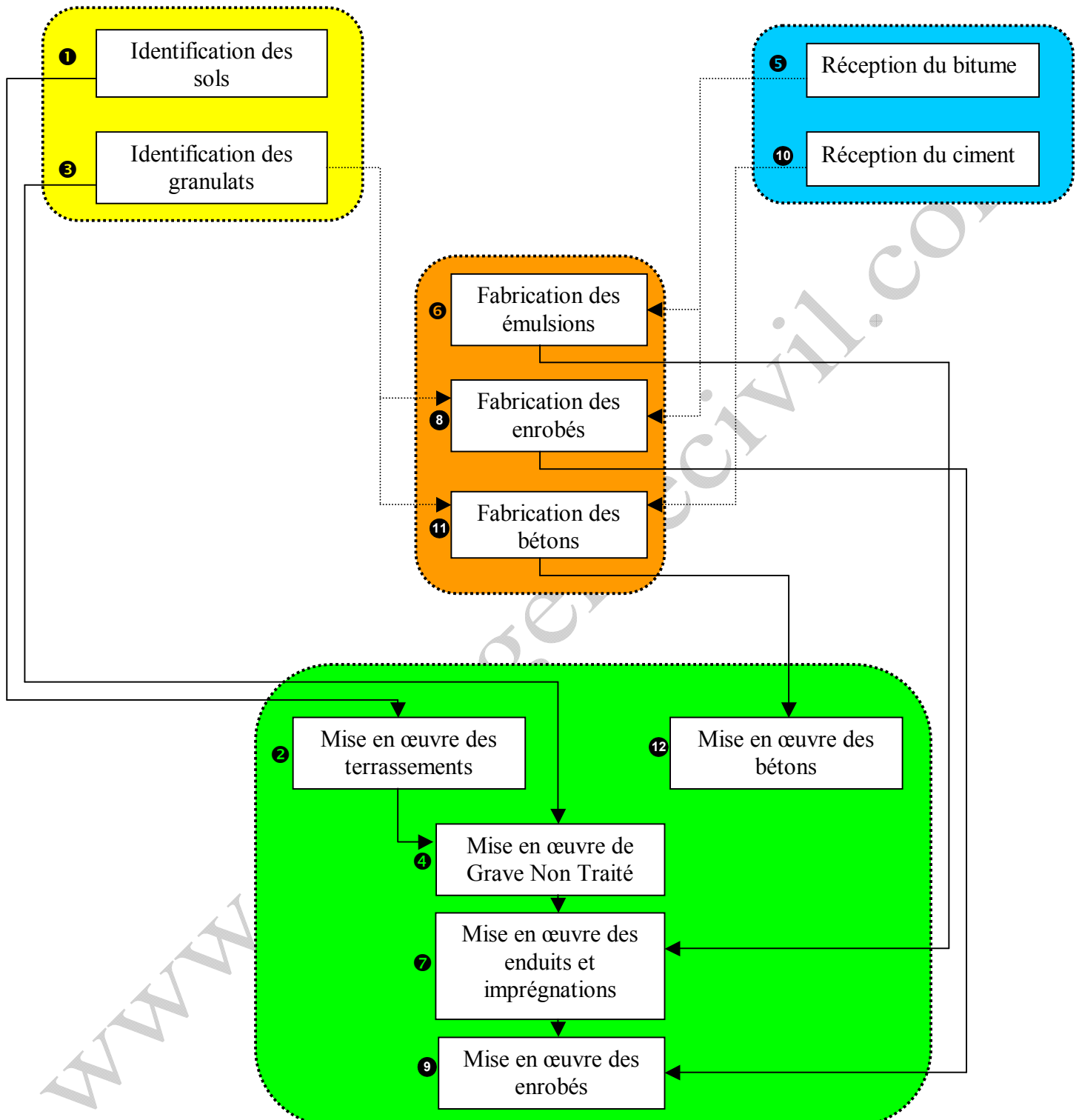


CONTROLE QUALITE EN CONSTRUCTION ROUTIERE



SCHEMA D'ITINERAIRE LABORATOIRE



SOMMAIRE

1. IDENTIFICATION DES SOLS	4
Tâche à réaliser	4
Descriptif de l'essai	4
Référence normative	6
Essais spécifiques sur les sols :	7
2. MISE EN ŒUVRE DES TERRASSEMENTS : DEBLAI / REMBLAI / COUCHE FONDATION	8
Tâche à réaliser	8
Descriptif de l'essai	8
Référence normative	9
3. IDENTIFICATION DES GRANULATS.....	10
Grave Non Traité	10
Tâche à réaliser	10
Descriptif de l'essai	10
Référence normative	12
Granulats pour enrobés ou enduits	13
Tâche à réaliser	13
Descriptif de l'essai	13
Référence normative	14
4. MISE EN ŒUVRE DE COUCHE DE BASE EN GRAVE NON TRAITEE.....	16
Tâche à réaliser	16
Descriptif de l'essai	16
Référence normative	17
5. RECEPTION DU BITUME	18
Tâche à réaliser	18
Descriptif de l'essai	18
Référence normative	19
6. FABRICATION DES EMULSIONS.....	20
Tâche à réaliser	20
Descriptif de l'essai	20
Référence normative	21
7. MISE EN ŒUVRE DES ENDUITS SUPERFICIELS ET DES COUCHES D'IMPREGNATION.....	22
Tâche à réaliser	22
Descriptif de l'essai	22
Référence normative	23
8. FABRICATION DES ENROBES	24
Tâche à réaliser	24
Descriptif de l'essai	24
Référence normative	26
9. MISE EN ŒUVRE DES ENROBES.....	28
Tâche à réaliser	28
Descriptif de l'essai	28
Référence normative	29
10. RECEPTION DU CIMENT	31
Tâche à réaliser	31
Descriptif de l'essai	31
Référence normative	32
11. FABRICATION DES BETONS HYDRAULIQUES.....	33
Constituants du béton	33
Tâche à réaliser	33
Descriptif de l'essai	33
Référence normative	34
Etude et fabrication du béton	36
Tâche à réaliser	36
Descriptif de l'essai	36
Référence normative	37
12. MISE EN ŒUVRE DES BETONS D'ASSAINISSEMENT	39
Tâche à réaliser	39
Descriptif de l'essai	39
Référence normative	39
AIDE MEMOIRE – GUIDE TECHNIQUE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES.....	40
Modélisation	40
Vérification	41
Glossaire	44
LEXIQUE GEOLOGIE.....	45
Roches sédimentaires	45
Roches métamorphiques	47
Roches magmatiques	49

1. IDENTIFICATION DES SOLS

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Identification des matériaux de déblai ou d'emprunt	Teneur en eau Granulométrie Limite Atterberg Valeur Bleu Proctor modifié CBR Gonflement	1/2000 m ³ mini 5 sondages par emprunt	- - WI < 60 < 1.5 % > 5 ou > 10 Classification selon NF P 11 300	PV d'essais Demande d'agrément
Identification des matériaux (Utilisation en Plate Forme)	Teneur en eau Granulométrie Limite Atterberg Valeur Bleu Proctor modifié CBR Gonflement	1/2000 m ³	- T80µm <50% WI < 55 IP < 25 < 1 % > 15 ou > 30 Classification selon NF P 11 300	PV d'essais Demande d'agrément

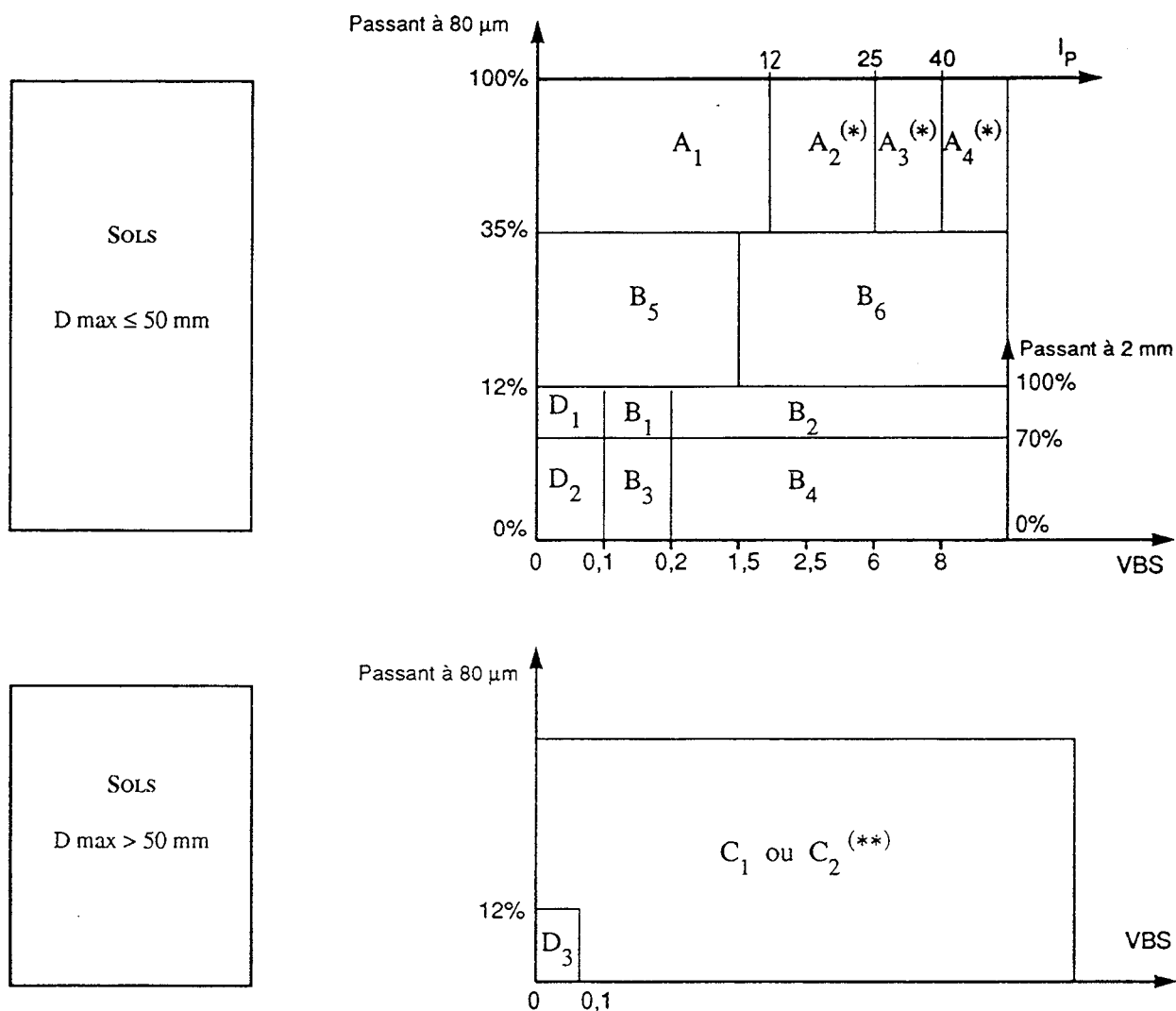
Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux - NF P 94-050 : La prise d'essai humide est pesée puis séchée à l'étuve à 105 °C en laboratoire ou au réchaud à gaz sur chantier jusqu'à masse constante. La teneur en eau du matériau est la rapport en pourcentage entre la masse d'eau et la masse de matériau sec. 	Etuve Réchaud à gaz Balance 3 kg	Teneur en eau : W en %
Analyse granulométrique par tamisage - NF P 94-056 : Au moyen d'une série de tamis de contrôle d'ouvertures de mailles décroissantes, la prise de sol est fractionnée, après séchage et pesée en refus ou passants dont la masse est rapportée à la masse initiale du matériau 	Etuve Réchaud à gaz Balance 15 kg Echantillonneur Tamis de 80 µm à 80 mm	Passants en % à chaque tamis en mm
Analyse granulométrique par sédimentation - NF P 94-057 : L'analyse par sédimentation est un essai géotechnique qui complète l'analyse granulométrique par tamisage. Les particules inférieures à 80 µm séparées du reste du sol par tamisage sont mises en suspension dans de l'eau additionnée d'un défloculant. Les particules sédimentent à différentes vitesses en relation avec leur taille. Au moyen d'un densimètre est mesurée l'évolution dans le temps de la masse volumique de la solution et la profondeur d'immersion de l'appareil. La distribution pondérale de la taille des particules est calculée à partir de ces données. 	Balance Tamis 80 µm Etuve Agitateur mécanique Agitateur manuel Eprouvette 2.5 l Défloculant Thermomètre Densimètre Chronomètre	Pourcentage pondéral en % à chaque diamètre équivalent entre 1 µm et 80 µm
Limites d'ATTERBERG - NF P 94-051 : Les limites d'Atterberg sont les teneurs en eau pondérales correspondantes à des états particuliers d'un sol.  La limite de liquidité (WI) est la teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquide et plastique, on recherche la teneur en eau pour laquelle une rainure pratiquée dans un sol remanié placé dans une coupelle doit se refermer sur à peu près un centimètre sous l'effet d'environ 25 chocs répétés. La limite de plasticité (Wp) est teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastique et solide, on recherche la teneur en eau pour laquelle un rouleau de sol, de dimension fixée et confectionné manuellement se fissure	Etuve Balance 400 gr Appareil de Casagrande complet Plaque de marbre	Limite de liquidité : WI Limite de plasticité : Wp Indice de Plasticité : Ip = WI - Wp

Mesure de la quantité et de l'activité de la fraction argileuse (Valeur de bleu de méthylène) - NF P 94-068 : La valeur de bleu de méthylène d'un sol (VBS) mesure la capacité d'adsorption du sol et elle est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol. A la prise d'essai agitée dans de l'eau, on injecte successivement des doses de 5 ml d'une solution de bleu de méthylène. Après chaque injection, une goutte est prélevée et déposée sur un papier filtre. Le test devient positif lorsque l'auréolé, d'abord incolore, demeure bleu clair pendant 5 minutes. La valeur de bleu est la quantité de solution injectée rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol.		Agitateur électrique à ailettes Etuve Burette graduée Chronomètre Balance 3 kg Papier filtre Solution Bleu de méthylène	Valeur de Bleu des sols : VBS sans unité
Indice CBR après immersion - Indice CBR immédiat - NF P 94-078 : Le principe général de l'essai consiste à mesurer les forces à appliquer sur un poinçon cylindrique pour le faire pénétrer à vitesse constante dans une éprouvette de matériau. Les valeurs particulières des deux forces ayant provoqué deux enfoncements conventionnels sont respectivement rapportées aux valeurs des forces observées sur un matériau de référence pour les mêmes enfoncements. L'indice CBR (Californian Bearing Ratio) est défini conventionnellement comme étant la plus grande valeur, exprimée en pourcentage, des deux rapports ainsi calculés. Les valeurs des paramètres (section du poinçon, vitesse d'enfoncement, enfoncement conventionnel, forces observées sur le matériau) sont normalisées. L'indice CBR est mesuré immédiatement après confection de l'éprouvette conventionnellement à la teneur en eau Proctor et à une compacité de 95% de l'optimum Proctor (ICBR immédiat) puis après 4 jours d'immersion dans l'eau (I CBR après immersion)		Etuve Balance 35 kg Balance 400 g Dame proctor Moule CBR complet avec surcharge, plateau de gonflement, comparateur Bac d'immersion Presse CBR Anneau dyn. 30 kN Anneau dyn. 60 kN Cadencemètre (si presse manuelle)	Indice CBR immédiat : CBR 0j Indice CBR après immersion : CBR 4j Gonflement : GI en %
Détermination des caractéristiques de compactage d'un sol (Essais PROCTOR normal et modifié) - NF P 94-093: Il consiste à déterminer pour des teneurs en eau croissantes w les masses volumiques apparentes sèches obtenues en compactant chaque fois le matériau dans les mêmes conditions. L'essai Proctor Normal et l'essai Proctor Modifié diffèrent par l'énergie de compactage mise en œuvre. Le compactage de l'échantillon qui ne doit pas contenir d'éléments supérieurs à 20 mm se fait par couches d'épaisseur déterminée sous un nombre donné de coups d'une dame de caractéristiques normalisées. Les résultats se présentent sous la forme d'une courbe dont en abscisse : la teneur en eau et en ordonnée : le poids volumique sec. Cette courbe a un maximum dit "Optimum Proctor" normal ou modifié selon la nature de l'essai. Ce maximum définit la teneur en eau et le poids volumique max.		Etuve Balance 30 kg Balance 400 gr Moule Proctor normal Moule CBR Dame Proctor Bac de malaxage	Teneur en eau et masse volumique optimale Proctor : w_{opt} en % et γ_{dopt} en kg/m³
Essai de Gonflement libre - Méthode d'Essai Interne : 10cc de sol tamisé à 0.4 mm sont versés dans une éprouvette graduée. On remplit d'eau l'éprouvette est on mesure la variation de hauteur du sol imbibé. Le gonflement libre FS est le rapport entre la variation de volume et le volume initial.		Tamis 0.4 mm Eprouvette graduée Eau	Gonflement libre : FS en %

Référence normative

NF P 11-300 Exécution des terrassements

Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières



MATÉRIAUX <
--

* Matériaux pour lesquels la mesure de l'I_p est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux on utilisera la VBS.

** C₁ : matériaux roulés et matériaux anguleux peu charpentés (0/50 > 60 à 80 %)

C₂ : matériaux anguleux très charpentés (0/50 ≤ 60 à 80 %)

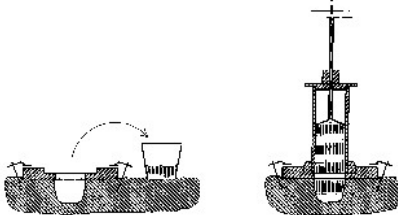
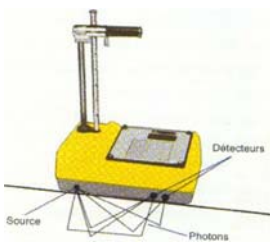
Essais spécifiques sur les sols :

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Etude de stabilité de talus, d'évaluation de sol compressible ou gonflant	Cisaillement à la boîte Compressibilité à l'oedomètre Gonflement à l'oedomètre	En cas de risque apparent ou demande particulière	Selon les cas	Rapport d'essais

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - NF P 94-071 : Cet essai détermine les paramètres de résistance au cisaillement (cohésion et l'angle de frottement) d'un matériau utile pour les études de stabilité de terrain (talus, fondation profonde). L'essai s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans une boîte de cisaillement constituée de deux demi-boîtes indépendantes. Le plan de séparation des deux demi-boîtes constitue un plan de glissement correspondant au plan de cisaillement de l'éprouvette. Il consiste à appliquer sur la face supérieure de l'éprouvette un effort vertical maintenu constant et à produire sous l'effort un cisaillement selon le plan horizontal de glissement en leur imposant un déplacement relatif. L'expérience est renouvelée plusieurs fois avec des valeurs diverses de pression perpendiculaire et on détermine alors la courbe intrinsèque caractéristique de l'échantillon. 	Machine de cisaillement Boîte de casagrande Série de poids Trousse coupante Comparateur Anneau dyn. 3 kN	Angle de frottement : Φ en degré Cohésion : c en kPa
Essai de compressibilité à l'oedomètre - XP P 94-090-1 : L'échantillon de sol est placé dans une boîte cylindrique rigide de section circulaire entre deux pierres poreuses assurant son drainage. Un piston permet d'appliquer sur l'échantillon une contrainte verticale uniforme constante pendant un temps déterminé. On mesure alors la variation de hauteur de l'éprouvette de sol en fonction de la contrainte appliquée. On recommence le processus à différents paliers de chargement de 24 h. A partir de cet essai, on peut établir des courbes de compressibilité (indice des vides en fonction de la contrainte) et de consolidation (variation relative de tassement en fonction du logarithme du temps) utiles pour évaluer l'amplitude des tassements et les durées de consolidation des sols. 	Balance 3 kg Etuve Oedomètre Cellule de perméabilité Série de poids Comparateur	Indice des vides du sol : e_0 Indice de compression : C_c Contrainte de préconsolidation : σ'_p Coefficient de consolidation : C_v
Essai de gonflement à l'oedomètre - XP P 94-091 : L'essai permet de déterminer la pression de gonflement d'un matériau ainsi que sa déformation lorsqu'il est soumis, en présence d'eau, à des contraintes verticales inférieures à cette pression de gonflement. Il est utilisé pour apprécier le comportement d'ouvrages pouvant être affectés par la présence de matériaux gonflants.	Balance 3 kg Etuve Oedomètre Cellule de perméabilité Série de poids Comparateur	Pression de gonflement : P_g en kPa

