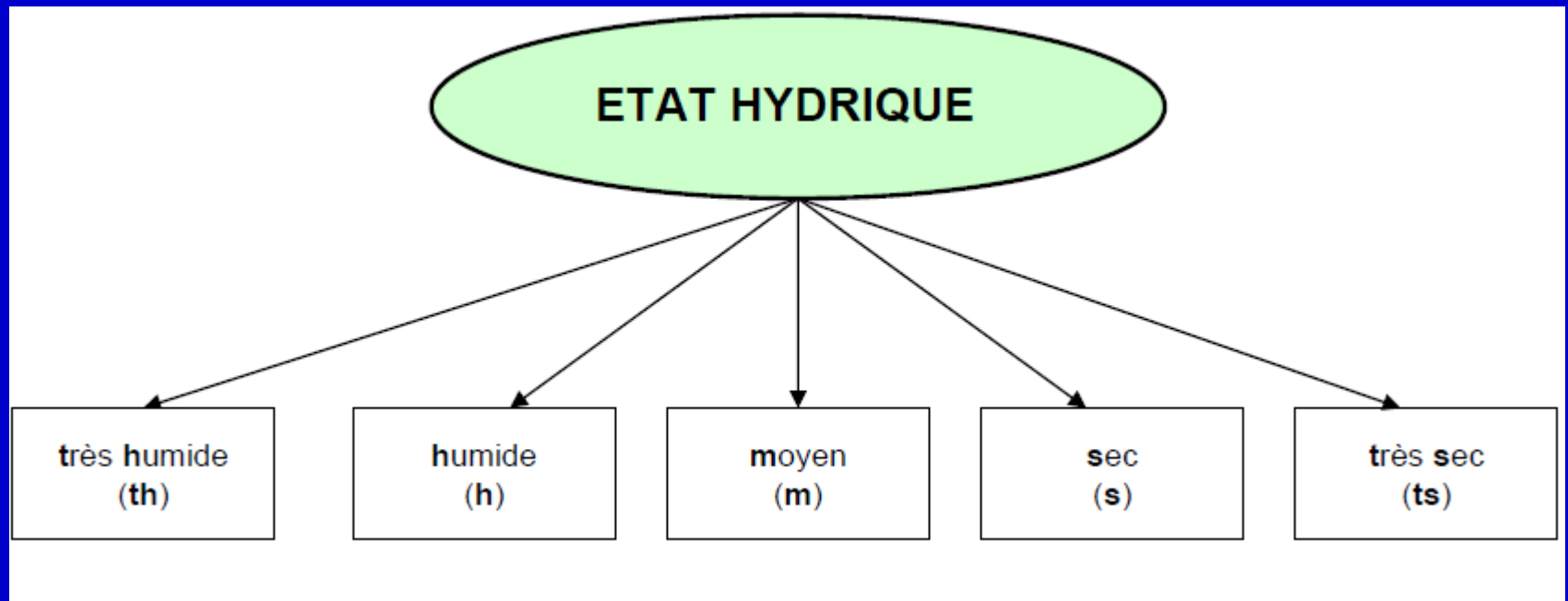
- La classe A : les sols fins Cette classe contient quatre sous classes : A1, A2, A3, A4 ;
- La classe B : les sols sableux et graveleux avec fines Cette classe contient six sous classes : B1, B2, B3, B4, B5, B6 ;
- La classe C : les sols comportant des fines et de gros éléments. Cette classe contient deux sous classes : C1, C2;
- La classe D : les sols insensibles à l'eau Cette classe contient trois sous classes : D1, D2, D3 ;

L'état hydrique du sol naturel support

La norme NF P 11-300 considère cinq états hydriques définis comme suit :

- L'état hydrique très humide (th) : c'est un état d'humidité très élevée ne permettant plus la réutilisation du sol dans des conditions technico-économiques normales.
- L'état hydrique humide (h) : c'est un état d'humidité élevée autorisant toutefois la réutilisation du sol à condition de respecter certaines dispositions particulières (aération, traitement...)
- L'état hydrique moyen (m) : c'est l'état d'humidité optimal ne nécessitant qu'un minimum de conditions à respecter de mise en œuvre
- L'état hydrique sec (s) : c'est un état d'humidité faible mais autorisant encore la mise en œuvre en prenant des dispositions particulières (arrosage, surcompactage,...)
- L'état hydrique très sec (ts) : c'est un état d'humidité très faible n'autorisant plus la réutilisation du sol dans des conditions technico-économiques normales.

L'état hydrique du sol naturel support.



La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

Comportement des sols soumis au gel et au dégel

- Les phénomènes de gel et de dégel affectent les propriétés mécaniques des chaussées selon deux processus disjoints et complémentaires :
 - La gélifraction
 - La cryosuccion

La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

Comportement des sols soumis au gel et au dégel

• La gélifraction

- La gélifraction un phénomène qui se traduit par la rupture des grains ou des liaisons inter granulaires sous l'action des contraintes thermiques et/ou des forces développées par la congélation de l'eau et son accroissement de volume.
- La notion de « **gélivité** » est en général associée aux essais de gélifraction des roches

Essais gel / dégel

- granulats
- matériaux d'enrochement
- assises traités
- pavés
- pierres naturelles
- tuiles

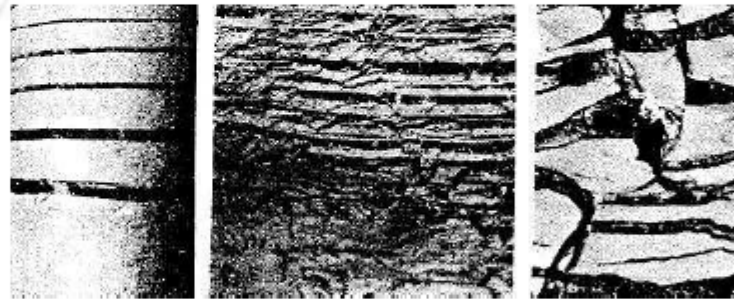


La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

Comportement des sols soumis au gel et au dégel

- La succion cryogénique

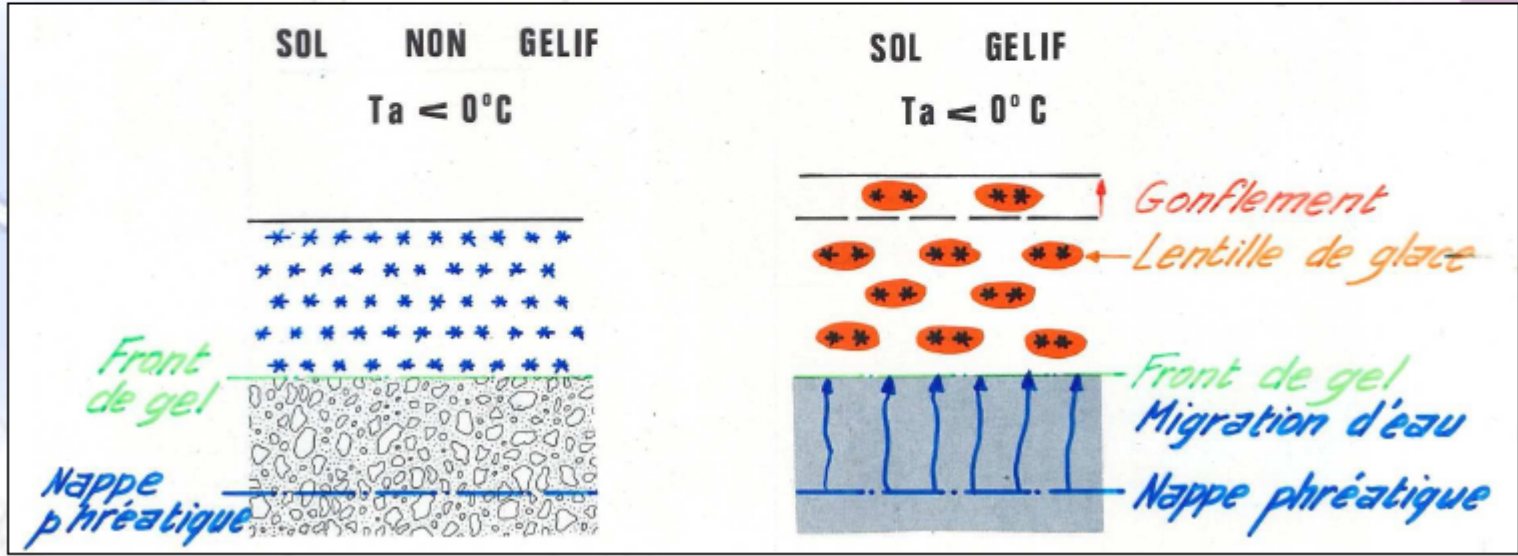
- La succion cryogénique est un phénomène de dépression et d'aspiration d'eau qui se développe au niveau de l'interface eau-glace. La dynamique du changement d'état eau liquide-glace créé un champ de pression qui entraîne l'eau vers la zone de congélation
- Le terme de « **sensibilité au gel** », est généralement employé pour les essais de gonflement au gel



La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

Comportement des sols soumis au gel et au dégel

- Suivant les sols, le gel désorganise ou non le squelette du matériau par le phénomène de succion cryogénique



La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

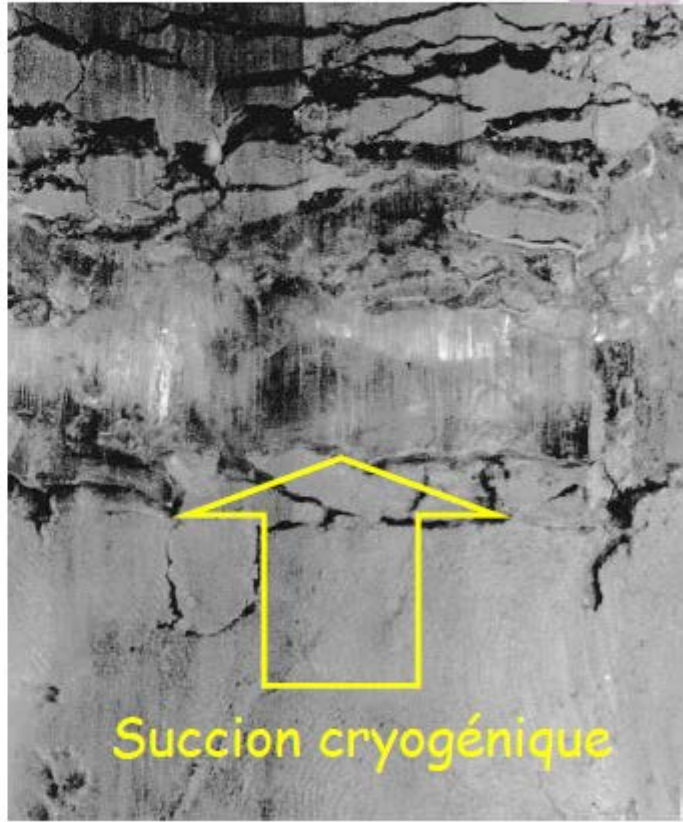
Comportement des sols soumis au gel et au dégel

- Comportement des sols soumis au gel et au dégel

Pénétration du gel dans le sol



Front de gel -
lentille de glace



Succion cryogénique

La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

Comportement des sols soumis au gel et au dégel

- Les facteurs influant la sensibilité au gel des sols
 - Les caractéristiques du sol
 - Granularité
 - Perméabilité
 - Nature physico-chimique
 - État (teneur en eau, densité, degré de saturation)
 - Les facteurs extérieurs
 - Conditions climatiques (durée du gel, vitesse de pénétration)
 - Possibilités d'alimentation en eau (présence d'une nappe phréatique, position par rapport au front de gel, drainage)

La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

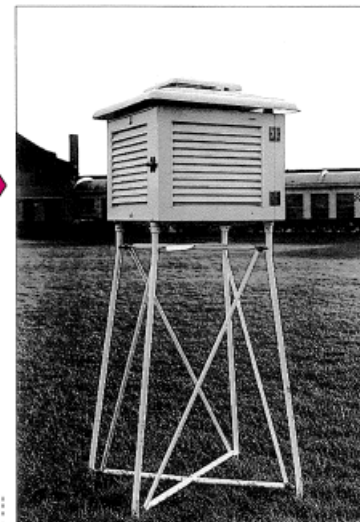
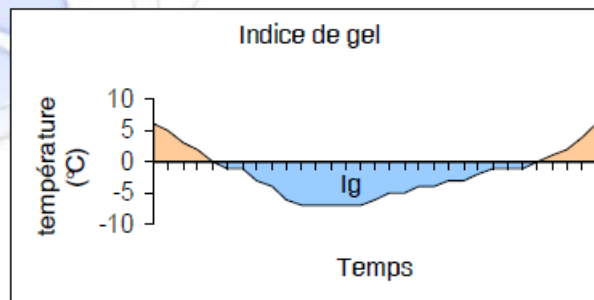
- L'appréciation de la tenue de la chaussée lors des phases gel/dégel est établie par une vérification menée séparément et après l'étude de la tenue mécanique sous trafic poids lourds.
- L'indice de gel ou indice de gel atmosphérique de référence IR correspond, pour un lieu et une période donnés, à la valeur absolue de la somme des températures moyennes journalières négatives.

• Caractérisation des hivers

NF P 98-080.1 Chaussées terrassement - Terminologie - terminologie relative au calcul des dimensionnement des chaussées

- Indice de gel = l'image de la durée du gel et de son intensité

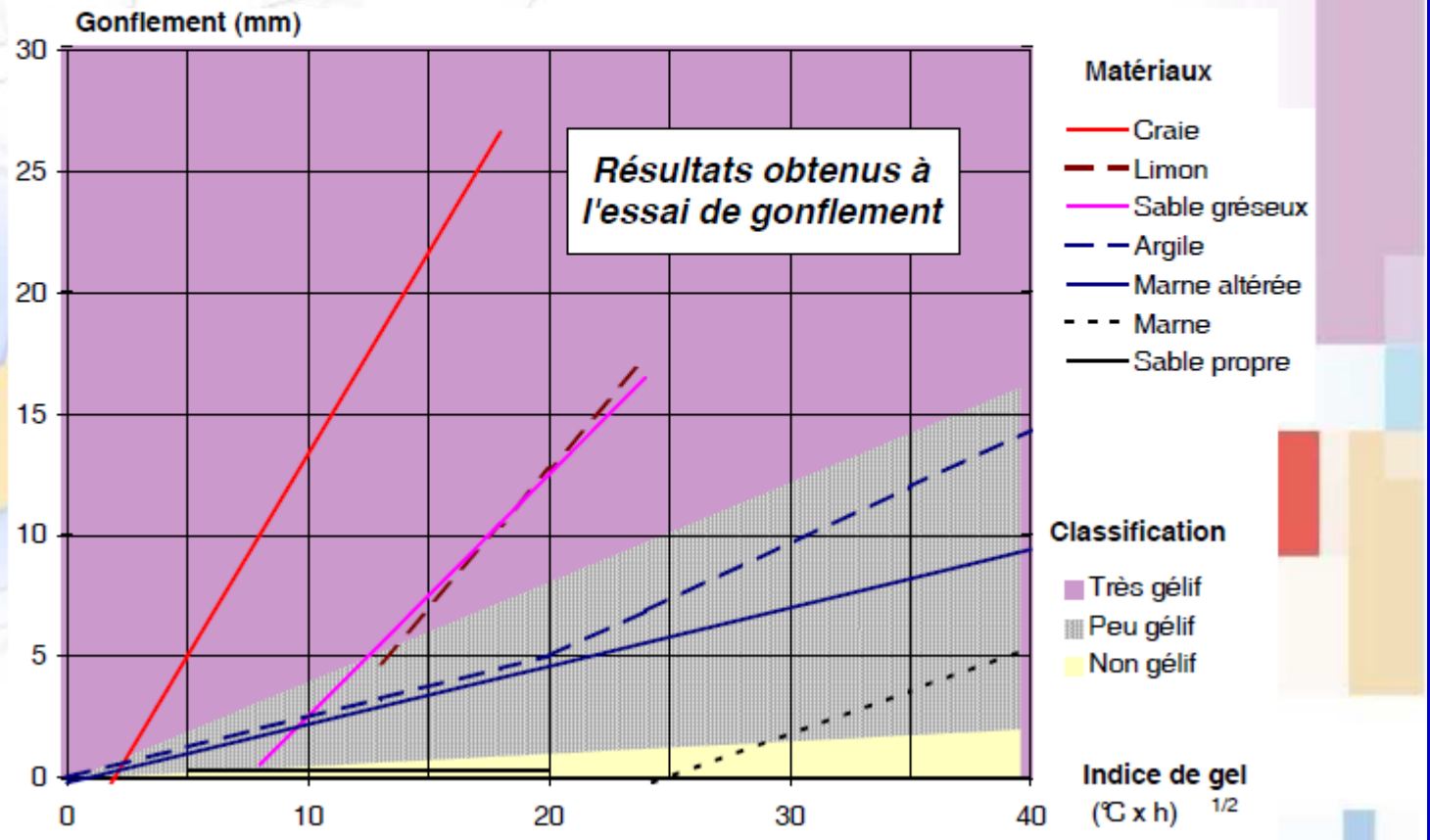
$$I = - \int_0^r T(^{\circ}C) dt$$



La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

Comportement des sols soumis au gel et au dégel

- La relation liant le gonflement du sol et l'indice de gel appliqué à sa surface



La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

- à l'indice de gel admissible de la chaussée noté IA. Cet indice s'évalue en fonction de la structure de la chaussée, de la sensibilité au gel et de l'épaisseur non gélive du support.

La vérification au gel/dégel (NF P 98-086)

- Pour une chaussée, l'indice de gel admissible (IA) correspond à l'indice de gel atmosphérique que peut supporter chaque année sans subir un endommagement excessif sous l'action du trafic en période de dégel.
- l'indice de gel admissible de la chaussée s'évalue en fonction de la structure de la chaussée, de la sensibilité au gel et de l'épaisseur non gélive du support.
- Si $IA \geq IR$, la vérification est positive et la structure peut être retenue.
- Si $IA < IR$, la vérification est négative. il convient alors, soit de changer de type de structure, soit de modifier la conception de la couche de forme afin d'obtenir une meilleure protection.

Dimensionnement d'une chaussée

- Grâce aux sept paramètres de dimensionnement présentés précédemment que l'étude de la tenue mécanique dans le temps de la future chaussée sous trafic particulièrement poids lourds (PL) et de son comportement en période de dégel sous les sollicitations routières sera réalisée.
- Dans ce qui suivra, une démarche de dimensionnement faisant intervenir l'ensemble de ces paramètres sera proposée.

Dimensionnement d'une chaussée

- Le dimensionnement structurel repose sur une démarche rationnelle basée sur un ensemble de paramètres fondamentaux décrits précédemment.

Ainsi donc au cours de cette démarche, on distinguera deux aspects :

- la conception,
- la réalisation.

L'aspect conception se rapporte à l'étude préalable du projet, qui déterminera les conditions de faisabilité de ce dernier.

La réalisation par contre correspond à la concrétisation du projet au chantier.

Dimensionnement d'une chaussée

La conception d'une chaussée neuve ou d'un élargissement

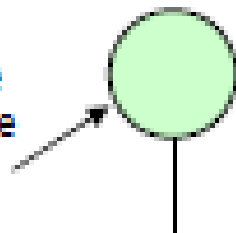
Le stade conception correspond à l'étude préliminaire du projet. Elle comprend 3 grandes étapes :

- l'étape 1 : la conception de la plate-forme support de chaussée,
- l'étape 2 : la conception du corps de chaussée,
- l'étape 3 : la vérification au gel/dégel par calcul de la future structure de chaussée.

Dimensionnement d'une chaussée

La conception d'une chaussée neuve ou d'un élargissement :
les grandes étapes

Intervention du laboratoire
pour l'analyse géotechnique
des sols naturels



Phase n° 1 (voir p22)

Identification de la partie supérieure des terrassements
ou
PST

Phase n° 2 (voir p28)

Le dimensionnement de la couche de forme
ou
CdF

ETAPE N°1

Conception
de la plate-forme
support de chaussée
ou
PFSC

Le dimensionnement de la couche de forme
ou
CdF

Phase n° 3 (voir p45)
Le dimensionnement des couches d'assise
ou
CA

Phase n° 4 (voir p46)
Type et dimensionnement de la couche de roulement
ou
CR

Phase n° 5 (voir p50)
La vérification au gel/dégel de la



ETAPE N°2

Conception
du corps de chaussée
ou
CC

ETAPE N°3

La vérification au
gel/dégel de la

Phase n° 4 (voir p46)

Type et dimensionnement de la couche de roulement
ou
CR

Phase n° 5 (voir p50)

La vérification au gel de la
structure de chaussée

ETAPE N°3

La vérification au
gel/dégel de la
structure de chaussée



Dimensionnement d'une chaussée

-Etape n° 1 : La conception de la plate-forme support de chaussée (PFSC)

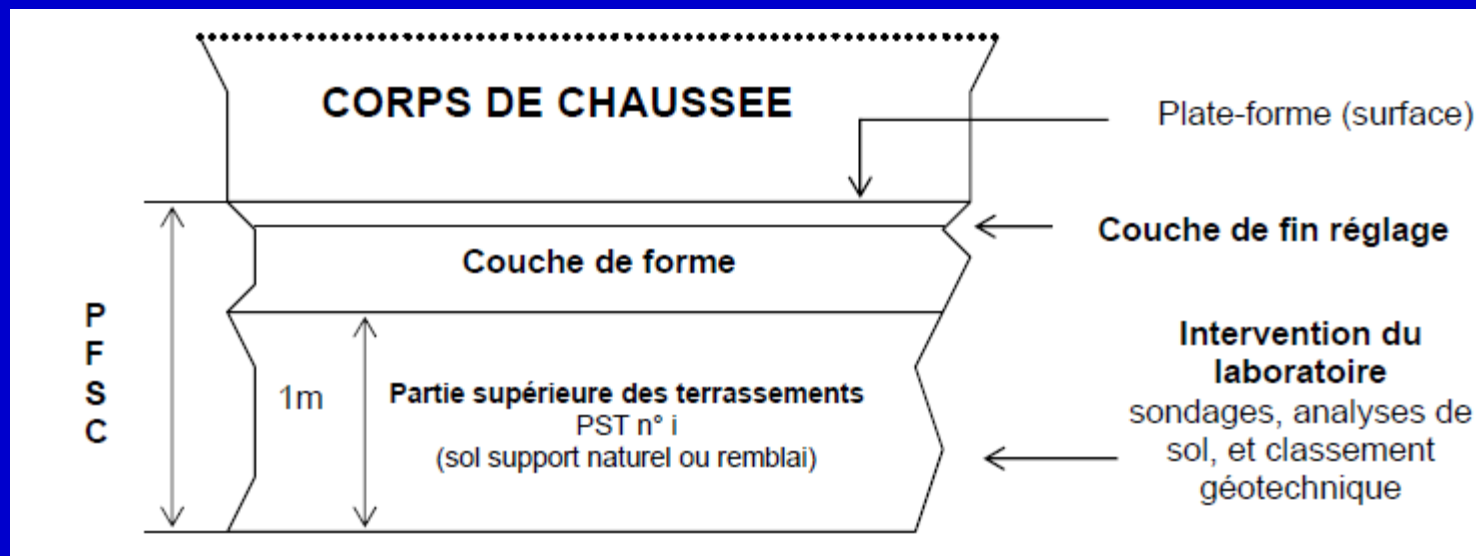
Avant la conception de la plate-forme, le laboratoire doit intervenir pour effectuer des sondages et des prélèvements de sols naturels en place, dans le but de les analyser et les classer suivant la norme NF P 11-300 ; puis de définir le couple **PST** et l'arase **AR**.

Dimensionnement d'une chaussée

-Etape n° 1 : La conception de la plate-forme support de chaussée (PFSC)

La plate-forme support de chaussée comprend de bas en haut 3 couches :

- la partie supérieure des terrassements (PST), qui concerne le premier mètre environ,
- la couche de forme (CdF),
- la couche de fin réglage (CfR).



Dimensionnement d'une chaussée

-Etape n° 1 : La conception de la plate-forme support de chaussée (PFSC)

La plate-forme (PF) doit répondre aux objectifs suivants :

- garantir une portance à court terme, supérieure à 50MPa, nécessaire à l'obtention de la qualité de compactage ou de densification des matériaux du corps de chaussée, mais également la portance à long terme.
- permettre la traficabilité nécessaire aux engins de chantier.
- assurer la protection de la PST contre les intempéries lors du chantier de construction de la chaussée,
- assurer la protection du sol naturel contre le gel lors d'hiver rigoureux.

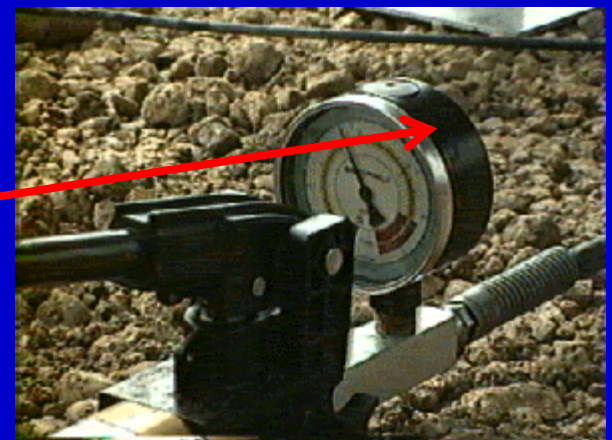
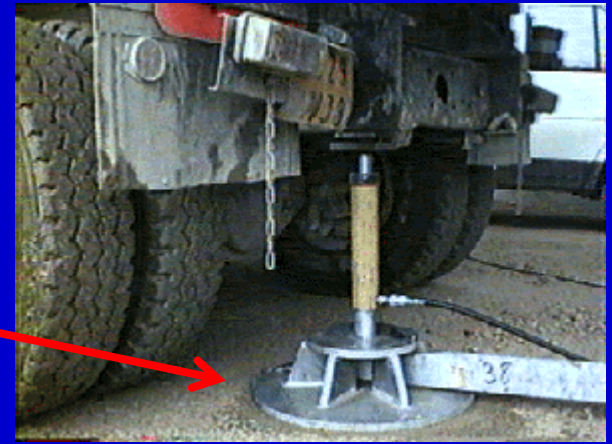
Mesure de la portance des sols:

But: classement des sols dans des classes de portance
- contrôle du compactage de la couche de fondation, de la couche de forme et/ou du terrain naturel.