2. MISE EN ŒUVRE DES TERRASSEMENTS : DEBLAI / REMBLAI / COUCHE FONDATION

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Réception géotechnique Plate forme Déblai	Proctor modifié	1/2500 m ²	-	PV d'essais Fiche de réception
	Densité	1/1000 m ²	95 % mesure > 95 % OPM	
	CBR	1/5000 m ²	> 10	
	Module Plaque	1/2000 m ²	selon type PF	
Réception géotechnique Corps de remblai	Proctor modifié	1/2000 m ³	-	PV d'essais Fiche de réception
	Densité	1/500 m ³	95 % mesure > 92 % OPM	
	Module Plaque	1/2000 m ²	selon type PF	
Réception géométrique Plate forme	Nivellement	3 points / profil	+1 cm –3 cm / théorique	PV topo Fiche de réception
	Largeur	1 / profil	-0 cm / théorique	
Implantation pied de talus	Topographique	1 / profil	+10 cm à -0 cm / théorique	PV topo

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Mesure de la masse volumique des matériaux d'assises en place - méthode au densitomètre à membrane - NF P 94-061-02 : L'essai consiste à creuser une cavité, à recueillir et peser la totalité du matériau extrait, puis à mesurer le volume de la cavité à l'aide d'un densitomètre à membrane. L'appareil est doté d'un piston qui, sous l'action de l'opérateur, refoule un volume d'eau dans une membrane souple étanche qui épouse la forme de la cavité.  Une tige graduée permet de lire directement le volume. Le matériau de la cavité est séché afin de déterminer son poids sec. Cet essai ne s'applique pas lorsque le volume de la cavité de mesure peut varier durant l'essai (sable lâche, argile très humide, ...). Cet essai est plus particulièrement destiné aux matériaux dont D_{max} est inférieur à 50 mm.	Densitomètre à membrane Membrane Balance 3 kg sur batterie Réchaud à gaz	Masse Volumique Humide γ_d en kg/m³ Masse Volumique Sèche γ_s en kg/m³
Mesure de la masse volumique des matériaux d'assises en place - mesure par gammadensimètre en transmission directe - NF P 98-241-1 : L'essai a pour but de déterminer la masse volumique moyenne des matériaux situés entre la partie supérieure libre d'une couche et une cote donnée (Z) à l'aide d'un gammadensimètre.  La mesure est fondée sur l'absorption par le matériau des photons gamma d'énergie donnée, émis par une source enfoncée à la profondeur Z dans la couche soumise à l'essai. Le nombre C de photons gamma traverse le matériau par unité de temps et il est directement lié à la compacité et la teneur en eau du matériau. Le gammadensimètre est calibré avant chaque utilisation sur un bloc de référence de travail dont la masse volumique est connue. Cet appareil est soumis à une réglementation stricte ne matière de protection radionucléaire et seuls les opérateurs autorisés portant un dosimètre sont habilités à l'utiliser. Il peut être utilisé sur les matériaux hydrauliques (terrassement, grave ciment, grave non traité) ou hydrocarbonés (enrobé si épaisseur supérieure à 5 cm)	Gammadensimètre	Masse Volumique Humide γ_d en kg/m³ Masse Volumique Sèche γ_s en kg/m³ Teneur en eau : W en % (pour matériau hydraulique)

Portance des plate-formes - Module sous chargement statique à la plaque - NF P 94-117-1 : Après repérage du point d'auscultation de la plate-forme, il est appliqué, par l'intermédiaire d'une plaque de diamètre 60 cm, deux cycles de chargement successifs conduits selon des modalités également normalisées. Le chargement est maintenu pour les deux cycles jusqu'à constatation de la stabilisation de l'enfoncement de la plaque. La valeur de l'enfoncement de la plaque mesurée à la fin du second cycle permet de calculer le «Module sous chargement statique à la plaque EV2». L'essai s'applique aux plates-formes d'ouvrages de terrassement et d'assainissement dont le Dmax est inférieur à 200 mm et la valeur maximale du module pouvant être mesurée par cet essai est de 250 MPa. Le «Module sous chargement statique à la plaque» ne caractérise pas l'état de compacité des sols situés sous la plate-forme auscultée.		Camion chargé à plus de 10 Tonnes Plaque Dispositif hydraulique de chargement avec manomètre Poutre Benkelmann Comparateur	Module sous chargement statique à la plaque EV2 en MPa
Portance des plate-formes - Module de Westergaard - Méthode d'Essai Interne Inspirée Méthode LCPC : L'essai consiste à charger une plaque de 60 cm de diamètre de façon à obtenir une pression de 0.7 kg/cm² et de mesurer l'enfoncement à l'aide d'une poutre de Benkelmann. Le module de Westergaard est le rapport entre la pression et l'enfoncement. Il est utilisé pour évaluer la portance des sols supports pour les bâtiments.		Camion Plaque Dispositif hydraulique de chargement avec manomètre Poutre Benkelmann Comparateur	Module de Westergaard K en kg/cm³

Référence normative

Guide Technique SETRA LCPC – Réalisation des remblais et des couches de forme – Fascicules I et II
Juillet 2000 – 2^{ème} édition

Classement des plates formes

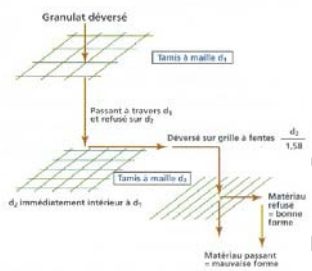
Classe	PF1	PF2	PF3	PF4
Limite inf (E MPa)	20	50	120	200
Limite sup (d 1/100 mm)	200	150	100	60

3. IDENTIFICATION DES GRANULATS

Grave Non Traitée

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Fabrication des graves non traitées	Los Angeles Micro Deval Limite Atterberg Teneur MO Granulométrie Aplatissement Equivalent sable Valeur bleu	1/1500 m ³	LA < 35 MDE < 25 IP nul MO % nulle Selon fuseau type CA < 25 ES > 40 VB < 2	PV d'essais Demande d'agrément
Stockage carrière	Contrôle visuel (pollution extérieure) Hauteur des tas	Permanent	-	-

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Essai de Los Angeles (de résistance à la fragmentation par chocs) - P 18-573 : Lavée, séchée et pesée, la prise d'essai (5000 gr) est placée dans le tambour de la machine avec une charge de boulets appropriés à la granularité choisie. Entraînés durant 500 tours (15 mn) par la tablette en acier, les boulets retombent avec le matériau qu'ils fragmentent. Ce dernier est ensuite lavé sur un tamis à 1.6 mm, séché et pesé. Le coefficient Los Angeles est le rapport entre la masse du refus et la masse initiale. 	Machine Los Angeles Boulets Etuve Balance 15 kg Tamis 1.6 mm	Coefficient Los Angeles : LA en %
Essai d'usure Micro Deval (de résistance à l'usure) - P 18-572 : Lavée, séchée et pesée, la prise d'essai (500 gr) est introduite dans un cylindre avec une charge de billes d'acier variable selon la granularité et 2.5 litres d'eau. Après 12000 rotations (2h), le matériau est lavé sur un tamis de 1.6 mm, séché et pesé. Le coefficient Micro Deval est le rapport en % entre la masse finale de refus et la masse initiale 	Machine Micro Deval Billes d'acier Etuve Balance 15 kg Tamis 1.6 mm	Coefficient Micro Deval en présence d'eau : MDE en %
Essai de fragmentation dynamique - P 18-574 : Placé dans un moule cylindrique en acier reposant sur un socle lourd, la prise d'essai (350 gr) reçoit un nombre de coups fonction de sa granularité d'une masse de 17 kg tombant d'une hauteur de 0.40 m. Le refus recueilli sur un tamis de 1.6 mm est séché et pesé. Le coefficient de Fragmentation Dynamique est le rapport entre cette masse et la masse initiale. Il est possible d'établir une corrélation entre le FD et le LA pour un même granulat qui se révèle assez fiable.	Appareil Fragmentation dynamique	Coefficient Fragmentation Dynamique : FD en %
Mesure des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des gravillons et cailloux - P 18-554 : Lavé sur un tamis de 4mm puis séché, le gravillon refroidi est immergé dans l'eau à 20°C pendant 24h puis épongé et pesé dans l'air avant de l'être dans l'eau. Pour la teneur en eau, le gravillon humide est séché à l'étuve à 105°C (ou au réchaud à gaz si méthode rapide) jusqu'à masse constante puis pesé sec. 	Etuve Réchaud à gaz Balance 3kg Tamis 4 mm	Masse volumique en kg/m³ Teneur en eau en % Absorption en %

Mesure des masses volumiques, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables - P 18-555 : Le sable séché puis refroidi est immergé dans l'eau à 20°C pendant 24h puis séché à l'air chaud à 105°C à l'étuve. Il est alors introduit dans un pycnomètre dont le volume déterminé est complété avec de l'eau puis pesé. Pour la teneur en eau, le sable humide est séché à l'étuve à 105°C (ou au réchaud à gaz si méthode rapide) jusqu'à masse constante puis pesé sec.	Etuve Réchaud à gaz Balance 3kg	Masse volumique en kg/m ³ Teneur en eau en % Absorption en %
Analyse granulométrique par tamisage - P 18-560 : Au moyen d'une série de tamis de contrôle d'ouvertures de mailles décroissantes, la prise d'essai est fractionnée, après séchage et pesée en refus ou passants dont la masse est rapportée à la masse initiale du matériau	 Etuve Réchaud à gaz Balance 15 kg Echantillonneur Série Tamis de 08 µm à 80 mm	Passants en % à chaque tamis en mm
Détermination du coefficient d'aplatissement des gravillons - P 18-561 : Séchée et pesée, la prise d'essai est d'abord divisée en classes granulaires d/D selon leur grosseur par tamisage sur tamis à mailles carrées. Chacune de ces classes est à son tour passée sur une grille à fente parallèles d'écartement.	 Etuve Réchaud à gaz Balance 15 kg Série Tamis de 08 µm à 80 mm Série Grille à fente de 2.5 mm à 20 mm	Coefficient d'aplatissement A en %
Détermination de la propreté superficielle des gravillons - P 18-591 : La teneur en eau des gravillons étant mesurée sur une prise d'essai, on recueille le tamisât à 0.5 mm. La propreté superficielle est le rapport entre le passant à 0.5 mm et la masse sèche initiale.	 Etuve Balance 15 kg Tamis 0.5 mm	Propreté Superficielle : Ps en %
Essai au bleu de méthylène - méthode à la tache sur les fines d'un sable - NF EN 933-9 : A la prise d'essai, déterminée pour avoir une quantité de fines f' d'environ 30 g, agitée dans 200 ml d'eau, on injecte successivement des doses de 5 ml d'une solution de bleu de méthylène. Après chaque injection, une goutte est prélevée et déposée sur un papier filtre. Le test devient positif lorsque l'auréolé, d'abord incolore, demeure bleu clair pendant 5 minutes. La valeur de bleu est le rapport entre le volume final de solution injectée et la masse initiale de fines.	 Agitateur électrique à ailettes Etuve Burette graduée Chronomètre Balance 3 kg Papier filtre Solution Bleu de méthylène	Valeur de Bleu : VB sans unité
Détermination de la propreté des sables - Equivalent de sable à 10 % de fines (sables à usage routier) - P 18-597 : On ramène la teneur en fines de la prise d'essai du sable à 10 % en utilisant un sable correcteur lavé et on effectue l'essai selon la norme P 18-598.	Voir P 18-598	Voir P 18-598
Equivalent de sable (sables à béton) - P 18-598 : Une éprouvette cylindrique ayant été remplie partiellement d'une « solution lavante » destinée à faire flocculer les fines, la prise d'essai humide y est versée et l'ensemble est agité mécaniquement selon un mouvement alternatif horizontal. On fait alors remonter les fines en injectant dans le sable à l'aide d'un tube de la solution lavante jusqu'à compléter le volume prévu. Après 20 mn de repos, on mesure au mm la hauteur du niveau supérieur du floculat et celle de la partie sédimentée en se repérant sur la base d'un piston taré déposé à sa surface. L'équivalent de sable est le rapport de ces deux hauteurs en pourcentage.	 Agitateur électrique Tube laveur Eprouvette plexiglas Chronomètre Piston taré Réglette métallique Solution lavante	Equivalent de sable : ES en %

Référence normative

NF P98-129

Assises de chaussées. Graves non traitées. Définition - Composition - Classification.

Classement des GNT selon les caractéristiques des granulats

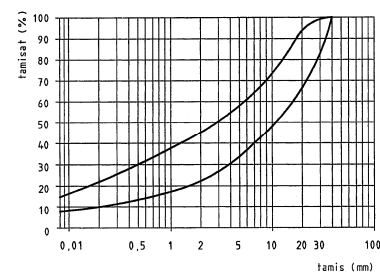
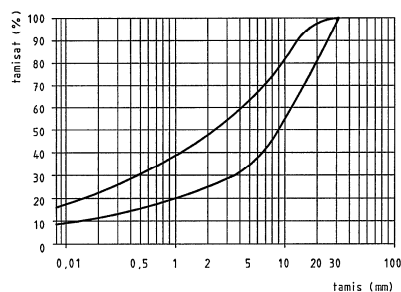
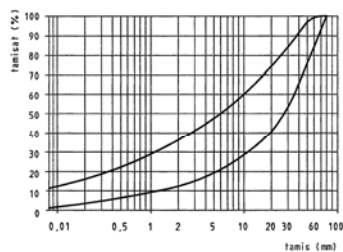
Catégories de résistance des gravillons	F	E				D			C	
Granularité et propreté des gravillons	IV	IV				III			III	
Granularité et propreté des graves et des sables *)	b	b ou c				b ou c			a ou b	
Angularité des gravillons et des sables *) : Ic (Ic = indice de concassage en pourcentage)		0	30	60	100	30	60	100	60	100
*) Selon l'usage.										

Fuseau de spécification des GNT

d (mm)	Tamisat (%)	
	min	max
80	100	100
63	85	99
40	65	91
31,5	56	86
20	43	76
10	29	62
6,3	22	53
4	17	46
2	12	36
0,5	6	22
0,2	4	16
0,08	2	12

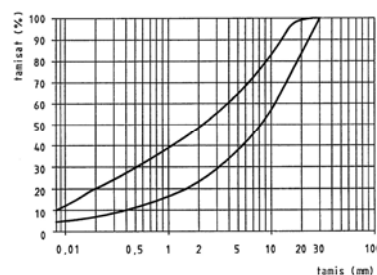
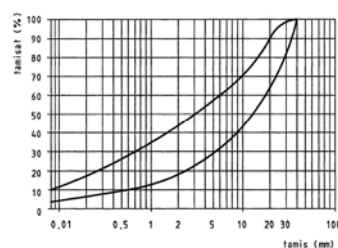
d (mm)	Tamisat (%)	
	min	max
31,5	100	100
20	85	99
10	55	82
6,3	40	70
4	32	60
2	25	49
0,5	16	30
0,2	12	22
0,08	8	16

d (mm)	Tamisat (%)	
	min	max
40	100	100
31,5	85	99
20	68	93
10	47	73
6,3	37	62
4	29	53
2	22	44
0,5	14	30
0,2	10	22
0,08	8	16



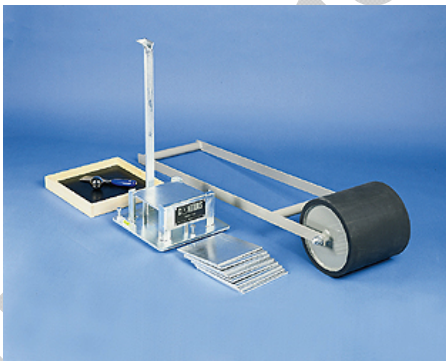
d (mm)	Tamisat (%)	
	min	max
40	100	100
31,5	85	99
20	62	90
10	40	70
6,3	31	60
4	25	52
2	18	43
0,5	10	27
0,2	6	18
0,08	4	10

d (mm)	Tamisat (%)	
	min	max
31,5	100	100
20	85	99
10	55	82
6,3	42	70
4	32	60
2	22	49
0,5	11	30
0,2	7	20
0,08	4	10



Granulats pour enrobés ou enduits

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Fabrication des granulats pour enrobés ou enduits	Los Angeles Micro Deval Granulométrie Aplatissement Propreté Adhésivité	1/1500 m ³	< 30 < 25 Fuseau < 15 < 0.5 % > 90% 20°C	PV d'essais Demande d'agrément
Stockage carrière	Contrôle visuel (pollution extérieure)	Permanent	-	-

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Essai d'adhésivité passive avec bitume - Méthode d'Essai Interne : 100 grammes de granulats sont malaxés avec 5 gr de liant à la même température puis immergés et conservés 24 heures dans de l'eau distillée à 60°C. On apprécie alors visuellement le pourcentage de surface recouvert par le liant. Une note est attribuée en fonction du pourcentage.	Etuve Becher Eau distillée	Notation
Essai d'adhésivité avec émulsion - T 66-018 : 100 grammes de granulats sont malaxés avec une quantité d'émulsion correspondant à 5 gr de bitume puis immergés et conservés 24 heures dans de l'eau distillée à 60°C. On apprécie alors visuellement le pourcentage de surface recouvert par le liant. Une note est attribuée en fonction du pourcentage.	Etuve Becher Eau distillée	Notation
Essai d'adhésivité VIALIT - Méthode d'Essai Interne Inspirée Méthode LCPC : Des plaques d'acier de 200x200x2 mm (3 par essai) sont enduites de liant (1kg/m ²) répandu à une température spécifiée puis après conservation pendant 20 minutes à +5°C revêtues de gravillons (100 unités) à utiliser. Ces derniers sont mis en place à l'aide d'un cylindre à bandage en caoutchouc. Après 20 mn de repos à +5°C, chaque plaque posée retournée sur un socle à trois pointes reçoit trois fois le choc d'une bille d'acier de 500 g tombant d'une hauteur de 0.50 m.	 Appareillage Vialit Balance Etuve Enceinte +5°C	Nombre de gravillons restés collés ou tachés par le liant

Référence normative

XP P18-545 – 2004

Granulats. Définitions, conformité, spécifications.

Granulats

Ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 mm et 125 mm.

Les granulats sont dits :

- naturels lorsqu'ils sont issus de roches meubles ou massives et qu'ils ne subissent aucun traitement autre que mécanique ;
- artificiels lorsqu'ils proviennent de la transformation à la fois thermique et mécanique de roches ou de minerais ;
- recyclés lorsqu'ils proviennent de la démolition d'ouvrages ou lorsqu'ils sont réutilisés ;
- courants lorsque leur masse volumique réelle MVR (P 18-554, P 18-555) est supérieure ou égale à 2 Mg/m³ (ou t/m³) ;
- légers lorsque leur masse volumique réelle MVR est inférieure à 2 Mg/m³ (ou t/m³).

Ils sont désignés par d/D dans lequel d et D représentent respectivement la plus petite et la plus grande des dimensions du produit. Ces dimensions correspondent à la grosseur des grains (définie dans P 18-561) déterminée par l'analyse granulométrique par tamisage selon P 18-560.

On distingue les familles de granulats suivantes :

- fillers 0/D où $D < 2$ mm avec au moins 70 % de passant à 0,063 mm ;
- sablons 0/D où $D \leq 1$ mm avec moins de 70 % de passant à 0,063 mm ;
- sables 0/D où $1 < D \leq 6,3$ mm ;
- graves 0/D où $D > 6,3$ mm ;
- gravillons d/D où $d \geq 1$ et $D \leq 125$ mm ;
- ballasts d/D où $d \geq 25$ mm et $D \leq 50$ mm.

Les caractéristiques intrinsèques sont liées en général à la qualité de la roche exploitée. Entrent dans ce type de caractéristiques : masse volumique réelle, absorption d'eau, Los Angeles, micro-Deval, résistance au polissage, friabilité des sables, etc.

Les caractéristiques de fabrication résultent en général des conditions de fabrication. Entrent dans ce type de caractéristiques : granularité, aplatissement, angularité, propreté des sables, propreté superficielle des gravillons, teneur en chlore, indice et rapport de concassage etc.

L'indice de concassage (IC) est le pourcentage d'éléments supérieurs au D du granulat élaboré contenu dans le matériau d'origine soumis au concassage.

Le rapport de concassage (RC) est le rapport entre la plus petite dimension du gravillon d'origine soumis au premier concassage et le D du granulat élaboré.

Fuseaux de fabrication et de spécification :

Caractéristique d'une production donnée, le fuseau de fabrication est défini par les deux courbes granulométriques enveloppes établies pour chaque dimension de tamis à partir de :

où :

Xf est la moyenne des contrôles du fournisseur ;

sf est l'estimation de leur écart-type.