Mesure de la portance des sols:

Equipements de mesure

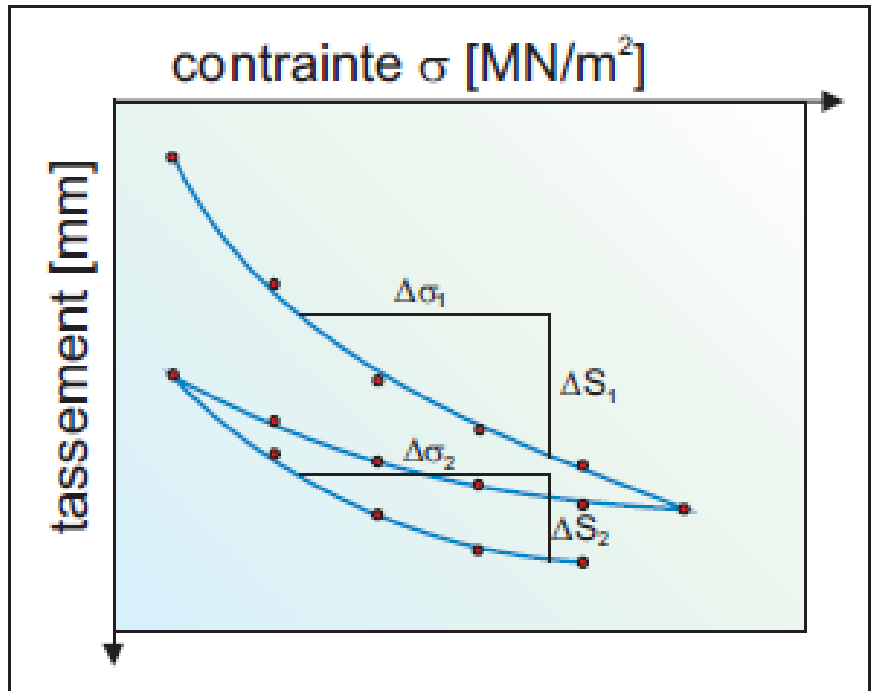
- le vérin prend appuis sous un camion chargé qui sert de massif de réaction,
- la poutre rigide, reposant en son 1/3 sur un axe,
- un comparateur à l'extrémité de la poutre permet de mesurer la déflexion du sol sous la poussée du vérin.
- Le vérin est animé par une pompe hydraulique à main munie d'un manomètre.



Mesure de la portance des sols:

Conduite de l'essai: Chargement et déchargement par palier d'une plaque rigide

- Déterminer la contrainte: Pression; Surface de la plaque))
- Mesurer les tassements (Comparateur)



$$M_{E1} = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta S_1} \cdot D$$

$$M_{E2} = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta S_2} \cdot D$$

D: Diamètre de la plaque

Mesure de la portance des sols:

Résultats

◆ Valeurs M_E [MN/m^2]

◆ Portance des sols:	M_{E1} [MN/m^2]	Portance
	> 60	très élevée
	15 - 30	moyenne
	< 6	très faible

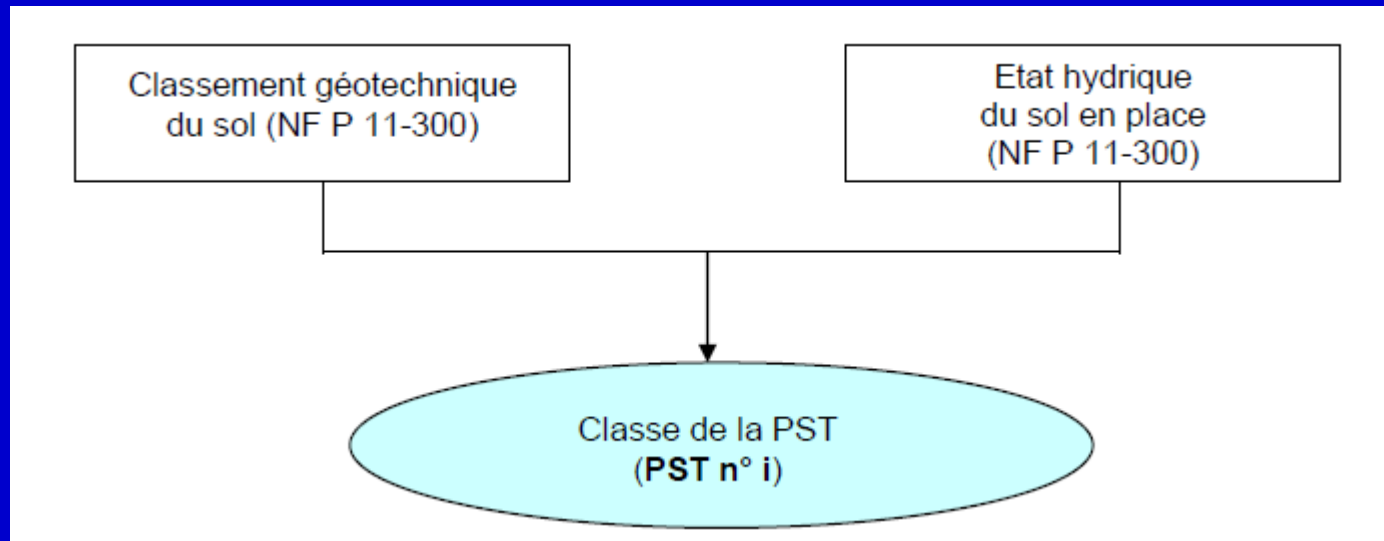
◆ Exigences pour couche de fondation en graves:

- trafic léger: > 80 MN/m^2
- trafic moyen: > 100 MN/m^2

La partie supérieure des terrassements (PST)

- La classe de la partie supérieure des terrassements

La détermination de la classe de la partie supérieure des terrassements (PSTi) nécessite la connaissance de la classe géotechnique du sol naturel en place et de son état hydrique si ce dernier est sensible à l'eau (norme : NF P 11-300).



Classer un sol consiste à l'identifier grâce à des mesures quantitatives et à lui donner un nom afin de le rattacher à un groupe de sols de caractéristiques semblables

L'environnement hydrique et ses conséquences sur les performances mécaniques de la **Partie Supérieure des Terrassements (PST)**, conduisent à définir 7 classes de **PST** :

- PST n° 0,
- PST n° 1,
- PST n° 2,
- PST n° 3
- PST n° 4
- PST n° 5
- PST n° 6

La première classe de PST, la PST n° 0 représente la plus défavorable. Elle doit faire l'objet d'une opération spécifique de purge localisée, accompagnée parfois de rabattement de nappe ou de traitement à la chaux et/ou au ciment. Cette dernière technique permet de reclasser la section traitée dans une des classes de PST immédiatement supérieures.

-La classe (ARj) de l'arase des terrassements

La classe d'arase est déterminée à partir de l'état hydrique du sol naturel en place en mesurant la portance en place au moyen de l'essai de chargement à la plaque selon la norme NF P 94-117 .1

En cas d'impossibilité liée à la profondeur de l'arase par rapport au projet ou à sa traficabilité, la portance du sol sera déterminée en laboratoire à partir d'échantillons du sol naturel en place conservés à sa teneur naturelle en eau.

-La classe (ARj) de l'arase des terrassements

Les classe d'arase ARj	Les Portances du sol naturel support Ps
AR0	Ps < 20 MPa (détermination en laboratoire)
AR1	20 MPa ≤ Ps < 50 MPa (détermination en laboratoire)
AR2	50 MPa ≤ Ps < 120 MPa (détermination en laboratoire)
AR3	120 MPa ≤ Ps < 200 MPa (détermination en laboratoire)
AR4	Ps ≥ 200 MPa (détermination en laboratoire)

SOLS NATURELS SUPPORTS				État hydriques du sol	PST n° i	Classe d'ARase AR j	Portance du sol Ps exprimée en MPa	Commentaire
Sols fins	Sols sableux et graveleux avec fines	Sols comportant des fines et des gros éléments	Sols insensibles à l'eau					
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1	/	th	PST n° 0	AR 0	Ps < 20	Mise en œuvre d'une opération de purge / substitution et/ou de drainage, pour opérer un reclassement de l'arase en AR1
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1 ; C2	/	h	PST n° 1	AR 1	20 ≤ Ps < 50	Deux démarches possibles pour passer à une classe d'arase supérieure : - soit un traitement à la chaux, - soit mettre en œuvre une couche de forme en matériau granulaire en intercalant un géotextile anti contaminant
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1 ; C2	/	m	PST n° 2	AR 1	20 ≤ Ps < 50	Réalisation d'un rabattement de nappe à une profondeur suffisante si possible, on est alors ramené au cas de la PST n° 3 - la couche de forme est indispensable
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1 ; C2	/	m	PST n° 3	AR 1 AR 2	20 ≤ Ps < 50 50 ≤ Ps < 120	- Pas de mesure de drainage, - La couche de forme est indispensable AR1 Classement en AR2 si on effectue des dispositions de drainage pour l'évacuation des eaux à la base de la chaussée afin d'éviter leur infiltration AR2
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1	/	h	PST n° 4	AR 2	50 ≤ Ps < 120	Traitement durable des matériaux de la PST n° 1 à la chaux et/ou aux liants hydrauliques. Possibilités en fonction du projet de réaliser une couche de forme.
/	B1	/	D1	/	PST n° 5	AR 2 AR 3	50 ≤ Ps < 120 120 ≤ Ps < 200	Matériaux sableux insensibles à l'eau. Ces valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme (AR3) La nécessité d'une couche de forme sur cette PST ne s'impose pas.
/	B3	C2	D2 ; D3	/	PST n° 6	AR 3 AR 4	120 ≤ Ps < 200 Ps > 200	Matériaux insensibles à l'eau (mêmes remarques que précédemment)

Tableau n° 4 : TABLEAU DE SYNTHESE DES CORRESPONDANCES ENTRE LA CLASSE GEOTECHNIQUE DU SOL, SON ETAT HYDRIQUE ET LA CLASSE DE LA PARTIE SUPERIEURE DES TERRASSEMENTS (PST n° i) ASSOCIEE A LA CLASSE D'ARASE (ARj)



HIPERTEX
EXTREME GEOTEXTILES

The evolution
of infrastructures



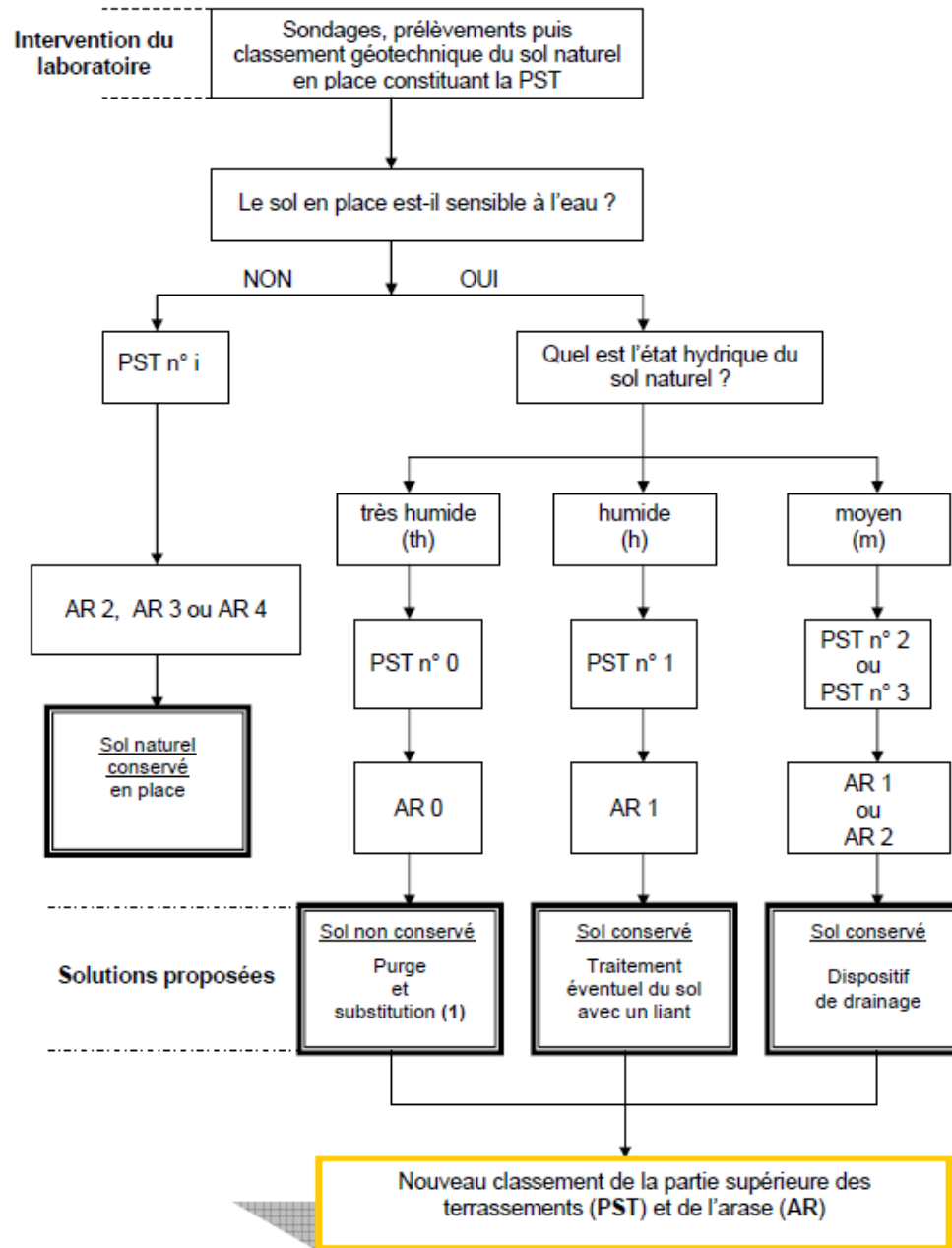
-Les conditions de maintien du sol naturel en place

Faut-il maintenir en place le sol naturel au niveau de la **PST** ?

Seuls, les résultats des analyses géotechniques effectuées sur les prélèvements d'échantillons représentatifs de sol naturel en place permettent d'orienter la démarche à suivre.

A partir de la classe géotechnique du matériau constituant la **PST** **et de son état hydrique**, la prise de décision s'opère selon l'algorithme représenté à la page suivante.

PEUT-ON CONSERVER LE SOL NATUREL CONSTITUANT LA PARTIE SUPERIEURE DES TERRASSEMENTS IN SITU ?



Le maintien ou l'amélioration de l'état hydrique du sol naturel (PST)?

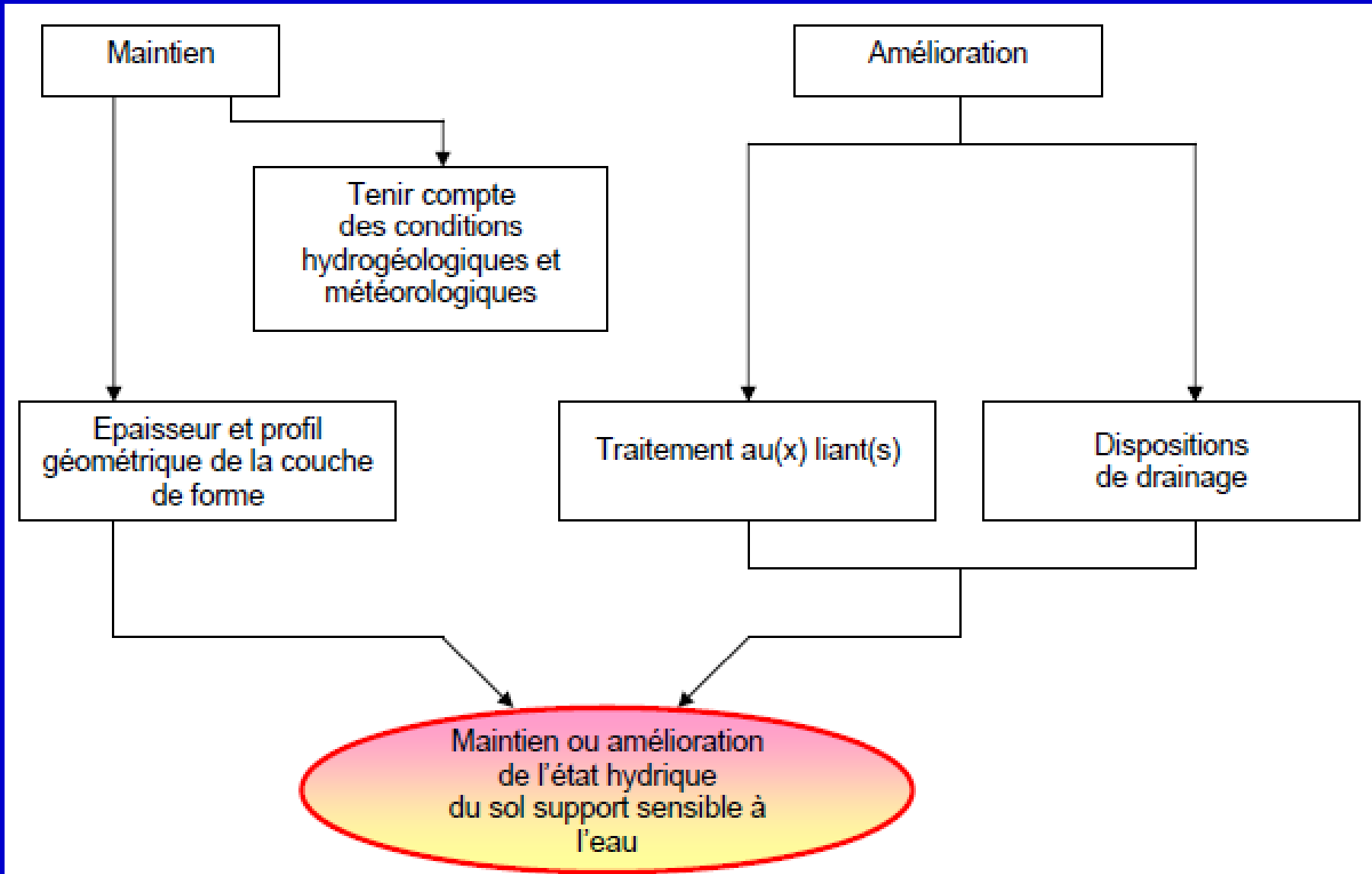
Pour maintenir l'état hydrique d'un sol support sensible à l'eau on dispose de deux moyens :

- tenir compte des conditions hydrogéologiques du site et météorologiques au cours du chantier, puis en fonction de celles-ci apporter des corrections localisées,
- agir sur l'épaisseur et le profil transversal géométrique de la couche de forme, pour constituer un « toit » facilitant l'évacuation des eaux de ruissellement.

Pour améliorer l'état hydrique d'un sol support sensible à l'eau on peut entreprendre deux types d'actions :

- effectuer des traitements à la chaux et/ou aux liants hydrauliques,
- prendre des dispositions de drainage.

Le maintien ou l'amélioration de l'état hydrique du sol naturel (PST)?



-Phase n° 2 : Le dimensionnement de la couche de forme

La couche de forme permet d'adapter les caractéristiques du terrain en place ou des matériaux de remblai constituant la **PST aux caractéristiques mécaniques, géométriques** du projet, hydrogéologiques et thermiques du site.

-Elle doit répondre à des objectifs de court terme (permettre la construction du corps de chaussée)

-Elle doit répondre à des objectifs de long terme (garantir la pérennité de l'ouvrage par le biais d'une bonne portance à long terme)

- Elle doit permettre également par l'homogénéité de sa portance, de réaliser un corps de chaussée d'épaisseur constante sur toute la longueur du chantier.

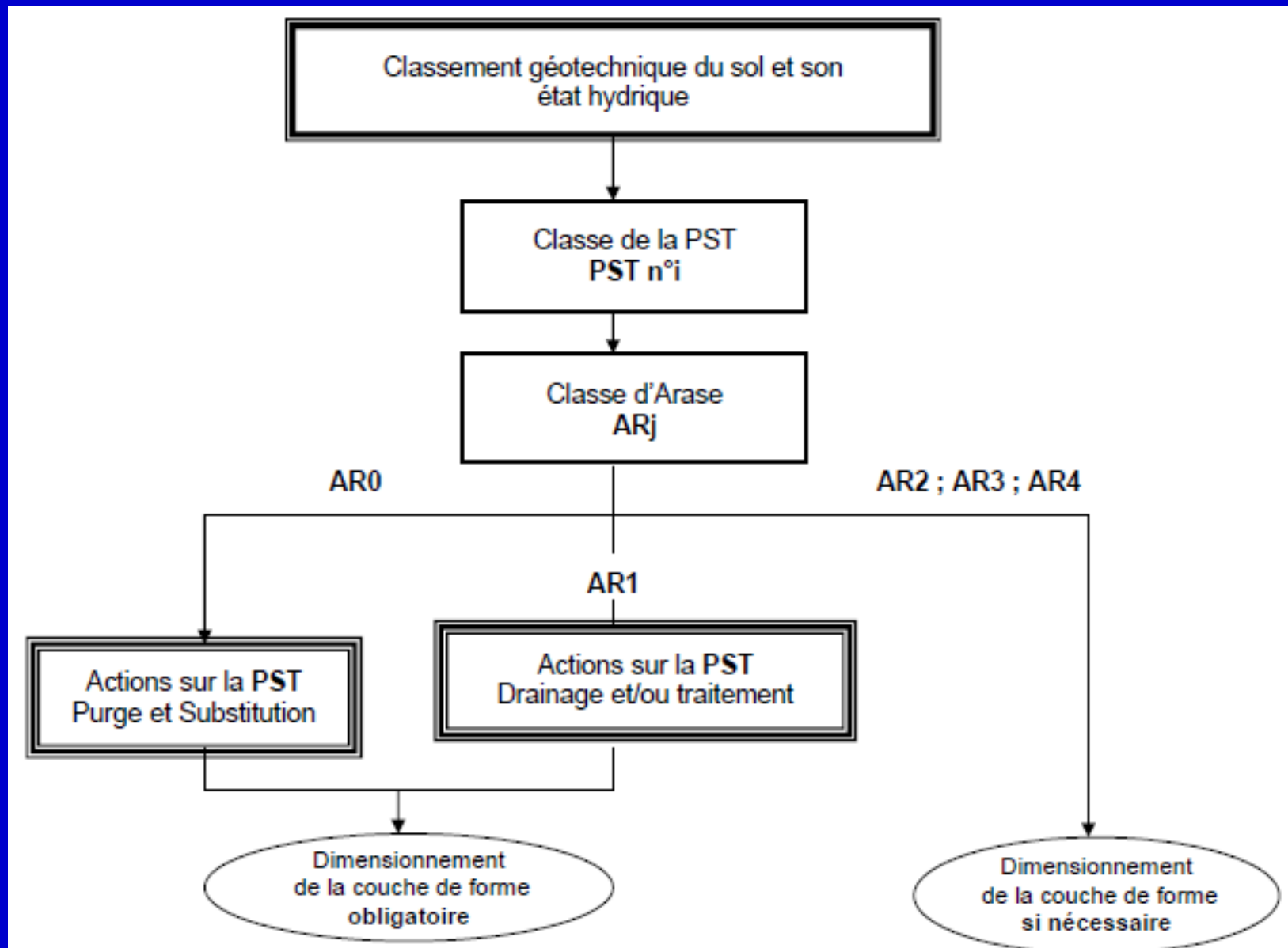
-Phase n° 2 : Le dimensionnement de la couche de forme

Les conditions de mise en œuvre d'une couche de forme:

- La mise en œuvre d'une couche de forme dépend d'une part, de la classe de la PST et d'autre part de celle de l'arase AR.
- lorsque le sol en place est insensible à l'eau et ingélif, on ne mettra pas nécessairement en œuvre une couche de forme.

-Phase n° 2 : Le dimensionnement de la couche de forme

Les conditions de mise en œuvre d'une couche de forme:

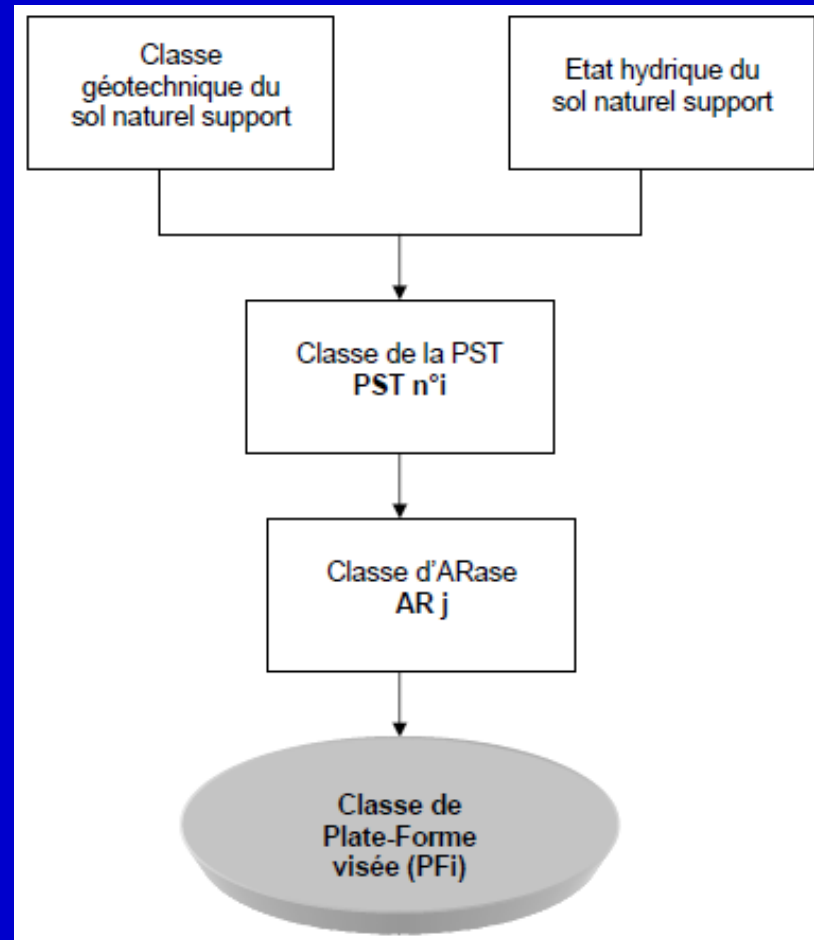


La détermination de l'épaisseur de la couche de forme doit tenir compte de plusieurs paramètres :

- la classe de plate-forme (**PFi**) visée à long terme,
- la classe géotechnique du matériau qui la constituera

-La classe de la plate-forme (PFI) visée à long terme

la détermination de la plate-forme visée à long terme résultent d'une part, de l'étude géotechnique, incluant la classification des sols, réalisée par le laboratoire et d'autre part, de la classe de la partie supérieure de terrassements (**PST n°i**) et de l'arase (**AR j**).



Classes de plate-forme et les valeurs de leurs portance

Classe de plate-forme PFI	Portance de la PFI module EV2
PF_1^+	$30 \text{ MPa} \leq EV2 < 50 \text{ MPa}$
PF_2^*	$50 \text{ MPa} \leq EV2 < 80 \text{ MPa}$
PF_2^+	$80 \text{ MPa} \leq EV2 < 120 \text{ MPa}$
PF_3	$120 \text{ MPa} \leq EV2 < 200 \text{ MPa}$

-A partir de la plage de portance du sol (**Ps**) de la classe d'arase (**ARj**)
on vise une classe de plate-forme

-Si la classe d'arase correspond à AR0 ou AR1 on vise à long terme la classe de plate-forme immédiatement supérieure, c'est-à-dire la **PF2***.

- **Par contre pour les autres classes d'arase : AR2,AR3 et AR4, on visera la classe de plate-forme égale ou immédiatement supérieure**

ARASE DE TERRASSEMENT		PLATE-FORME VISEE	
Classe d'arase ARj	Portance du sol Ps en MPa	Classe de la plate-forme PFi	Module EV2 en MPa
AR0	Ps < 20	PF ₁₊	30 ≤ EV2 < 50
		PF _{2*}	50 ≤ EV2 < 80
AR1	20 ≤ Ps < 50	PF _{2*}	50 ≤ EV2 < 80
AR2	50 ≤ Ps < 120	PF ₂₊	80 ≤ EV2 < 120
AR3	120 ≤ Ps < 200	PF ₃	120 ≤ EV2 < 200

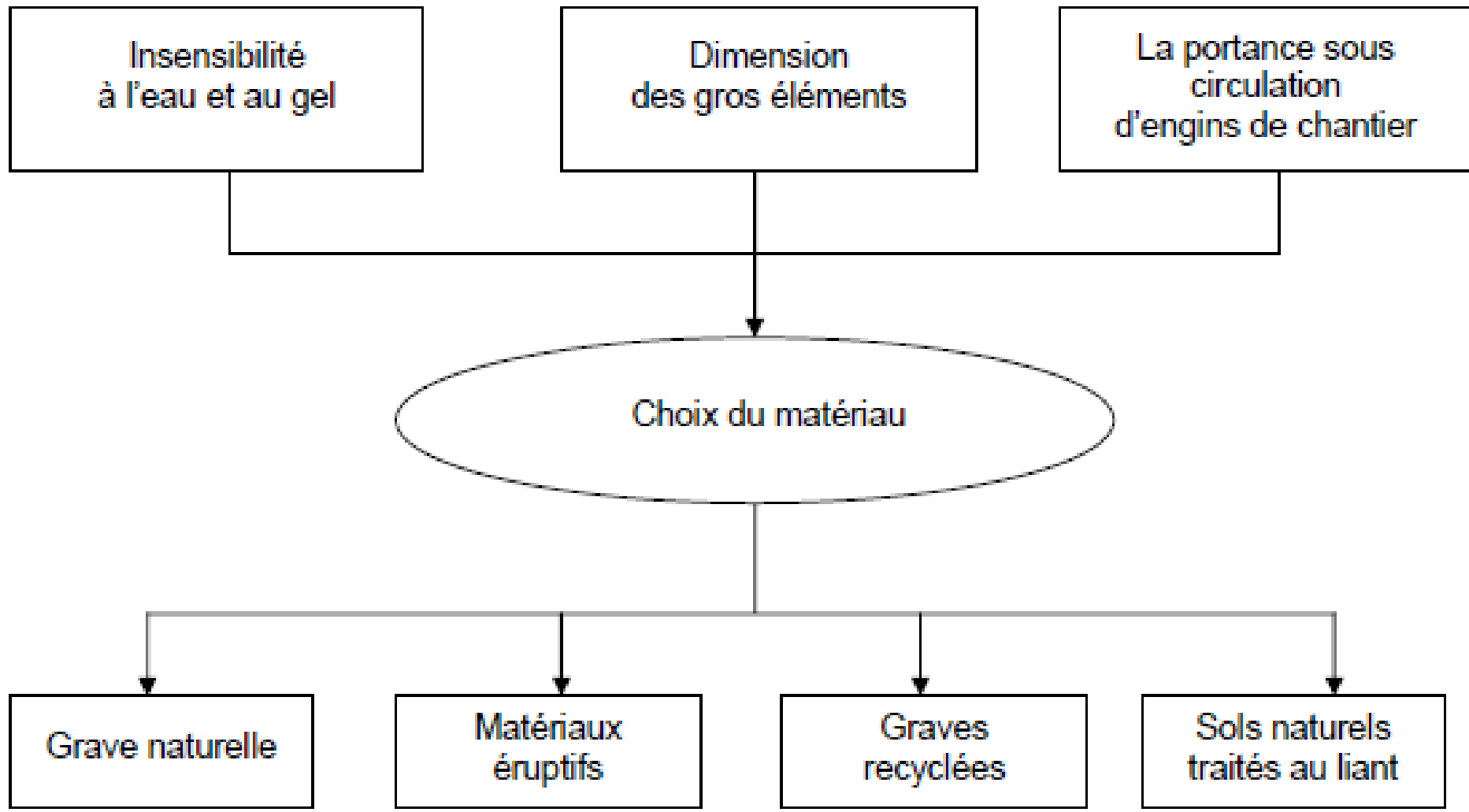
Le type de matériau à mettre en œuvre pour la couche de forme

Pour la mise en œuvre d'une couche de forme, une attention particulière doit être accordée au choix du matériau.

Les matériaux choisis doivent satisfaire différents critères :

- insensibilité à l'eau et au gel
- dimension des plus gros éléments (D_{max}) à cause de la contrainte de nivellement de la plate-forme (+ ou - 3cm),
- la portance sous circulation des engins de chantier,

Le type de matériau à mettre en œuvre pour la couche de forme



Épaisseur de la couche de forme

- L'épaisseur de la couche de forme dépend de plusieurs paramètres :
- la classe de la **PST n° i et de l'arase (ARj)**,
 - la classe de la plate-forme (**PFi**) visée à long terme,
 - la classe géotechnique du matériau constituant la future couche de forme.

QUELLE PLATE-FORME...AVEC QUELLE EPAISSEUR DE LA COUCHE DE FORME CONSTITUEE EN GRAVE NATURELLE (GN) :

ARASE DE TERRASSEMENT	PLATE-FORME SUPPORT DES TERRASSEMENTS		CLASSE DE PLATE-FORME VISEE			
			PF1 +	PF2 [*]	PF2 +	PF3
AR1 20 à 50 MPa	PST n° 1	Matériaux sensibles - Mauvaise portance à court et à long terme	40cm ou géotextile + 25cm	70cm ou géotextile + 50cm	90cm ou géotextile + 70cm	
	PST n° 2	Matériaux sensibles - Bonne portance à court terme et mauvaise portance à long terme	30cm ou géotextile + 20cm	50cm ou géotextile + 40cm	60cm ou géotextile + 50cm	80cm ou géotextile + 65cm
	PST n° 3	Matériaux sensibles - Bonne portance à court terme. Portance à long terme hypothéquée par une sensibilité aux venues d'eaux pluviales	20cm	30cm ou géotextile + 20cm	50cm ou géotextile + 40cm	80cm ou géotextile + 65cm
AR2 50 à 120 MPa	PST n° 4	Matériaux traités à la chaux ou aux liants hydrauliques (1)		Couche de fin réglage	30cm	50cm
	PST n° 5	Plate-forme de bonne portance posant des problèmes de traficabilité			30cm	
AR2 50 à 120 MPa	PST n° 6	Plate-forme de bonne portance posant des problèmes de traficabilité et/ou de réglage				Couche de fin réglage

**QUELLE PLATE-FORME...AVEC QUELLE EPAISSEUR DE LA COUCHE DE FORME
CONSTITUEE DE DIVERS MATERIAUX NATURELS ? Classe de plate-forme visée : PF2***

ARASE DE TERRASSEMENT		PLATE-FORME SUPPORT DES TERRASSEMENTS		CLASSE GEOTECHNIQUE DES MATERIAUX CONSTITUANT LA COUCHE DE FORME			
				AI	BI	CJ / BI	RI
RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES	AR1	PST n°1	Matériaux sensibles mauvaise portance à court et à long terme	X	B11 : 80cm ou géotextile : + 65cm B31 : 75cm ou géotextile : + 60cm	(C1, C2) / (B11, B31) : 75cm ou géotextile : + 60cm	R41, R61 : 60cm ou géotextile : + 45cm R42, R62 : 70cm ou géotextile : + 55cm
		PST n°2	Matériaux sensibles bonne portance à court terme et mauvaise portance à long terme	35cm aux llants hydrauliques ou pour A3 : 50cm à la chaux (2)	B11, B31 : 50cm ou géotextile : + 40cm ou 35cm aux llants hydrauliques	(C1, C2) / (B11, B31) : 50cm ou géotextile : + 40cm ou 35cm aux llants hydrauliques (1)	R4, R6 : 50cm ou géotextile : + 40cm ou 35cm aux llants hydrauliques (1)
		PST n°3	Matériaux sensibles bonne portance à court terme. Portance à long terme hypothéquée par une sensibilité aux venues d'eaux pluviales		B11, B31 : 40cm ou géotextile + 30cm ou 35cm aux llants hydrauliques (1)	(C1, C2) / (B11, B31) : 30cm ou géotextile : + 20cm ou 35cm aux llants hydrauliques (1)	R4, R6 : 40cm ou géotextile : + 30cm ou 35cm aux llants hydrauliques (1)
	AR2			Couche de fin réglage	B11, B31 : 30cm ou géotextile : + 20cm	(C1, C2) / (B11, B31) : 30cm ou géotextile : + 20cm	R4, R6 : 30cm ou géotextile : + 20cm
		PST n°4	Matériaux traités à la chaux ou aux llants hydrauliques (1)				
		PST n°5	Plate-forme de bonne portance posant des problèmes de traficabilité	X	X	X	Couche de fin réglage

**QUELLE PLATE-FORME...AVEC QUELLE EPAISSEUR DE LA COUCHE DE FORME
CONSTITUEE DE DIVERS MATERIAUX NATURELS ? Classe de plate-forme visée : PF3**

ARASE DE TERRASSEMENT		PLATE-FORME SUPPORT DES TERRASSEMENTS		CLASSE GEOTECHNIQUE DES MATERIAUX CONSTITUANT LA COUCHE DE FORME			
				AI	BI	Cj / BI	RI
RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES	AR1	PST n°1	Matériaux sensibles Mauvaise portance à court et à long terme	X	B31 : 80cm ou géotextile : +65cm	(C1, C2) / (B11, B31) : 80cm ou géotextile : + 65cm	R4, R6 : 80cm ou géotextile : + 65cm
		PST n°2	Matériaux sensibles Bonne portance à court terme et mauvaise portance à long terme	<u>35cm aux llants hydrauliques (1) (2)</u> ou pour A3 : 70cm à la chaux (2)			
		PST n°3	Matériaux sensibles Bonne portance à court terme. Portance à long terme hypothéquée par une sensibilité aux venues d'eaux pluviales	<u>35cm aux llants hydrauliques (1)</u> ou pour A3 : <u>50cm à la chaux (2)</u>			
	AR2	PST n°4	Matériaux traités à la chaux ou aux llants hydrauliques (1)	<u>35cm aux llants hydrauliques (1)</u> ou pour A3 : <u>50cm à la chaux (2)</u>	B31 : 50cm ou <u>35cm aux llants hydrauliques (1)</u>	(C1, C2) / (B11, B31) : 50cm ou <u>35cm aux llants hydrauliques (1)</u>	R4, R6 : 50cm ou <u>35cm aux llants hydrauliques (1)</u>
		PST n°5	Plate-forme de bonne portance posant des problèmes de traficabilité				
	AR3	PSR n°6	Plate-forme de bonne portance posant des problèmes de traficabilité et/ou de réglage	Couche de fin réglage			

-Phase n° 2 : Le dimensionnement de la couche de forme

EPAISSEUR DE LA COUCHE DE FORME ET CLASSEMENT DE LA
PLATE-FORME EN FONCTION DU COUPLE PST/AR ET DE LA NATURE DE LA COUCHE DE FORME

Couple PST/AR	PST1	PST2	PST3	PST3	PST4
	AR1	AR1	AR1	AR2 (avec drainage)	AR2
Nature de la couche de forme					
<u>Grave non traitée</u> B31 D21 Béton concassé (GR1 au minimum) MIOM non traité***	75 cm (60 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	50 cm (40 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	40 cm (30 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	30 cm (20 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	-
<u>Cailloux calcaires R21</u>	60 cm (45 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	50 cm (40 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	40 cm (30 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	30 cm (20 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	
<u>Matériaux traités en place ou en centrale aux liants hydrauliques</u> (classe 5)* (sols fins, sables, graves, bétons concassés, MIOM**)	-	35 cm* PF2	35 cm* PF2	35 cm* PF3	35 cm* PF3

La mise en œuvre d'un géotextile

On met en œuvre un géotextile dans deux cas de figure :

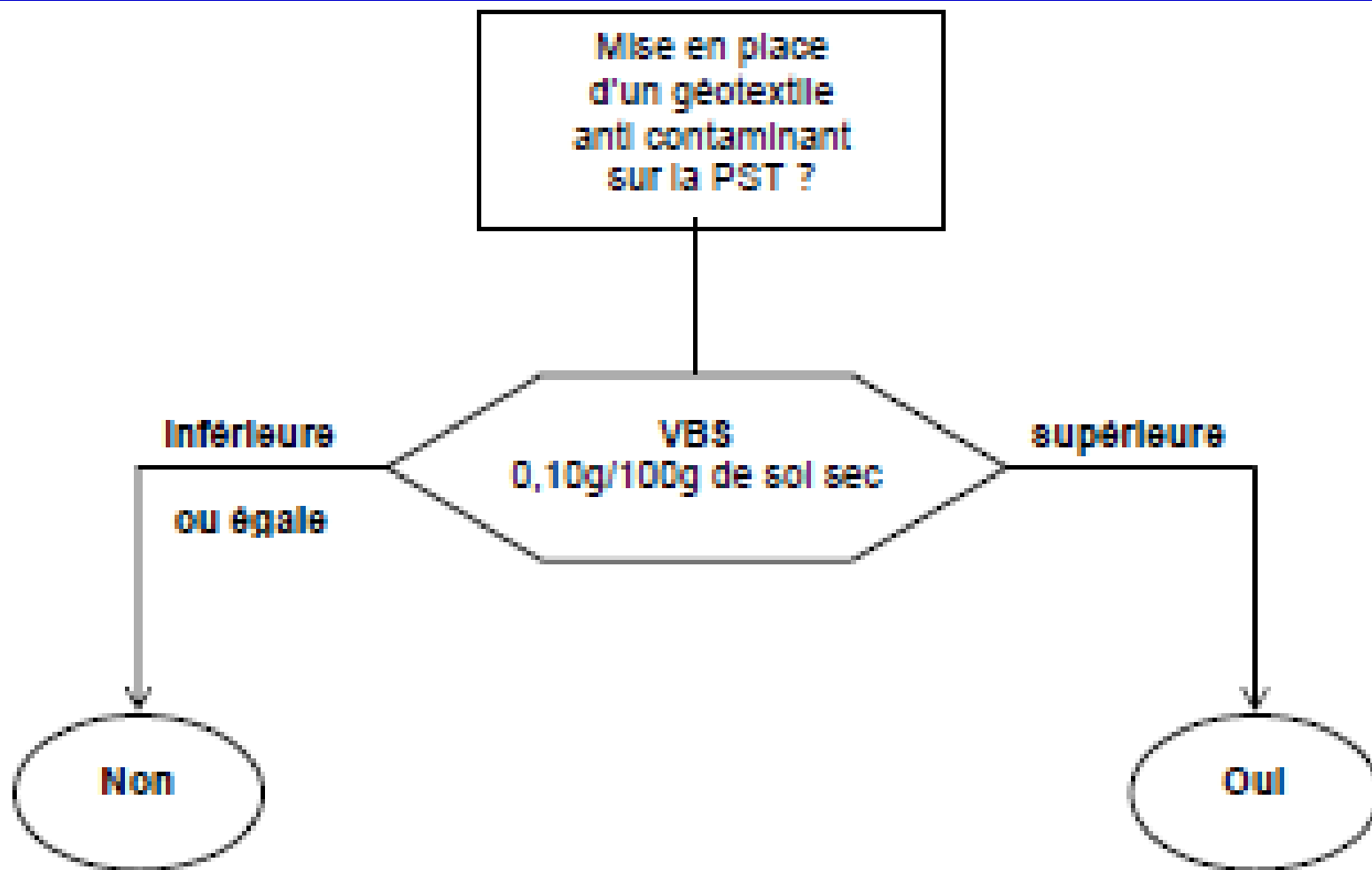
- en cas de drainage de l'ouvrage,
- pour stopper les remontées de fines argilo-limoneuses entraînées par l'effet capillaire.

Lorsqu'un drainage de l'arase des terrassements est nécessaire on met en place un géotextile drainant accompagné de l'**implantation d'un exutoire au point bas de l'ouvrage.**

La décision d'installer un géotextile anti-contaminant sera prise en fonction du résultat de la valeur au bleu du sol in situ :

- 1) Si la valeur au bleu du sol (**VBS**) en place ou (**PST**) est inférieure ou égale à 0,10g/100g de sol sec : le géotextile est inutile,
- 2) Si la valeur au bleu (**VBS**) du sol en place (**PST**) est supérieure à 0,10g/100g de sol sec : mise en place d'un géotextile.

La mise en œuvre d'un géotextile



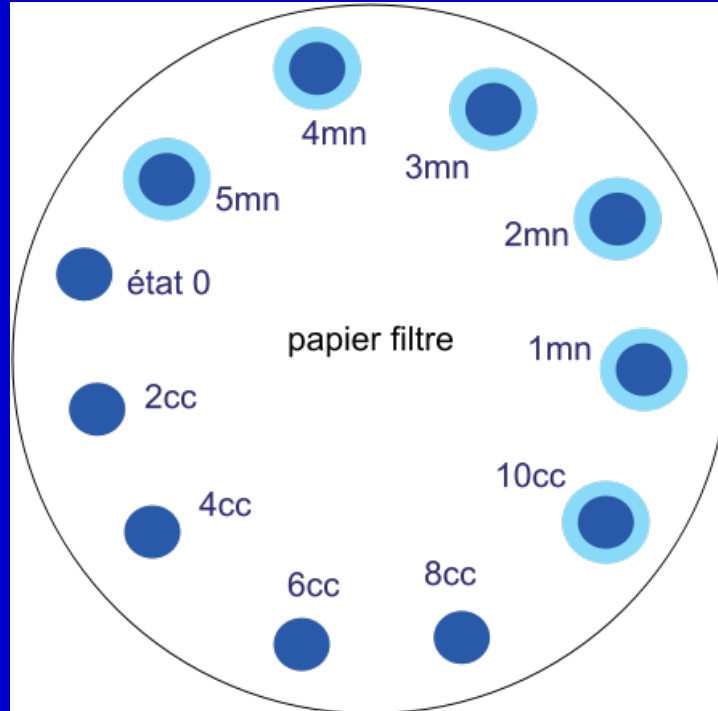
Mesure de la valeur au bleu du sol

- **L'essai au bleu de méthylène**, également appelé « essai au bleu », est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et les différents types d'argiles qu'il contient.

- L'essai consiste à mesurer la quantité de colorant (bleu de méthylène) fixée par 100 g de la fraction granulaire analysée.

Mesure de la valeur au bleu du sol

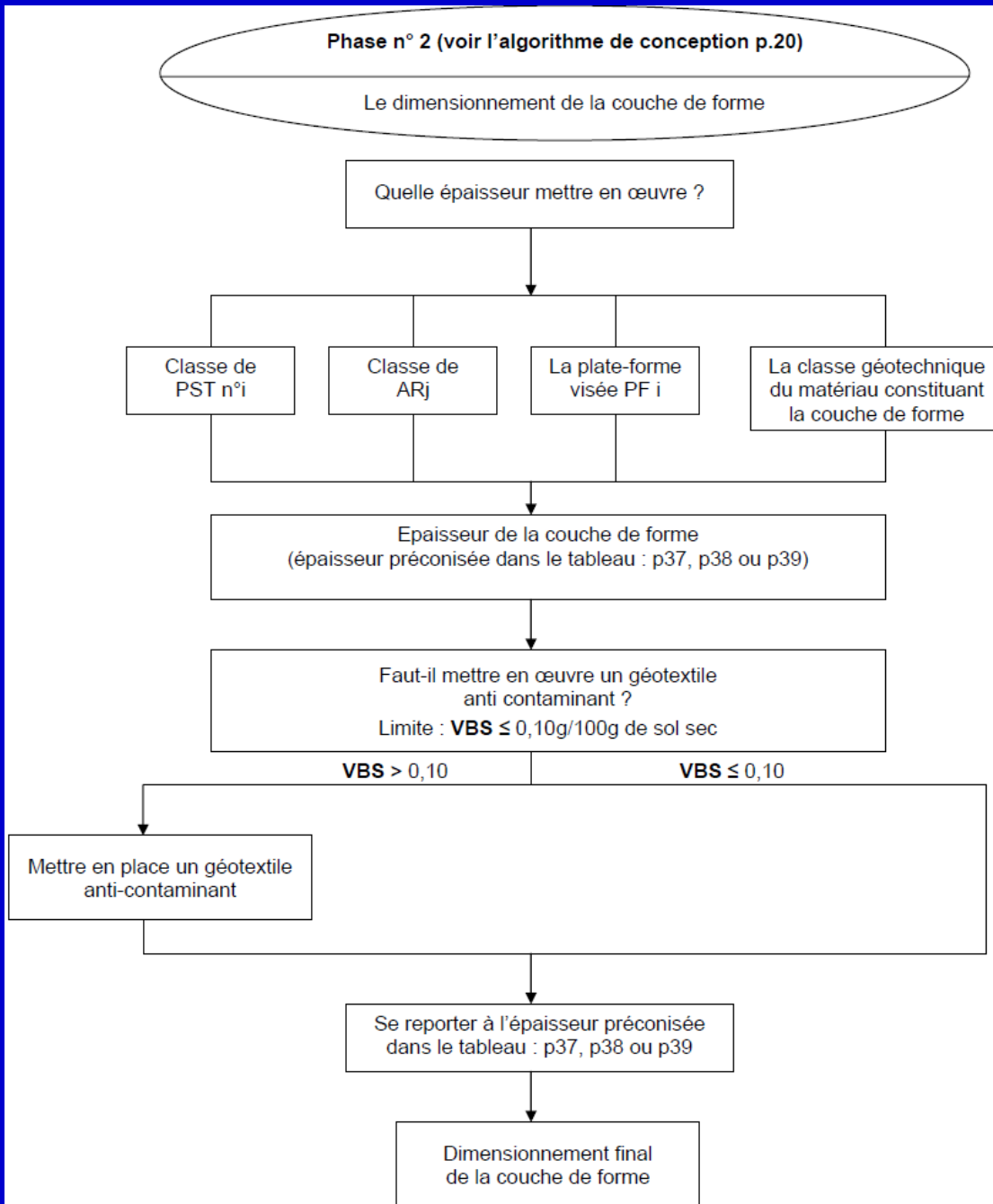
On effectue un test à la tache sur du papier filtre pour déceler la présence de colorant libre.



-Lorsque la présence de colorant libre est confirmée, la valeur de bleu de méthylène (MB ou MBF) est calculée et exprimée en grammes de colorant adsorbé par kg de la fraction granulaire testée

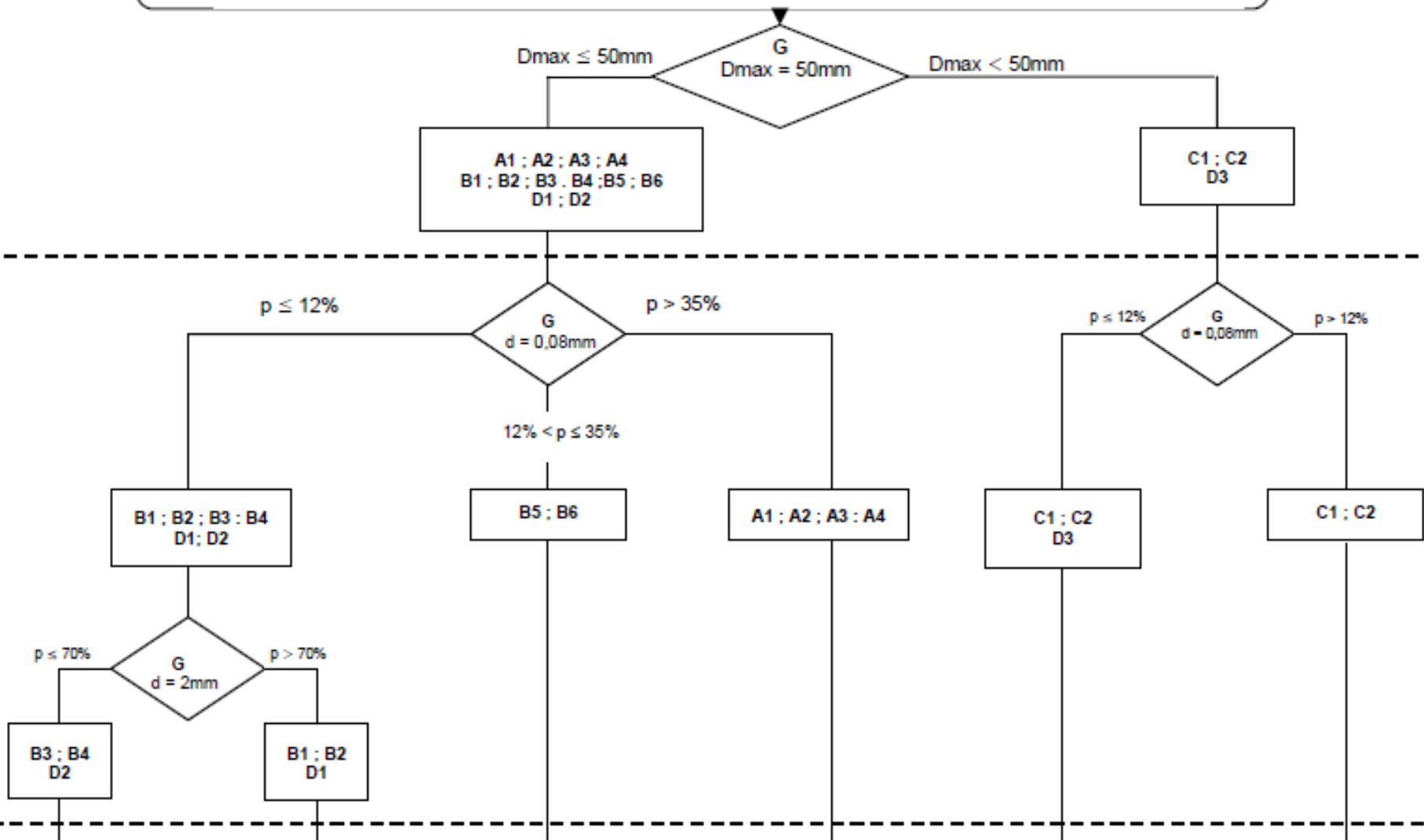
- Pour les granulats employés en construction routière, la valeur au bleu de méthylène (MB) doit être inférieure à 2,5 g de fine par kg (les fines étant comprises entre 0 et 2 mm),