Le fuseau de fabrication est inclus entièrement dans le fuseau de régularité.

Sa définition requiert au moins les 15 analyses les plus récentes datant de moins de six mois de production.

Valeur spécifiée : inférieure Vsi et supérieure Vss

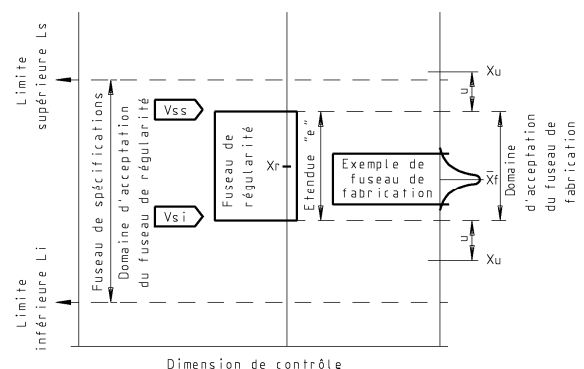
Suivant le nombre d'essais de contrôle effectués, chaque résultat d'essai, ou une certaine proportion des résultats d'essais, doit être conforme à ces valeurs spécifiées.

L'étendue «e» est donc égale à $V_{ss} - V_{si}$.

Si l'étendue n'est pas fixée, le fuseau de régularité est borné par les Vss et Vsi données dans les tableaux des articles 7 et suivants.

Des limites inférieure Li et supérieure Ls précisent la zone, propre à chaque usage (articles 7 et suivants), dans laquelle doit se situer le fuseau de régularité.

Les limites Li et Ls délimitent un fuseau couramment appelé «Fuseau de spécifications».



Granulats pour chaussées : couches de fondation, de base et de liaison**Caractéristiques intrinsèques des gravillons et de la fraction gravillon des graves**

Catégorie	LA + MDE	ET	LA	ET	MDE
	Vss				
B	35	ET	25	ET	20
C	45		30		25
D	55		35		30
E	80		45		45
F	Pas de spécifications mais FTP renseignée				

Caractéristiques de fabrication des gravillons

Catégorie	Passants (%) à						A ⁶⁾	P ⁷⁾
	2 D	1,58 D	D	(d+D)/2 ²⁾	d	0,63 d	Vss	
III	Vsi 100	Vsi 99	Li 85 ¹⁾ Ls 99 e 10	Li 30 Ls 70 ³⁾ e 25	Li 1 Ls 15 ⁵⁾ e 10	Vss 5	20	2
IV			Li 80 Ls 99 e 15	Li 25 Ls 75 ⁴⁾ e 35	Li 1 Ls 20 e 15		30	3
V	Pas de spécifications mais FTP renseignée							

1) 80 si D ≤ 1,6 d.
2) Voir paragraphe 5.4.
3) S'applique si D ≥ 2 d.
4) S'applique si D ≥ 2,5 d.
5) 20 si D ≤ 1,6 d.
6) Les Vss de A sont majorées de cinq points si D ≤ 10 mm.
7) Les Vss de P sont majorées de deux points si VBF ≤ 10.

Caractéristiques de fabrication des sablons, des sables et des graves

Catégorie	Passants (%) à					Propreté des sablons et des sables PS ou VB ³⁾ Vsi ou Vss		Propreté des graves PS ou VB _{0/0} ³⁾ Vsi ou Vss		
	2 D	1,58 D	D	Tamis intermédiaires ¹⁾	0,08 mm					
	a	Vsi 100	Vsi 99	Li 85 Ls 99 e 10	e 15	e 6	60	2	60	0,8
	b							50	2,5	50
c	Li 80 Ls 99 e 15			e 20	e 6 ²⁾	40	3	40	1	
d	Pas de spécifications mais FTP renseignée									

1) Au moins un, défini par le producteur.

2) Pour les sables dont la teneur en fines moyenne est ≥ 15 % e = 8.

3) VB selon prEN 933-9, voir paragraphe 5.5 du présent document.

Granulats pour chaussées : couches de roulement utilisant des liants hydrocarbonés**Caractéristiques de fabrication des gravillons**

Catégorie	Passants (%) à						A ³⁾	P
	2 D	1,58 D	D	(d + D)/2 ²⁾	d	0,63 d	Vss	
I	Vsi 100	Vsi 99	Li 85 ¹⁾ Ls 99 e 10	Li 30 Ls 70 e 25	Li 1 Ls 15 ¹⁾ e 10	Vss 5	10	0,5
II							15	1
III							20	2

1) Si D ≤ 1,6 d, Li = 80 à D et Ls = 20 à d.
2) Ne s'applique que si D ≥ 2 d (voir paragraphe 5.4).
3) Les Vss de A sont majorées de 5 points si D ≤ 10 mm.

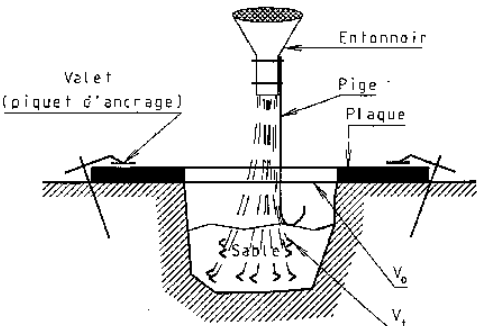
Caractéristiques de fabrication des sablons et des sables

Catégorie	Passants (%) à					Propreté des sablons et des sables PS ou VB ²⁾ Vsi ou Vss	
	2 D	1,58 D	D	Tamises intermédiaires ¹⁾	0,08 mm		
a	Vsi 100	Vsi 99	Li 85 Ls 99 e 10	e 15	e 6	60	2

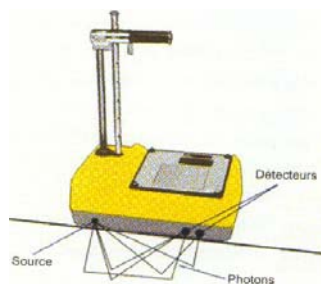
1) Au moins un, défini par le producteur.
2) Selon prEN 933-9, voir paragraphe 5.5 du présent document.

4. MISE EN ŒUVRE DE COUCHE DE BASE EN GRAVE NON TRAITEE

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Réception des granulats	Voir « Fabrication des granulats »			
Humidification en centrale	Teneur en eau sur stock et sortie malaxeur	2 / jours	W% OPM +/- 2%	PV d'essais
Mise en œuvre	Homogénéité des matériaux Surveillance des appro. Surveillance du malaxage Surveillance du compactage	Permanent	-	-
Réception géotechnique	Proctor modifié Densité	1/5000 m ² 1/1000 m ²	95 % mesure > 100 % OPM ou 100 % > 85 % γ_s	PV d'essais Fiche de réception
Réception géométrique	Nivellement Epaisseur Largeur Surfacage Dévers Déflexion	3 points / profil 1 / profil 1 / profil 1 / profil 1 / 50 ml	+1 cm -0 cm / théorique +2 cm -0.5 cm / théorique -0 cm / théorique max 1 cm +/- 0.5 % d ₉₈ < 75 / 100mm	PV topo PV déflexion Fiche de réception

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante - NF P 98-200-2 : On mesure en un point donné de la chaussée et dans des conditions spécifiées, la déflexion provoquée par une charge roulante se rapprochant du point de mesures. Celle-ci est constituée par un demi-essieu à roues jumelées de charge 65 kN. La déflexion est mesurée à l'aide de la poutre Benkelmann en 1/100 mm. Les mesures peuvent être effectuées sur toutes les chaussées, indépendamment de leur nature, en revanche l'interprétation qui en est faite dépend essentiellement de la structure considérée.	Camion chargé à 13 Tonnes à l'essieu arrière Poutre Benkelmann Comparateur	Déflexion d en 1/100 mm
Mesure de la masse volumique des matériaux d'assises en place - méthode au sable - NF P 94-061-03 : L'essai consiste à creuser une cavité, à recueillir et peser la totalité du matériau extrait, puis à déterminer le volume de la cavité en la remplissant d'un sable sec de masse volumique connue, dans des conditions de mise en place définies. Le matériau de la cavité est séché afin de déterminer son poids sec.  Cet essai ne s'applique ni aux sols trop secs fissurés ni aux sols trop humides lorsque l'ouverture de la cavité de mesure s'accompagne d'une déformation.	Densitomètre à sable Sable fin Balance 3 kg sur batterie Réchaud à gaz	Masse Volumique Humide $\square d$ en kg/m ³ Masse Volumique Sèche $\square s$ en kg/m ³

Mesure de la masse volumique des matériaux d'assises en place - mesure par gammadensimètre en transmission directe - NF P 98-241-1 : L'essai a pour but de déterminer la masse volumique moyenne des matériaux situés entre la partie supérieure libre d'une couche et une cote donnée (Z) à l'aide d'un gammadensimètre. La mesure est fondée sur l'absorption par le matériau des photons gamma d'énergie donnée, émis par une source enfoncée à la profondeur Z dans la couche soumise à l'essai. Le nombre C de photons gamma traverse le matériau par unité de temps et il est directement lié à la compacité et la teneur en eau du matériau. Le gammadensimètre est calibré avant chaque utilisation sur un bloc de référence de travail dont la masse volumique est connue. Cet appareil est soumis à une réglementation stricte ne matière de protection radionucléaire et seuls les opérateurs autorisés portant un dosimètre sont habilités à l'utiliser. Il peut être utilisé sur les matériaux hydrauliques (terrassément, grave ciment, grave non traité) ou hydrocarbonés (enrobé si épaisseur supérieure à 5 cm)	Gammadensimètre	Masse Volumique Humide ρ_d en kg/m³ Masse Volumique Sèche ρ_s en kg/m³ Teneur en eau : W en % (pour matériau hydraulique)
---	------------------------	--



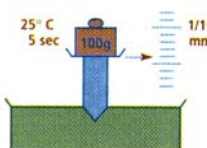
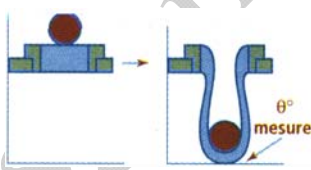
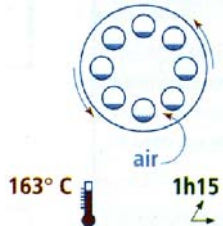
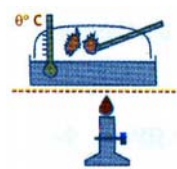
Référence normative

NF P98-115

Assises de chaussées. Exécution des corps de chaussées. Constituants - Composition des mélanges et formulation - Exécution et contrôle

5. RECEPTION DU BITUME

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Réception du bitume	Point éclair Pénétration à 25 °C Point ramollissement bille anneau Détermination de la densité relative RTFOT	1/ 250 T	Selon Type de bitume et selon NF EN 12591	PV d'essais Fiche fournisseur Demande d'agrément

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Pénétrabilité à l'aiguille - NF EN 1426 - T 66-004 : On mesure la profondeur (1/10 mm) à laquelle une aiguille type, chargée, pénètre dans la prise d'essai dans les conditions normalisées (25°C). La valeur retenue est la moyenne de trois déterminations ne sortant pas d'une certaine étendue. 	Bain thermostatique Etuve Pénétromètre à bitume	Profondeur de pénétration en 1/10 mm
Détermination de la densité relative - méthode au pycnomètre - T 66-007 : On pèse un pycnomètre de 24 à 30 ml rempli d'eau distillée à 25°C et maintenu dans un bain d'eau à cette température. On remplit ensuite le pycnomètre de bitume à 25°C et on calcule le rapport de sa masse à celle de l'eau 	Etuve Bain thermostatique Balance 400 gr Pycnomètre Eau distillée	Densité relative
Détermination du point de ramollissement - méthode bille et anneau - NF EN 1427 - T 66-008 : On mesure la température à laquelle une bille d'acier, placée à la surface du produit contenu dans un anneau de métal, tombe d'une hauteur déterminée après avoir traversé le produit progressivement ramolli sous l'effet d'une élévation de température effectuée à vitesse constante (5°C/mn) 	Bain thermostatique Etuve Appareil Bille Anneau Thermomètre Plaque chauffante	Température Bille Anneau en °C
Résistance au durcissement RTFOT - NF EN 12607-1 : Le RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) permet de simuler l'évolution d'un bitume pendant la fabrication et la mise en place d'un enrobe. On soumet le bitume en film mince dans un cylindre tournant horizontal à un courant d'air à 163 °C pendant 75 min. On mesure ensuite la variation de masse de l'échantillon, l'augmentation du point de ramollissement, la température de ramollissement et la pénétrabilité restante. 	Essai réalisé par le CST Magny les Hameaux	Variation de masse en % Péné. restante en 1/10 Augmentation point ramollissement en °C Temp. de ramollissement en °C
Point d'éclair - NF EN ISO 2592 - T 60-118 : Versé dans un récipient cylindrique (vase cleveland), le produit est chauffé de façon que sa température s'élève de 5°C/mn. Ce point éclair correspond au moment où l'inflammation des vapeurs a lieu sous l'influence d'une flamme de veilleuse présentée de 2 en 2°C. 	Appareil Cleveland Thermomètre	Température d'éclair en °C

Référence normative**NF EN 12591 - Bitumes et liants bitumineux. Spécifications des bitumes routiers.**

Spécifications des bitumes routiers de grades 20/30 à 160/220	Unité	Méthodes	Désignation des classes appropriées				
			20/30	35/50	50/70	70/100	160/220
Pénétrabilité à 25 °C	× 0,1 mm	EN 1426	20-30	35-50	50-70	70-100	160-220
Point de ramollissement	°C	EN 1427	55-63	50-58	46-54	43-51	35-43
Résistance au durcissement RTFOT à 163 °C		EN 12607-1					
— variation de masse, maximum, ±	%	EN 12607-1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
— pénétrabilité restante après durcissement, minimum	%	EN 1426	55	53	50	46	37
— point de ramollissement après durcissement, minimum	°C	EN 1427	57	52	48	45	37
— augmentation du point de ramollissement, maximum	°C	EN 1427	8	8	9	9	11
Point d'éclair, minimum	°C	EN 22592	240	240	230	230	220
Solubilité, minimum	% (m/m)	EN 12592	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Teneur en paraffines, maximum	% (m/m)	EN 12606-2	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

6. FABRICATION DES EMULSIONS

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Fabrication des émulsions	Teneur en eau Homogénéité PH Indice de rupture Pseudo-viscosité	1 / 25 T 1/semaine	Selon Type d'émulsion et selon NF T 65011	PV d'essais

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Détermination de la teneur en eau - NF EN 1428 - T 66-023 : Additionnés de toluène, 40 gr d'émulsion sont soumis à distillation jusqu'à ce que le volume d'eau recueilli dans le vase de recette reste constant. On en mesure le volume en ml.	 Appareil Dean Stark Balance 400 gr Toluène	Rapport du volume récupéré à la masse initiale en %
Essai d'homogénéité par tamisage - NF EN 1429 - T 66-016 : Un tamis à maille carrées de 500 µm ayant subi une préparation reçoit 1000 g d'émulsion dans des conditions normalisées puis est séché à l'étuve et refroidi. 50 gr de filtrat dilué dans une solution ad hoc sont versés sur un tamis à mailles de 160 µm, l'opération étant similaire à la précédente	 Balance 3 kg Etuve Tamis 160 µm Tamis 500 µm	Proportion pour 100 gr d'émulsion de particules > 0.5 mm et entre 0.16 et 0.5 mm
Détermination du PH des émulsions de bitume – NF EN : L'essai consiste à mesurer le PH d'une émulsion à l'aide d'un PH mètre et de vérifier le caractère acide des émulsions cationiques et basiques des émulsions anioniques	 PH mètre	PH
Détermination de l'Indice de rupture d'une émulsion cationique - NF EN 13075-1 - T 66-017 : Par l'intermédiaire d'une trémie, on introduit régulièrement un matériau de référence constitué par des fines siliceuses en les mélangeant avec l'émulsion disposée dans une capsule jusqu'à ce que se forme un caillot isolé et non adhérent.	Trémie Fines siliceuses Balance 400 gr	Indice de rupture = $100 \times (\text{masse fine} / \text{masse émulsion})$
Détermination de la pseudo-viscosité (Engler) - NF EN 12846 - T 66-020 : Placé dans une cuve cylindrique en laiton, immergé dans un bain thermostaté, dont le fond comporte en son centre un orifice calibré obturé par un pointeau, un volume repéré d'émulsion (250 ml) est chauffé à 25 °C. Le pointeau étant alors relevé, on mesure le temps d'écoulement de 200 ml d'émulsion. La même opération ayant été faite au préalable avec de l'eau distillée, la pseudo viscosité exprimée en degré Engler est égale au temps d'écoulement de l'émulsion rapporté à celui de l'eau. Si elle dépasse 15° Engler, on utilise alors le viscosimètre STV décrit par la norme NF T 66-005.	 Etuve Viscosimètre Engler Thermomètre Eprouvette graduée Chronomètre	Viscosité en Degré Engler
Détermination de la pseudo-viscosité (STV) - T 66-005 : Après avoir été chauffé à 60°C, le prise d'essai refroidie est versée dans un récipient maintenu pendant 1,5h à 25°C au sein d'un bain d'eau. Ce récipient est percé d'un orifice d'écoulement (4 ou 10 mm). L'obturateur étant relevé, on note le temps nécessaire à l'écoulement de 50 ml de liant remplissant une éprouvette entre deux graduations repères.	 Etuve Viscosimètre STV Thermomètre Eprouvette graduée Chronomètre	Temps d'écoulement en s

Référence normative

**NF T 65-011 Octobre 1984 LIANTS HYDROCARBONÉS
ÉMULSIONS DE BITUME
Spécifications**
Emulsions cationiques :**ECR 65 – ECR 69 :** Emulsions d'accrochage et enduits superficiels**ECM 60 :** Emulsion d'imprégnation pour Grave Non Traité grenue en surface**ECL 55 :** Emulsion d'imprégnation pour Grave Non Traité fermée en surface**ECS 60 :** Emulsion pour Enrobé Coulé à Froid

Caractéristiques	Méthodes normalisées de référence	Rapide			Semi-rapide			Lente		Surstabilisée		
		Classes			Classes			Classes		Classes		
		ECR 60	ECR 65	ECR 69	ECM 60	ECM 65	ECM 69	ECL 55	ECL 60	ECL 65	ECS 55	ECS 60
Teneur en eau (%)	NFT 66-023	39 à 41	34 à 36	30 à 32	39 à 41	34 à 36	30 à 32	44 à 46	39 à 41	34 à 36	44 à 46	39 à 41
Pseudo viscosité Engler à 25 °C	NFT 66-020	2 à 15	> 6	—	> 2	> 6	—	< 15	2 à 15	> 6	< 15	> 2
Pseudo viscosité STV à 25 °C (diamètre de l'orifice d'écoulement 4 mm)		—	—	> 9	< 18	—	> 9	—	—	—	—	< 18
Homogénéité :	NFT 66-016	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
- particules supérieures à 0,63 mm												
- particules comprises entre 0,63 mm et 0,16 mm		< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Stabilité au stockage par décantation (1)	T 66-022	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Adhésivité (2) :	NFT 66-018	≥ 90 ≥ 75	≥ 90 ≥ 75	≥ 90 ≥ 75	≥ 90 ≥ 75	≥ 90 ≥ 75	≥ 90 ≥ 75	— ≥ 75	— ≥ 75	— ≥ 75	— —	— —
- émulsion à stockage limité (1)												
1 ^{re} partie de l'essai												
2 ^e partie de l'essai		≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75	—	—
- émulsion stockable (1)												
Indice de rupture	NFT 66-017	< 100	< 100	< 100	80 à 140	80 à 140	80 à 140	> 120	> 120	> 120	—	—
Stabilité au ciment	NFT 66-024	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤ 2	≤ 2
Charge des particules	NFT 66-021	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive

(1) Il est admis qu'une émulsion stockée pendant un temps T à une température supérieure à 5°C, brassée, peut présenter une couche superficielle de solution aqueuse ; après brassage cette couche doit disparaître et l'émulsion ne doit pas présenter d'amorce de rupture.
On distingue :
— une émulsion à stockage limité, par le fait que le temps T précédemment défini est au maximum de 15 jours ;
— une émulsion stockable, par le fait que le temps T précédemment défini est compris entre 15 jours et 3 mois.

(2) Les caractéristiques d'adhésivité d'une émulsion doivent être spécifiées vis-à-vis d'une nature définie de granulats.