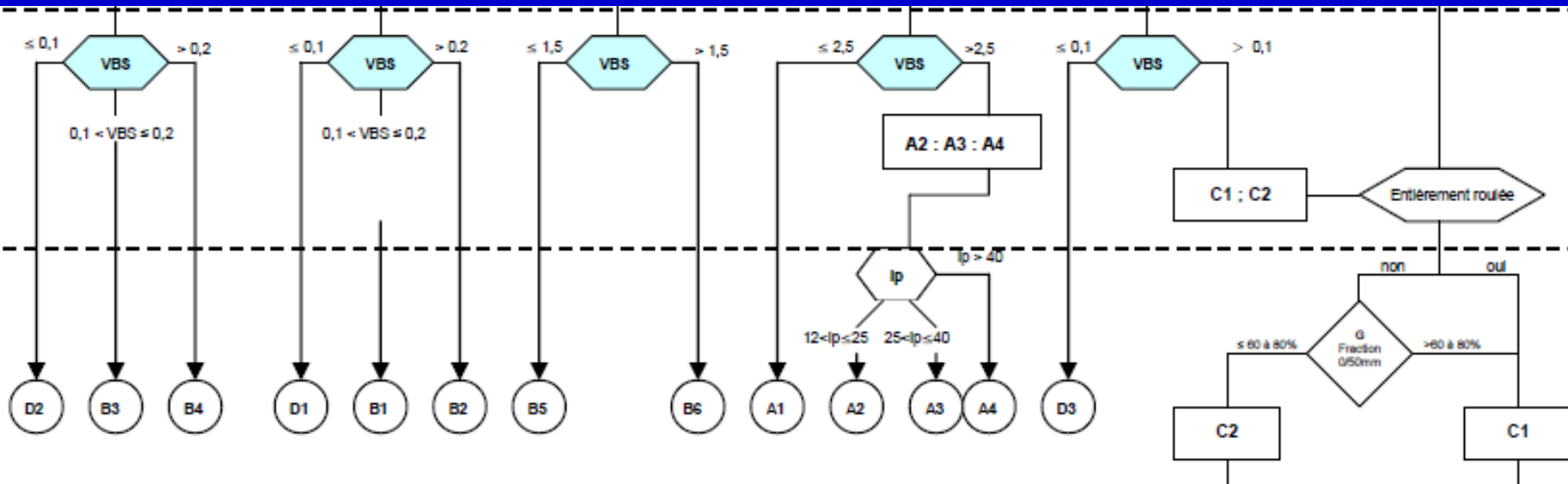
Dimensionnement de la couche de forme



Classement géotechnique d'un échantillon de sol selon la norme NF P 11-300

15

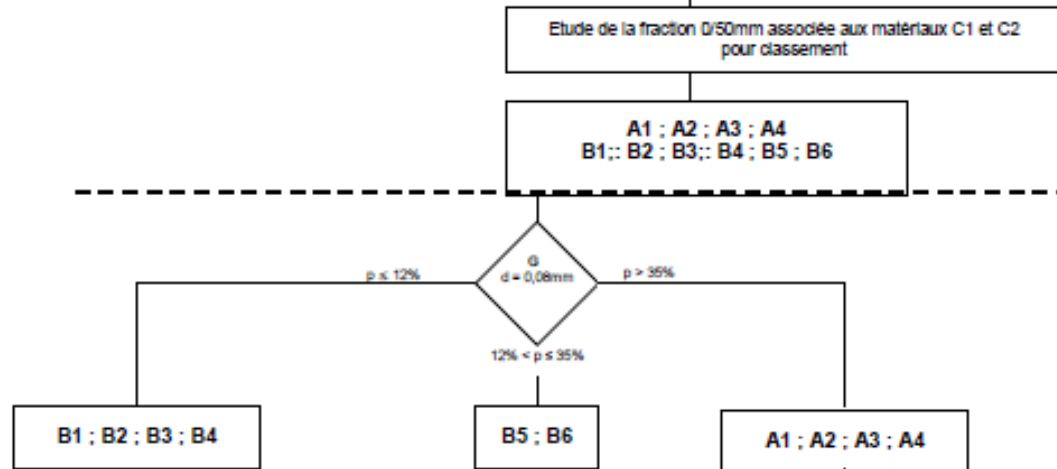




Légende :

Dmax : Dimension du plus gros élément
 D : Dimension de la maille du tamis
 G : granulométrie (NF P 94-056)
 P : passant ou tamisât à D
 VBS : Valeur au Bleu de méthylène d'un Sol (NF P 94-068)
 Ip : Indice de Plasticité (NF P 94-051)

- Etape intermédiaire
- Résultat final

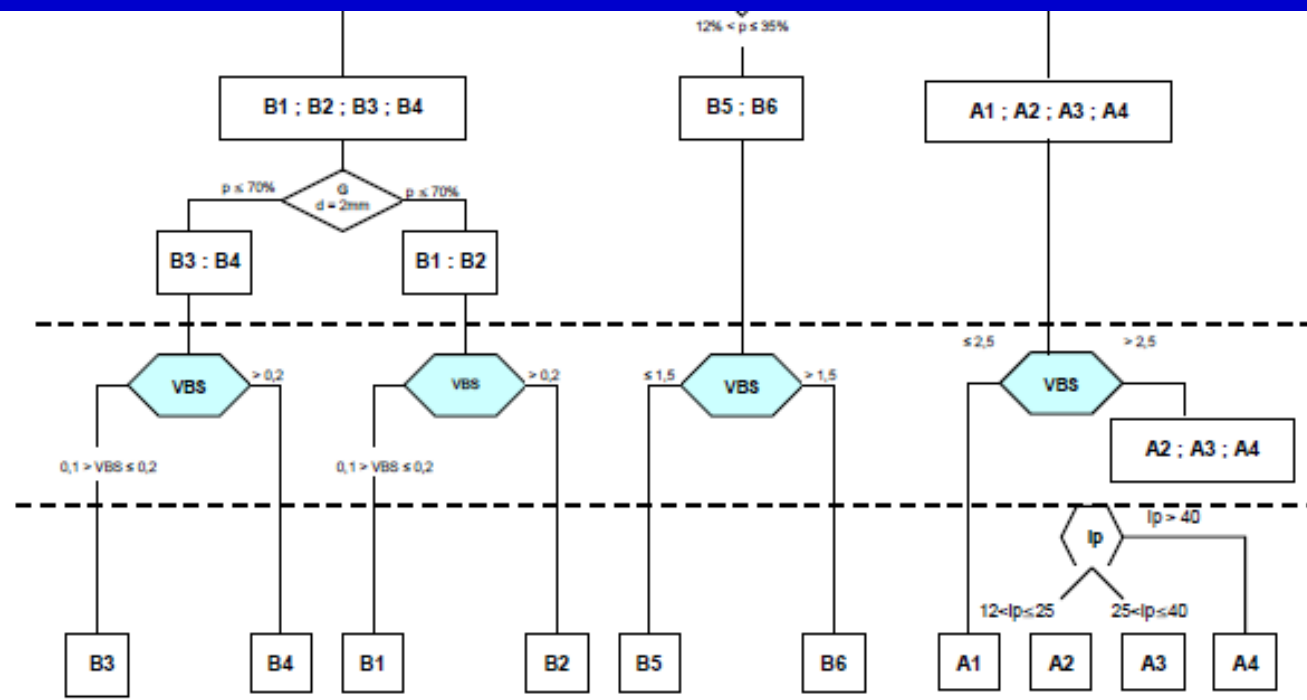


○ Résultat final

Les différentes sous-classes composant la classe C i

C1	C2
C1A1 C1A2 C1A3 C1A4	C2A1 C2A2 C2A3 C2A4
C1B1 C1B2 C1B4 C1B5 C1B6	C2B1 C2B2 C2B3 C2B4 C2B5 C2B6

Toutes ces valeurs sont associées aux sols de type C1 ou C2 symbolisé Ci →



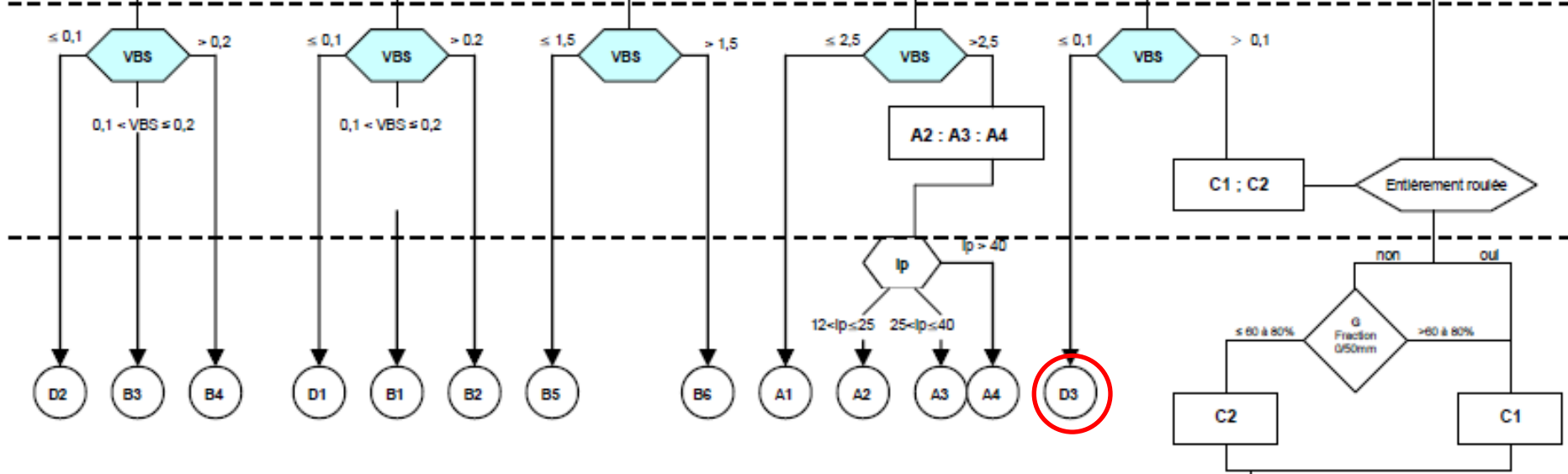
VQL/JR-CR

Dimensionnement des structures de chaussées neuves et élargissements des voies

2009

Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

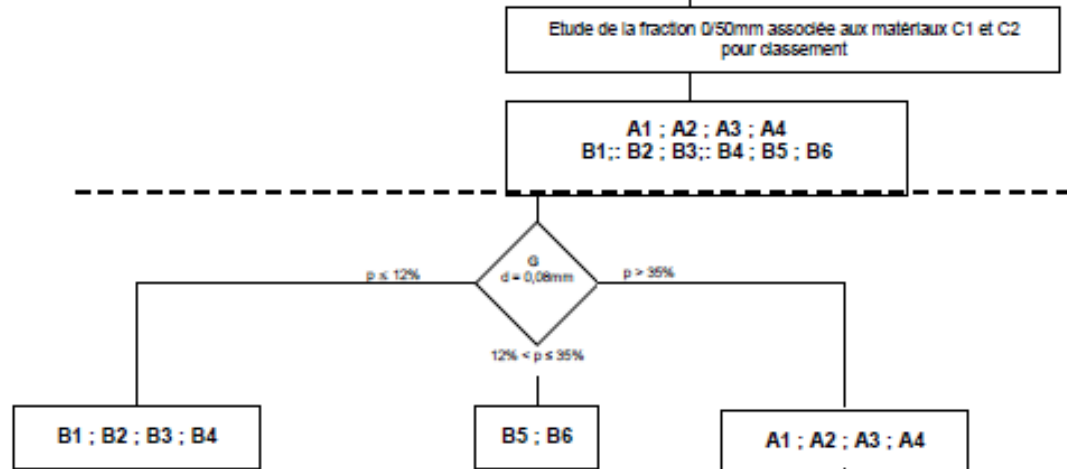
Cas n° 1 : la couche de forme est réalisée en matériaux alluvionnaires traditionnels ou grave naturelle (GN), appartenant à la classe D3



Légende :

- Dmax : Dimension du plus gros élément
- D : Dimension de la maille du tamis
- G : granulométrie (NF P 94-056)
- P : passant ou tamisât à D
- VBS : Valeur au Bleu de méthylène d'un Sol (NF P 94-068)
- lp : Indice de Plasticité (NF P 94-051)

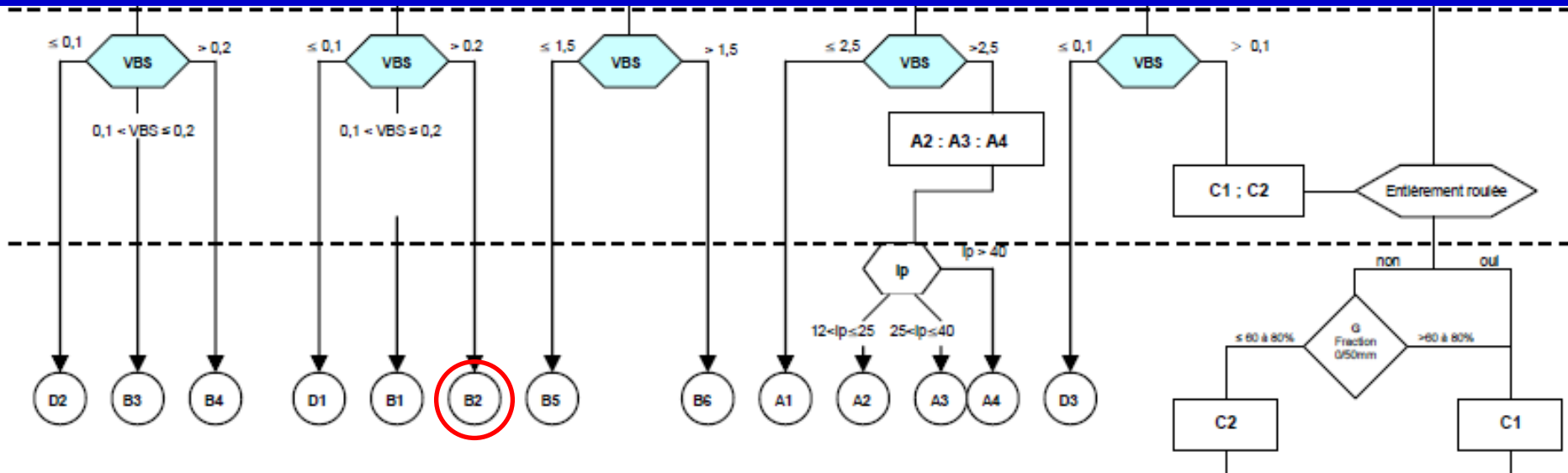
- Etape intermédiaire
- Résultat final



Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

Etape n° 1 : Rapport du laboratoire

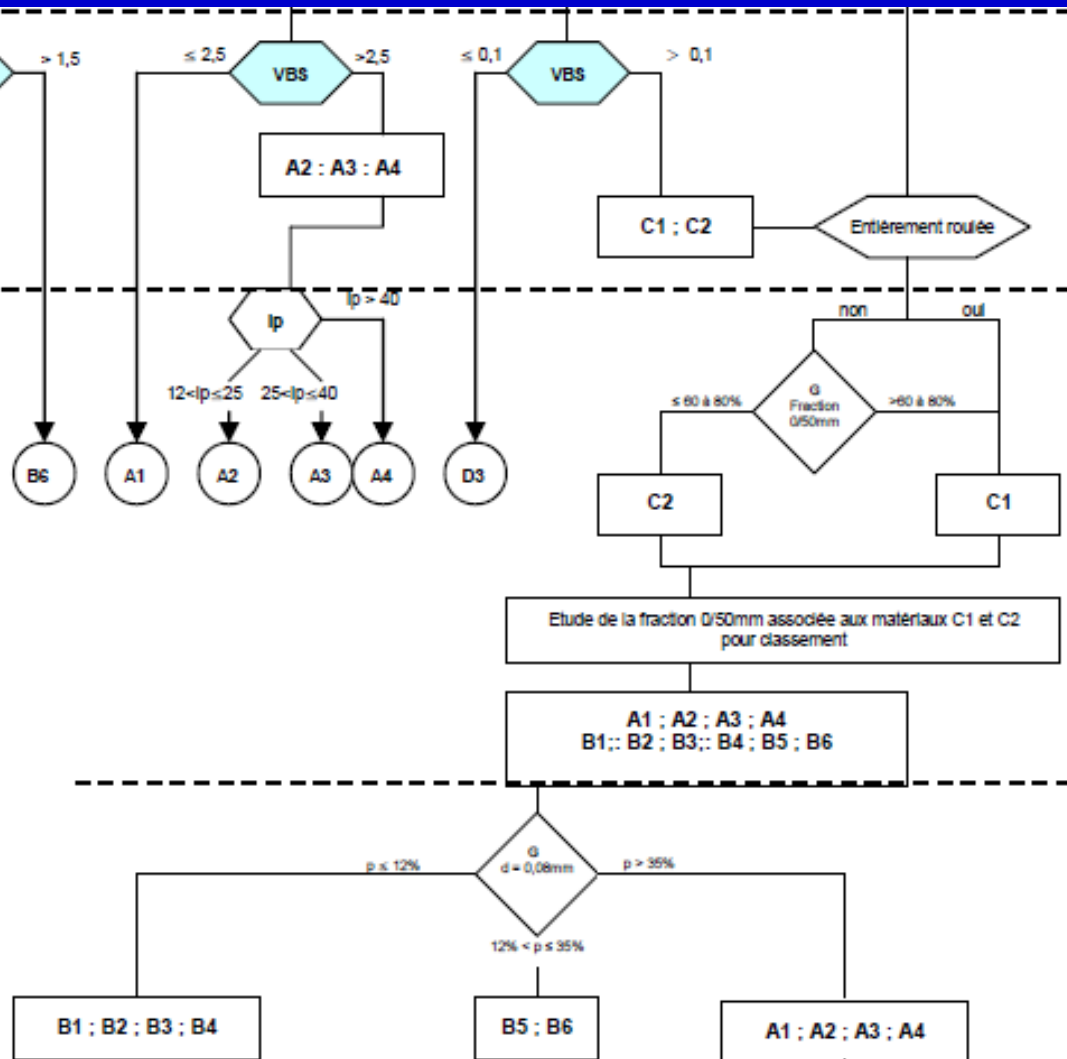
Après les essais géotechniques, le laboratoire fournit les renseignements suivants :
 - la classe géotechnique du sol naturel constituant la **PST est : B2 (h)**, il s'agit d'un **matériau sensible à l'eau**, d'où : **PST n° 1**,



Légende :

- Dmax : Dimension du plus gros élément
- D : Dimension de la maille du tamis
- G : granulométrie (NF P 94-056)
- P : passant ou tamisât à D
- VBS : Valeur au Bleu de méthylène d'un Sol (NF P 94-068)
- Ip : Indice de Plasticité (NF P 94-051)

- Etape intermédiaire
- Résultat final



Classement géotechnique
du sol (NF P 11-300)

Etat hydrique
du sol en place
(NF P 11-300)

B2

h

Classe de la PST
(PST n° i)

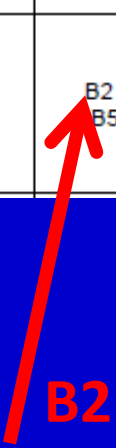
PST1

Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

Etape n° 1 : Rapport du laboratoire

-la classe d'arase est **AR1** qui conduit à la portance du sol (P_s) de l'arase déterminée à partir du tableau n° 4 (page 24).

SOLS NATURELS SUPPORTS				État hydriques du sol	PST n° i	Classe d'ARase AR j	Portance du sol P_s exprimée en MPa	Commentaire
Sols fins	Sols sableux et graveleux avec fines	Sols comportant des fines et des gros éléments	Sols insensibles à l'eau					
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1	/	th	PST n° 0	AR 0	$P_s < 20$	Mise en œuvre d'une opération de purge / substitution et/ou de drainage, pour opérer un reclassement de l'arase en AR1
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1 ; C2	/	h	PST n° 1	AR 1	$20 \leq P_s < 50$	Deux démarches possibles pour passer à une classe d'arase supérieure : - soit un traitement à la chaux, - soit mettre en œuvre une couche de forme en matériau granulaire en intercalant un géotextile anti contaminant



B2

Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

-la classe de plate-forme visée : **PF2*** (rappel de la plage : $50\text{MPa} \leq \text{EV2} < 80\text{MPa}$)

-Si la classe d'arase correspond à AR0 ou AR1 on vise à long terme la classe de plate-forme immédiatement supérieure, c'est-à-dire la **PF2***.

ARASE DE TERRASSEMENT		PLATE-FORME VISEE	
Classe d'arase ARj	Portance du sol Ps en MPa	Classe de la plate-forme Pfi	Module EV2 en MPa
AR0	Ps < 20	PF ₁₊	$30 \leq \text{EV2} < 50$
		PF _{2*}	$50 \leq \text{EV2} < 80$
AR1	$20 \leq \text{Ps} < 50$	PF _{2*}	$50 \leq \text{EV2} < 80$
AR2	$50 \leq \text{Ps} < 120$	PF ₂₊	$80 \leq \text{EV2} < 120$
AR3	$120 \leq \text{Ps} < 200$	PF ₃	$120 \leq \text{EV2} < 200$

Rappel: Classes de plate-forme et les valeurs de leurs portance

Classe de plate-forme PFI	Portance de la PFI module EV2
PF_1^+	$30 \text{ MPa} \leq EV2 < 50 \text{ MPa}$
PF_2^*	$50 \text{ MPa} \leq EV2 < 80 \text{ MPa}$
PF_2^+	$80 \text{ MPa} \leq EV2 < 120 \text{ MPa}$
PF_3	$120 \text{ MPa} \leq EV2 < 200 \text{ MPa}$

Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

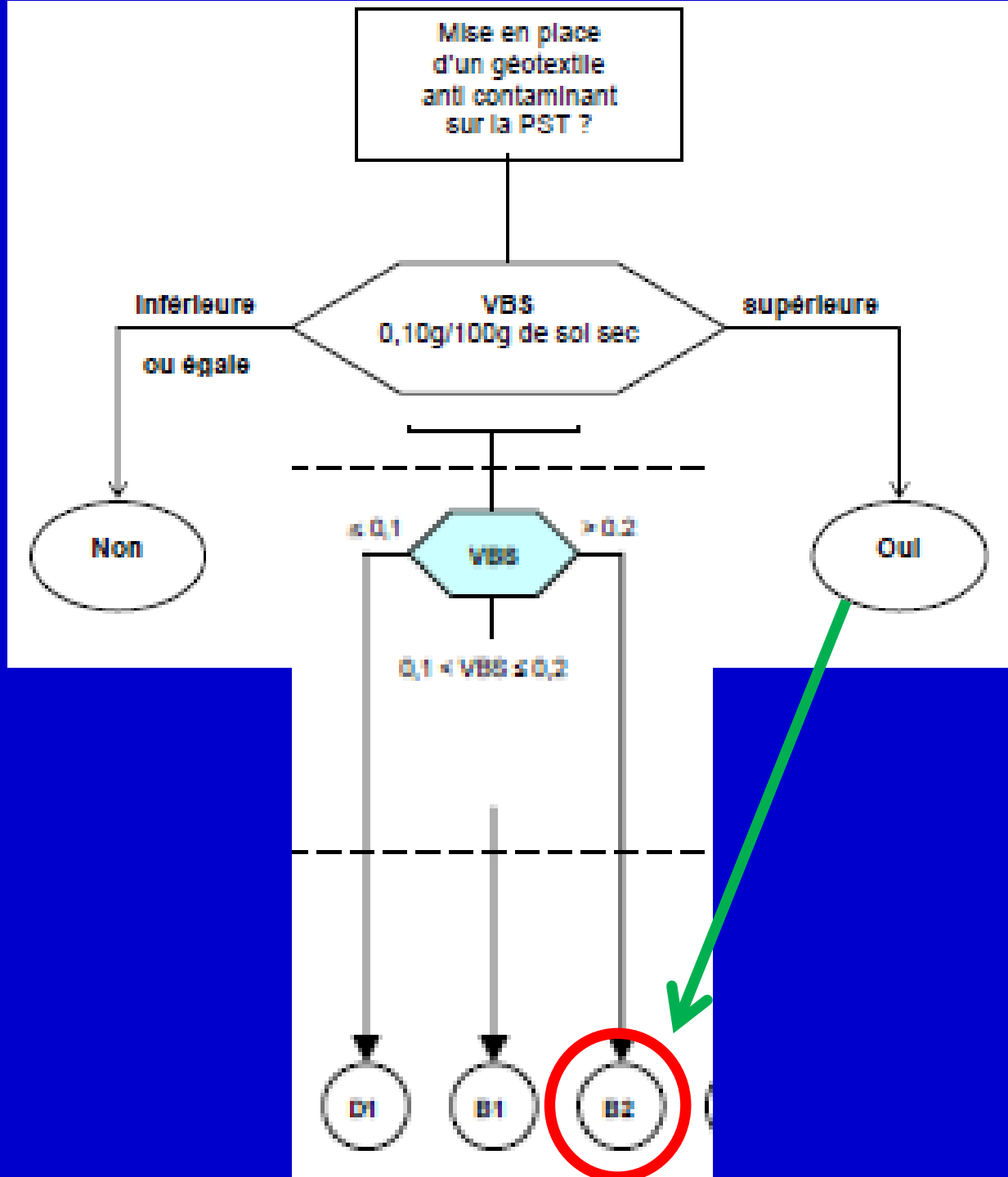
Etape n° 2 :

- la classe géotechnique du matériau constituant la future couche de forme est **D31**.
- La couche de forme de 70cm d'épaisseur pourra ici ramenée à 50cm par la mise en place d'un géotextile au regard de la classe géotechnique du sol naturel : **B2 (B2 : éléments fins: risque de contamination)**

**TABLEAU 1 : QUELLE PLATE-FORME... AVEC QUELLE EPAISSEUR DE LA COUCHE DE FORME
CONSTITUEE EN GRAVE NATURELLE (GN) :**

Graves alluvionnaires propres GN (D21 et D31 après calibrage)

ARASE DE TERRASSEMENT	PLATE-FORME SUPPORT DES TERRASSEMENTS		CLASSE DE PLATE-FORME VISEE			
			PF1 +	PF2*	PF2 +	PF3
AR1 20 à 50 MPa	PST n° 1	Matériaux sensibles - Mauvaise portance à court et à long terme	40cm ou géotextile + 25cm	70cm ou géotextile + 50cm	90cm ou géotextile + 70cm	
	PST n° 2	Matériaux sensibles - Bonne portance à court terme et mauvaise portance à long terme	30cm ou géotextile + 20cm	50cm ou géotextile + 40cm	60cm ou géotextile + 50cm	80cm ou géotextile + 65cm
	PST n° 3	Matériaux sensibles - Bonne portance à court terme. Portance à long terme hypothéquée par une sensibilité aux venues d'eaux pluviales	20cm	30cm ou géotextile + 20cm	50cm ou géotextile + 40cm	80cm ou géotextile + 65cm
				Couche de fin réglage	30cm	50cm



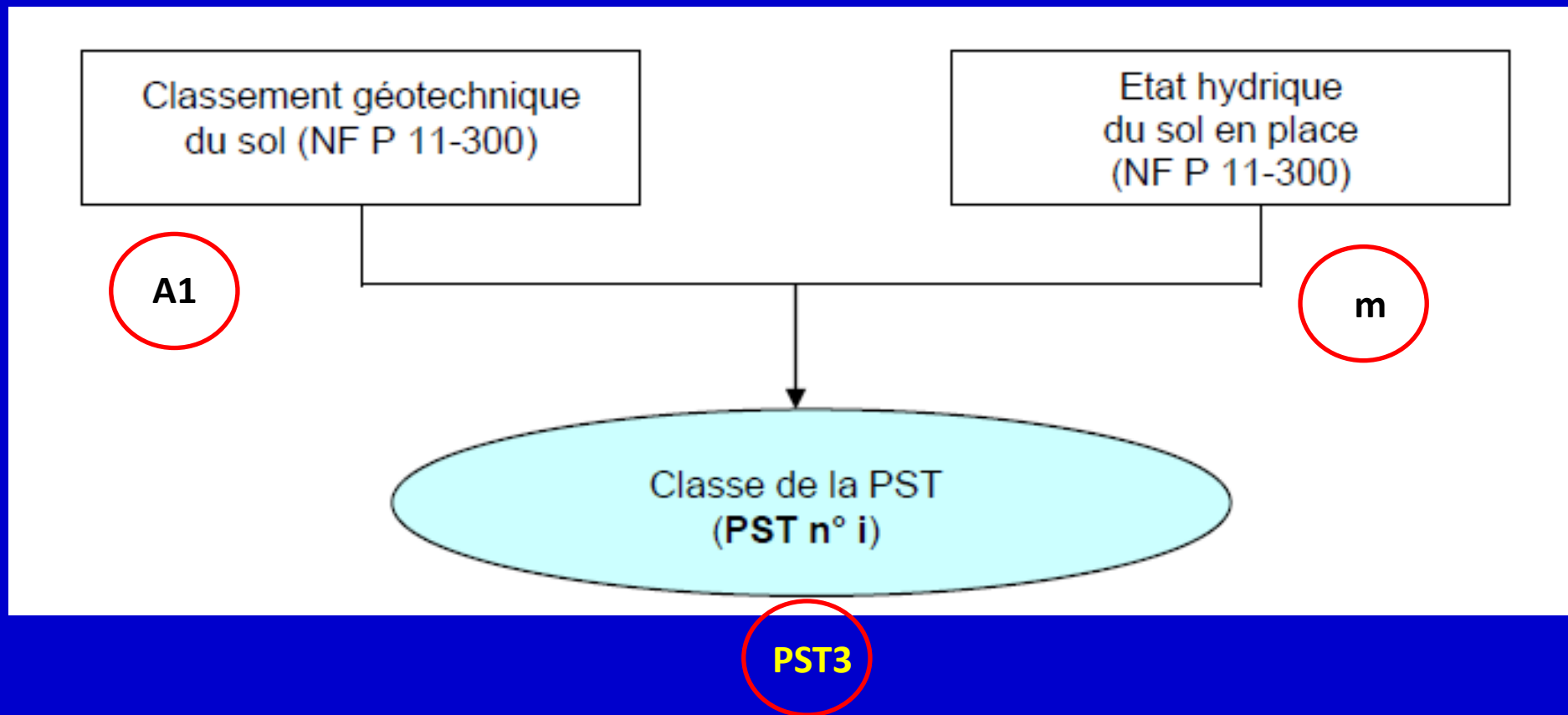
Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

Cas n° 2 : la couche de forme est réalisée avec d'autres matériaux (exemple : matériau rocheux de classe géotechnique R61)

Etape n° 1 : Rapport du laboratoire

Après l'analyse géotechnique, le laboratoire trouve les valeurs suivantes :

- la classe géotechnique du sol naturel constituant la partie supérieure des terrassements est **A1** et l'état hydrique est **(m)**,



Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

Cas n° 2 : la couche de forme est réalisée avec d'autres matériaux (exemple : matériau rocheux de classe géotechnique R61)

Etape n° 1 : Rapport du laboratoire

-les essais à la plaque effectués sur l'arase de terrassement donnent comme module $EV2 = 90 \text{ MPa}$, ce qui correspond dans ce cas à une classe d'arase **AR2** ($50 \leq Ps \leq 120$).