Emulsions anioniques

pour traitement de sol ou recyclage de chaussée – très peu utilisée

Caractéristiques	Méthodes normalisées de référence	Rapide				Lente			Surstabilisée	
		Classes				Classes			Classes	
		EAR 50	EAR 55	EAR 60	EAR 65	EAL 55	EAL 60	EAL 65	EAS 55	EAS 60
Teneur en eau (%)	NFT 66-023	49 à 51	44 à 46	39 à 41	34 à 36	44 à 46	39 à 41	34 à 36	44 à 46	39 à 41
Pseudo viscosité Engler à 25 °C	NFT 66-020	< 6	< 15	> 2	> 6	< 15	> 2	> 6	< 15	< 2
Pseudo viscosité STV à 25 °C (diamètre de l'orifice d'écoulement 4 mm)		—	—	< 18	—	—	< 18	—	—	< 18
Homogénéité :	NFT 66-016	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
- particules supérieures à 0,63 mm										
- particules comprises entre 0,63 et 0,16 mm		< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Indice de rupture	T 66-019	> 0,5	> 0,5	> 0,5	> 0,5	0	0	0	—	—
Stabilité au ciment	NFT 66-024	—	—	—	—	> 2	> 2	> 2	≤ 2	≤ 2
Charge des particules	T 66-021	négative	négative	négative	négative	négative	négative	négative	négative	négative

7. MISE EN ŒUVRE DES ENDUITS SUPERFICIELS ET DES COUCHES D'IMPREGNATION

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Réception de la surface	Balayage éventuel	-	-	-
Vérification du matériel	Visuel (propreté ..)	1 / jour	-	-
Mise en œuvre de l'enduit d'imprégnation ou de l'enduit superficiel	Dosage liant	1/2000 m ²	+/- 0.1kg/m ² / théorique	PV d'essais
	Régularité Transversale	1/jour	R < 0.15	
	Température	1/jour	120 à 150	
	Dosage granulat	1/1500 m ²	+/- 10 %	

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Détermination du dosage en liant répandu - NF P 98-275-1 : L'essai consiste à recueillir une partie du liant appliqué par la répandeuse : - soit pour déterminer le dosage moyen en liant à l'aide de plaques 500 mm x 500 mm, - soit pour déterminer la régularité transversale du dosage en liant à l'aide d'un ensemble de plaques 50 mm x 100 mm alignées transversalement. Les plaques reçoivent une épaisseur de mousse ou moquette de même taille. On pèse le liant répandu que l'on rapporte à la surface de la plaque pour avoir le dosage.	Plaque Mousse Balance 3 kg sur batterie	Dosage en liant répandu DI en kg/m ² Régularité Transversale r en %
Mesure du dosage en granulat - essai à la boîte doseuse - NF P 98-276-1 : Une boîte rectangulaire de 0.25 x 0.50 m profonde de 4 cm reposant sur la chaussée reçoit des granulats au passage du gravillonneur. Après l'avoir munie d'un couvercle transparent gradué, on lit directement la quantité reçue après l'avoir redressée à la verticale.	Boîte doseuse	Dosage en granulat répandu : Dg en l/m ²

Référence normative

NF P98-160 - Revêtement de chaussée. Enduit superficiel d'usure. Spécifications

Guide Technique SETRA LCPC Enduits superficiels

Localisation	Support	Trafic			
		Fort T0 - T1	Moyen T2 - T3	Faible 10 à 50 PL/J	Très faible ≤ 10 PL/J (2 sens)
Rase campagne	Lisse sans ressuage	MDG 10/14 - 4/6	Mono 6/10 MDG 6/10 - 2/4 MDG 10/14 - 4/6	Mono 6/10	Mono 4/6 Mono 6/10
	Rugueux	Bic 10/14 - 4/6 Mono 6/10	Bic 6/10 - 2/4 Mono 6/10	Bic 6/10 - 2/4 Mono 6/10	Bic 6/10 - 2/4 Mono 4/6 (6/10)
	Très rugueux	Mono 4/6	Mono 4/6	Mono 4/6	Mono 4/6
	Hétérogène perméable	Déconseillé	Bic 10/14 - 4/6	Bic 6/10 - 2/4	Bic 6/10 - 2/4
	Hétérogène ressuant	Déconseillé	MPG 10/14 - 4/6	MPG 6/10 - 2/4	MPG 6/10 - 2/4
Agglomération	Lisse sans ressuage	Déconseillé	Mono 6/10 MDG 6/10 - 2/4	Mono 6/10	Mono 4/6
	Rugueux	Déconseillé	Bic 6/10 - 2/4 Mono 6/10	Bic 6/10 - 2/4 Mono 4/6	Bic 6/10 - 2/4 Mono 4/6
	Hétérogène perméable	Déconseillé	Bic 6/10 - 2/4	Bic 6/10 - 2/4	Bic 6/10 - 2/4
	Hétérogène ressuant	Déconseillé	MPG 6/10 - 2/4	MPG 6/10 - 2/4	MPG 6/10 - 2/4

Mono : monocouche simple gravillonnage

MDG : monocouche double gravillonnage

MPG : monocouche prégravillonné

Bic : bicouche

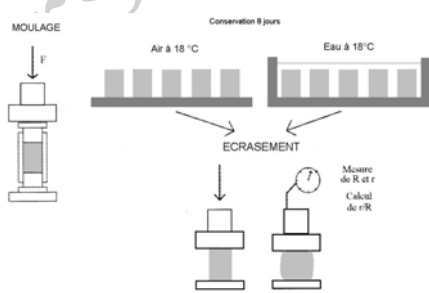
Les granularités 2/4 utilisées en deuxième couche de certaines structures peuvent être remplacées par des granularités 4/6.

Tableau des dosages de base en liant et gravillons (à adapter selon situation)

Structures	Granularité	Emulsion 69 %	Granulats
Monocouche	4/6	1.300	6 à 7
	6/10	1.750	8 à 9
	10/14	2.150	11 à 13
Monocouche Double gravillonnage	6/10 2/4	1.750	6 à 7 3 à 4
	10/14 4/6	2.150	8 à 9 4 à 5
Bicouche	6/10 2/4	1.000 1.300	7 à 8 4 à 5
	10/14 4/6	1.100 1.400	10 à 11 6 à 7
Monocouche prégravillonné	4/6 2/4	1.300	5 à 6 4 à 5
	6/10 2/4	1.750	7 à 8 6 à 7
	10/14 4/6	2.100	8 à 9 7 à 8
Bicouche prégravillonné	10/14 6/10 4/6	1.750 1.650	8 8 7 à 8
	14/20 10/14 4/6	1.950 1.850	9 7 7 à 8
		Kg/m ²	L/m ²

8. FABRICATION DES ENROBES

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Etude de formulation	Essai Marshall Essai Duriez Eventuellement : Essai PCG Essai d'ornièrage	1 / type d'enrobé / section	Selon norme produit enrobé	Rapport d'étude Demande d'agrément
Réception des granulats	Voir « Fabrication des granulats »			
Réception du bitume	Voir « Réception du bitume »			
Etalonnage de la centrale	Etalonnage trémies doseuses, pompe à bitume et doseur à filler	1 par formule	Selon formule	PV Etalonnage
Vérification du matériel	Visuel (propreté ..)	1 / jour	-	-
Fabrication de l'enrobé	Suivi des températures : liant, séchage, sortie malaxeur Teneur en liant Analyse granulométrique	En continu 2 / jours	Théorique +/- 0.25 ppc Selon courbe étude	PV d'essais

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Essai statique sur mélanges hydrocarbonés - Essai DURIEZ normal - NF P 98-251-1 : Préparé dans un malaxeur en laboratoire, l'enrobé sert à la confection d'éprouvettes cylindriques qui sont moulées sous presse à une force normalisée puis conservées 7 jours à 18°C, les unes dans une enceinte à 50% d'humidité, les autres immergées. Elles sont ensuite écrasées sous une presse à vitesse constante et on mesure la résistance à la rupture à la compression à « l'air » et à « l'eau », de ces éprouvettes. On évalue la tenue à l'eau de l'enrobé par le rapport entre les résistances à l'air et à l'eau. 	Balance 15 kg Etuve Malaxeur Moule Duriez Bain thermostatique Enceinte climatique Presse Duriez	Résistance à l'air : R en MPa Résistance à l'eau : r en MPa Rapport R/r
Essai statique sur mélanges hydrocarbonés - Essai MARSHALL - NF P 98-251- : Préparé dans un malaxeur au laboratoire ou prélevé sur site, l'enrobé sert à la confection d'éprouvettes cylindriques compactées selon un mode dynamique (analogue au Proctor, avec une dame Marshall à raison de 50 coups par face). Les éprouvettes sont ensuite portées à une température de 60°C et sont logées entre deux mâchoires puis écrasées diamétralement sous une presse à vitesse constante. La « stabilité Marshall » est égale à l'effort maximal enregistré et le « fluage Marshall » est la valeur de l'affaissement en 1/10 mm de l'éprouvette au moment de la rupture. Les normes produits françaises des enrobés ne donnent pas de spécifications pour l'essai Marshall. 	Balance 15 kg Etuve Dame Marshall Moule Marshall Bain thermostatique Presse Marshall Anneau dyn. 60 kN Mâchoire d'écrasement Fluagemètre	Stabilité Marshall en daN Fluage en 1/10 mm

Mesure de la masse volumique apparente par pesée hydrostatique - NF P 98-250-6 :

On détermine la masse de l'éprouvette puis son volume apparent par pesée hydrostatique après paraffinage de sa surface. En application de la loi d'Archimède, on déduit la masse volumique apparente de l'éprouvette.

Cet essai est effectué sur les éprouvettes confectionnés en laboratoire (Duriez ou Marshall) ou sur des prélèvements réalisés in-situ par carottage.

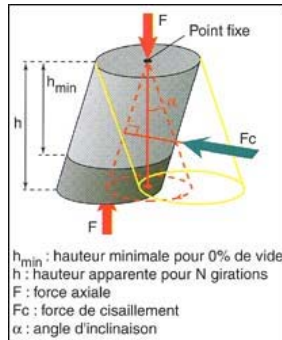


Balance munie d'un crochet pour pesée hydrostatique Paraffine

Masse Volumique Apparente : MVA en kg/m³

Essai de compactage à la P.C.G. - NF P 98-252 :

Il consiste à mesurer l'accroissement de la compacité d'un enrobé à chaud en fonction du nombre n de rotations d'un moule dans lequel il a été placé et qui est entraîné dans un mouvement conique engendrant une action de pétrissage du mélange simulant les conditions de compactage sur chantier.



Essai réalisé par le CST Magny les Hameaux

Courbe compacité en % en fonction du nombre de rotations n

La compacité que l'on peut obtenir sur chantier peut être déduite de celle obtenue en laboratoire par cet essai. Il permet d'apprécier la maniabilité de l'enrobé.

Essai d'ornièrage - NF P 98-253-1 :

La méthode consiste à déterminer en laboratoire la profondeur d'ornièrage par fluage au moyen de la simulation d'une charge roulante sur des matériaux hydrocarbonés de compositions et de masses volumiques apparentes données.

Une éprouvette parallélépipédique d'enrobé fabriquée en laboratoire ou prélevée sur chantier est placée dans un moule et est testée à 60°C.

On fait alors « rouler » sur la surface de l'éprouvette un pneumatique animé suivant le grand axe de l'éprouvette d'un mouvement sinusoïdal de fréquence et d'amplitude spécifiées avec une charge maintenue constante.

On mesure en fonction du nombre de passage du pneumatique (nb de cycles) la profondeur de l'ornièrage.



Essai réalisé par le CST Magny les Hameaux

Profondeur d'ornièrage en mm en fonction du nombre de cycles

Dosage du bitume par extraction (Kumagawa) - Méthode d'Essai Interne Inspirée Méthode LCPC :

La méthode consiste à déterminer simultanément les teneurs en eau et en liant d'un enrobé en les extrayant à chaud à l'aide d'un solvant (perchloroéthylène) qui forme avec l'eau un mélange azéotrope. Le poids du liant est calculé par différence entre celui de l'échantillon et celui du granulats et de l'eau (et des fines récupérées dans la cartouche). La durée de l'essai est d'au moins 4h et varie selon la granularité.

On effectue généralement sur les granulats propres et séchés une analyse granulométrique.



Etuve
Balance 15 kg
Appareil Kumagawa
Solvant
Cartouche

Teneur en liant : T en ppc

Mesure du poids spécifique des enrobés au pycnomètre - Méthode d'Essais Interne :

Cet essai consiste à mesurer en laboratoire la masse volumique réelle d'un enrobé qui d'habitude est donnée théoriquement par l'étude de formulation (calcul à partir des masses volumiques des granulats et de la densité du bitume). La prise d'essai est pesée et introduite dans un pycnomètre de volume connu qui est ensuite rempli de solvant de densité connue. On calcule alors le volume occupé par l'enrobé pour connaître sa masse volumique.



Balance 3 kg
Pycnomètre
Solvant

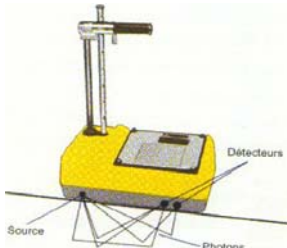
Masse Volumique Réelle : MVR en kg/m³

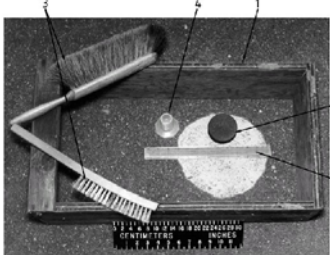
Référence normative	Nom	Gran.	Classe	Epaisseurs		Disc.	k	% liant	Caractéristiques minimales des granulats XP P 18-540
				Min.	Moy.			ρ = 2,65	
P 98-130 Nov 99	BBSG	0/10	1	4	5 à 7		3.4	5.7	Roulement C III a, RC2 Liaison D III a Sable roulé maxi 10% Passant à 2 mm entre 25 et 45% Apport agrégats roulement 10% Apport agrégats liaison 20%
			2						
			3						
		0/14	1	5	6 à 9		3.2	5.4	
			2						
			3						
P 98-132 Juin 00	BBM A	0/10	1	2.5	3 à 4	2/6,30	3.3	5.5	Roulement C III a, IC 60 Granulats d'origine unique : Passant à 2 mm entre 25 et 35% Granulats d'origine différentes : Passant à 2 mm entre 25 et 40%
			2						
			3						
		0/14	1	3	3,5 à 5		3.2	5.3	
			2						
			3						
	BBM B	0/10	1	2.5	3 à 4	4/6,30	3.3	5.5	
			2						
			3						
		0/14	1	3	3,5 à 5		3.2	5.3	
			2						
			3						
	BBM C	0/10	1	2.5	3 à 4		3.3	5.5	Apports agrégats 10%
			2						
			3						
P 98-134 Juin 00	BBDr	0/6	1	2	3 à 4		3.4	4.9	B II a, RC2 Li 85 à D et Ls 15 à d si D < 1,6 d Passant à 2 mm < 20%
			2				3.2	4.7	
		0/10	1	3	4 à 5		3.3	4.8	
			2				3.1	4.6	
P 98-136 Déc 91	BBS 1 BBS 2 BBS 3 BBS 4	0/10		2	4 à 5	2/6,30	3.4	5.7	C III a, IC ³ 60 ou IC = 100 CPA exigé pour d/D ≥6,30mm
					4 à 6		3.7	6	
		0/14		3	8		3.4	5.5	
					10 à 12		3.1	5.2	
P 98-137 Mai 01	BBTM	0/6	1	1.5	2 à 3		0/6 >3.5		B II a, RC2 Passant à 2 mm entre 15 et 35 %
		0/10	2				0/10 >3.4		
P 98-138 Nov 99	GB	0/14	2	6	8 à 14		2.5	4.2	Base D III a Fondation E III a IC30 mini si niveau 1 Apport agrégats 40%
			3				2.8	4.7	
			4				2.9	4.9	
		0/20	2	8	10 à 16		2.5	4.2	
			3				2.8	4.7	
			4				2.9	4.9	
P 98-140 Nov 99	EME	0/10	1	5	6 à 8		2.5	4.2	Base D III a Fondation E III a Apport agrégats 40% IC30 mini si niveau 1
			2				3.4	5.7	
		0/14	1	6	7 à 13		2.5	4.2	
			2				3.4	5.7	
		0/20	1	8	9 à 15		2.5	4.1	
			2				3.4	5.6	
P 98-141 Nov 99	BBME	0/14	1	4	5 à 7		3.5	5.8	Roulement C III a, RC2 Liaison D III a Sable roulé maxi 10% Apport agrégats roulement 10% Apport agrégats liaison 20%
			2						
			3						
		0/20	1	5	6 à 9		3.3	5.5	
			2						
			3						

Norme NF	Nom	Gran.	Classe	Essai PCG (% vides)								Duriez	Essai d'orniérage (%)					Module Mpa 15°C , 10Hz	Fatigue μD 10°C , 25Hz
				10g	25g	40g	60g	80g	100g	120g	200g	r/R	Epais .	% vides	3000	10000	30000		
P 98-130 Nov 99	BBSG	0/10	1	≥ 11			5					≥ 0,75	10cm	5 à 8			≤ 10	≥ 5500	≥ 100
			2				à 11										≤ 7,5	≥ 7000	
			3														≤ 5	≥ 7000	
		0/14	1				4 à 9										≤ 10	≥ 5500	
			2														≤ 7,5	≥ 7000	
			3														≤ 5	≥ 7000	
P 98-132 Juin 00	BBM A	0/10	1	≥ 11		6 à 11					≥ 0,75	5cm	7 à 10	≤ 15					
			2											≤ 15					
			3											≤ 10					
		0/14	1											≤ 15					
			2											≤ 15					
			3											≤ 10					
	BBM B	0/10	1			7 à 12							8 à 11	≤ 15					
			2											≤ 15					
			3											≤ 10					
		0/14	1											≤ 15					
			2											≤ 15					
			3											≤ 10					
	BBM C	0/10	1			8 à 13								≤ 15					
			2											≤ 15					
			3											≤ 10					
P 98-134 Juin 00	BBDr	0/6	1			20< 25					≥ 0,80								
			2			>25 30													
		0/10	1			20< 25													
			2			>25 30													
P 98-136 Déc 91	BBS 1 BBS 2 BBS 3 BBS 4	0/10	1			4 à 9					≥ 0,80								
			2			4 à 9													
		0/14	1			4 à 9					≥ 0,75								
			2			4 à 9													
P 98-137 Mai 01	BBTM	0/6	1			0/6 12 à 20 0/10 10 à 18					≥ 0,80	5 cm	0/6 9 à 16	≤ 15					
		0/10	2			0/6 20 à 25 0/10 18 à 25							0/10 16 à 22	≤ 20					
P 98-138 Nov 99	GB	0/14	2	> 14				≤ 11			≥ 0,65	10cm	8 à 11			≤ 10	≥ 9000	≥ 80	
			3					≤ 10					≥ 0,70			7 à 10	≤ 10	≥ 9000	≥ 90
			4					≤ 9					≥ 0,70			5 à 8	≤ 10	≥ 11000	≥ 100
		0/20	2								≤ 11		≥ 0,65			8 à 11	≤ 10	≥ 9000	≥ 80
			3								≤ 10		≥ 0,70			7 à 10	≤ 10	≥ 9000	≥ 90
			4								≤ 9		≥ 0,70			5 à 8	≤ 10	≥ 11000	≥ 100
P 98-140 Nov 99	EME	0/10	1				≤ 10			≥ 0,70	10cm	7 à 10							
			2				≤ 6					≥ 0,75						3 à 6	
		0/14	1				≤ 10			≥ 0,70		7 à 10							
			2				≤ 6			≥ 0,75		3 à 6							
		0/20	1							≤ 10		≥ 0,70						7 à 10	
			2							≤ 6		≥ 0,75						3 à 6	
P 98-141 Nov 99	BBME	0/14	1	≥ 11		5 à 10				≥ 0,80	10cm	5 à 8			≤ 10	≥ 9000	≥ 110		
			2												≤ 7,5	≥ 12000	≥ 100		
			3												≤ 5	≥ 12000	≥ 100		
		0/20	1			4 à 9									≤ 10	≥ 9000	≥ 110		
			2												≤ 7,5	≥ 12000	≥ 100		
			3												≤ 5	≥ 12000	≥ 100		