SOLS NATURELS SUPPORTS				État hydriques du sol	PST n° i	Classe d'ARase AR j	Portance du sol Ps exprimée en MPa	Commentaire
Sols fins	Sols sableux et graveleux avec fines	Sols comportant des fines et des gros éléments	Sols insensibles à l'eau					
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1	/	th	PST n° 0	AR 0	Ps < 20	Mise en œuvre d'une opération de purge / substitution et/ou de drainage, pour opérer un reclassement de l'arase en AR1
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1 ; C2	/	h	PST n° 1	AR 1	20 ≤ Ps < 50	Deux démarches possibles pour passer à une classe d'arase supérieure : - soit un traitement à la chaux, - soit mettre en œuvre une couche de forme en matériau granulaire en intercalant un géotextile anti contaminant
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1 ; C2	/	m	PST n° 2	AR 1	20 ≤ Ps < 50	Réalisation d'un rabattement de nappe à une profondeur suffisante si possible, on est alors ramené au cas de la PST n° 3 - la couche de forme est indispensable
A1 ; A2 A3 ; A4	B2 ; B4 ; B5 ; B6	C1 ; C2	/	m	PST n° 3	AR 2	50 ≤ Ps < 120	- Pas de mesure de drainage, - La couche de forme est indispensable Classement en AR2 si on effectue des dispositions de drainage pour l'évacuation des eaux à la base de la chaussée afin d'éviter leur infiltration

A1

Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

Cas n° 2 : la couche de forme est réalisée avec d'autres matériaux (exemple : matériau rocheux de classe géotechnique R61)

Etape n° 1 : Rapport du laboratoire

- On a vu que pour les classes d'arase : AR2, AR3 et AR4, on visera la classe de plate-forme égale ou immédiatement supérieure
- la classe de la plate-forme visée : **PF₃** (rappel de la plage $120\text{MPa} \leq \text{EV2} < 200\text{MPa}$)

ARASE DE TERRASSEMENT		PLATE-FORME VISEE	
Classe d'arase AR _j	Portance du sol P _s en MPa	Classe de la plate-forme PF _i	Module EV2 en MPa
AR0	P _s < 20	PF ₁₊	30 ≤ EV2 < 50
		PF ₂ *	50 ≤ EV2 < 80
AR1	20 ≤ P _s < 50	PF ₂ *	50 ≤ EV2 < 80
AR2	50 ≤ P _s < 120	PF ₂₊	80 ≤ EV2 < 120
AR3	120 ≤ P _s < 200	PF ₃	120 ≤ EV2 < 200

Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

Cas n° 2 : la couche de forme est réalisée avec d'autres matériaux (exemple : matériau rocheux de classe géotechnique R61)

Etape n° 2 :

- Pour une PST n° 3 et AR1, on préconise une couche de forme en matériau rocheux (granit) de classe géotechnique R61, de 80 cm d'épaisseur sans géotextile anti-contaminant.

- Cette épaisseur pourra ici être ramenée à 65cm par la mise en place d'un géotextile anti-contaminant, car le sol fin in situ est limoneux (rappel : A1 m)

Exemples de détermination de l'épaisseur de la couche de forme

TABLEAU 3 : QUELLE PLATE-FORME... AVEC QUELLE EPAISSEUR DE LA COUCHE DE FORME CONSTITUEE DE DIVERS MATERIAUX NATURELS ? Classe de plate-forme visée : **PF3**

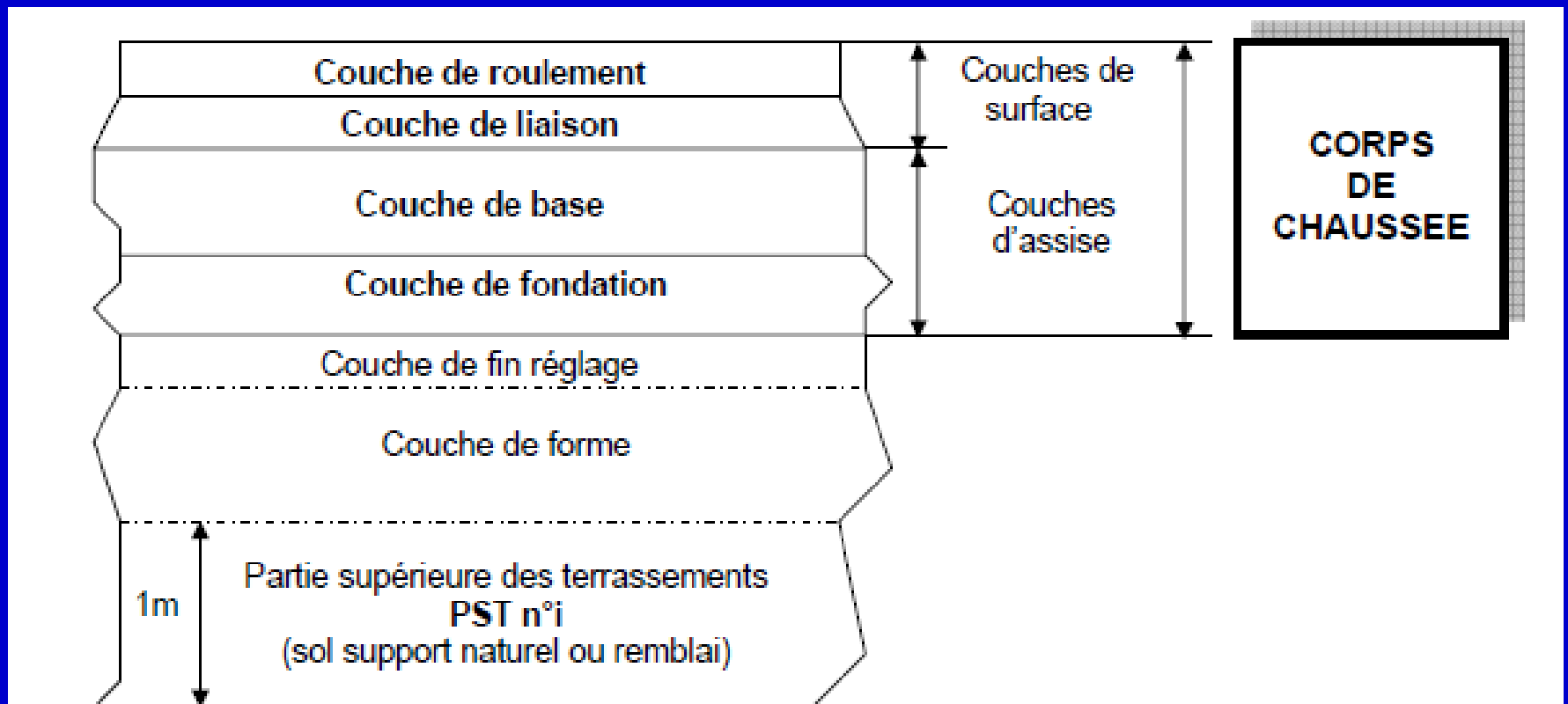
ARASE DE TERRASSEMENT		PLATE-FORME SUPPORT DES TERRASSEMENTS		CLASSE GEOTECHNIQUE DES MATERIAUX CONSTITUANT LA COUCHE DE FORME			
				Ai	Bi	Cj / Bi	Ri
RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES	AR1	PST n°1	Matériaux sensibles Mauvaise portance à court et à long terme		B31 : 80cm ou géotextile : +65cm	(C1, C2) / (B11, B31) : 80cm ou géotextile : + 65cm	R4, R6 : 80cm ou géotextile : + 65cm
		PST n°2	Matériaux sensibles Bonne portance à court terme et mauvaise portance à long terme	<u>35cm aux liants hydrauliques (1) (2)</u> ou pour A3 : <u>70cm à la chaux (2)</u>			
		PST n°3	Matériaux sensibles Bonne portance à court terme. Portance à long terme hypothéquée par une sensibilité aux venues d'eaux pluviales	<u>35cm aux liants hydrauliques (1)</u> ou pour A3 : <u>50cm à la chaux (2)</u>			
	AR2	PST n°4	Matériaux traités à la chaux ou aux liants hydrauliques (1)	<u>35cm aux liants hydrauliques (1)</u> ou pour A3 : <u>50cm à la chaux (2)</u>	B31 : 50cm ou <u>35cm aux liants hydrauliques (1)</u>	(C1, C2) / (B11, B31) : 50cm ou <u>35cm aux liants hydrauliques (1)</u>	R4, R6 : 50cm ou <u>35cm aux liants hydrauliques (1)</u>
		PST n°5	Plate-forme de bonne portance posant des problèmes de traficabilité				
		AR3	PSR n°6	Plate-forme de bonne portance posant des problèmes de traficabilité et/ou de réglage			



La conception du corps de chaussée

Le dimensionnement du corps de chaussée comprend deux grandes phases :

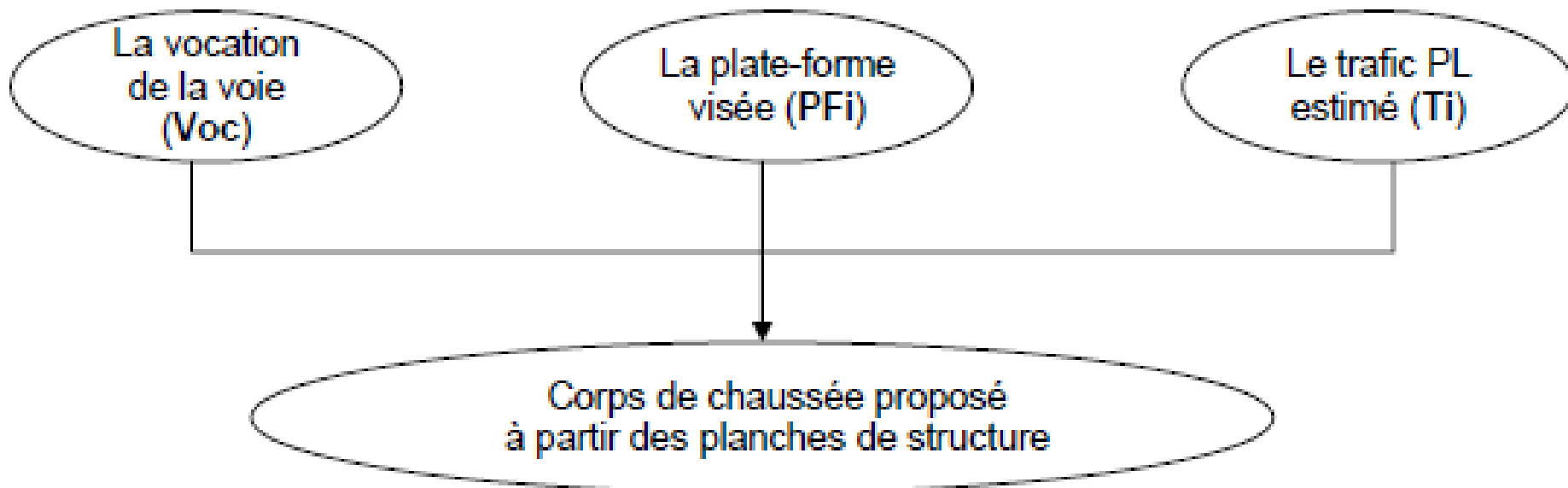
- la phase n°3 : le dimensionnement des couches d'assise
- la phase n°4 : le type de revêtement pour la couche de roulement et son dimensionnement.



La conception du corps de chaussée

Pour dimensionner le corps de chaussée on tiendra compte de trois paramètres :

- la vocation de la voie (**Voc**),
- la classe de plate-forme visée à long terme (**PFi**),
- la classe de trafic poids lourds (PL) estimé (**Ti**),



Les matériaux utilisés dans l'assise du corps de chaussée

On utilise des matériaux tels que:

GB: Grave Bitume

GNT: Graves non traitées

EME : L'enrobé à module élevé

Les matériaux utilisés dans l'assise du corps de chaussée

GB: (Grave Bitume): Enrobé à plus faible teneur en liant (bitume) destiné aux couches de fondation ou de base 8<e<14cm(couches d'assise).

(Les graves sont des granulats dont la granulométrie est de type d/D.(d étant le diamètre du plus petit grain et D du plus gros)

- Les granulométries typiques des graves sont : 0/14 mm, 0/20 mm, 0/31.5 mm et 0/63 mm, voire 0/80 et 0/150 mm.)



Couche de fondation d'une route en enrobé de type *grave bitume*

Les matériaux utilisés dans l'assise du corps de chaussée

GNT: Graves non traitées

Les graves non traitées (GNT) existent en deux types, selon la façon dont elles sont produites :

GNT obtenus en une seule fraction, sans mélange, sans ajout d'eau, tels que sortis du crible de la carrière.

GNT obtenus en au moins 2 fractions granulaires distinctes (par exemple un sable 0/4, avec un gravillon 4/10, et un autre 10/20, pour former une grave 0/20), et, au besoin, un ajout d'eau. La recombinaison et le malaxage se font dans une centrale spéciale nommée « centrale de graves »,



Les matériaux utilisés dans l'assise du corps de chaussée

EME (L'enrobé à module élevé):

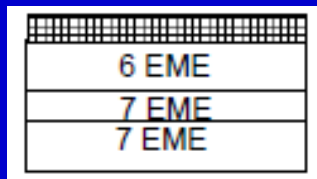
- Il a une granulométrie dense et continue.
- Il est composé à partir d'un bitume modifié lui permettant de résister aux sollicitations très élevées engendrées par les déformations suite aux passages des poids lourds.
- Dans une structure de chaussée, l'EME dispose d'un grand pouvoir structurant.



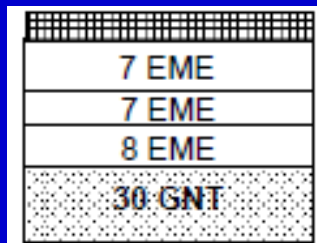
Composition de la structure de l'assise du corps de chaussée

A partir de s trois types de matériaux GB, GNT et EME, 5 types d'associations de ces matériaux sont proposées (exemples):

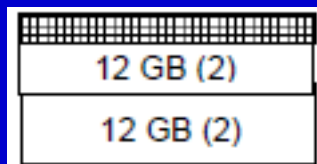
Tout EME



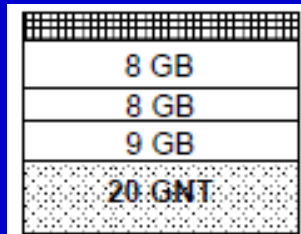
EME sur GNT



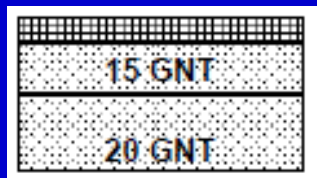
Tout GB

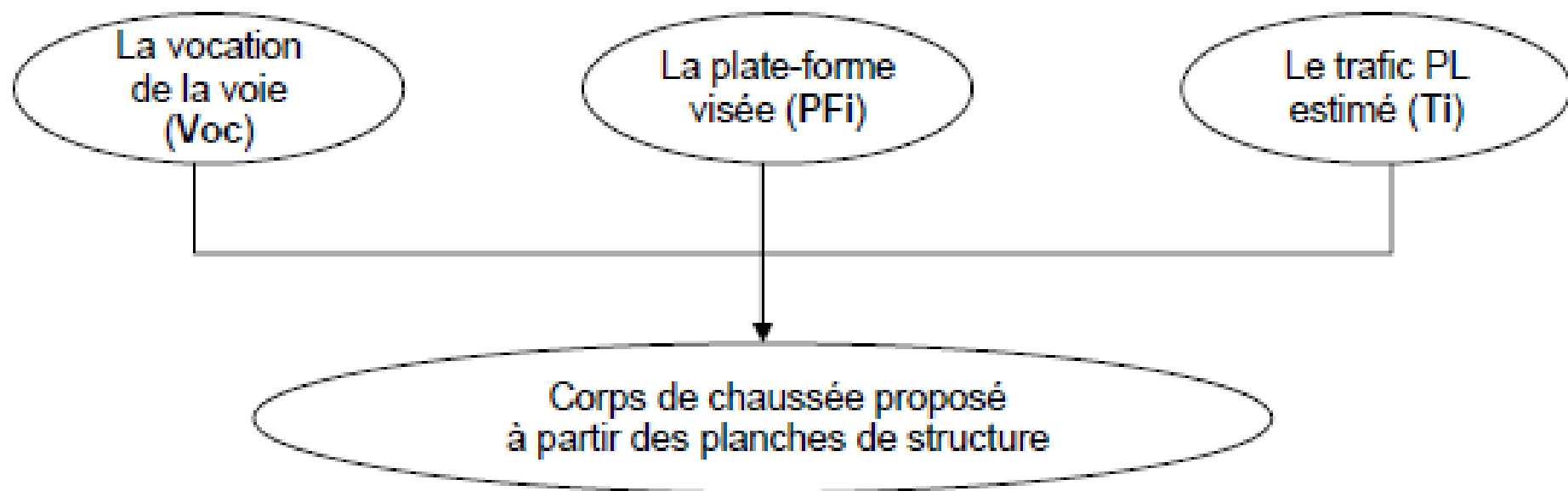


GB sur GNT



Tout GNT





Pour chaque type de voie et de plate forme visée, des fiches pour le choix de la structure de l'assise du corps de chaussé, en fonction du Trafic et du type d'association de matériaux (Tout EME; EME sur GNT; Tout GB; GB sur GNT; Tout GNT) sont fournies.

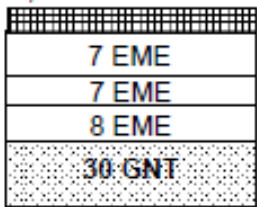
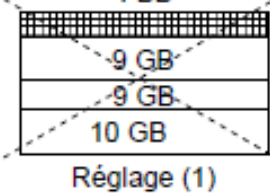
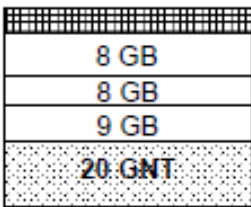
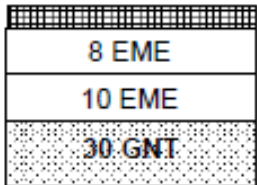
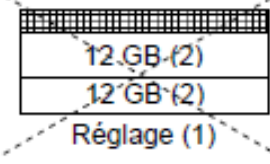
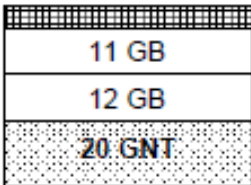
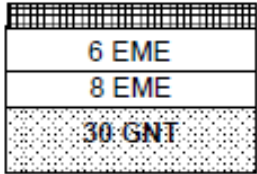
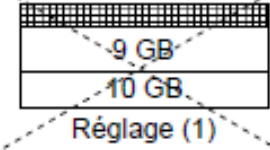
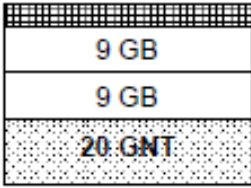
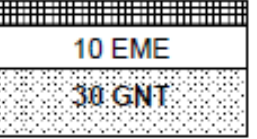
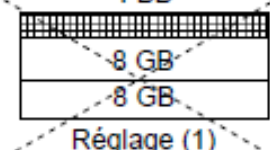
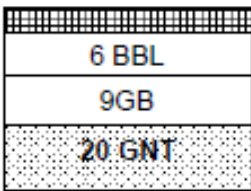
-Il y'a au total 20 fiches

VOIES DE TRANSIT / INTERURBAINES / PERIURBAINES & Z.I.

PF1⁺

30 MPa ≤ EV2 < 50 MPa

La construction sur plate-forme de portance EV2 < 50 MPa n'est pas recommandée

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB sur GNT	Tout GNT
T0 > 750 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM / 4 BBDr 	 4 BB  	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T1 300 à 750 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM / 4 BBDr 	 4 BB  	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM / 4 BBDr 	 4 BB  	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 ≤ 150 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM / 4 BBDr 	 4 BB  	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE

VOIES DE TRANSIT / INTERURBAINES / PERIURBAINES











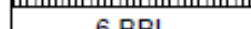

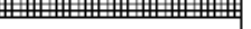
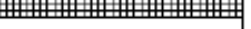
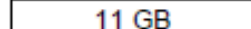
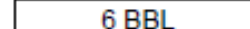
PF2* 50 MPa ≤ EV2 < 80 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB sur GNT	Tout GNT
T0 > 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr 20 GNT	4 BB Réglage (1)	4 BB 20 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T1 300 à 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr 20 GNT	4 BB Réglage (1)	4 BB 20 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr 20 GNT	4 BB Réglage (1)	4 BB 20 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 ≤ 150 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr 20 GNT	4 BB Réglage (1)	4 BB 20 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE

VOIES DE TRANSIT / INTERURBAINES / PERIURBAINES

PF2⁺

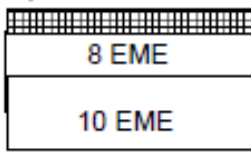
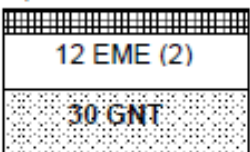
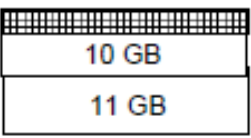
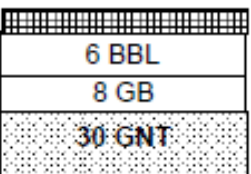
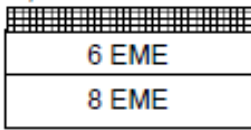
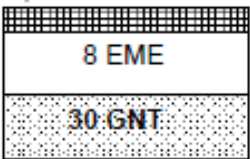
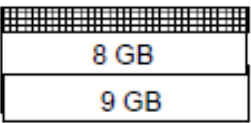
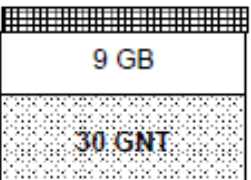
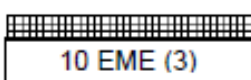
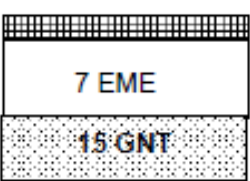

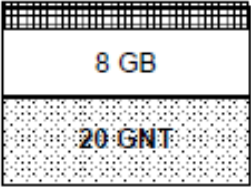
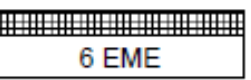
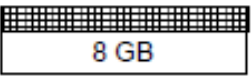
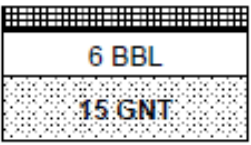
80 MPa ≤ EV2 < 120 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB ou BBL sur GNT	Tout GNT
T0 > 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr  6 EME 7 EME 7 EME Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr  9 EME 9 EME 15 GNT	4 BB  12 GB (2) 12 GB (2) Réglage (1)	4 BB  9 GB 9 GB 30 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T1 300 à 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr  8 EME 8 EME Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr  6 EME 9 EME 15 GNT	4 BB  10 GB 10 GB Réglage (1)	4 BB  6 BBL 8 GB 30 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr  12 EME (3) Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr  9 EME 20 GNT	4 BB  6 BBL 9 GB Réglage (1)	4 BB  9 GB 30 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 ≤ 150 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr  8 EME Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr  6 EME 15 GNT	4 BB  11 GB Réglage (1)	4 BB  6 BBL 25 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE

VOIES DE TRANSIT / INTERURBAINES / PERIURBAINES

PF3

120 MPa \leq EV2 < 200 MPa

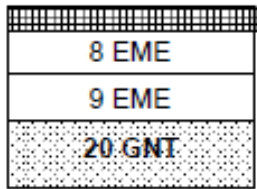
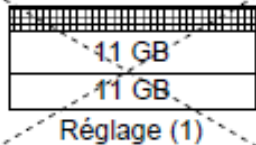
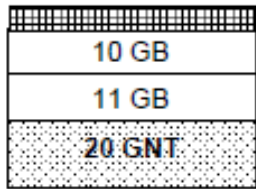
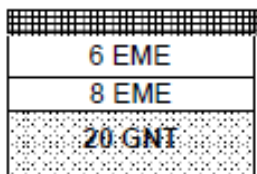
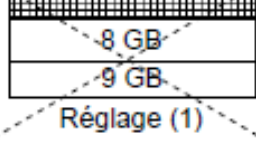
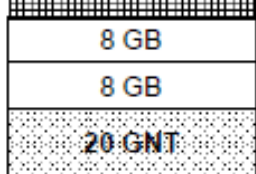
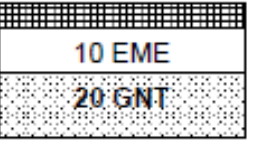
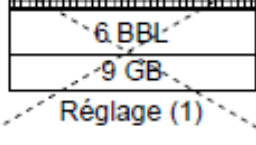
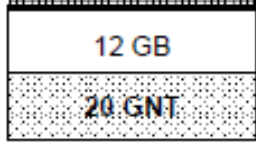
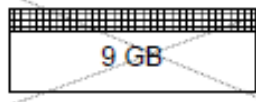
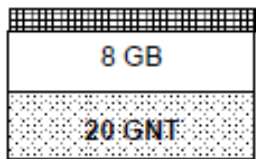
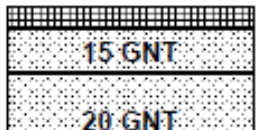
ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB ou BBL sur GNT	Tout GNT
T0 > 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr  Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr  30 GNT	4 BB  Réglage (1)	4 BB  30 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T1 300 à 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr  Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr  30 GNT	4 BB  Réglage (1)	4 BB  30 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr  Réglage (1)	2,5 BBTM / 4 BBDr  15 GNT	4 BB  Réglage (1)	4 BB  20 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 \leq 150 PL/J/Sens	2,5 BBTM / 4 BBDr  Réglage (1)		4 BB  Réglage (1)	4 BB  15 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE

VOIES DE LIAISON / STRUCTURANTES

PF1⁺

30 MPa ≤ EV2 < 50 MPa

La construction sur plate-forme de portance EV2 < 50 MPa n'est recommandée

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB sur GNT	Tout GNT
T1 300 à 750 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM 	4 BB 11 GB 11 GB Réglage (1) 	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM 	4 BB 8 GB 9 GB Réglage (1) 	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 50 à 150 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM 	4 BB 6 BBL 9 GB Réglage (1) 	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T4 ≤ 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  Réglage (1)	4 BB 	4 à 5 BBCS 

VOIES DE LIAISON / STRUCTURANTES

PF2*

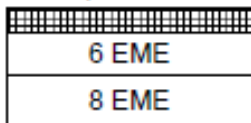
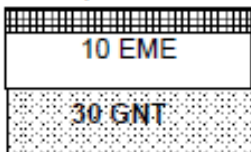
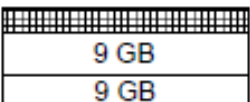
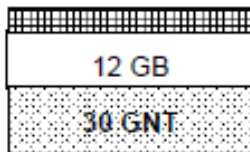
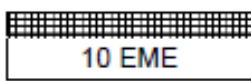
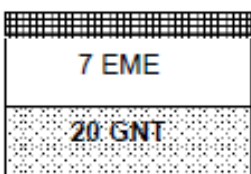
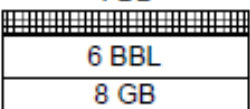
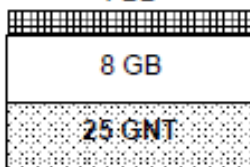
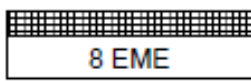
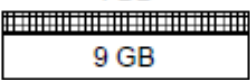
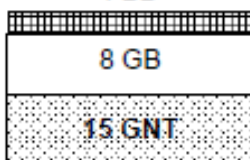


50 MPa ≤ EV2 < 80 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB et/ou BBL	GB sur GNT	Tout GNT
T1 300 à 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM Réglage (1)	2,5 BBTM Réglage (1)	4 BB Réglage (1)	4 BB Réglage (1)	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	2,5 BBTM Réglage (1)	2,5 BBTM Réglage (1)	4 BB Réglage (1)	4 BB Réglage (1)	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 50 à 150 PL/J/Sens	2,5 BBTM Réglage (1)	2,5 BBTM Réglage (1)	4 BB Réglage (1)	4 BB Réglage (1)	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T4 ≤ 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTEE	STRUCTURE NON ADAPTEE	4 BB Réglage (1)	4 à 5 BBBS Réglage (1)	4 à 5 BBBS Réglage (1)

VOIES DE LIAISON / STRUCTURANTES

PF2⁺

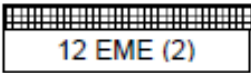
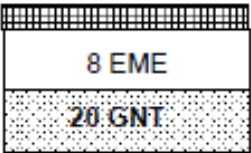
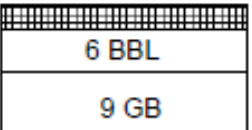
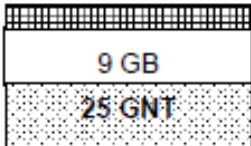
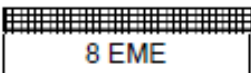
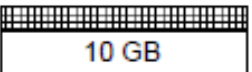
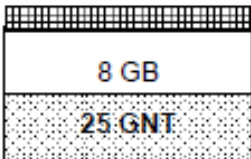


80 MPa ≤ EV2 < 120 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB et/ou BBL	GB sur GNT	Tout GNT
T1 300 à 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM  6 EME 8 EME Réglage (1)	2,5 BBTM  10 EME 30 GNT	4 BB  9 GB 9 GB Réglage (1)	4 BB  12 GB 30 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	2,5 BBTM  10 EME Réglage (1)	2,5 BBTM  7 EME 20 GNT	4 BB  6 BBL 8 GB Réglage (1)	4 BB  8 GB 25 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 50 à 150 PL/J/Sens	2,5 BBTM  8 EME Réglage (1)		4 BB  9 GB Réglage (1)	4 BB  8 GB 15 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T4 ≤ 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  6 BBL Réglage (1)	4 à 5 BBS  15 GNT	

VOIES DE LIAISON / STRUCTURANTES

PF3

120 MPa ≤ EV2 < 200 MPa

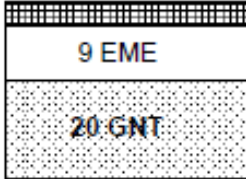
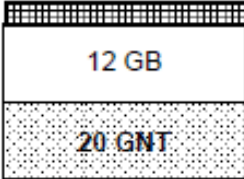
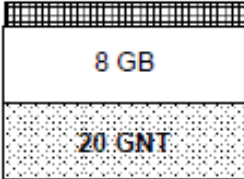
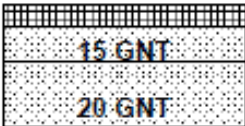
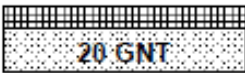
ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB et/ou BBL	GB sur GNT	Tout GNT
T1 300 à 750 PL/J/Sens	2,5 BBTM  12 EME (2) Réglage (1)	2,5 BBTM  8 EME 20 GNT	4 BB  6 BBL 9 GB Réglage (1)	4 BB  9 GB 25 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	2,5 BBTM  8 EME Réglage (1)	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  10 GB Réglage (1)	4 BB  8 GB 25 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 50 à 150 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  6 BBL Réglage (1)		STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T4 ≤ 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	Envisager structure ci-dessus ou structure souple		4 à 5 BBBS  Réglage (1)

VOIES DE DISTRIBUTION

PF1⁺

30 MPa ≤ EV2 < 50 MPa

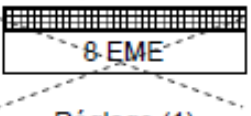
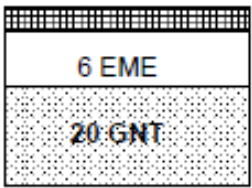
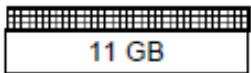
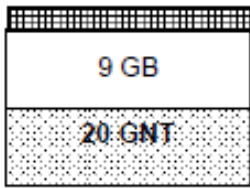
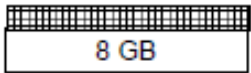
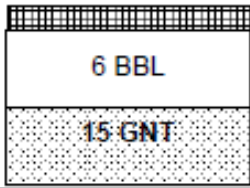
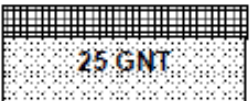
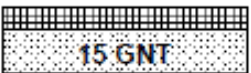
La construction sur plate-forme de portance EV2 < 50 MPa n'est pas recommandée

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB et/ou BBL	GB sur GNT	Tout GNT
T3 50 à 150 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM  9 EME 20 GNT	4 BB 6 BBL 8 GB Réglage (1)	4 BB  12 GB 20 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB 9 GB Réglage (1)	4 BB  8 GB 20 GNT	4 à 5 BBBS  15 GNT 20 GNT
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBBS  20 GNT

VOIES DE DISTRIBUTION

PF2*

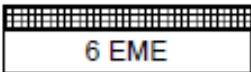
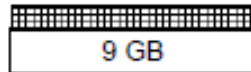
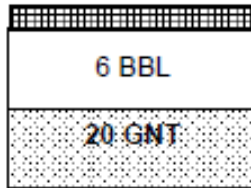
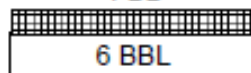
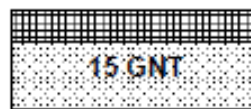
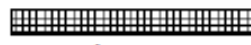
50 MPa ≤ EV2 < 80 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB ou BBL sur GNT	Tout GNT
T3 50 à 150 PL/J/Sens	2,5 BBTM  Réglage (1)	2,5 BBTM  6 EME 20 GNT	4 BB  11 GB Réglage (1)	4 BB  9 GB 20 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  8 GB Réglage (1)	4 BB  6 BBL 15 GNT	4 à 5 BBCS  25 GNT
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBCS  15 GNT

VOIES DE DISTRIBUTION

PF2⁺




80 MPa ≤ EV2 < 120 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB ou BBL	BBL sur GNT	Tout GNT
T3 50 à 150 PL/J/Sens	2,5 BBTM  6 EME Réglage (1)		4 BB  9 GB Réglage (1)	4 BB  6 BBL 20 GNT	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  6 BBL Réglage (1)		4 à 5 BBBS  15 GNT
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBBS  Réglage (1)

VOIES DE DISTRIBUTION

PF3

$120 \text{ MPa} \leq \text{EV2} < 200 \text{ MPa}$

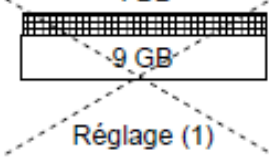
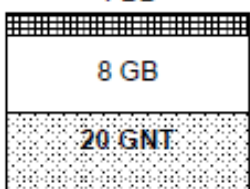
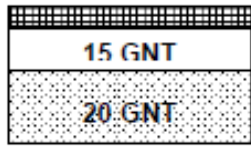

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout BBL	GB sur GNT	Tout GNT
T3 50 à 150 PL/J/Sens			4 BB  6 BBL Réglage (1)		STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	Envisager structure ci-dessus ou structure souple		4 à 5 BBBS  Réglage (1)
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBBS  Réglage (1)

VOIES DE DESSERTE

PF1⁺

30 MPa ≤ EV2 < 50 MPa

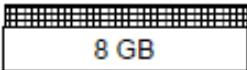
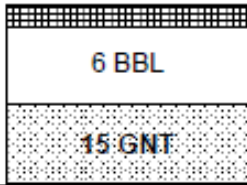


La construction sur plate-forme de portance EV2 < 50 MPa n'est pas recommandée

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB sur GNT	Tout GNT
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	<div style="text-align: center;">4 BB</div>  <div style="text-align: center;">9 GB</div> <div style="text-align: center;">Réglage (1)</div>	<div style="text-align: center;">4 BB</div>  <div style="text-align: center;">8 GB</div> <div style="text-align: center;">20 GNT</div>	<div style="text-align: center;">4 à 5 BBCS</div>  <div style="text-align: center;">15 GNT</div> <div style="text-align: center;">20 GNT</div>
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	<div style="text-align: center;">4 à 5 BBCS</div>  <div style="text-align: center;">20 GNT</div>

VOIES DE DESSERTE

PF2*

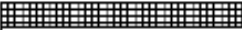


50 MPa ≤ EV2 < 80 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	BBL sur GNT	Tout GNT
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  8 GB Réglage (1)	4 BB  6 BBL 15 GNT	4 à 5 BBBS  25 GNT
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBBS  15 GNT

VOIES DE DESSERTE

PF2⁺



80 MPa ≤ EV2 < 120 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout BBL	GB sur GNT	Tout GNT
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  6 BBL Réglage (1)		4 à 5 BBCS  15 GNT
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBCS  Réglage (1)

VOIES DE DESSERTE

PF3

$120 \text{ MPa} \leq \text{EV2} < 200 \text{ MPa}$

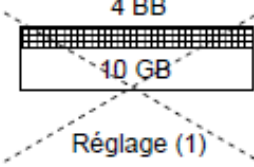
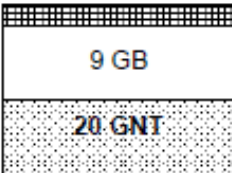
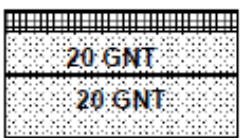
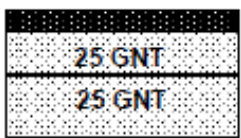
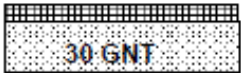
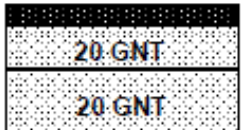
ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout BBL	GB sur GNT	Tout GNT
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	ENVISAGER STRUCTURE CORRESPONDANT À LA CLASSE DE PORTANCE PF2 ⁺ OU STRUCTURE SOUPLE		4 à 5 BBS  Réglage (1)
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBS  Réglage (1)

VOIES DE LOTISSEMENT / VOIES RURALES

PF1⁺

30 MPa ≤ EV2 < 50 MPa

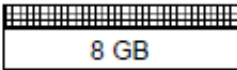
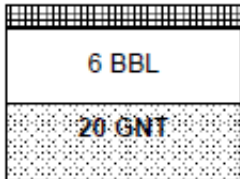
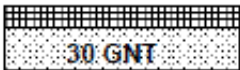
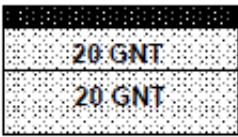


La construction sur plate-forme de portance EV2 < 50 MPa n'est pas recommandée

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB sur GNT	Tout GNT	
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE				
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE		

VOIES DE LOTISSEMENT / VOIES RURALES

PF2*






50 MPa ≤ EV2 < 80 MPa

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB sur GNT	Tout GNT	
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  8 GB Réglage (1)	4 BB  6 BBL 20 GNT	4 à 5 BBCS  30 GNT	ESU  20 GNT 20 GNT
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBCS  20 GNT	ESU  30 GNT

PF2⁺

80 MPa ≤ EV2 < 120 MPa





VOIES DE LOTISSEMENT / VOIES RURALES

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout BBL	GB sur GNT	Tout GNT	
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 BB  6 BBL Réglage (1)		4 à 5 BBCS  20 GNT	ESU  30 GNT
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBCS  Réglage (1)	ESU  15 GNT

PF3

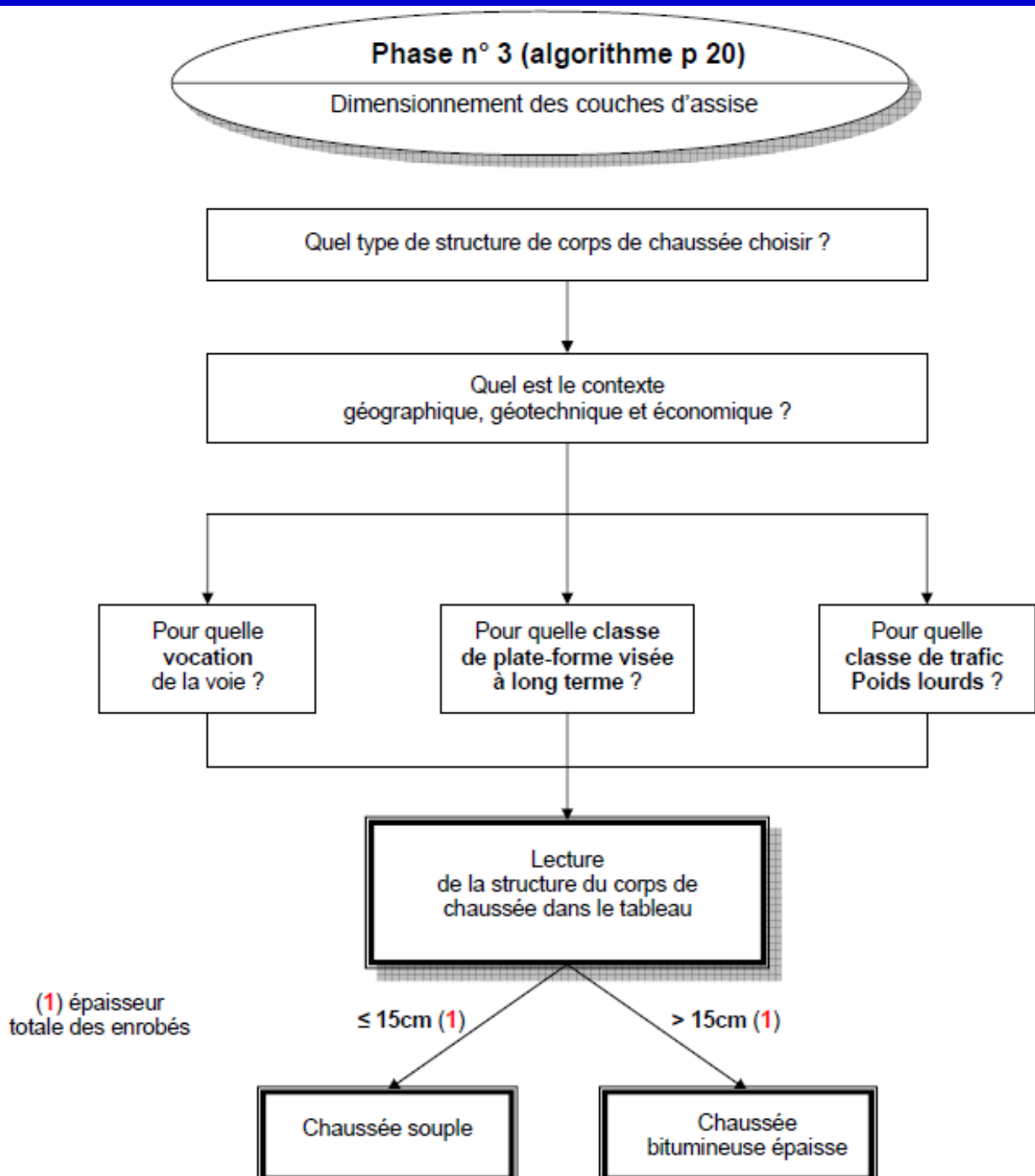
120 MPa ≤ EV2 < 200 MPa

VOIES DE LOTISSEMENT / VOIES RURALES

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout BBL	GB sur GNT	Tout GNT	
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	ENVISAGER STRUCTURE CORRESPONDANT À LA CLASSE DE PORTANCE PF2* OU STRUCTURE SOUPLE		4 à 5 BBCS  Réglage (1)	ESU  Réglage (1)
T5 ≤ 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBCS  Réglage (1)	ESU  Réglage (1)

En résumé:
Pour dimensionner les couches d'assise on doit tenir compte de trois paramètres :

- la vocation de la voie,
- la plate-forme visée,
- la classe de trafic poids lourds (PL).



La couche de roulement: Le type de revêtement pour la couche de roulement et son dimensionnement

L'usage de la chaussée et son environnement aura une incidence sur la nature et le comportement de la couche de roulement. Pour ces raisons, le choix de la couche de roulement doit tenir compte de quatre objectifs principaux :

- la sécurité et le confort des usagers,
- l'étanchéité de l'ouvrage routier,
- la réduction des bruits de roulement,
- les possibilités de réfection définitive des tranchées et de la régénération des caractéristiques de surface.

1) La sécurité et le confort des usagers

Pour améliorer la sécurité des usagers on tient compte des paramètres suivants :

- l'uni de la chaussée,
- l'adhérence,
- la drainabilité.

- L'uni est une notion servant à décrire les défauts géométriques du profil de la chaussée, susceptibles de compromettre la sécurité et le confort des usagers.

- L'adhérence des véhicules dépend de la texture de surface de la couche de roulement:

- La drainabilité pour cela, la couche de roulement doit contribuer à l'évacuation des eaux de ruissellement de par sa géométrie transversale ou par sa propriété drainante spécifique.

2) L'étanchéité

Il s'agit ici de garantir la protection de toute la structure par rapport aux infiltrations d'eaux pluviales et des sels de déverglaçage en période hivernale.

3) La réduction du bruit de contact : pneumatique-chaussée

Certains matériaux entrant dans la fabrication des couches de roulement possèdent des propriétés d'absorption acoustique.

Si l'objectif de réduction du bruit de contact pneumatique-chaussée est prépondérant, on privilégiera les couches de roulement possédant ces propriétés, pour des **vitesse de circulation supérieures à 50 km/h et pour tout véhicule.**

4) Les possibilités de régénération des caractéristiques de la couche de roulement

Le choix du type de béton bitumineux utilisé pour la couche de roulement doit répondre à des impératifs de la réfection définitive de tranchées et éventuellement de régénération du matériau bitumineux de surface.

Choix de la couche de surface et épaisseur

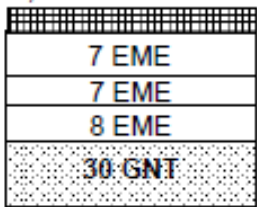
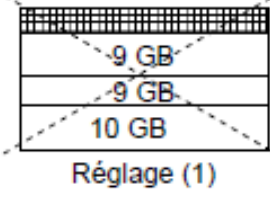
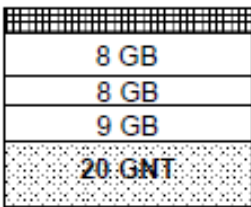
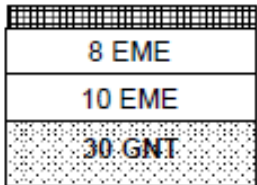
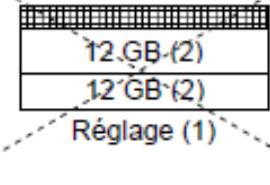
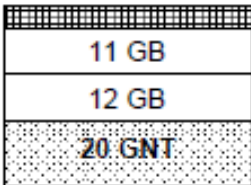
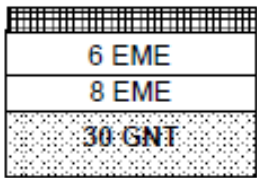
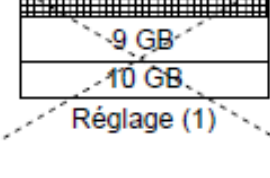
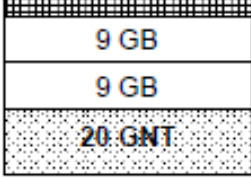
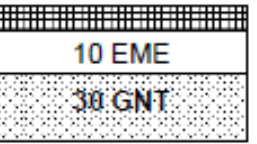
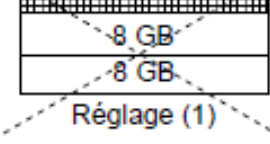
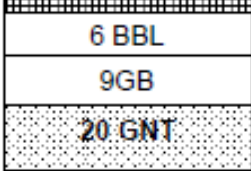
Toutes les fiches de structure, exceptées celles des chaussées béton, font apparaître une couche de surface, notée CS. Cette couche de surface comprend une couche de roulement et éventuellement une voire deux couches de liaison. Pour la plupart des fiches de structures, plusieurs combinaisons de couches de surface sont possibles.

VOIES DE TRANSIT / INTERURBAINES / PERIURBAINES & Z.I.