9. MISE EN ŒUVRE DES ENROBES

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Avant application	Vérification état du matériel S'assurer que le support ne comporte pas de flaques d'eau Vérifier l'état de propreté du support	Début de chantier et au cours des travaux	-	-
Transport	Vérification du bâchage des camions et du vidage des camions	Visuel	-	-
Pendant l'application	Thermomètre (dans trémie et derrière table finisseur)	2 / heure	Selon bitume utilisé	-
	Mesure compacité au gammadensimètre Réalisation de carottage et mesure de compacité par pesée hydrostatique pour calage de l'appareil	1 / 200 ml	98 % à 102 % de la compacité de référence (Duriez ou selon norme)	PV d'essais
	Contrôle des épaisseurs par carottage	1/200 ml	-1cm / -0.5 cm / théorique	PV d'essais
Réception géométrique	Nivellement	3 points / profil	+1 cm –0.5 cm / théorique	PV topo
	Epaisseur		+1 cm –0.5 cm / théorique	
	Largeur	1 / profil	-0 cm / +5 cm théorique	
	Surfacage	1 / profil	max 0.5 cm	
	Dévers	1 / profil	+/- 0.5 %	

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Mesure de la masse volumique des matériaux d'assises en place - mesure par gammadensimètre en transmission directe - NF P 98-241-1 : L'essai a pour but de déterminer la masse volumique moyenne des matériaux situés entre la partie supérieure libre d'une couche et une cote donnée (Z) à l'aide d'un gammadensimètre. La mesure est fondée sur l'absorption par le matériau des photons gamma d'énergie donnée, émis par une source enfoncée à la profondeur Z dans la couche soumise à l'essai. Le nombre C de photons gamma traverse le matériau par unité de temps et il est directement lié à la compacité et la teneur en eau du matériau. Le gammadensimètre est calibré avant chaque utilisation sur un bloc de référence de travail dont la masse volumique est connue. Cet appareil est soumis à une réglementation stricte en matière de protection radionucléaire et seuls les opérateurs autorisés portant un dosimètre sont habilités à l'utiliser. Il peut être utilisé sur les matériaux hydrauliques (terrassement, grave ciment, grave non traité) ou hydrocarbonés (enrobé si épaisseur supérieure à 5 cm)	 Gammadensimètre	Masse Volumique Humide γ_d en kg/m³ Masse Volumique Sèche γ_s en kg/m³ Teneur en eau : W en % (pour matériau hydraulique)

Mesure de la masse volumique apparente par pesée hydrostatique - NF P 98-250-6 : On détermine la masse de l'éprouvette puis son volume apparent par pesée hydrostatique après paraffinage de sa surface. En application de la loi d'Archimède, on déduit la masse volumique apparente de l'éprouvette. Cet essai est effectué sur les éprouvettes confectionnés en laboratoire (Duriez ou Marshall) ou sur des prélèvements réalisés in-situ par carottage.		Balance munie d'un crochet pour pesée hydrostatique Paraffine	Masse Volumique Apparente : MVA en kg/m³
Essai de hauteur au sable vraie - NF P 98-216.1 : La méthode d'essai consiste à araser un volume connu de sable sur une surface de revêtement propre et sèche, à mesurer la surface couverte et à calculer la profondeur moyenne entre le fond des creux et les sommets des aspérités de la surface du revêtement. Cet essai permet d'apprécier la macrotexture d'un enrobé et sa rugosité.		Cylindre calibré Disque araseur Règle Sable	Hauteur au Sable Vraie : HSv en mm

Référence normative

NF P 98-150 - Décembre 1992

Exécution des corps de chaussées, couches de liaison et couches de roulement
Constituants - Composition des mélanges - Exécution et contrôles

Catégorie du bitume pur	Température de fabrication (°C)
180/220	130 — 150
80/100	140 — 160
60/70	145 — 165
40/50	150 — 170

Norme NF	Nom	Granulat	Classe	Epaisseurs		% liant	Déf. règle 3m	In situ				Niveau Epreuve Formulation																																																																														
				Min.	Moy.	$\rho = 2,65$		Accr.	HSv	Vp	% vides																																																																															
P 98-130 Nov 99	BBSG	0/10	1	4	5 à 7	5.7	2 cm	≥ 250	$\geq 0,4$		4 à 8	niveau 1 niveau 2 niveau 3 niveau 4																																																																														
			2																																																																																							
			3																																																																																							
		0/14	1	5	6 à 9	5.4			$\geq 0,5$																																																																																	
			2																																																																																							
			3																																																																																							
P 98-132 Juin 00	BBM A	0/10	1	2.5	3 à 4	5.5	1,5 cm	≥ 250	$\geq 0,7$		5 à 10	niveau 1 niveau 2																																																																														
			2																																																																																							
			3																																																																																							
		0/14	1	3	3,5 à 5	5.3							$\geq 0,5$																																																																													
			2																																																																																							
			3																																																																																							
	BBM B	0/10	1	2.5	3 à 4	5.5			$\geq 0,5$	$\geq 0,7$																																																																																
			2																																																																																							
			3																																																																																							
		0/14	1	3	3,5 à 5	5.3			$\geq 0,5$																																																																																	
			2																																																																																							
			3																																																																																							
	BBM C	0/10	1	2.5	3 à 4	5.5			$\geq 0,5$	$\geq 0,7$																																																																																
			2																																																																																							
			3																																																																																							
		P 98-134 Juin 00	BBDr	0/6	1	2			3 à 4		4.9		1 cm	≥ 350		0.6		niveau 1																																																																								
					2						4.7					0.9																																																																										
				0/10	1	3			4 à 5		4.8					0.8																																																																										
2	4.6				1.2																																																																																					
P 98-136 Déc 91	BBS 1 BBS 2 BBS 3 BBS 4				0/10			2		4 à 5	5.7	2 cm				≥ 250					4 à 9	niveau 1																																																																				
										4 à 6	6																																																																															
				8		5.5																																																																																				
				0/14	3	10 à 12		5.2	3 cm																																																																																	
P 98-137 Mai 01	BBTM	0/6	1	1.5	2 à 3			≥ 300	0/6 $\geq 0,7$			niveau 1																																																																														
		0/10	2						0/10 $\geq 0,9$				P 98-138 Nov 99	GB	0/14	2	6	8 à 14	4.2	≥ 250				≤ 11	niveau 1 niveau 2 niveau 3 niveau 4	3	4.7	≤ 9	4	4.9	≤ 8	0/20	2	8	10 à 16	4.2	≤ 11	3	4.7	≤ 9	4	4.9	≤ 8	P 98-140 Nov 99	EME	0/10	1	5	6 à 8	4.2	≥ 250				≤ 10	niveau 1 niveau 2 niveau 3 niveau 4	2	5.7	≤ 6	0/14	1	6	7 à 13	4.2	≤ 10	2	5.7	≤ 6	0/20	1	8	9 à 15	4.1	≤ 10	2	5.6	≤ 6	P 98-141 Nov 99	BBME	0/14	1	4	5 à 7	5.8	2 cm	≥ 250	$\geq 0,4$		4 à 8	niveau 1 niveau 2 niveau 3 niveau 4
P 98-138 Nov 99	GB	0/14	2	6	8 à 14	4.2	≥ 250				≤ 11	niveau 1 niveau 2 niveau 3 niveau 4																																																																														
			3			4.7					≤ 9																																																																															
			4			4.9					≤ 8																																																																															
		0/20	2	8	10 à 16	4.2					≤ 11																																																																															
			3			4.7					≤ 9																																																																															
			4			4.9					≤ 8																																																																															
		P 98-140 Nov 99	EME	0/10	1	5					6 à 8				4.2	≥ 250								≤ 10		niveau 1 niveau 2 niveau 3 niveau 4																																																																
					2										5.7									≤ 6																																																																		
				0/14	1	6					7 à 13		4.2	≤ 10																																																																												
2	5.7				≤ 6																																																																																					
0/20	1			8	9 à 15	4.1	≤ 10																																																																																			
	2					5.6	≤ 6																																																																																			
P 98-141 Nov 99	BBME			0/14	1	4	5 à 7	5.8	2 cm	≥ 250	$\geq 0,4$		4 à 8	niveau 1 niveau 2 niveau 3 niveau 4																																																																												
					2																																																																																					
		3																																																																																								
		0/20	1	5	6 à 9	5.5	$\geq 0,5$																																																																																			
			2																																																																																							
			3																																																																																							

10. RECEPTION DU CIMENT

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Réception du ciment	Résistance mécanique Essais chimiques Temps de prise Finesse	1/livraison	Selon Type de ciment et selon NF P 15 301	PV d'essais Bon fournisseur

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Détermination de la résistance mécanique - EN 196-1 : Confection d'éprouvettes prismatiques prélevées d'une gâchée de mortier plastique contenant en masse une partie de ciment et trois parties de sable normalisé avec un rapport eau sur ciment de 0,50 mélangés à l'aide d'un malaxeur normalisé. Conservation dans l'eau à 20°C pendant 7 j et 28 j Flexion : placée sur deux rouleaux de dia 10 mm écartés de 100 mm, l'éprouvette 4x4x16 mm est chargée progressivement jusqu'à rupture par l'intermédiaire d'un troisième rouleau équidistant des deux premiers. Après essai en traction par flexion, chaque demi-prisme est essayé en compression sur ces faces latérales 40x40	 Balance 3 kg Sable normalisé Malaxeur ciment Moule 4x4x16 Presse Anneau dyn. 100 kN Mâchoires écrasement 4x4x16 flexion et compression	Résistance Flexion : Rt MPa Résistance Compression : Rc MPa
Essais chimiques - EN 196-2 : Cette norme concerne la détermination de la perte au feu, des résidus insolubles, des dosages en sulfate (SO ₃), en sulfure, en manganèse et en éléments majeurs (SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , CaO)	Cf fournisseur	-
Détermination du temps de prise - EN 196-3 : Le début de prise est défini comme l'instant auquel l'aiguille montée sur l'appareil de Vicat munie de la surcharge cesse de s'enfoncer sous son propre poids dans le mortier lorsqu'elle n'est plus distante du fonds de moule de 4 mm. La fin de prise est le temps mesuré depuis l'instant zéro, au bout duquel l'aiguille ne pénètre pour la première fois qu'à 0,5 mm dans le mortier	 Balance 3 kg Malaxeur ciment Appareil Vicat avec moule Salle d'essai à 20°C	Temps de début de prise : td en mn Temps de fin de prise : tf en mn
Détermination de la finesse - méthode par tamisage - EN 196-6 : La finesse du ciment est déterminée par tamisage du ciment sur une maille de 90 µm	 Balance 400 gr Tamis 90µm	Finesse R en %

Référence normative

NF P 15-301 - Juin 1994 - P 15-301 - Liants hydrauliques

Spécifications mécaniques et physiques

Classe	Résistance à la compression (N/mm ²)				Retrait des CPA-CEM I CPJ-CEM II	Temps de début de prise	Stabilité
	Résistance au jeune âge		Résistance normale				
	2 jours	7 jours	28 jours		28 jours		
	Li	Li	Li	Ls	(μm/m)		
32,5	—	—	≥ 32,5	≤ 52,5	≤ 800	≥ 90	≤ 10
32,5 R	≥ 13,5	—			≤ 1 000		
42,5	≥ 12,5	—	≥ 42,5	≤ 62,5		≥ 60	
42,5 R	≥ 20	—					
52,5	≥ 20	—	≥ 52,5	—	—		
52,5 R	≥ 30	—					

Tableau 3 Spécifications chimiques

1	2	3	4	5
Propriété	Essai de référence	Type de ciment	Classe de résistance	Exigence (%) ¹⁾
Perte au feu	NF EN 196-2	CPA-CEM I CHF-CEM III CLK-CEM III	toutes classes	≤ 5,0
Oxyde de magnésium (MgO)	NF EN 196-2	CPA-CEM I	toutes classes	≤ 5,0
Résidu insoluble	NF EN 196-2	CPA-CEM I CHF-CEM III CLK-CEM III	toutes classes	≤ 5,0
Sulfates (SO ₃)	NF EN 196-2	CPA-CEM I CPJ-CEM II ²⁾	32,5 32,5 R 42,5	≤ 3,5
Limite supérieure		CPZ-CEM IV CLC-CEM V	42,5 R 52,5 52,5 R	≤ 4,0
		CHF-CEM III ³⁾	toutes classes	
Chlorures	NF EN 196-21	tous types ⁴⁾	toutes classes sauf 52,5R	≤ 0,10
			52,5R	≤ 0,05
Pouzzolanité	NF EN 196-5	CPZ-CEM IV	toutes classes	satisfait à l'essai

1) Les exigences sont données en pourcentage en masse.

2) Cette indication couvre tous les types de ciments CPJ-CEM II/A et CPJ-CEM II/B, à l'exception des ciments ne contenant que des schistes calcinés (T) comme constituant principal autre que le clinker pour lesquels la limite supérieure est 4,5 % de SO₃ pour toutes les classes de résistance.

3) Le type CLK-CEM III/C peut contenir un maximum de 4,5 % de SO₃.

4) Les ciments de type CHF-CEM III/A et B et CLK-CEM III/C peuvent contenir plus de 0,10 % de chlorures mais, dans ce cas, la teneur réelle en chlorures doit être déclarée.

11. FABRICATION DES BETONS HYDRAULIQUES

Constituants du béton

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Demande d'agrément des constituants des bétons	Réception du ciment	Voir « Réception du ciment »		
	Sable béton Granulométrie Module Finesse Equivalent Sable Valeur bleu	1/500 m ³	Fuseau 2.2 à 2.8 ESV > 80 < 1	PV essais
	Granulat béton Los Angeles Granulométrie Aplatissement Propreté Alcali réaction	1/carrière 1/500 m ³ 1/carrière	LA < 35 Fuseau < 30 < 1.5 négatif	PV essais
	Eau de gâchage Analyse	1/ chantier	Selon XP P 18 303	PV essais
	Adjuvant Analyse	1/ chantier	Selon Fiche fournisseur	Certificat Fournisseur
	Acier Adhérence - Rt	1/ chantier	Selon Fiche fournisseur	Certificat Fournisseur

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Equivalent de sable (sables à béton) - P 18-598 : Une éprouvette cylindrique ayant été remplie partiellement d'une « solution lavante » destinée à faire floculer les fines, la prise d'essai humide y est versée et l'ensemble est agité mécaniquement selon un mouvement alternatif horizontal. On fait alors remonter les fines en injectant dans le sable à l'aide d'un tube de la solution lavante jusqu'à compléter le volume prévu. Après 20 mn de repos, on mesure au mm la hauteur du niveau supérieur du floculat et celle de la partie sédimentée en se repérant sur la base d'un piston taré déposé à sa surface. L'équivalent de sable est le rapport de ces deux hauteurs en pourcentage.	Agitateur électrique Tube laveur Eprouvette plexiglas Chronomètre Piston taré Règlette métallique Solution lavante	Equivalent de sable : ES en %
Densité apparente des gravillons et sables pour béton - Méthode d'Essai Interne : La prise d'essai est versée dans un moule de volume et masse connus à l'aide d'un entonnoir placé au dessus du moule. Le surplus de matériau est arasé à l'aide d'une règle et le moule avec le matériau est pesé. La densité apparent est le rapport entre la masse du matériau et le volume du moule qu'il occupe.	Moule Balance Règle à araser	Densité Apparente : DA en kg/m ³
Mise en évidence des matières organiques par colorimétrie - essai à la soude - Méthode d'Essai Interne : Séchée à 50°C puis pesée, la prise d'essai est placée dans une fiole. Après addition de soude, agitation et repos de 24 h dans l'obscurité, la coloration du liquide surnageant au dessus du sable doit être moins foncée que celle d'une solution type.	Etuve Balance 3 kg Fiole Soude	Présence ou absence de matières organiques
Eau de gâchage pour béton - XP P 18-303 : Les essais consistent à vérifier que les caractéristiques de l'eau sont compatibles avec la fabrication et le tenue du béton. On mesure le PH, la présence de matières organiques, de matière en suspension, des teneurs en chlorure, sulfate, magnésium, ammonium par des essais chimiques simples et on compare les valeurs trouvées avec les spécifications de la norme.	 Kit d'analyse d'eau de gâchage	PH Présence matières en suspension, matières organiques Taux Cl ⁻ , NH ⁴⁺ , SO ₄ ⁻² , Mg ²⁺

Référence normative

XP P18-540 – 01 Octobre 1997

Granulats. Définitions, conformité, spécifications.

Granulats pour bétons hydrauliques

Catégorie	Vss
LA _A	30
LA _B et LA _C	40
LA _D	50

Caractéristiques applicables aux gravillons

Catégorie	Passants (%) à					
	2 D	1,58 D	D	(d + D)/2 ¹⁾	d	0,63 d
Gr _A	Vsi 100	Vsi 99	Li 80 Ls 99 e 15	Li 25 Ls 75 e 35	Li 1 Ls 20 e 15	Vss 5
Gr _B			e 19	Li 20 Ls 80 e 40	e 19	
Gr _C						
Gr _D	Pas de spécifications mais FTP renseignée ²⁾					

1) S'applique si D ≥ 2,5 d.

2) Catégorie destinée, par exemple, aux produits préfabriqués en usine et aux bétons architectoniques.

1) S'applique si D ≥ 2,5 d.

2) Catégorie destinée, par exemple, aux produits préfabriqués en usine et aux bétons architectoniques.

Catégorie	Vss
A _A	20
A _B et A _C	30
A _D	40

Caractéristiques applicables aux sables

Catégorie	MF	
MF _A	Li 1,8	e 0,6
MF _B	Ls 3,2	e 0,7
MF _C	e 0,7	
MF _D	e 0,8	

Catégorie	Passants (%) à					Propreté des sables PS ou VB ²⁾	
	2 D	1,58 D	D	Tamis intermédiaires ¹⁾	0,08 mm		
a	Vsi 100	Vsi 99	Li 85 Ls 99 e 10	e 15	e 6	60	2

1) Au moins un, défini par le producteur.

2) Selon prEN 933-9, voir paragraphe 5.5 du présent document.

XP P18-303 – 01 Août 1999 - Eau de gâchage pour béton

		Limite admissible
1	Huiles et graisses	Ne dépassant pas les traces visibles
2	Détergents	Disparition de la mousse en moins de 2 min
3	Couleur	Jaune pâle
4	Matières en suspension	Sédiment maximal de 4 ml (pour un échantillon de 80 ml)
5	Odeur	Aucune odeur et notamment absence totale d'odeur de sulfure d'hydrogène avant ou après l'addition d'acide chlorhydrique.
6	Acides	pH ≥ 4
7	Matières humiques	Couleur brun jaunâtre ou plus pâle, après addition de NaOH

	Teneur maximale en chlorures (mg/l)	Substance	Concentration maximale (mg/l)
Béton précontraint ou coulis	500	Sucres	100
Béton armé	1 000	Phosphates, exprimés en P ₂ O ₅	100
Béton non armé	4 500	Nitrates, exprimés en NO ₃ ⁻	500
		Plomb, exprimé en Pb ²⁺	100
		Zinc, exprimé en Zn ²⁺	100

La teneur en sulfates de l'eau, exprimée en SO₄²⁻, ne doit pas dépasser 2 000 mg/l.

NF EN 934-2 – 01 Septembre 2002**Adjuvants pour béton, mortier et coulis. Partie 2 : adjuvants pour béton - Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage**

- plastifiants/réducteurs d'eau
- superplastifiants/hauts réducteurs d'eau
- rétenteurs d'eau
- entraîneurs d'air
- accélérateurs de prise
- accélérateurs de durcissement
- retardateurs de prise
- hydrofuges de masse
- plastifiants/réducteurs d'eau/retardateurs de prise
- superplastifiants/hauts réducteurs d'eau/retardateurs de prise
- plastifiants/réducteurs d'eau/accélérateurs de prise

NF EN 934-6 - 01 Septembre 2002**Adjuvants pour béton, mortier et coulis. Partie 6 : échantillonnage, contrôle et évaluation de la conformité**

N°	Propriété	Méthode d'essai	Exigences
1	Homogénéité ^{a)}	Examen visuel	Homogène au moment de l'utilisation. Une ségrégation éventuelle ne doit pas dépasser les limites fixées par le fabricant.
2	Couleur ^{a)}	Examen visuel	Uniforme et similaire à la description fournie par le fabricant.
3	Composant actif ^{a)}	EN 480-6 ^{b)}	Le spectre infrarouge ne doit pas présenter de variation en ce qui concerne le composant actif par rapport au spectre de référence fourni par le fabricant.
4	Densité relative ^{a)} (liquides seulement)	ISO 758	• $D \pm 0,03$, si $D > 1,10$ • $D \pm 0,02$, si $D \leq 1,10$ où D correspond à la valeur indiquée par le fabricant.
5	Extrait sec conventionnel ^{a)}	EN 480-8 ^{c)}	• $0,95 T \leq X < 1,05 T$, pour $T \geq 20 \%$ • $0,90 T \leq X < 1,10 T$, pour $T < 20 \%$ T correspond à la valeur fixée par le fabricant en % en masse ; X est le résultat de l'essai en % en masse.
6	Valeur du pH ^{a)}	ISO 4316	• Valeur indiquée par le fabricant ± 1 ; ou • à l'intérieur des limites indiquées par le fabricant.
7	Effet sur le temps de prise au dosage maximal recommandé	EN 480-2 avec le dosage maximal recommandé dans le mortier de référence avec 4 ciments différents (voir EN 480-1).	Noter les résultats dans le rapport.
8	Teneur en chlore total ^{a) d)}	ISO 1158 ^{e)}	• $\leq 0,10 \%$ en masse ; ou • inférieure ou égale à la valeur indiquée par le fabricant.
9	Teneur en chlorure soluble dans l'eau (Cl ⁻) ^{a)}	EN 480-10	• $\leq 0,10 \%$ en masse ^{h)} ; ou • inférieure ou égale à la valeur indiquée par le fabricant.
10	Teneur en alcalins (Na ₂ O équivalent) ^{a)}	EN 480-12	Inférieure ou égale à la limite supérieure indiquée par le fabricant.
11	Comportement à la corrosion	^{f) g)}	Ne doit pas favoriser la corrosion de l'acier enrobé dans du béton ^{g)} .

a) La valeur déclarée par le fabricant doit être fournie par écrit à l'utilisateur, sur demande.
b) Si la méthode décrite dans l'EN 480-6 ne convient pas, le fabricant doit recommander une autre méthode d'essai.
c) Si la méthode décrite dans l'EN 480-8 ne convient pas, le fabricant doit recommander une autre méthode d'essai.
d) S'il n'y a pas de différence significative entre la teneur en chlore total et la teneur en chlorure soluble dans l'eau, il est permis de déterminer seulement cette dernière lors des essais ultérieurs sur l'adjuvant concerné.
e) La procédure de l'ISO 1158 doit être modifiée comme suit :
— augmenter la taille de l'échantillon de 0,1 g d'adjuvant sec ;
— utiliser des solutions de nitrate d'argent et de thiocyanate d'ammonium 0,01 N.
f) Pour les essais, utiliser un ciment CEM I avec une teneur en C₃A inférieure à 5 % en masse.
g) Jusqu'à l'acceptation d'une Norme européenne, la réglementation nationale à l'endroit de l'utilisation doit s'appliquer, si requis.
h) Lorsque la teneur en chlorure est inférieure ou égale à 0,10 % en masse, l'adjuvant peut être dit «sans chlorure».

Etude et fabrication du béton

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Etude de formulation	Affaissement Rc 28j Rt 28j	1/ type béton	Selon type de béton	Etude complète Demande d'agrément
Etalonnage de la centrale	Etalonnage bascules à agrégats et à ciment	1 par formule	Selon formule	PV Etalonnage
Vérification du matériel	Visuel (propreté ..)	1 / jour	-	-
Epreuve de convenance	Rc 7j Rc 28j	1/ type béton	80 % Rc 28j étude selon type de béton	PV essais Demande d'agrément
Epreuve de contrôle	Affaissement Rc 28j	3/jour 12 éprouvettes /journée	80 à 120 % étude 90 % Rc 7j 100 % Rc 28j	PV essais

Descriptif de l'essai**Essai de compression - NF P 18-455 :**

Provenant de moulage ou de carottage, conservées dans l'eau à 20°C, les éprouvettes cylindriques sont essuyées et pesées et leurs extrémités sont rectifiées (surfaçage à l'aide de souffre)

Centrées sur une machine d'essai étalonnée, elles sont soumises à une charge croissante appliquée jusqu'à rupture à une vitesse constante. On mesure généralement à 7 jours et 28 jours la résistance à la compression qui est le rapport entre la charge maximale appliquée et la surface de l'éprouvette.

**Matériel / Fourniture nécessaire**

Bac de conservation
Souffre
Appareil de surfaçage
Balance 30 kg
Presse à béton

Expression résultat

Résistance à la compression : Rc en MPa

Essai de fendage - NF P 18-408 :

Provenant de moulage ou de carottage, conservées dans l'eau à 20°C, les éprouvettes cylindriques sont essuyées et pesées.

Centrées sur un dispositif adapté sur une machine d'essai étalonnée, elles sont soumises sur leur génératrice à une charge croissante appliquée jusqu'à rupture à une vitesse constante. On mesure généralement à 7 jours et 28 jours la résistance au fendage qui est le rapport entre la charge maximale appliquée et la surface de la génératrice de l'éprouvette.

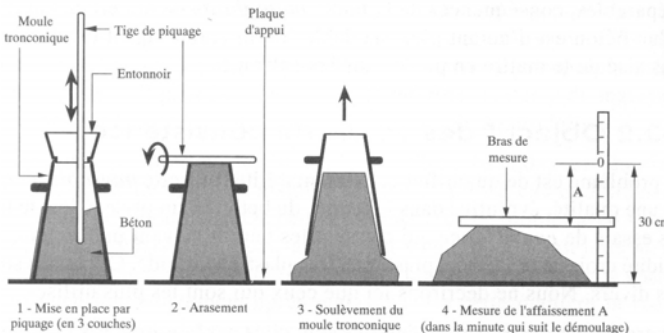


Bac de conservation
Dispositif de fendage
Balance 30 kg
Presse à béton

Résistance au fendage : Rt en MPa

Essai d'affaissement au cône d'ABRAMS - NF P 18-451 :

Le béton frais est introduit en couches, mises en place par piquage, dans un moule sans fond, tronconique, indéformable, huilé et posé sur une surface horizontale humidifiée.



Cône d'Abrahams

Affaissement A en cm

On mesure aussitôt après démoulage vertical la valeur de l'affaissement A à +/- 0.5 cm qui évalue la consistance du béton.

Référence normative**NF EN 206-1 – 01 Février 2002 - Béton. Partie 1 : spécification, performances, production et conformité****NF P98-303 – 01 Juillet 1988 Pavés en béton****XP P18-305 – 01 Août 1996 - Béton. Béton prêt à l'emploi****NF P18-404 – 01 Décembre 1981 - Bétons. Essais d'étude, de convenance et de contrôle - Confection et conservation des éprouvettes****NF P18-405 - 01 Décembre 1981 - Bétons. Essai d'information - Confection et conservation des éprouvettes****Classe de consistance des bétons**

Affaissement (cm)	Classe de consistance des bétons	Désignation simplifiée
≤ 4	Ferme	F
de 5 à 9	Plastique	P
de 10 à 15	Très plastique	TP
≥ 16	Fluide	Fl

Classe d'environnement

Classe	Environnement	Descriptif
1	sec	— intérieur de bâtiments d'habitation ou de bureaux et plus généralement intérieur de constructions où l'humidité est suffisamment faible pour ne pas entraîner de risques de condensation ; — éléments en environnement conforme au paragraphe 4.12 de la norme NF P 18-210 (Référence : DTU 23-1).
2a	humide sans gel ou avec un gel faible ¹⁾	— intérieur de bâtiments où l'humidité est suffisamment élevée pour entraîner des risques de condensation ; — parties extérieures ; — parties en contact avec un sol non agressif et/ou de l'eau.
2b ₁	humide avec gel modéré ¹⁾	— parties extérieures exposées au gel modéré ; — parties en contact avec un sol non agressif et/ou de l'eau et exposées au gel modéré ; — parties intérieures où l'humidité est élevée et exposées au gel modéré.
2b ₂	humide avec gel sévère ¹⁾	— parties extérieures exposées au gel sévère ; — parties en contact avec un sol non agressif et/ou de l'eau et exposées au gel sévère ; — parties intérieures où l'humidité est élevée et exposées au gel sévère.
3	humide avec gel modéré ou sévère et produits dégivants	— parties intérieures et extérieures exposées au gel et aux sels de déverglaçage.
4a ₁	marin immergé (sans gel ou avec gel faible)	— éléments complètement et en permanence immergés dans l'eau de mer.
4a ₂	marin marnage (sans gel ou avec gel faible)	— éléments partiellement immergés dans l'eau de mer ou éclaboussés par celle-ci ; — éléments exposés à un air saturé en sel.
4b	marin avec gel modéré ou sévère	— éléments partiellement immergés dans l'eau de mer ou éclaboussés par celle-ci et exposés au gel modéré ou sévère ; — éléments exposés au gel et à un air saturé en sel.
5a	faiblement agressif chimiquement ²⁾	— environnement à faible agressivité chimique (gaz, liquides ou solides) ; — atmosphère industrielle agressive.
5b	moyennement agressif chimiquement ²⁾	— environnement d'agressivité modérée (gaz, liquides ou solides).
5c	fortement agressif chimiquement ²⁾	— environnement à forte agressivité chimique (gaz, liquides ou solides).
1) Les classes de gel sévère, modéré et faible sont définies par les conditions suivantes mesurées en moyenne annuelle sur les 30 dernières années : — gel faible : pas plus de 2 jours ayant atteint une température inférieure à - 5 °C ; — gel sévère : plus de 10 jours ayant atteint une température inférieure à - 10 °C ; — gel modéré : entre gel faible et gel sévère. 2) Voir P 18-011.		

Spécifications des bétons

		Classes d'environnement E										
		1	2a	2b ₁	2b ₂	3	4a ₁	4a ₂	4b	5a	5b	5c
BCN et BCS	Rapport maximal E _{eff} / (C + kA) ¹⁾											
	non armé	2)	0,7	0,6	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5	0,55	0,5	0,45
	armé	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5	0,55	0,5	0,45
	précontraint	0,6	0,6	0,55	0,55	0,5	0,55	0,5	0,5	0,55	0,5	0,45
	Rapport maximal A / (A + C) ³⁾											
	additions calcaires	0,25	0,25	0,25	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	4)	4)	4)
	cendres volantes	0,3	0,3	0,3	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	4)
	laitiers moulus	0,3	0,3	0,3	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	4)
	fumées de silice	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,03	0,03
	fillers siliceux ⁵⁾	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,03	0,03	4)	4)	4)
	Teneur minimale en air du béton frais (en %)	2)	2)	2)	4 ⁶⁾	4 ⁶⁾	2)	2)	4 ⁶⁾	2)	2)	2)
	Teneur minimale en ciment ou en liant équivalent (en kg/m ³) ^{1) 7)}											
	non armé	150	200	240	300	330	330	350	350	330	350	385
	armé	260	280	280	310	330	330	350	350	330	350	385
	précontraint	300	300	300	315	330	330	350	350	330	350	385
	Nature du ciment	2)	2)	2)	2)	2)	PM ⁸⁾	PM ⁸⁾	PM ⁸⁾	PM ⁸⁾	ES ⁹⁾	ES ⁹⁾
BCN	Résistance caractéristique minimale à 28 jours (en MPa)											
	non armé	2)	16	20	28	32	32	35	35	32	35	40
	armé	22	25	25	30	32	32	35	35	32	35	40
	précontraint	30	30	30	30	32	32	35	35	32	35	40

1) La teneur minimale en ciment ou en liant équivalent s'applique à la charge définie en 3.15.

2) Absence de spécifications particulières.

3) Pour les classes 3 et 4, les spécifications prévues dans la norme NF P 15-317 sont également respectées.

4) Les additions éventuelles ne sont pas prises en compte pour le calcul du dosage en liant équivalent.

5) La norme pourra être révisée pour ces valeurs en fonction des recherches en cours.

6) Le respect de cette valeur implique l'utilisation d'un agent entraîneur d'air (voir NF P 18-353).

7) Ces valeurs sont définies pour $D = 20$ mm.

La quantité de liant équivalent à ajouter (+) ou à déduire (–) en pourcentage de la valeur indiquée, en fonction de la dimension réelle du plus gros granulat, exprimée en millimètres, est :

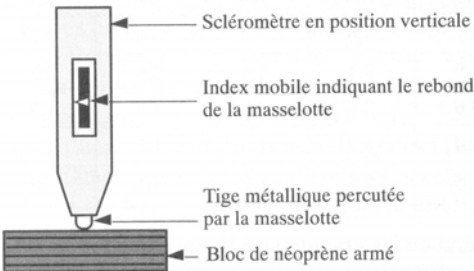
$D \leq 12,5$	$D = 16$	$D = 25$	$D \geq 31,5$
+ 10 %	+ 5 %	– 5 %	– 10 %

8) La composition de l'addition (teneur en sulfures, en sulfates,...) permet au liant équivalent de respecter les exigences de la norme NF P 15-317, ciments pour travaux à la mer.

9) La composition de l'addition (teneur en sulfures, en sulfates,...) permet au liant équivalent de respecter les exigences de la norme P 15-319, ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates.

12. MISE EN ŒUVRE DES BETONS D'ASSAINISSEMENT

Tâche à réaliser	Type de contrôle	Fréquence usuelle selon CPT	Spécifications usuelles selon CPT	Enregistrement qualité
Implantation Buse / Dalot	Topographique	Chaque ouvrage	+/- 5 cm nivellement +/- 10 cm plan	Demande de réception
Réception Fond de fouille Buse / Dalot	Compacité	Chaque ouvrage	92 % OPM	Demande de réception
Mise en place des éléments de buse	Alignement Fil d'eau	Chaque ouvrage	-	-
Exécution du dalot	Vérification conformité Coffrage Ferrailage	Chaque ouvrage	-	-
Remblai Bloc technique	Compacité	Chaque ouvrage	95 % mesure > 95 % OPM	PV d'essais
Fossé maçonné	Epaisseur Fonctionnement	Chaque ouvrage	-	-
Descente d'eau				

Descriptif de l'essai	Matériel / Fourniture nécessaire	Expression résultat
Mesure de la dureté de surface par rebondissement à l'aide d'un scléromètre NF P 18-417 : L'essai permet de mesurer la dureté de surface du béton sans destruction de celui-ci, en déterminant à l'aide d'un scléromètre un indice sclérométrique qui peut être relié la résistance en compression du béton. Si on laisse tomber une bille métallique sur la surface d'un matériau, on crée une énergie d'impact dont une partie entraîne le rebondissement de la bille.  Pour un béton, la hauteur de rebondissement sera d'autant plus grande que celui-ci est plus résistant et inversement. Le scléromètre est composé d'une masselotte chargée par ressort qui se projette sur une tige métallique en contact avec la surface du béton, appelée tige de percussion. La hauteur du rebond de cette masselotte est lue sur une échelle graduée, fixe par rapport au bâti de l'appareil. On relie la valeur de Is en effectuant des mesures avec le scléromètre sur des éprouvettes de béton durci que l'on écrase en compression.	Scléromètre Enclume d'étalonnage	Indice sclérométrique Is à relier avec Rc en Mpa

Référence normative

P18-504 – 01 juin 1990

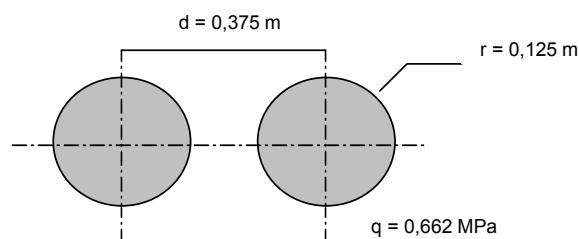
Béton. Mise en oeuvre des bétons de structure.

AIDE MEMOIRE – GUIDE TECHNIQUE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES

Modélisation

CHARGE DE REFERENCE

Demi essieu à roues jumelées de 65 kN



STRUCTURE

- Système multi-couche élastique linéaire, isotrope et homogène
- Caractéristiques des matériaux : E et ν
- Couche d'épaisseur h , infinie en plan (pas de bords ou fissures)
- Sol d'épaisseur infinie. Interface : collée ou glissante

PLATE-FORME

Massif homogène

Classe	PF1	PF2	PF3	PF4
Limites (E MPa)	20	50	120	200

Le module de calcul est celui de la limite inférieure de la classe :

Le coefficient de Poisson est pris égal à 0,35 pour les matériaux non traités et 0,25 pour les matériaux traités.

Relation Module – déflexion : $E \cdot d = 10340$

CONDITIONS D'INTERFACE

Structure	Collé	Semi collée	Glissante
Matériaux hydrocarbonés/support	X		
Cfond/Plate Forme	X		
Structure Bitumineuse			
Toutes couches	X		
Structure semi rigide			
Croul/Cbase	X		
Cbase/Cfond (GC/GC – GL/GL)		X	
Cfond/Support	X		
Structure béton			
Croul/Cbase	X		
Cbase/Cfond			X
Cfond/support	X		
Structure inverse			
Toutes couches	X		
Structure mixte			
Première Phase : toutes couches	X		
Deuxième phase : Cbase/Cfond			X
autres couches	X		

(semi collée : artifice de modélisation consistant à faire un calcul interface collée, un autre calcul interface décollée et à faire la demi somme des grandeurs calculées à chaque niveau)

COUCHE GRANULAIRE

Chaussée à faible trafic ($T \leq T3$)												
CBase		Catégorie 1 $E_{GNT} = 600 \text{ MPa}$ Catégorie 2 $E_{GNT} = 400 \text{ MPa}$ Catégorie 3 $E_{GNT} = 200 \text{ MPa}$										
Cfond (divisée en sous couches de 0.25 m)		$E_{GNT} \text{ (sous couche 1)} = k \times E_{\text{plate forme}}$ $E_{GNT} \text{ (sous couche i)} = k \times E_{GNT} \text{ (sous couche i-1)}$ Avec : <table><tr><td>Catégorie</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>k</td><td>3</td><td>2.5</td><td>2</td></tr></table> E_{GNT} est borné par la valeur indiquée en CBase			Catégorie	1	2	3	k	3	2.5	2
Catégorie	1	2	3									
k	3	2.5	2									
Chaussée à moyen trafic ($T2$ et $T3$) : structure GB/GNT												
Cfond (divisée en sous couches de 0.25 m)		$E_{GNT} \text{ (sous couche 1)} = 3 \times E_{\text{plate forme}}$ $E_{GNT} \text{ (sous couche i)} = 3 \times E_{GNT} \text{ (sous couche i-1)}$ E_{GNT} est borné par 360 MPa										
Chaussée à structure inverse												
$E_{GNT} = 480 \text{ MPa}$												

MODULE DES MATERIAUX TRAITES

Matériau	E (T° ; 10 Hz) en MPa						E (MPa) 15°C - 10 Hz	v
	- 10 °C	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C		
BBSG	14 800	12 000	7 200	3 600	1 300	1 000	5 400	0,35
GB 2	23 000	18 800	12 300	6 300	2 700	1 000	9 300	0,35
GB 3	23 000	18 800	12 300	6 300	2 700	1 000	9 300	0,35
EME 2	30 000	24 000	17 000	11 000	6 000	3 000	14 000	0,35
GC 2	-	-	-	-	-	-	23 000	0,25
SC 3	-	-	-	-	-	-	17 200	0,25
GLp	-	-	-	-	-	-	20 000	0,25
BC 5	-	-	-	-	-	-	35 000	0,25
BC 4	-	-	-	-	-	-	24 000	0,25
BC 3	-	-	-	-	-	-	24 000	0,25
BAC	-	-	-	-	-	-	35 000	0,25

Vérification**TRAFIC**

Nombre d'essieux équivalents NE :

suite géométrique $NE = MJA \times 365 \times \frac{(1 + \tau)^P - 1}{\tau} \times CAM$

suite arithmétique $NE = MJA \times 365 \times n \times \left(1 + \frac{(n-1) \times \tau}{2}\right) \times CAM$

En l'absence de toute autre information, on prend : MJA = centre de classe

Classes	T5	T4	T3	T2	T1	T0	TS	TEX
			- +	- +	- +	- +	- +	
Centre (MJA)		35	85	200	500	1 200	3 000	
Limites (MJA)	0	25	50	150	300	750	2 000	5 000

Classes de trafic Catalogue SETRA 94-98

V.R.S. 30 ans	TC ₁₃₀	TC ₂₃₀	TC ₃₃₀	TC ₄₃₀	TC ₅₃₀	TC ₆₃₀	TC ₇₃₀	TC ₈₃₀
10 ⁶ P.L	0,5	1,0	3,0	6,0	14	38	94	
V.R.N.S. 20 ans	TC ₁₂₀	TC ₂₂₀	TC ₃₂₀	TC ₄₂₀	TC ₅₂₀	TC ₆₂₀	TC ₇₂₀	TC ₈₂₀
10 ⁶ P.L	0,2	0,5	1,5	2,5	6,5	17,5	43,5	