PF1⁺

30 MPa ≤ EV2 < 50 MPa





La construction sur plate-forme de portance EV2 < 50 MPa n'est pas recommandée

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout GB	GB sur GNT	Tout GNT
T0 > 750 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM / 4 BBDr 	 4 BB  	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T1 300 à 750 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM / 4 BBDr 	 4 BB  	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T2 150 à 300 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM / 4 BBDr 	 4 BB  	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE
T3 ≤ 150 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	2,5 BBTM / 4 BBDr 	 4 BB  	4 BB 	STRUCTURE A ASSISE SOUPLE NON ADAPTEE

PF3

120 MPa \leq EV2 < 200 MPa

VOIES DE LOTISSEMENT / VOIES RURALES

ASSISES TRAFICS PL	Tout EME	EME sur GNT	Tout BBL	GB sur GNT	Tout GNT
T4 25 à 50 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	ENVISAGER STRUCTURE CORRESPONDANT À LA CLASSE DE PORTANCE PF2* OU STRUCTURE SOUPLE		4 à 5 BBCS  Réglage (1) ESU  Réglage (1)
T5 \leq 25 PL/J/Sens	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	STRUCTURE NON ADAPTÉE	4 à 5 BBCS  Réglage (1) ESU  Réglage (1)

Les différents types de Bétons Bitumeux (BB) utilisés pour la mise en place de la couche de roulement

LES BETONS BITUMINEUX ET LEUR ABREVIATION

Enduit Superficiel d'Usure

ESU

Béton Bitumineux Semi Grenu

BBSG

Béton Bitumineux Mince

BBM

Béton Bitumineux Insonore

BBI

Béton Bitumineux à Chaussée Souple

BBCS

Béton Bitumineux à Module Élevé

BBME

Béton Bitumineux Ultra Mince

BBUM

Béton Bitumineux Très Mince

BBTM

Béton Bitumineux Drainant

BBDr

Béton Bitumineux Drainant Percolé

BBDP

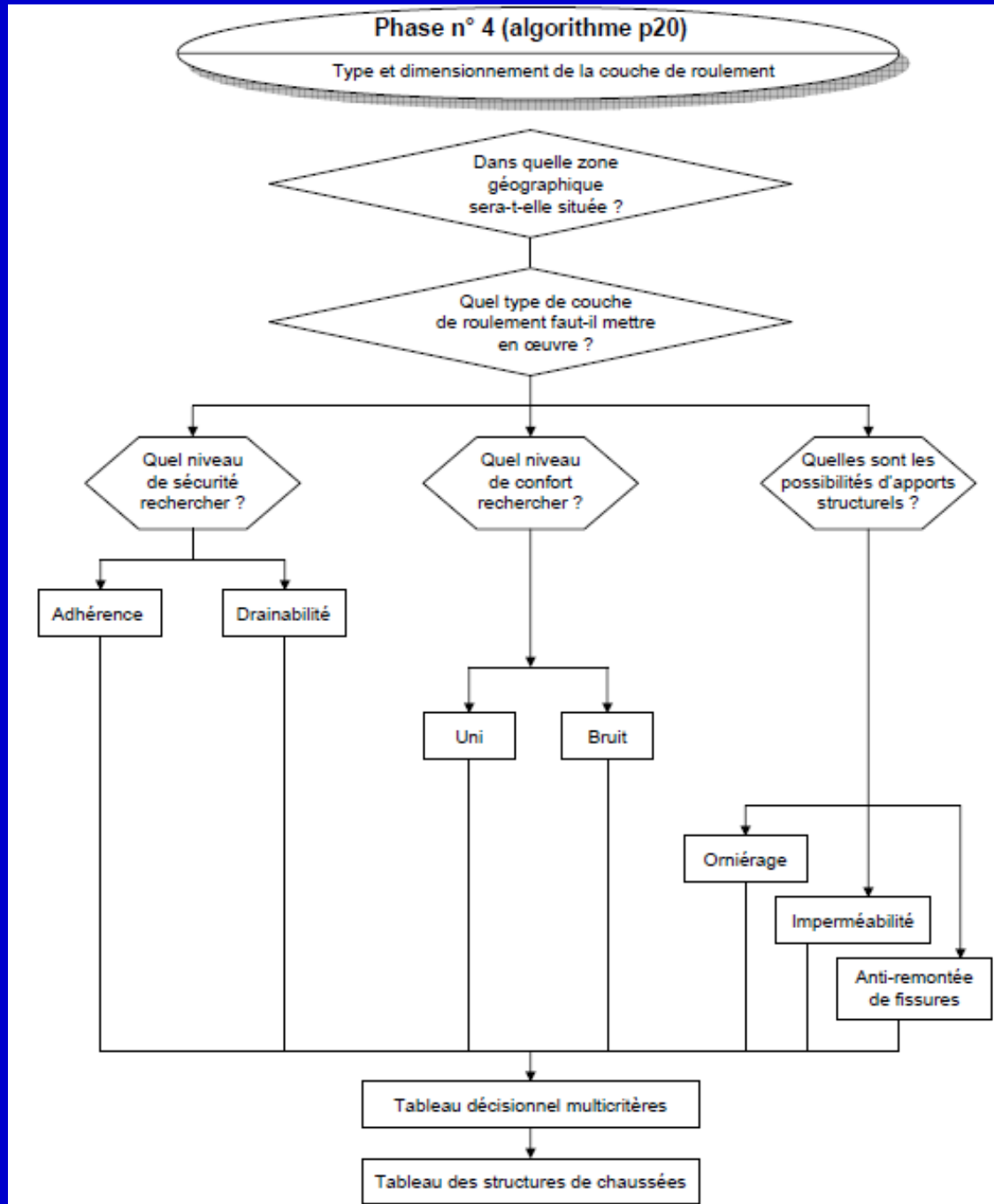
Les propriétés des bétons bitumineux

(1)	Sécurité	Confort		Les possibilités d'apport structurel		
	Adhérence	Uni	Bruit	Orniérage	Imperméabilité	Anti-remontée de fissure
ESU	Bo	Ma	Ma		Bo	Ma
BBSG	Mo	Bo	Mo	Mo	Tb	Bo
BBM	Mo	Bo	Mo	Mo	Bo	Mo
BBI	Bo	Bo	Tb	Mo	Mo	Mo
BBCS	Mo	Bo	Mo	Ma	Bo	Mo
BBME	Mo	B	Mo	Tb	Tb	Bo
BBUM	Bo	(2)	Bo	Bo	Bo	Ma
BBTM	Bo	Mo	Bo	Bo	Bo	Ma
BBDr	Bo	Bo	Tb	Tb	Ma (3)	Mo
BBDP	Mo	Bo	Ma	Tb	Mo	Mo

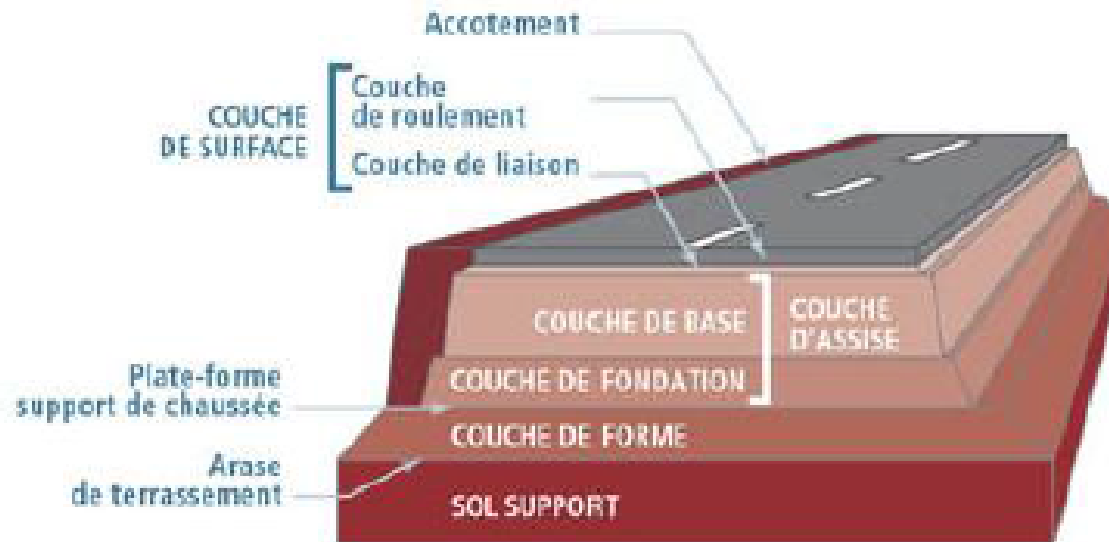
Légende :

Tb : Très bon
 Bo : Bon
 Mo : Moyen
 Ma : Mauvais

Type de couche de roulement et son dimensionnement



1°) Constitution d'une chaussée :



1.1°) La couche de forme :

Bien que ne faisant pas partie de la chaussée proprement dite, elle participe à son intégrité de part ses fonctions :

- Pendant les travaux, elle contribue au nivellement et assure le trafic d'engins et de véhicules sur le chantier.
- Elle permet d'égaliser le terrain naturel.
- Elle protège contre le gel.
- Elle est constituée de matériaux réutilisés



1.2°) Les couches d'assises :

L'assise de chaussée se décompose en deux sous-couches :

- La couche de fondation (0/31.5 ; 0/63)
- La couche de base (grave ciment ou grave bitume)

Ces couches apportent à la chaussée la résistance mécanique nécessaire pour supporter les charges induites par le trafic.



Mise en oeuvre de graves bitumes

1.3°) La couche de surface :

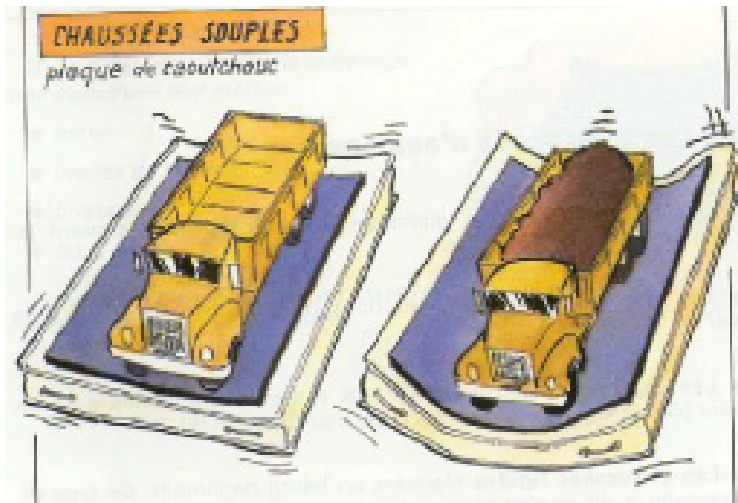
Elle a aussi une structure bicouche, avec :

- La couche de roulement, qui est la couche supérieur, sur laquelle s'appliquent directement les actions du trafic et du climat (enrobé drainant, béton bitumeux, etc.)
- La couche de liaison (émulsion)



3°) Les différentes structures de chaussées :

3.1°) Les chaussées souples :

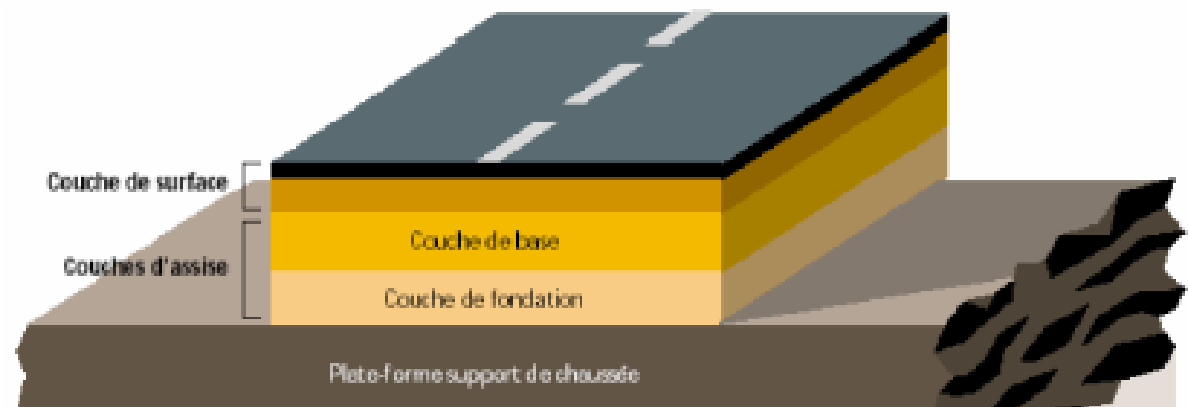


Elle admet de légères déformations (0 à 3mm) sous l'action des charges avant de reprendre leur aspect initial. C'est le comportement d'une plaque de caoutchouc sur un matelas souple.

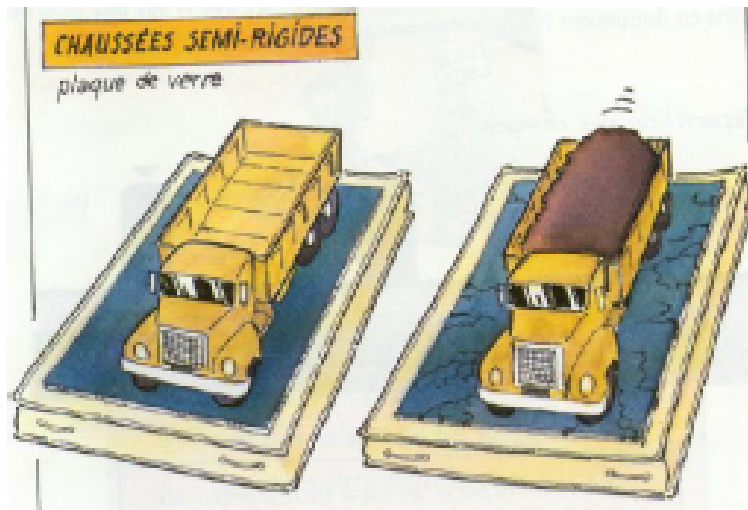
Mais si la charge est trop lourde ou trop souvent répétée, le sol va se déformer sans reprendre sa position initiale entraînant une dégradation rapide de la chaussée.

Ce type d'assise est utilisé pour des routes peu utilisées par des poids lourds.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la structure type est illustrée sur la figure ci-jointe.



3.2°) Les chaussées semi-rigides :



Au passage d'une charge lourde, elles se déforment peu (0 à 0,5 mm). Elles répartissent bien la charge sur le sol qui ainsi se déforme peu.

C'est le comportement d'une plaque de verre posée sur un matelas souple. Mais si la charge est trop lourde et si l'on n'a pas l'épaisseur suffisante la déformation devient trop grande et la plaque de verre casse.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la structure type est illustrée sur la figure ci-jointe.

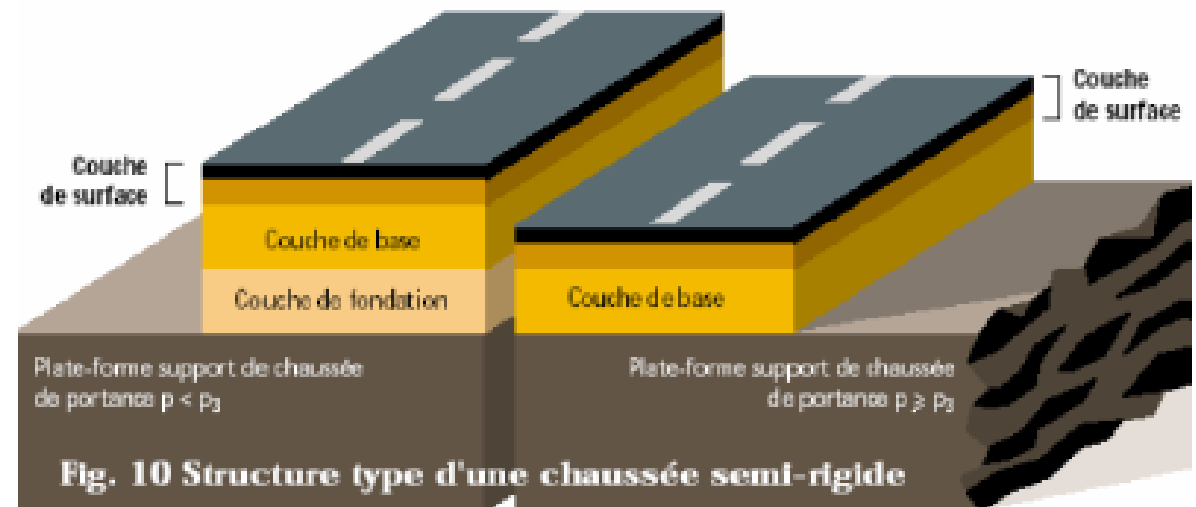
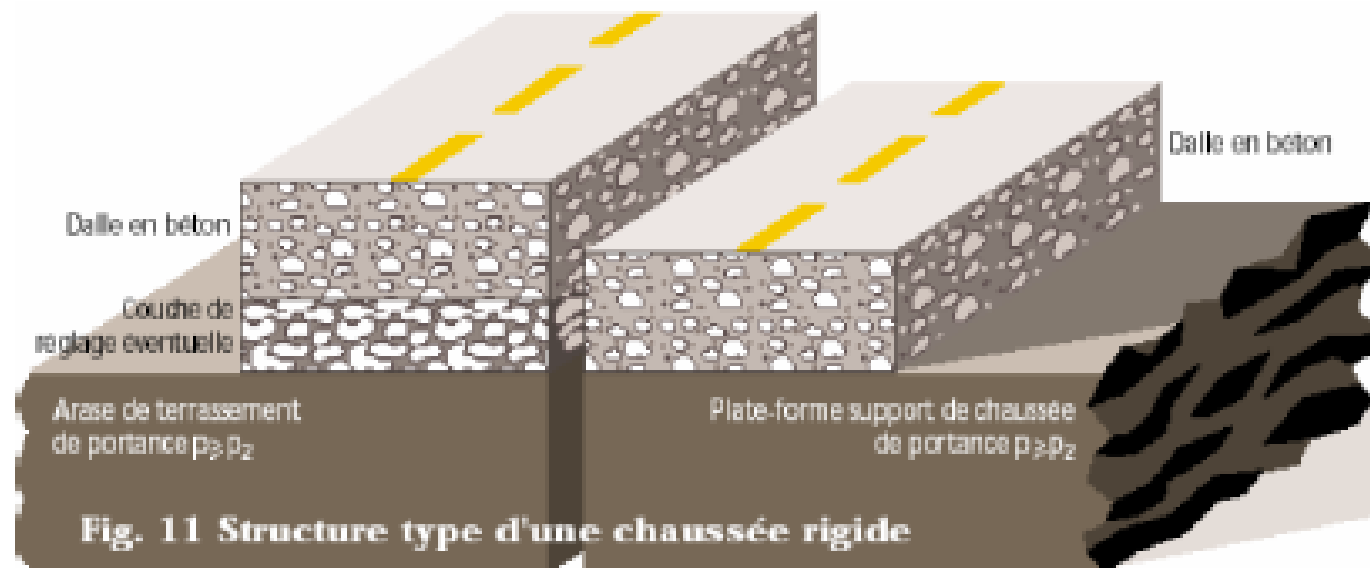


Fig. 10 Structure type d'une chaussée semi-rigide

3.3°) Les chaussées rigides :

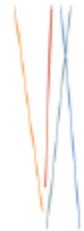


Les revêtements en béton de ciment possèdent divers avantages par rapport aux revêtements asphaltiques dont voici les principaux:

- Ils sont excellents comme antidérapants. Quand ils sont humides, l'adhérence des véhicules est moins que dans le cas des revêtements souples.
- Ils ne présentent jamais les ondulations qui se produisent fréquemment avec les revêtements à liants plastiques.
- Leur prix de revient, compte tenu de leur haute qualité, est réduit. Ils sont beaucoup plus économiques que les bétons asphaltiques.

Structures types	Nature des couches		
	Surface	Base	Fondation
Souples	Bitumineuse	Matériaux granulaires	
Bitumineuses épaisses	Matériaux bitumineux		
Semi-rigides	Bitumineuse	Matériaux traités aux liants hydrauliques (MTLH)	
Rigides	Béton de ciment (avec ou sans dispositif de liaison)		MTLH ou béton de ciment
Mixtes	Matériaux bitumineux		MTLH
Inverses	Bitumineuse	Grave non traitée (12 cm)	MTLH

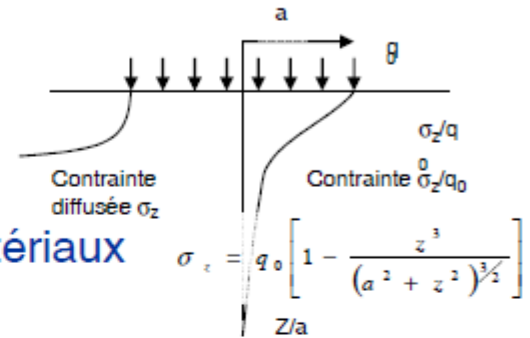




Mécanique des chaussées

➤ Modèle de Boussinescq (1885)

- Massif unique infini (modèle à 1 couche)
- Indépendant des caractéristiques des matériaux



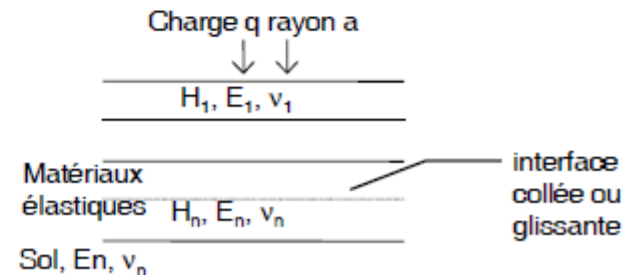
➤ Modèles de Hogg (1938) et de Westergaard (1926)

- Système à 2 couches
- Dépend des matériaux (module)

➤ Modèle de Burmister (1943)

- Multicouches
- Couches isotropes et infinies en plan

Modèles basés sur la théorie d'élasticité linéaire

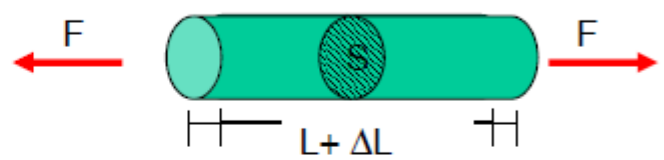




Théorie de l'élasticité linéaire

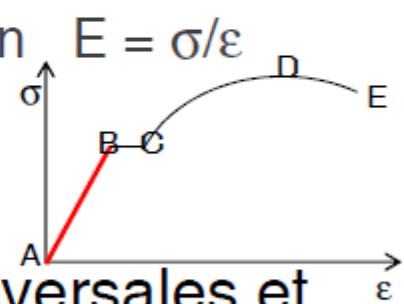
➤ Comportement mécanique

- Force F
- Contrainte $\sigma = F/S$
- Déformation $\varepsilon = \Delta L/L$



➤ Module élastique (loi de Hooke)

- Corrélation contrainte / déformation $E = \sigma/\varepsilon$
 - **AB → élasticité linéaire (réversible)**
 - BC → plasticité
 - E → contrainte à la rupture



➤ Rapport des déformations transversales et longitudinales

- Coefficient de Poisson



Quelques ordres de grandeur...

➤ Quelques valeurs de contraintes

Pour un homme:

- ☞ 80 kg
- ☞ 0.06 m² surface

→ Pression de **0.013 MPa**
(0.13 bars)

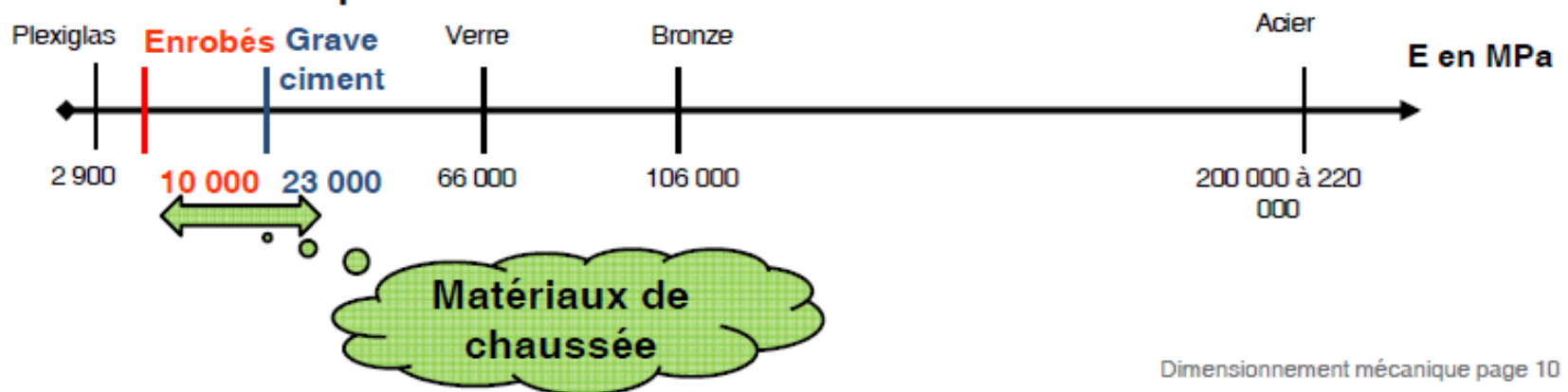


Essieu standard :

- ☞ 2,04 t par roue
- ☞ 0.05 m² surface

→ Pression de **0.6 MPa**
(6 bars)

➤ Quelques valeurs de modules



Approche mécanique

Modélisations

Structure

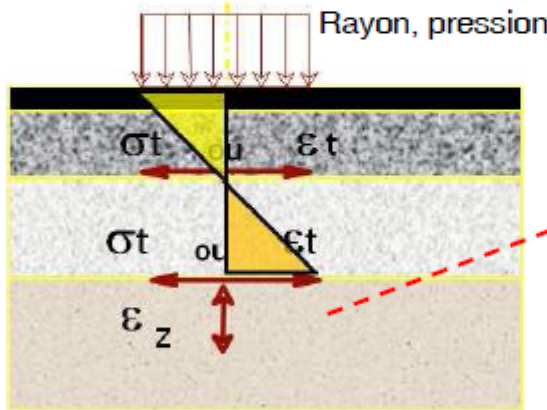
- Type de structure
- Type de matériaux

E_1, H_1, ν_1
 E_2, H_2, ν_2
 E_3, H_3, ν_3
 E_4, H_4, ν_4

Conditions aux interfaces
 (collé ou glissant)

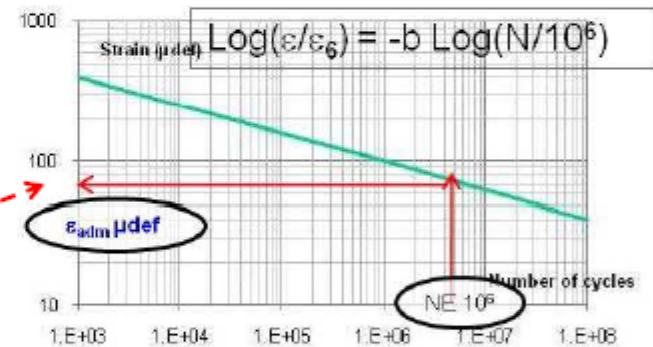
**Dimensionnement
 structurel uniquement**

Cas de charge



Matériaux

Fatigue curve



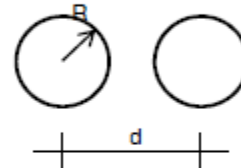
$$\epsilon_t < \epsilon_{adm}$$



Modélisation mécanique

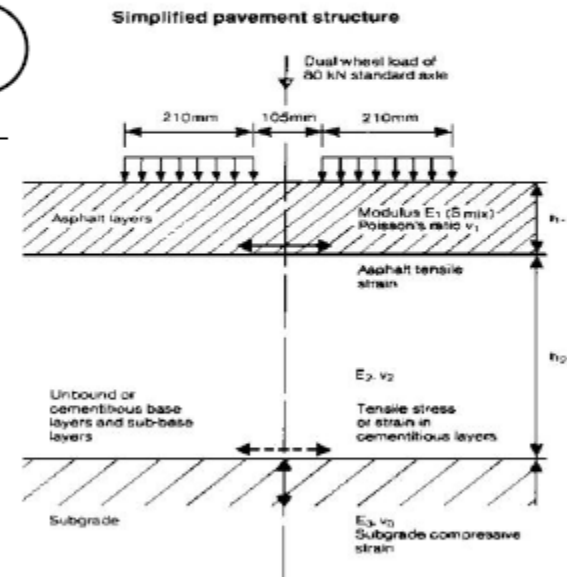
➤ Modélisation essieu

- Charge par roue
- Empreinte circulaire
- Entraxe des roues



➤ Modélisation structure

- Epaisseur des couches
- Module
- Coefficient de Poisson
- Interface collée ou glissante