Coefficient d'agressivité CAM

Structure	T moyen et fort	T faible
Bitumineuse	0,8	0,5
Semi-rigide	1,3	0,8
Rigide	1,3	0,8
Mixte Matx bitumineux	0,8	0,5
MTLH	1,3	0,8
Inverse Matx bitumineux	0,8	0,5
MTLH	1,3	0,8
GRH	1,0	1,0
Sols, GNT et GRH	1,0	1,0

SOLLICITATIONS ADMISSIBLES

Sols, GNT, GRH

	Trafic < 50 PL/jour	Trafic ≥ T3 50 PL/jour
GNT, Sols chaussée neuve	$\epsilon_{z, ad} = 0.016 (NE)^{-0.222}$	$\epsilon_{z, ad} = 0.012 (NE)^{-0.222}$
GRH chaussée neuve		$\epsilon_{z, ad} = 0.0144 (NE)^{-0.222}$ (coefficient 1.20)
GNT, Sols renforcement	$\epsilon_{z, ad} = 0.0225 (NE)^{-0.244}$	
GRH renforcement	$\epsilon_{z, ad} = 0.0270 (NE)^{-0.244}$ (coefficient 1.20)	

Couche de forme traitée

$$\sigma_{t, ad} = \sigma_6 \times \left(\frac{NE}{10^6} \right)^b$$

MTLH et Béton

$$\sigma_{t, ad} = \sigma_6 \times \left(\frac{NE}{10^6} \right)^b \times k_c \times k_d \times k_r \times k_s$$

Matériaux bitumineux

$$\epsilon_{t, ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}; 25\text{Hz}) \times \left(\frac{NE}{10^6} \right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(T_{Eq})}} \times k_c \times k_r \times k_s$$

Coefficient	Phénomène	Valeurs
k _c	calage	voir page suivante
k _d	discontinuité (bord et fissures) et gradient thermique (dalles de béton)	1 / 1,7 pour BC 1 / 1,47 pour BAC 0,8 pour GCV 1 sinon
k _r	risque et dispersion	10 ^{-ub} u : voir page suivante $\delta = \sqrt{[SN^2 + (cSh/b)^2]}$
k _s	défaut de portance	1 pour PF3 et PF4 1 / 1,1 pour PF2 1 / 1,2 pour PF1

CARACTERISTISQUES EN FATIGUE MATERIAUX

Matériau	$\epsilon_6 (10^{-6})$	σ_6 (MPa)	-1/b	SN	Sh (m)	kc
BBSG	100	-	5	0,25	(1)	1,1
GB 2	80	-	5	0,3	(1)	1,3
GB 3	90	-	5	0,3	(1)	1,3
EME 2	130	-	5	0,25	(1)	1,0
GC 2	-	0,75	15	1	0,03 (2)	1,4
SC 3	-	0,75	12	0,8	0,025 (2)	1,5
GLp	-	0,7	13,7	1	0,03 (2)	1,5
BC 5	-	2,15	16	1	(3)	1,5
BC 4	-	1,95	15	1	(3)	1,5
BC 3	-	1,63	15	1	(3)	1,5
BAC	-	2,15	16	1	(3)	1,5

(1) $Sh = 0,01$ m si $h < 0,10$ m ; $Sh = 0,025$ m si $h > 0,15$ m ; $Sh = 0,01 + 0,3*(h-0,10)$ sinon

(2) Sh peut être réduit à 0,02 m si l'aplaté forme est de qualité (géométrie et portance) et la machine de répandage bien guidée

(3) Sh dépend du type de matériel de mise en œuvre

Type de matériel	A	B ou C
C de Base Sur CdeFond. traitée	0,03 m	0,01 m
Autre cas	0,03 m	0,03 m

Valeurs de risques (%)

		T0	T1	T2	T3
Structures usuelles	MB	2.0	5.0	12.0	25.0
	MTLH	2.5	5.0	7.5	12.0
Structures inverses	MB	2.0	5.0	12.0	25.0
	MTLH	5.0	10.0	15.0	24.0
Structures mixtes	MB	2.0	5.0	12.0	25.0
	MTLH	3.0	10.0	20.0	35.0
Structures en béton	CdBase	2.8	5.0	7.5	11.5
	CdFond sauf BAC et BCg	5.6	10.0	15.0	23.0
	CdFond pour BAC et BCg	50.0	50.0	50.0	50.0

Valeurs de u associées au risque R

Les dispersions (h, fatigue) suivent une loi normale centrée réduite.

r (%)	u	r (%)	u	r (%)	u
1	-2.326	5.6	-1.590	23	-0.739
1.5	-2.170	7.5	-1.439	24	-0.706
2	-2.054	10	-1.282	25	-0.674
2.5	-1.960	11.5	-1.200	30	-0.524
2.8	-1.911	12	-1.175	35	-0.385
3	-1.881	15	-1.036	40	-0.253
5	-1.645	20	-0.842	50	0.000

Glossaire

Profil en travers

- VR Voie rapide
- VL Voie lente
- VM Voie médiane
- BAU Bande d'arrêt d'urgence
- TPC Terre plein central
- VSVL Voie supplémentaire pour véhicules lents
- VSR Voie supplémentaire en rampe

Trafic

- VL Véhicule léger
- PL Poids Lourd
- TMJA Trafic moyen journalier annuel
- TMJE Trafic moyen journalier estival
- CAM Coefficient d'agressivité moyen d'un Poids Lourd
- CU Charge utile
- NE Nombre équivalent d'essieu standard

Terrassements

- CdF Couche de forme
- GTR Guide technique des terrassements routiers
- AR Arase terrassement
- PF Plate-forme support de chaussée
- PST Partie supérieure des terrassements
- CBR Californian Bearing Ratio

Produits

- BB Béton bitumineux
- BBSG Béton Bitumineux Semi Grenu
- BBL Béton bitumineux de liaison
- BBTM Béton bitumineux très mince
- ED (BBDR) Enrobé Drainant
- EME Enrobé à module élevé
- BBME Béton Bitumineux à module élevé
- GB Grave Bitume
- GNT Grave Non Traitée GNT type A ou type B
- GH - SH Grave hydraulique - Sable hydraulique
- BM Béton maigre
- BAC Béton armé continu
- DE Dalle béton épaisse
- TV Terre végétale

LEXIQUE GEOLOGIE

Roches sédimentaires

Anhydrite : voir gypse.

Aragonite : carbonate de calcium (CaCO_3), de structure cristalline orthorhombique, différente de la calcite. Principal constituant des coquillages, de la perle, de la nacre. Se transforme en calcite à température ordinaire.

Argile : roche sédimentaire à grain fin, contenant au moins 50% de silicate d'alumine, auxquels s'ajoutent d'autres minéraux (quartz, feldspath, calcite, oxydes de fer). Résultent de la décomposition de roches riches en feldspath. Absorbe l'eau et forme une pâte imperméable (terre glaise). Souvent colorée par des oxydes de fer provenant de la décomposition de micas. Variétés : argile grasse ou maigre, bentonite, argile à blocs, argillite, argilolites, argile de décalcification (dépôt argileux issu de la dissolution du carbonate de chaux, dite "terra rossa"), les ocres jaune et rouge (argile colorée par des oxydes de fer).

Argileuse (roche) : roches sédimentaires à grains fins. Comprend les argiles, la kaolin, les marnes, la bauxite, le loess.

Arkose : roche détritique, composée de débris de quartz et de feldspath, formant un sable grossier qui peut se ressouder et former un "faux granite". Couleur claire.

Bauxite : argile riche en alumine (plus de 40% d' Al_2O_3), silice et oxyde de fer. Résulte de la décomposition de roches silicatées (syénite, basalte), ou de la décalcification de roches calcaires. Couleur rosé (présence d'hématite) à jaunâtre (présence de goethite).

Brèche : roche sédimentaire identique au poudingue, mais formée à partir d'éléments anguleux. Peut être également calcaire ou siliceuse.

Calcaire : roche sédimentaire formée de carbonate de calcium. La formation du calcaire peut-être :

- . d'origine **organique** : calcaires à foraminifères (dont la craie), calcaires coquilliers,
- . d'origine **chimique** : calcite, calcaire oolithique, pisolithique, lithographique.

Calcite : carbonate de calcium (CaCO_3) cristallisé (rhomboèdre à six faces), minéral des roches sédimentaires, principal constituant des roches calcaires et métamorphiques en dérivant. Incolore à transparent. Minéral le plus répandu sur terre après le quartz. Variété : spath d'Islande (double réfraction).

Carbonée (roche) : roche sédimentaire contenant du carbone en proportion variée. On distingue la houille, la lignite, la tourbe, les hydrocarbures, ainsi que le graphite.

Coquillier (calcaire) : calcaire renfermant des coquilles fossiles (cérites, gryphées, entroques, cératites, lumachelles, faluns).

Craie : calcaire d'origine organique (boue formée de coquilles de foraminifères). Friable, poreuse et avide d'eau. Se calcine à 800° pour donner de la chaux vive. **Variétés** : craie glauconieuse, de couleur verdâtre (renferme du silicate de fer), la craie marneuse, de couleur grise, (contient de l'argile), la craie grossière, ou tuffeau, (contient du mica et du sable), la craie phosphatée (renferme du phosphate).

Dolérite : roches basaltiques, de structure intermédiaire entre les roches grenues et les roches microlithiques.

Dolomitique (calcaire) : calcaire renfermant du carbonate double de magnésium et de carbonate de calcium. On distingue dolomie primaire (précipitation directe de dolomite dans des lagunes, à grain fin, de couleur rougeâtre à verdâtre), et dolomite secondaire (remplacement de la calcite par la dolomite, à grain grossier).

Foraminifères (calcaires à) : calcaires formés à partir de dépôts marins de tests de foraminifères planctoniques. On distingue la craie, le calcaire à nummulites (spires de quelques millimètres), le calcaire à miliolites.

Grauwacke : roche détritique d'origine marine, contenant des grains de quartz et de feldspath, ainsi que des débris de roches volcaniques cimentée par un liant riche en chlorite et argile.

Grès : roche détritique, poreuse, souvent litée, constituée de sable lié par un ciment siliceux ou calcaire. **Variétés** : grès pur à ciment siliceux, grès ferrugineux à ciment siliceux, grès quartzeux, grès à ciment calcaire (ciment formé de calcite).

Gypse : sulfate de calcium hydraté (CaSO_4), minéral des roches sédimentaires, à structure cristalline monoclinique. **Variétés** : gypse "fer de lance" ou "pied d'alouette", gypse saccharoïde (à grains fins), gypse fibreux (fines aiguilles accolées), gypse "rose des sables", albâtre (gypse blanc pur). Donne du plâtre (sulfate de chaux) par cuisson. Le plâtre, additionné de gélatine et de colorants donne le stuc (marbre artificiel). L'anhydrite est du gypse ne contenant pas d'eau.

Halite : chlorure de sodium (NaCl), de structure cubique, dit aussi sel gemme. Minéral des roches sédimentaires, à structure cristalline cubique. Incolore, soluble dans l'eau.

Houille : roches carbonées, résultant de la décomposition, à l'ère primaire, de végétaux ligneux sous l'action de micro-organismes anaérobies. Roches noires, combustibles, contenant 80% à 95% de carbone. On distingue : houille grasse (80% à 85% de carbone, riche en matières volatiles), houille maigre (90% de carbone), anthracite (95% de carbone).

Hydrocarbure : roche sédimentaire carbonée sous forme liquide, produit de la décomposition d'algues, petits animaux marins, plancton en milieu anaérobie. On distingue les huiles minérales, le bitume (ou asphalte, de consistance épaisse, voire solide, d'aspect gras).

Kaolin : roche argileuse, constituée de kaolinite, silicate d'aluminium hydraté (2SiO_2 , Al_2O_3 , $2\text{H}_2\text{O}$). Résulte de l'altération de roches feldspathiques potassiques (granites, pegmatites). Blanche, friable, imperméable, réfractaire.

Lignite : roche carbonée, à structure fibreuse, de formation identique mais plus récente que la houille. Renferme 70% de carbone. Fibreuse, à débris végétaux reconnaissables, couleur brun foncé. Nom dérivant du latin "lignum" : bois.

Loess : roche argilo-calcaire, d'origine éolienne (dépôts pulvérulents). Composée de très fines particules d'argile, calcaire et quartz. Par décalcification, le loess se transforme en lehm.

Marne : roche à la fois argileuse et calcaire. On distingue les marnes argileuses (de 5% à 35% de carbonate de calcium), les marnes (35% à 65%), les calcaires marneux (65% à 95%). Couleur variable, aspect terreux, avide d'eau. Chauffées, elles donnent respectivement la chaux (marne argileuse), la chaux hydraulique (marne), le ciment (marne calcaire).

Meulière : mélange de calcaire entouré d'une gangue de silice d'origine chimique (calcédoine). Peut être compacte ou alvéolaire.

Oolithique (calcaire) : calcaire formé de grains entourés de couches concentriques de calcite, de taille très petite (oolithique) ou petite (pisolithique).

Phthanite : roche sédimentaire siliceuse, formée par d'anciennes vases siliceuses consolidées. Couleur verdâtre ou noirâtre.

Pisolithique (calcaire) : voir oolithique.

Plâtre : voir gypse.

Poudingue : roche formée, pour moitié au moins, de galets liés par des grains de sable eux-mêmes unis par du ciment siliceux ou calcaire.

Sable : roche meuble, constituée de grains de quartz, d'une dimension de 0,1 à 2 mm. Au dessus de 2 mm, gravier et galets. D'autant plus pur en silice qu'il est clair. Provient de la destruction de roches riches en quartz (granites, gneiss). **Variétés** : sables micacés, feldspathiques, glauconieux (de couleur verte), ferrugineux (de couleur jaune à brun), calcaires. Fondu et mélangé à des carbonates de sodium et de calcium, donne du verre, qui peut être coloré par des oxydes métalliques (l'ajout de plomb conduit au cristal).

Saline (roche) : roche sédimentaire, provenant de l'évaporation de l'eau de mer, qui produit successivement du sulfate de calcium (gypse), du chlorure de sodium (sel gemme), les sels de magnésium et le chlorure de potassium (sel de potasse).

Sédimentaire (roche) : roche issue de débris arrachés aux autres roches, transformés en roches par diagenèse, transformations physique (dessiccation, humidification) et chimique (oxydation). Se présentent en strates. On distingue selon leur origine : calcaire, argileuse, siliceuse, salines, carbonées.

Siliceuse (roche) : roche sédimentaire contenant de la silice. Comprend notamment le sable, le grès, le poudingue siliceux, l'arkose, le grauwacke, la meulière, le silex.

Silex : morceaux arrondis, dits rognons, très durs, se trouvant dans les zones crayeuses. D'origine chimique, formé par des agrégats de calcédoine à partir de spicules d'éponges ou de tests de protozoaires. Utilisée comme "pierre à fusil".

Sylvite : chlorure de potassium (KCl), minéral des roches sédimentaires. Le plus souvent associée à la halite, forme alors la sylvinite, souvent colorée par des oxydes de fer. Structure cristalline cubique.

Sylvinite : voir sylvite.

Tourbe : roche carbonée, formée de fibres végétaux agglomérés, en cours de décomposition. Contient 50% à 60% de carbone.

Travertin : calcaire d'origine chimique, provenant de la pétrification de végétaux, par précipitation du carbonate de calcium dans des eaux douces riches en bicarbonate.

Roches métamorphiques

Almandin : minéral, variété de grenat, que l'on trouve dans les gneiss. Formule : $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$. Couleur rouge à brun.

Amphibolite : roche métamorphique, pauvre en silice, résultant d'amphibole et de plagioclase.

Andalousite : aluminosilicate de même formule que le disthène (Al_2SiO_5), minéral de métamorphisme de contact. Couleur rose à rouge. Fréquent là où les schistes sont au contact du granite.

Ardoisier (schiste) : roches de faible métamorphisme, formées par écrasement de sédiments argileux. Roche tendre, de couleur noirâtre ou grise, se débitant facilement.

Calcschiste : schistes provenant de marnes calcaires, contenant de la chlorite et des plaquettes de calcaire microcristallines à surface souvent satinée (schistes lustrés).

Cipolin : roche métamorphique dérivant du calcaire. Variété de marbre, composée de calcite et d'autres minéraux, d'aspect feuilleté et de couleur claire, rosée ou bleutée. Se rencontre souvent en masse isolée dans les massifs métamorphiques. Nom dérivant du latin "cipola" : oignon. Souvent employé par extension pour désigner tout calcaire cristallin.

Chloritoschiste (ou schiste chloriteux) : schiste de couleur vert foncé, contenant des paillettes ou lamelles de chlorite.

Disthène : minéral de moyen métamorphisme, silicate d'aluminium triclinique (Al_2SiO_5), associé aux grenat, staurotite, quartz et pegmatite. Couleur bleuâtre, aspect nacré. Se rencontre dans les schistes cristallins et les gneiss.

Epidote : minéral de la famille des aluminosilicates de calcium et de fer, né de la décomposition thermique et de l'altération des aluminosilicates riches en fer. Peut contenir également d'autres métaux rares. Cristaux allongés, transparents, de couleur vert foncé. Se trouve dans les roches métamorphiques et magmatiques.

Graphite : forme tendre du carbone pur (le diamant étant la forme dure). Formé à haute température dans les roches métamorphiques.

Gneiss : roches de métamorphisme profond, issues de roches sédimentaires (grès), dites paragneiss, ou de roches magmatiques (granites, syénites, rhyolites), dites orthogneiss. Aspect feuilleté, avec alternance de cristaux clairs (quartz et feldspath) et noirâtres, riches en fer et manganèse (micas, amphibole, hornblende). On distingue les gneiss rubanés, à lit bien marqué, des gneiss granitoïdes (grains grossiers), et des gneiss ocellés (à lentilles ovoïdes d'orthose). Roches proches : granulite, leptynite, migmatite.

Granulite : roche de haut métamorphisme, voisine du gneiss, de teinte claire, constituée de quartz, feldspath, et parfois grenat et pyroxène.

Grenat : minéral caractéristique des roches métamorphiques, de la famille des silicates associés à des métaux variés, de formule générale $\text{X}_3\text{Y}_3(\text{SiO}_4)_3$, X pouvant être du calcium, du magnésium, du fer, du manganèse, Y du fer, de l'aluminium, du chrome ou du titane. Couleur brun à rouge. Forte densité. Cristaux dodécaédriques rhomboïdaux, à 12 faces en forme de losange. **Variétés** : grossulaire (calcium, aluminium), hessonite, almandin (fer, aluminium), pyrope (magnésium, aluminium), de couleur rouge sombre, uvarovite (calcium, chrome), andradite et mélanine (calcium, fer), spessartine (manganèse, aluminium).

Leptynite : roche de haut métamorphisme, voisine du gneiss, à grain fin, renfermant souvent du grenat.

Lustrés (schistes) : roches feuilletées résultant du métamorphisme de roches sédimentaires (sables, calcaires), contenant des minéraux en paillettes donnant une coloration verdâtre et un toucher soyeux. Souvent composés de calcschistes.

Marbres : roche métamorphique dérivant, par écrasement et élévation de température, de roches calcaires. Composé de calcite et de couleur blanche à l'état pur, mais renfermant souvent diverses impuretés qui forment des veines. **Variétés** : marbre blanc, marbre rouge, marbre noir, marbre vert, cipolin.

Métamorphisme : transformation de roches sédimentaires ou éruptives en roches métamorphiques ou cristallophylliennes par des phénomènes mécaniques, thermiques et chimiques, notamment élévation de la température (jusqu'à 1.200°) et de la pression (environ 2.500 Kg/cm²). Le métamorphisme peut être léger (schistosité), plus poussé, provoquant une recristallisation fine (micas), ou grossière (gneiss). Il peut être général (ou régional) ou de contact (à l'occasion de la remontée des roches magmatiques à travers des roches sédimentaires). On distingue selon que les roches d'origine :

- . roches sédimentaires
 - . argiles et marnes transformées en schistes argileux, phyllades, schistes sériciteux et chloriteux, micaschistes, gneiss ;
 - . calcaires en marbres, cipolins, micaschistes, serpentine ;
 - . sables et grès en quartzites ;
 - . charbons en anthracite et gneiss graphiteux.
- . roches magmatiques
 - . granites et rhyolites transformées en gneiss, micaschistes ;
 - . gabbros et diorites en "roches vertes", schistes verts et chloriteux, amphibolites, pyroxénites ;
 - . péridotites en schistes verts et chloriteux, talcschistes et serpentinite.

Micaschiste : roche cristallophyllienne, de moyen métamorphisme, issue de roches argileuses et gréseuses, contenant nombreux minéraux. Alternance de lits de micas et de cristaux de quartz. Aspect feuilleté et brillant.