Source: Shell Pavement Design Manual 1978

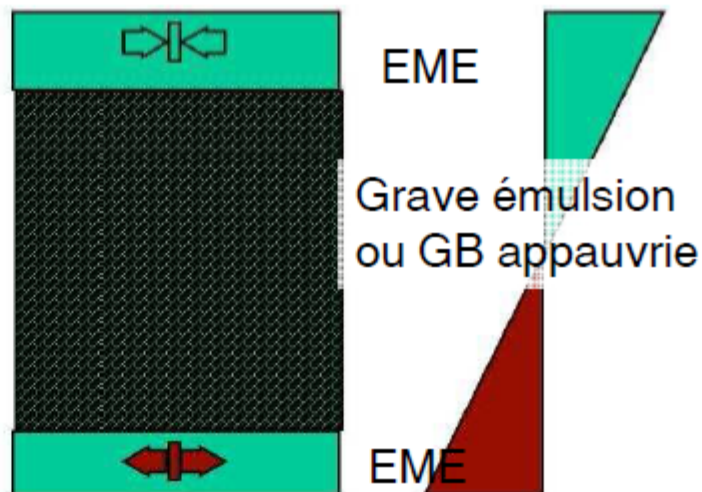


➤ Contraintes et déformations dans la structure



Application au concept Tricouche

➤ Idée: intercaler une couche de moindre module entre 2 couches à module élevé



**Intérêt économique,
jusqu'à 30% d'économie**



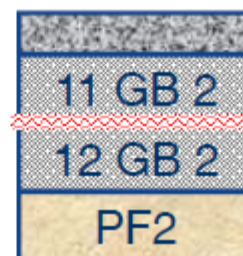
Divers points sensibles

Cas de référence



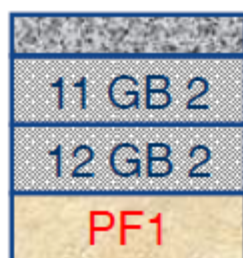
300 PL/j
20 ans

Collage des couches



300 PL/j
1 an 2 mois

Défaut de portance



300 PL/j
10 ans

Variation d'épaisseur



300 PL/j
11 ans



Accumulation de dommage

➤ Structure dimensionnée pour un trafic donné

- A chaque chargement → dommage élémentaire d_i
 - Cumul des dommages sur la durée de vie (Loi de Miner)
- $$\mathbf{D = \sum d_i = 1} \quad d_i = (\epsilon_t / \epsilon_{tadm})^{1/b}$$

➤ Dommage élémentaire dépend du

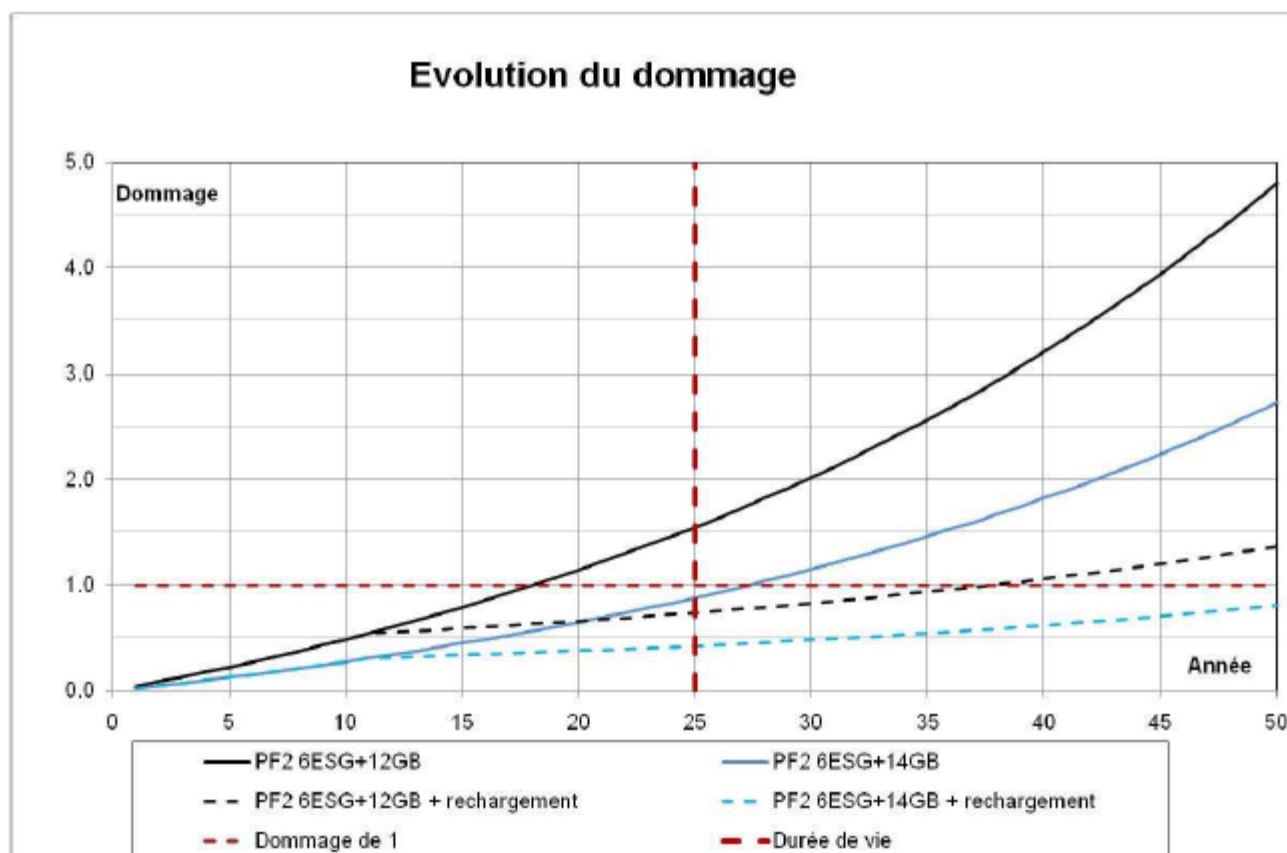
- Type de chargement
- Type de structure et épaisseur de chaussée

➤ Application

- Optimisation des scénarii d'entretien ($D < 1$)
- Appréciation de la durée de vie résiduelle
- Renforcement / réhabilitation de chaussée
- Calcul d'agressivité



Exemple de cumul des dommages



Couche de forme et compactage



Corps de chaussée

-Il est mis en œuvre en deux couches (de fondation et de base) lorsque l'épaisseur totale est trop importante pour faire une seule couche.

-On distingue deux grandes catégories de corps de chaussées :

-les assises non traitées constituées seulement de matériaux granulaires (sable, gravier), leur épaisseur assurant seule la répartition des charges.(cas de routes de trafic faible à moyen)

- Les assises constituées de matériaux traités aux liants hydrauliques (ciment, laitier, cendre) ou aux liants hydrocarbonés (bitume) pour accroître la rigidité et la portance de la chaussée (routes à trafic élevé)



La couche de roulement



Amélioration de la portance:

Trois types de traitements:

- Le traitement en place pour les matériaux qui le permettent à l'aide de liants.
- La substitution si le défaut de portance est général et que le traitement en place n'est pas envisageable.
- Les purges quand le défaut de portance est localisé.

Amélioration de la portance:

→ Le traitement en place pour les matériaux qui le permettent à l'aide de liants.

Liants normalisés:

- Chaux (CL 90-Q NBN EN 459 PTV 459)
- Ciment (NBN EN 197-1)
- Liants hydrauliques routiers (LHR) (ENV 13282)

Amélioration de la portance:

Liants normalisés:

- Chaux (CL 90-Q NBN EN 459 PTV 459)

Obtenue par calcination de pierres calcaires très pures à haute température (950°C) : $\text{CaCO}_3 + \text{chaleur} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

Formes de chaux :

- Chaux vive: CaO
- Chaux éteinte (ou hydratée): Ca(OH)_2
- Lait de chaux: peu utilisé

Amélioration de la portance:

→ Le traitement en place pour les matériaux qui le permettent à l'aide de liants.

Liants normalisés:

- Ciment (NBN EN 197-1) :

Liant hydraulique: matériau finement moulu qui, gâché avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité, même sous eau.

Constituants principaux (NBN EN 197-1):

- clinker Portland (K)
- laitier granulé de haut-fourneau (S)
- pouzzolanes
- cendres volantes
- schiste calciné
- calcaire
- fumée de silice
- Constituants secondaires (< 5 %) - Additifs (< 1 %)
- Sulfate de calcium

Amélioration de la portance:

→ Le traitement en place pour les matériaux qui le permettent à l'aide de liants.

- Liants hydrauliques routiers (LHR) (ENV 13282)

LHR sont produits en usine – poudre obtenue par mélange de différents constituants:

- clinker Portland (K)
- granulé de haut-fourneau (S)
- pouzzolanes
- cendres volantes
- chaux β etc.

Amélioration de la portance:

→ Le traitement en place pour les matériaux qui le permettent.

AMELIORATION DE LA PORTANCE DE LA PST PAR TRAITEMENT DE SOL EN PLACE

CLASSE DE SOL	SOLS FINS ET ARGILES		SABLES ET GRAVES			
			B5 / B6		B2 / B3 / B4	
Définition indicative du traitement	Limons type A1 ou A2 : - traitement à la chaux Sols fins et argiles A3 - C1/A3 : - traitement envisageable mais étude nécessaire		Traitement à la chaux (ou avec un réactif adapté) comparable à celui des sols fins et argiles		Traitement avec un réactif adapté ; étude nécessaire	
Portance en MPa avant traitement	Non mesurable à 20 conditions mauvaises PST0 à 1	20 à 40 conditions moyennes PST1 à 2	Non mesurable à 20 PST0 à 1	20 à 40 PST 1 à 2	Non mesurable à 20 PST0 à 1	20 à 40
Portance (*) en MPa après traitement sur au minimum 35 cm (d'épaisseur efficace)	≥ 20 PST2 à 3	≥35 PST3	≥30 PST2 à 3	≥35 PST3	**	**
Portance (*) en MPa après traitement sur au minimum 50cm en deux couches (d'épaisseur efficace)	≥35 PST3 à 4	≥ 50 PST4	≥35 PST3 à 4	≥50 PST4	**	**

Amélioration de la portance:

→ Le traitement en place pour les matériaux qui le permettent à l'aide de liants.

- Liants hydrauliques routiers (LHR) (ENV 13282)

LHR sont produits en usine – poudre obtenue par mélange de différents constituants:

- clinker Portland (K)
- granulé de haut-fourneau (S)
- pouzzolanes
- cendres volantes
- chaux β etc.

Amélioration de la portance:

→ La substitution si le défaut de portance est général et que le traitement en place n'est pas envisageable.

→ Les purges quand le défaut de portance est localisé.

D'une manière générale un défaut de portance est dû :

- soit à un changement local de l'état du matériau : zone anormalement humide par exemple,
- soit à un changement local de la nature du matériau : poche argileuse ou zone caillouteuse locale interdisant un traitement en place systématique,
- soit à un état du matériau différent, lors de la réalisation des travaux, de celui prévu lors de l'étude du projet.

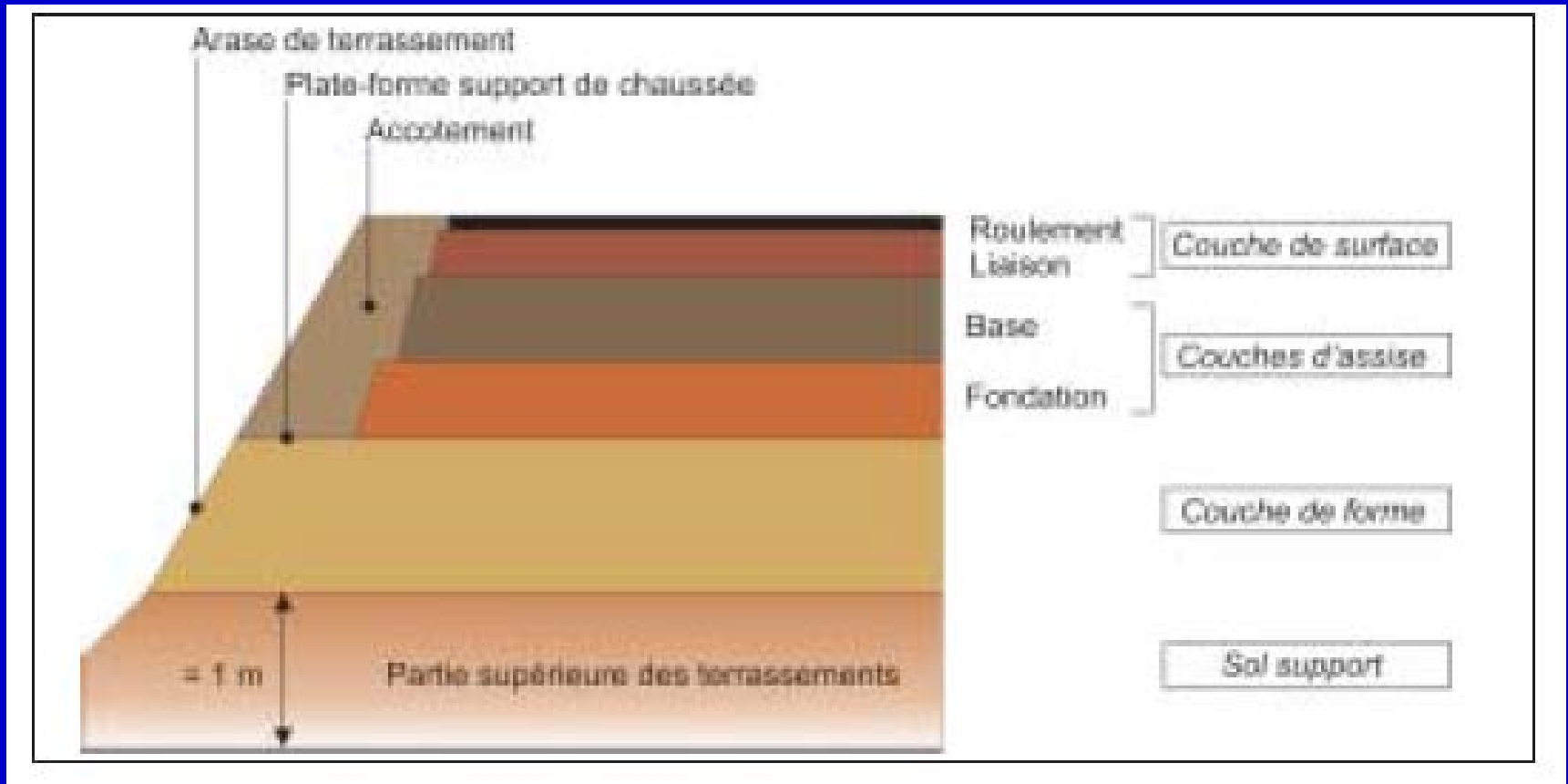
Solutions envisageables: • le remplacement du matériau (ne peut être efficace que si réalisé sur 30 à 50cm d'épaisseur) ; une épaisseur plus importante peut dans certains cas être nécessaire.

-L'utilisation d'un géotextile peut être nécessaire pour éviter la contamination du matériau de purge par le sol support.

- La nature du matériau de remplacement dépend du diagnostic réalisé. On préfère souvent des matériaux caillouteux ou insensibles à l'eau associés à un drainage.

PLATES-FORMES

L'ensemble chaussée/couche de forme/sol, peut être représenté de la façon schématique suivante :



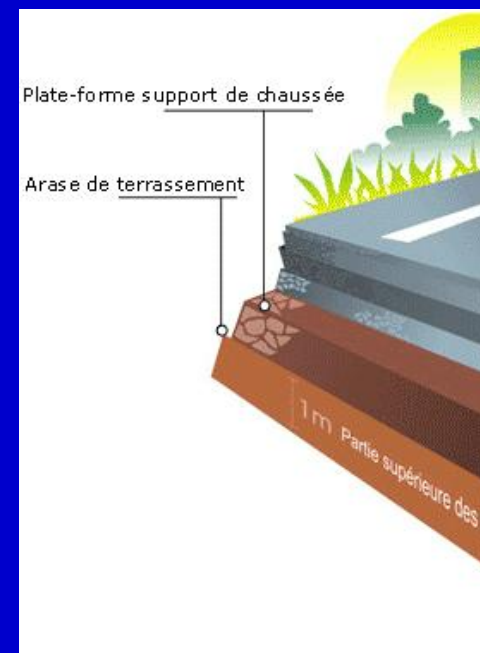
Couches de forme

- les couches de forme sont souvent réalisées en sols traités en place (au-dessus de l'arase qui elle-même a déjà pu être traitée).
- De nouveaux matériaux, similaires aux précédents, provenant d'installations de recyclage des excédents de déblais de travaux publics, peuvent être également utilisés en couche de forme rapportée.
- Les matériaux locaux tels que graves calcaires et alluvionnaires sont également utilisés en couche de forme .
- Les MIOM (Mâchefers d'incinération des ordures ménagères (MIOM) sont les résidus solides issus de l'incinération des déchets) et les matériaux obtenus par recyclage des bétons et produits de démolition peuvent également être considérés comme usuels.
- On peut aussi concevoir, pour des chantiers particuliers, des couches de forme en matériaux locaux (sables ou graves) traités en centrale de malaxage avec un liant hydraulique.
- L'épaisseur de la couche de forme, selon la nature du matériau employé et en fonction du couple PST/AR est donnée dans le tableau suivant:

Module de calcul (MPa)	20	50	120	200
Classe de l'arase terrassement	AR1	AR2	AR3	AR4

TABLEAUX IX : DIFFERENTS CAS POSSIBLES DE P.S.T.

Cas de P.S.T	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
P.S.T. n°0		Sol A, B, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ , C, se trouve dans un état hydrique (H). Contexte Zones tourbeuses, marécageuses ou instables. PST dont la portance requise est quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purge, substitution) et/ou de drainage (osses profondes, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir réaliser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
P.S.T. n°1		Sol Matériaux des classes A, B, B ₁ , B ₂ , B ₃ , C, F ₀ , F ₁ , F ₂ , et certains matériaux C ₁ , R ₁ et F ₁ dans un état hydrique (H). Contexte PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité granulométrique à long terme (B).	AR1	Dans ce cas de P.S.T, il convient : - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,2 m d'épaisseur par un tassement principalement à la chaux vive et selon une technique établie. On est ramené au cas de P.S.T 2, 3 ou 4 selon le contexte ; - soit d'établir une couche de forme en matériau granulaire recevable à l'eau de forte épaisseur (en admettant une légère réduction si l'on réalise un globe de 10 cm) conformément à l'interface PST - couche de forme.
P.S.T. n°2		Sol Matériaux des classes A, B, B ₁ , B ₂ , B ₃ , C ₁ , R ₁ , R ₂ , R ₃ et certains matériaux C ₁ , R ₁ et F ₁ dans un état hydrique (H). Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A). Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales et d'une remontée de la nappe (B).	AR1	Si les exigences requises à court terme pour la plate-forme support peuvent être éventuellement obtenues au niveau de l'arase, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir l'installation d'une couche de forme. Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de P.S.T 3.
P.S.T. n°3		Sol Mêmes matériaux que dans le cas de P.S.T 1. Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales (B).	AR1 AR2	En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase, même situation que celle décrite dans le cas de P.S.T 2. Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans le P.S.T.



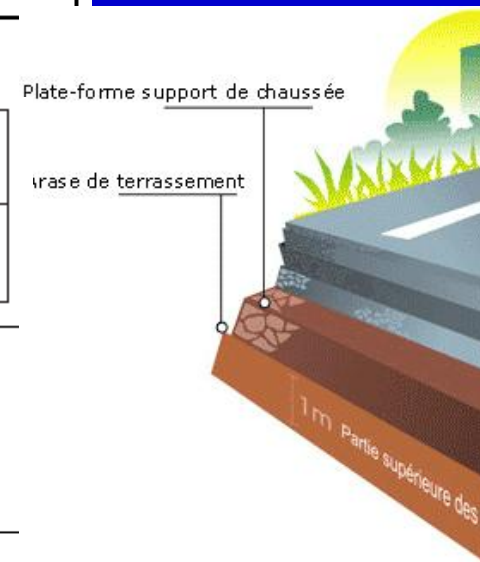
TABLEAUX IX : DIFFERENTS CAS POSSIBLES DE P.S.T.

Cas de P.S.T.	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
P.S.T. n°0		<p>Sols A, B₁, B₂, 3, B₃, C₁, 38 trouvés dans un état hydrique (H).</p> <p>Contexte Zones tourbeuses, marécageuses ou instables. PST dont la portance requise d'être quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.</p>	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être renforcée par une opération de tassement (purgé, substitution) et/ou de drainage (osses profondes, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir recréer le nouveau support obtenu au moment de la classe AR1.
P.S.T. n°1		<p>Sols Matériaux des classes A, B₁, B₂, B₃, B₄, C₁, F₁₀, F₁₅, F₂₀ et certains matériaux C₁, R₁₀ et F₁₀ dans un état hydrique (H).</p> <p>Contexte PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité de consolidation à long terme (B).</p>	AR1	<p>Dans ce cas de PST, il convient :</p> <ul style="list-style-type: none"> - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement principalement à la chaux vive et selon une technique adaptée. On est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte. - soit d'établir une couche de forme en matériau granulaire responsable d'un peu de forte épaisseur (en admettant une légère réduction d'épaisseur due à un gonflement initial limité à l'interface PST - couche de forme).
P.S.T. n°2		<p>Sols Matériaux des classes A, B₁, B₂, B₃, B₄, C₁, R₁₀, F₁₀, R₁₅ et certains matériaux C₁, R₁₀ et F₁₀ dans un état hydrique (H).</p> <p>Contexte PST en matériaux sensibles de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A). Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'effet des infiltrations des eaux pluviales et d'une remontée de la nappe (B).</p>	AR1	<p>Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être éventuellement obtenues au niveau de l'arase, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir l'installation d'une couche de forme. Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST 3.</p>
P.S.T. n°3		<p>Sols Mêmes matériaux que dans le cas de PST 1.</p> <p>Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau, de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) mais pouvant chuter à long terme sous l'effet de l'infiltration des eaux pluviales (B).</p>	AR1 AR2	<p>En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase, même situation que celle décrite dans le cas de PST 2.</p> <p>Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arase permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans le PST.</p>



**EPAISSEUR DE LA COUCHE DE FORME ET CLASSEMENT DE LA
PLATE-FORME EN FONCTION DU COUPLE PST/AR ET DE LA NATURE DE LA COUCHE DE FORME**

Couple PST/AR	PST1	PST2	PST3	PST3	PST4
Nature de la couche de forme	AR1	AR1	AR1	AR2 (avec drainage)	AR2
Grave non traitée B31 D21 Béton concassé (GR1 au minimum) MIOM non traité***	75 cm (60 cm si intercalation géotextile PF2)	--	--	--	--
	Module de calcul (MPa)	20	50	120	200
	Classe de l'arase terrassement	AR1	AR2	AR3	AR4
Cailloux calcaires R21	60 cm (45 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	50 cm (40 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	40 cm (30 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	30 cm (20 cm si intercalation d'un géotextile) PF2	
Matériaux traités en place ou en centrale aux liants hydrauliques (classe 5)* (sols fins, sables, graves, bétons concassés, MIOM**)	-	35 cm* PF2	35 cm* PF2	35 cm* PF3	35 cm* PF3



Couche de forme: Traitement du sol en place sur une épaisseur de **40** cm à l'aide d'un liant hydraulique routier LHR 50% laitier.



Épandage du liant hydraulique.



Malaxage du liant hydraulique et du sol

Cas de P.S.T	Schéma	Description	Classe de l'arase	Commentaires
--------------	--------	-------------	-------------------	--------------

Composition d'une chaussées

P.S.T
n°0

P.S.T
n°1

P.S.T
n°2

P.S.T
n°3

Le sol est le support de la chaussée.

EUROVIA
www.eurovia.fr

↗ Couches de surface

- ▢ Assurent confort, sécurité
- ▢ Protègent de l'eau

↗ Couches d'assise

- ▢ Assurent la tenue structurale
- ▢ Répartissent la charge sur le sol

↗ Support de chaussée

- ▢ Assure portance du sol
- ▢ Protection au gel

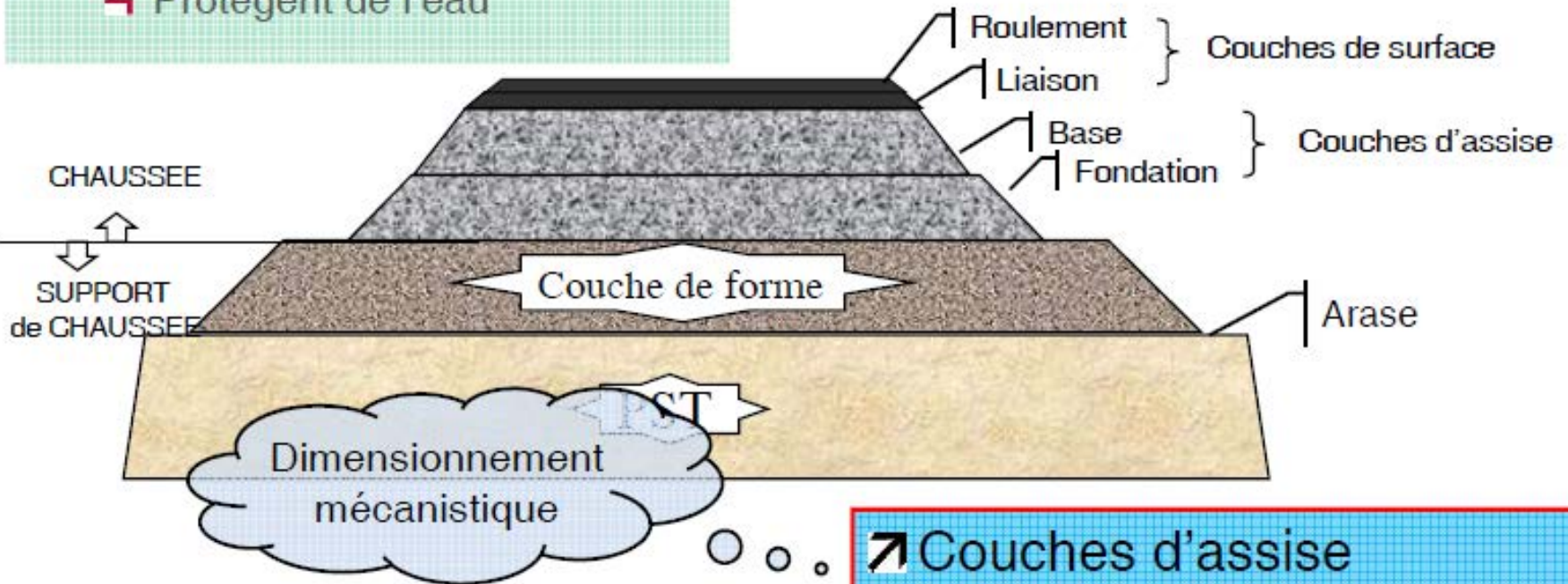
Dimensionnement mécanique page 4

P.S.T.		<p>Sols</p> <p>Mêmes matériaux qu'en PST 1 sous réserve que la granulométrie permette leur traitement.</p> <p>Contexte</p> <p>PST en matériaux compatibles à l'eau (non gonflant)</p>	AR2	<p>La portance de l'arase peut être localement élevée mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur.</p> <p>La décision de réalisation d'une couche de forme sur cette PST dépend du projet et des</p>
--------	--	---	-----	--

Composition d'une chaussées

↗ Couches de surface

- Assurent confort, sécurité
- Protègent de l'eau



↗ Support de chaussée

- Assure portance du sol
- Protection au gel

↗ Couches d'assise

- Assurent la tenue structurale
- Répartissent la charge sur le sol

Trafic

Le passage d'un essieu de 13 tonnes a autant d'effet d'endommagement sur la chaussée, que celui d'un million de véhicules de tourisme

En France l'essieu de référence est l'essieu isolé de 130 kN
à roues jumelées dont le CAM= 1.
(CAM: Coefficient d'agressivité moyen)