Migmatite : mélange de roches de type granite et gneiss.

Ophiolites : ensemble des "roches vertes" provenant du métamorphisme de roches magmatiques basiques et basaltiques. Couleur dominante verte.

Phlogopite : mica très clair, riche en magnésium, fréquent dans les calcaires métamorphiques. Voisine de la biotite.

Phyllade : schistes cristallins, d'aspect feuilleté. Nom dérivant du grec "phullon" : feuille). Comprend le schistes ardoisiers, les schistes sériciteux et les talcschistes.

Prasinite : roche métamorphique dérivant du gabbro, à débit schisteux, de couleur verte, riche en amphibole, épidote, chlorite.

Protogine : roche grenue porphyroïde, à structure schisteuse, à cristaux de quartz, feldspath et mica noir. Correspond à du granite légèrement métamorphisé (ortho-gneiss).

Pyrope : minéral, variété de grenat, de couleur rouge sombre. Composant des roches éruptives riches en péridot (serpentine).
Formule : $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$.

Quartzite : roche métamorphique siliceuse dérivant des sables, grès, composée de cristaux de quartz. Très dure et compacte, formée de sable aggloméré par un ciment lui-même cristallisé, de couleur claire gris-brun. **Variété** : quartzophyllades.

Quartzophyllade : quartzite d'aspect feuilleté.

Schiste : famille de roches métamorphiques issues du métamorphisme de sédiments argileux. **Variétés** :

- . phyllades (schistes cristallins) : schistes ardoisiers, séricitoschiste, talcschiste ;
- . chloritoschiste, contenant du chlorite, de couleur verte ;
- . calcschistes (issus de marnes, contenant chlorite et calcaire).

Séricitoschiste : roche métamorphique contenant de la séricite, variété soyeuse de mica blanc. Couleur gris à vert.

Serpentinite : roche de métamorphisme profond, à faible teneur en silice, dérivant de péridotites, notamment de serpentine. Feuilletée, tendre, et de teinte verte.

Staurotide (ou staurolite) : aluminosilicate contenant du fer , minéral de métamorphisme moyen (micaschistes, gneiss), souvent associé au disthène et au grenat. Formule : $2Al_2SiO_5 Fe(OH)_2$. Cristallise en prismes, parfois imbriqués en croix (nom dérivant du grec "stauros" : croix). Couleur brun-rouge.

Talcschiste : roche métamorphique contenant du talc et de la stéatite. Toucher onctueux. Couleur blanchâtre.

Vertes (roches) : voir ophiolite.

Roches magmatiques

Acide (roche) : riche en silice (plus de 60 %).

Actinote (ou actinolite) : silicate complexe de calcium, magnésium et de fer. Minéral des schistes cristallins, faisant partie des amphiboles. Apparaît dans les roches volcaniques par transformation de l'augite ou de l'olivine. Peut se transformer en talc. Variété : amiante.

Agate : variété de calcédoine se présentant en couches concentriques colorées.

Albite : minéral des roches éruptives alcalines, des pegmatites, des roches volcaniques et des gneiss. Feldspath contenant du sodium. Formule : $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. Fait partie des plagioclases. Couleur claire.

Aluminosilicates : font partie des nésosilicates. Comprend le groupe andalousite, disthène, sillimanite, le groupe topaze, staurolite, le groupe zircon, le groupe du sphène, et le groupe des borosilicates.

Améthyste : variété de quartz violet, contenant des impuretés de manganèse. Nom dérivant du grec "amethystos" : qui n'est pas ivre.

Amiante : variété de serpentine, se présentant sous forme de fibres.

Amphibole : silicates d'aluminium complexes, contenant du magnésium, du fer, du sodium et du calcium. Très proche des pyroxènes, cristallise dans les systèmes **monoclinique** (amphibole commune ou basaltique, telle que actinote, trémolite, hornblende) ou **orthorombique** (antophyllite). Minéral de couleur verte, répandu dans les roches pauvres en silice. Se transforme par hydratation en amiante. Nom dérivant du grec "amphi-bolos" : incertain.

Andésite : roche éruptive, à structure microlithique, correspondant à la diorite. Contient du feldspath calcosodique (plagioclase), mica, amphibole et pyroxène. Se compose de gros cristaux dans une pâte claire. Dure, rugueuse, de couleur gris violacé.

Anorthite : feldspath triclinique contenant du calcium. Formule $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Fait partie des plagioclases.

Augite : minéral, espèce principale des pyroxènes monocliniques. Silicate d'aluminium, contenant du magnésium, du sodium, du calcium, ainsi que du titane. Contient 4 à 12% d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et 4 à 16% de fer (Fe_2O_3). Voisin de l'amphibole, de couleur brun-noir ou verdâtre. Cristallise sous forme de prismes. Composant important des roches volcaniques basiques (tufs, basaltes, gabbros, andésites).

Basalte : roche éruptive basique, à structure microlithique, correspondant au gabbro, pauvre en silice. Contient feldspath calcosodique (plagioclase), mica noir, pyroxène et olivine. Lourde et de couleur noire.

Basique (roche) : roche pauvre en silice.

Béryl : minéral, silicate d'aluminium et de béryllium. Forme des gros cristaux prismatiques. Couleur variable selon les variétés : héliodore (blanc, jaune), aigue-marine (bleu), émeraude (vert),morganite (rose). Se trouve dans les pegmatites, schistes, gneiss.

Biotite : minéral de la famille des phyllosilicates, espèce principale du mica noir, contenant du potassium, du magnésium et du fer. Formule : $\text{K}(\text{MgFeMn})_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$. Couleur brun à noir. Un des principaux composants des granites, du gneiss et des micaschistes. Se transforme par altération en chlorite.

Calcédoine : variété de quartz se présentant en masse concrétionnée ou stalactitique, incolore ou colorée, de formation chimique, présente dans les cavités de roches magmatiques. **Variétés** : jaspe, cornaline (de couleur rouge sang, due à l'oxyde de fer, utilisée en joaillerie), cacholong (mélange crayeux de calcédoine et d'opale), chrysoprase (couleur vert pomme), agate, onyx.

Chlorites : minéral de la famille des phyllosilicates, proche du mica, de structure voisine du talc. On distingue les **orthochlorites**, pauvres en fer (dont la pennine) et les **leptochlorites**, riches en fer.

Chrysolite : voir olivine.

Chrysotile : voir amiante. Nom dérivant du grec "chrysos" : or, et "tilos" : fibre).

Corsite : variété de diorite, composée de feldspath et d'ouralite (pyroxène) altérée.

Cristallin (système) : forme cristalline simple des minéraux, au nombre de 7 : cubique, tétragonal, hexagonal, rhomboédrique, orthorombique, monoclinique, triclinique.

Cristalline (roche) : englobe les roches métamorphiques et magmatiques.

Diopside : fait partie de la famille des pyroxènes monocliniques. Formule : $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$. Couleur verte, éclat vitreux.

Diorite : roche éruptive à structure grenue, contenant du feldspath calcosodique, du mica, de l'amphibole et parfois un peu de pyroxène. Ne contient pas de quartz. Souvent associée au granite et au gabbro. Plus sombre que le granite, présente des cristaux verdâtre (feldspath) et foncé (amphibole). **Variétés** : kersantite (riche en mica noir), diorite orbiculaire ou corsite.

Eruptive (roche) : voir magmatique.

Feldspath : silicate anhydre d'aluminium, auquel s'ajoutent du potassium, du calcium ou du sodium. Un des principaux constituants des roches éruptives (granites, pegmatites) ainsi que des schistes cristallins. On distingue les feldspaths potassiques, dont les principaux sont l'orthose et la microcline, et les feldspaths calcosodiques, dits plagioclases, dont les opposés sont l'albite (riche en sodium), l'anorthite (riche en calcium), en passant par l'oligoclase et la labradorite. On distingue également selon le mode de cristallisation : **monoclinique** (orthose) ou **triclinique** (microcline, plagioclase). Nom dérivant de l'allemand "feld" : champ, "spat" : pierre.

Gabbro : roche éruptive, à structure grenue, sombre et dense, composée de feldspath alcalin, mica, amphibole, et beaucoup de pyroxènes (augite). Peut contenir aussi de l'olivine et de la magnétite. Ne contient pas de quartz. Accompagne souvent les diorites. Roche lourde, de couleur verte et noire. **Variétés** : euphotide (gros cristaux de plagioclase vert), péridotite (contient, en plus du pyroxène, du péridot ou olivine), serpentine (olivine altérée).

Granite : famille de roche éruptive, à structure grenue, constituée de quartz, feldspath et mica. Roche la plus répandue sur la terre. Nom dérivant du latin "granum" : grain. **Variétés** : granite rose (feldspath rose), granite gris (feldspath blanc, mica blanc, mica noir), granite porphyroïde (orthose), granite à amphibole, granite à pyroxène, granulite (mica blanc), pegmatite (cristaux géants). On distingue :

- . granite **alcalin** : composé de quartz, mica, feldspath, également riche en potassium et sodium, ainsi qu'en minéraux colorés (amphibole, pyroxène, sphène). Sujet à la formation de taffoni.
- . granite **leucocrate** : très clair, pauvre en minéraux ferro-magnésiens, qui forme des reliefs escarpés.
- . granite **monzonitique** : composé de quartz, feldspaths et mica noir en quantités égales.

Granodiorite : composé de quartz, feldspaths et mica noir. Les feldspaths calcosodiques (plagioclases) sont particulièrement représentés.

Grenue (structure) : roches éruptives, refroidies en profondeur, dont les cristaux sont visibles à l'oeil nu. Composées de quartz, feldspath, mica, amphibole, pyroxène. Familles du granite, de la syénite, de la diorite, du gabbro.

Hornblende : minéral de la famille des amphiboles, silicate de magnésium, de calcium et de fer. Couleur verte à noire, aspect vitreux. Élément essentiel des diorites, syénites, gabbros, amphibolites.

Ignimbrite : roche volcanique, mousse de lave.

Inosilicates : catégorie de phyllosilicates, contenant les pyroxènes et les amphiboles.

Intrusive (roche) : voir magmatique.

Lépidolite : variété de mica renfermant du lithium. Cristaux tabulaires, de couleur lilas clair. Se trouve dans les granites et pegmatites.

Lahar : ensemble chaotique formé par des roches volcaniques entraînées par des coulées de boue.

Leucite : aluminosilicate, contenant du potassium. Formule : KAlSi_2O_6 . Constituant des roches volcaniques. Couleur blanche à grisâtre.

Magma : matériaux en fusion (jusqu'à 1.200°), formant une masse visqueuse sur laquelle "flottent" les continents, et qui s'épanche par volcanisme. Formé de silicates, dont la fluidité est fonction de la teneur en silice (les plus fluides sont les moins riches).

Magmatique (ou éruptive) : roches résultant de la solidification du magma. On distingue, selon leur composition et leur texture :

- . les roches plutoniques ou d'intrusion (cristallisation en profondeur), acides ou granitiques, contenant 66% de silice ; texture grenue, traduisant un refroidissement lent, tels que granites, gabbro, diorites, formés vers 10 à 20 km de profondeur ;
- . les roches volcaniques (refroidissement superficiel de roches expansées), basiques ou basaltiques, contenant 45 à 52 % de silice. Texture microlithique ou vitreuse, traduisant un refroidissement rapide, tels que les basaltes.

Mica : Groupe de minéraux en paillettes, de la famille des phyllosilicates monocliniques. Silicate hydroxydé d'aluminium et de potassium, avec des oxydes de magnésium et de fer. Nom dérivant du latin "micare" : briller. Important constituant du granite.

On distingue :

- . mica **blanc**, riche en aluminium et en potassium (muscovite), surtout présent dans les roches de profondeur,
- . mica **noir**, riche en magnésium et en fer (biotite).

Microcline : forme triclinique du feldspath potassique, de même formule que l'orthose ($\text{K,NaAl-Si}_3\text{O}_8$).

Microgranite : roches granitiques à structure microgrenue, souvent porphyrique.

Microgrenue (structure) : roches éruptives, composées de petits cristaux ou de cristaux plus gros, visibles à la loupe, unis dans une pâte de petits cristaux. Solidification en deux temps : lente en profondeur (gros cristaux), rapide en surface (petits cristaux).

Microlithique (structure) : roches éruptives, composées de gros cristaux noyés dans une pâte vitreuse contenant des petits cristaux. Solidification en trois temps : lente en profondeur (gros cristaux), rapide à la remontée (petits cristaux), brusque en surface (pâte vitreuse).

Minette : roche métamorphique de structure microgrenue, dite aussi microsyénite.

Minéral : solide naturel cristallisé, de composition chimique définie. Présente des propriétés cristallographiques, chimiques et physiques.

Muscovite : minéral de la famille des phyllosilicates, espèce principal de mica clair, riche en aluminium. Formule : $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$. Constituant des roches plutoniques acides, granites et pegmatites, associé au quartz, feldspath et biotite. Couleur gris, argenté ou translucide. Variété : séricite, à l'aspect de stéatite, fuchsite (écailles de couleur verte), zinnwaldite (contient du lithium et du fer), lépidolite (contient du lithium), phlogopite (contient du fluor).

Natrolite : minéral des roches magmatiques basiques, de la famille des zéolites, aluminosilicate de sodium. Couleur claire, translucide.

Nésosilicates : silicates où le radical SiO_4 se combine au fer, au magnésium et au manganèse. Comprend l'olivine, les grenats, l'épidote.

Obsidienne : roche éruptive, à structure vitreuse, sans cristaux, de couleur noire. Très dure

Olivine : minéral faisant partie des nésosilicates, dit aussi péridotite ou chrysolite, de couleur vert-olive. Forme le plus souvent des grains dans les roches volcaniques. Translucide, d'éclat vitreux, de couleur verte.

Opale : oxyde de silicium hydraté, qui résulte de la décomposition de silicates, notamment serpentinites, andésites et basaltes. Formule : $\text{SiO}_2 + n(\text{H}_2\text{O})$.

Orthose (ou orthoclase) : minéral de la famille des feldspaths monocliniques, contenant du potassium. Silicate anhydre d'aluminium et de potassium (65 % de silice). Formule : KAlSi_3O_8 . Principal constituant des roches éruptives et cristallophylliennes. Couleur claire. Cristallise en colonnes ou en tablettes. S'altère ou se décompose facilement, en donnant kaolin, muscovite, zéolite. **Variétés** : feldspath commun, de couleur rougeâtre à blanc, transparent en lame mince, l'adulaire, contenant du potassium, d'origine hydrothermale, la microcline (contient du sodium), et la sanidine, à forte teneur en sodium.

Pegmatite : roche granitoïde à cristaux de grande taille (notamment de mica), constituée de quartz, de feldspath alcalin et de muscovite. Contient parfois des minéraux rares ou des minéraux contenant des métaux rares.

Péridotite : gabbro renfermant de l'olivine.

Phonolite : roche magmatique microlithique, correspondant à une variété de syénite, pauvre en silice. Finement grenue, à cristaux de feldspath et feldspathoïdes. De couleur gris clair à foncé, rend un son clair lorsqu'elle est frappée.

Phyllosilicates : catégorie de silicates, dont les minéraux contiennent des cristaux tétraédriques SiO_4 .

Pierre ponce : écume de lave vitrifiée, très légère.

Plagioclase : feldspath calcosodique, contenant du sodium (albite) et du calcium (anorthite). Incolore ou de couleur blanc, gris verdâtre ou rouge, à éclat vitreux ou nacré.

Plutonique (roche) : roches à structure grenue, formées par le refroidissement lent du magma en profondeur.

Porphyre : nom donné au granite contenant de grands cristaux d'orthose, formés en profondeur. Porphyre bleu (estérellite), porphyre rouge, porphyre vert (andésite à grands cristaux de labradorite).

Pyroxène : minéral des roches magmatiques, de la famille des silicates, renfermant de nombreux métaux (magnésium, manganèse, fer, lithium, titane, calcium ou sodium). Possèdent deux axes de clivage à angle droit. On distingue les orthopyroxènes, pauvres en calcium, qui cristallisent selon un système orthorhombique (enstatite, bronzite, hypersthène), et les clinopyroxènes, de système monoclinique, (diopside, augite). Couleur sombre.

Quartz : minéral composé de silice pure ou oxyde de silicium (SiO_2). Se présente sous forme de prismes hexagonaux, transparents à translucides. **Variétés** : quartz translucide (dit cristal de roche), quartz laiteux, quartz fumé (morion), quartz rose, quartz jaune (citrine), quartz violet (améthyste), quartz ferrugineux (ou hématoïde), de couleur rouge-brun, quartz coiffé. Minéral le plus répandu dans l'écorce terrestre (12%), composant important du granite, dont il remplit les espaces résiduels, et des roches métamorphiques granitiques (gneiss, quartzite) et sédimentaires (sable, grès). Très dur, cristallise à 1.713° , en cristaux rhomboédriques, très mauvais conducteur de la chaleur. **Variétés cryptocristallines** : calcédoine (silex), agate, onyx, cornaline, jaspe (mélange de quartz et de calcédoine), héliotrope (jaspe vert à taches rouges).

Rhyolite : roche éruptive, à structure microlithique, correspondant au granite. Contient quartz, feldspath et mica dans une pâte rougeâtre. Couleur rose clair à rouge ("porphyre rouge"). Nom dérivant de "ruas" : qui coule.

Serpentine : roche éruptive à structure grenue, de couleur verdâtre, de la famille des gabbros. Silicate basique de magnésium, faisant partie des phyllosilicates. Formule $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Ne contient pas de quartz, mais du feldspath, du mica, de l'amphibole, et, surtout, des pyroxènes, dont notamment de l'olivine dont l'altération donne un aspect moiré. Son nom proviendrait, soit de son aspect, ressemblant à de la peau de serpent, soit parcequ'on la considèrerait comme un remède contre les morsures de serpent. Variété : chrysotile ou asbeste (amiante), se présentant en fibres, et dans lesquelles SiO_4 est peu présent, antigorite, dite serpentine feuilletée, à forte teneur en SiO_4 .

Silicates : minéraux formés à partir de la silice SiO_2 , constituent 95% de la croûte terrestre. Variétés :

- . silicates **ferromagnésiens** (chlorites, serpentinites, amphiboles, pyroxènes, péridots, grenats) ;
- . **aluminosilicates**, dans lesquels l'aluminium peut remplacer le silicium (feldspaths, riches en silice, zéolites, micas) ;
- . silicates **d'alumine** (tourmaline, grenats).

Silice : minéral présent, sous forme de quartz, dans les roches magmatiques acides, sous forme cristalline ou à l'état amorphe dans les roches volcaniques. Dure et stable, principal constituant des roches sédimentaires détritiques (sables, grès). Fréquente dans les roches métamorphiques provenant de roches magmatiques ou sédimentaires.

Sillimanite : aluminosilicate de même composition que l'andalousite et le disthène.

Sphène : silicate contenant du calcium et du titane (dit aussi titanite). Formule : CaTiSiO_5 . Couleur verdâtre ou brun rougeâtre foncé dans les schistes cristallins. Eclat résineux.

Stéatite : minéral de la famille des phyllosilicates, proche du talc, se présentant en agrégat micacé, d'aspect nacré.

Syénite : roche éruptive, à structure grenue, ressemblant au granite, ne contenant pas de quartz, mais de l'amphibole. Nom venant de Syène, ancienne Assouan, en Egypte.

Talc : minéral monoclinique de la famille des phyllosilicates, contenant du magnésium. Formule : $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$.

Topaze : aluminosilicate contenant du fluor. Formule : $\text{Al}_2\text{SiO}_4\text{F}_2$. Poids comparable au diamant. Très dure et de couleur jaune. Associé aux granites, pegmatites et rhyolites.

Tourmaline : minéraux renfermant de la silice, du fluor, du bore et d'autres éléments (magnésium, aluminium, fer, sodium, lithium). Couleur variée. Se trouve dans les granites et pegmatites, plus rarement dans les roches métamorphiques (calcaires, schistes, gneiss).

Trachyte : roche éruptive, à structure microlithique, correspondant à la syénite. Contient feldspath potassique (orthose), mica et amphibole, mais pas de quartz. Se présente en gros cristaux, dans une pâte grise et rugueuse. Légère et de couleur claire. Nom dérivant du latin "trachus" : rugueux). Variété plus claire : domite.

Tuf volcanique : roche éruptive, volcanique, à structure vitreuse. Cendres volcaniques solidifiées.

Volcanique (roche) : roches éruptives provenant de l'effusion ou de l'épanchement en surface, de roches magmatiques. Roches de structure microlithique, ou vitreuse